Empresa de Pesquisa Energética

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

Benefícios Indiretos Vigentes das Usinas Hidrelétricas do Sistema Interligado Nacional

Agosto de 2022

Ministério de Minas e Energia

ESTUDOS PARA A LICITAÇÃO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

Benefícios Indiretos Vigentes das Usinas Hidrelétricas do Sistema Interligado Nacional

GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Adolfo Sachsida

Secretária Executiva
Hailton Madureira de Almeida

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético
José Guilherme de Lara Resende

Secretário de Energia Elétrica
Ricardo Marques Alves Pereira

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis
Rafael Bastos da 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 n° 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

Coordenação Geral e Executiva
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira
Erik Eduardo Rego

Coordenação Executiva
Bernardo Folly de Aguiar
Thiago Ivanoski Teixeira

Equipe Técnica
Fernanda Gabriela B. dos Santos
Luis Paulo Scolaro Cordeiro
Rafaela Veiga Pilar
Thais Iguchi

Nº EPE-DEE-RE-011/2022-r1
Data: 03 de agosto de 2022

Histórico de Revisões

Rev.	Data	Descrição
0	25/02/2022	Publicação Original
1	03/08/2022	Inclusão do Benefício Indireto para a UHE Itapebi

ÍNDICE DE TABELAS ..... *vi*

ÍNDICE DE EQUAÇÕES ..... *vi*

APRESENTAÇÃO ..... *vii*

1 Introdução *8*

2 Descrição dos Cálculos e Revisões Extraordinárias dos Benefícios Indiretos Vigentes no SIN 9

2.1 UHE Irapé *9*

2.2 UHE Corumbá IV *10*

2.3 UHE Espora *12*

2.4 UHE Barra Grande *13*

2.5 UHE Santa Clara *14*

2.6 UHE Corumbá III *15*

2.7 UHE Serra do Facão *16*

2.8 UHE Peixe Angical *16*

2.9 UHE Batalha *17*

2.10 UHE Retiro Baixo *18*

2.11 UHE Mauá *19*

2.12 UHE Jirau *21*

2.13 UHE São Roque *21*

2.14 UHE Sinop *22*

2.15 UHE Garibaldi *23*

3 Resumo dos montantes de Benefício Indireto Vigentes *25*

4 Contribuição das usinas a jusante dos reservatórios com Benefício Indireto Vigente *26*

4.1 Bacia do rio Iguaçu *26*

4.2 Bacia do rio Jequitinhonha *27*

4.3 Bacia do rio Madeira *27*

4.4 Bacia do rio Paraná *27*

4.5 Bacia do rio Teles Pires *29*

4.6 Bacia do rio Tocantins *29*

4.7 Bacia do rio Uruguai *30*

5 Resumo das contribuições das usinas a jusante dos reservatórios com Benefício Indireto Vigente *30*

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Complexo Irapé-Itapebi – Benefício Indireto Vigente 10
Tabela 2 – UHE Corumbá IV – Benefício Indireto Original 10
Tabela 3 – Usinas a jusante da UHE Corumbá IV – Energia Firme - Revisão Extraordinária 11
Tabela 4 – UHE Corumbá IV - Benefício Indireto - Revisão Extraordinária 12
Tabela 5 – UHE Corumbá IV – Histórico do Benefício Indireto Vigente 12
Tabela 6 – Usinas a jusante da UHE Espora – Energia Firme 13
Tabela 7 – UHE Espora – Cálculo do Benefício Indireto 13
Tabela 8 – UHE Espora – Benefício Indireto Vigente 13
Tabela 9 – Usinas a jusante da UHE Barra Grande – Energia Firme 14
Tabela 10 – UHE Barra Grande – Benefício Indireto Vigente 14
Tabela 11 – Usinas a jusante da UHE Santa Clara – Energia Firme 14
Tabela 12 – UHE Santa Clara – Benefício Indireto Vigente 15
Tabela 13 – Usinas a jusante da UHE Corumbá III – Energia Firme 15
Tabela 14 – UHE Corumbá III – Benefício Indireto Vigente 16
Tabela 15 – Usinas a jusante da UHE Serra do Facão – Energia Firme 16
Tabela 16 – UHE Serra do Facão – Benefício Indireto Vigente 16
Tabela 17 – Usinas a jusante da UHE Peixe Angical – Energia Firme 17
Tabela 18 – UHE Peixe Angical – Benefício Indireto Vigente 17
Tabela 19 – Usinas a jusante da UHE Batalha – Energia Firme 18
Tabela 20 – UHE Batalha – Cálculo do Benefício Indireto 18
Tabela 21 – UHE Batalha – Benefício Indireto Vigente 18
Tabela 22 – Usinas a jusante da UHE Retiro Baixo – Energia Firme 19
Tabela 23 – UHE Retiro Baixo – Benefício Indireto Vigente 19
Tabela 24 – Usinas a jusante da UHE Mauá – Energia Firme 20
Tabela 25 – UHE Mauá – Cálculo do Benefício Indireto 20
Tabela 26 – UHE Mauá – Benefício Indireto Vigente 20
Tabela 27 – Jirau – Benefício Indireto Vigente 21
Tabela 28 – Usinas a jusante da UHE São Roque – Energia Firme 22
Tabela 29 – UHE São Roque – Benefício Indireto Vigente 22
Tabela 30 – Usinas a jusante da UHE Sinop – Energia Firme 22
Tabela 31 – UHE Sinop – Benefício Indireto Vigente 23
Tabela 32 – Usinas a jusante da UHE Garibaldi – Energia Firme 24
Tabela 33 – UHE Garibaldi – Benefício Indireto – Revisão Extraordinária 24
Tabela 34 – UHE Garibaldi – Benefício Indireto Vigente 24
Tabela 35 – Resumo dos Montantes de Benefício Indireto Vigentes 25
Tabela 36 – Contribuição das usinas a jusante no BI vigente - Bacia do rio Iguaçu 26
Tabela 37 – Contribuição das usinas a jusante no BI vigente - Bacia do Rio Jequitinhonha 27
Tabela 38 – Contribuição das usinas a jusante no BI vigente - Bacia do Rio Madeira 27
Tabela 39 – Usinas a jusante da UHE Corumbá IV - Benefício Indireto - Revisão Extraordinária 28
Tabela 40 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente - Bacia do Rio Paraná 28
Tabela 41 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente – Repartição Ilha Solteira Equivalente 29
Tabela 42 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente - Bacia do rio Teles Pires 29
Tabela 43 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente - Bacia do Rio Tocantins 29
Tabela 44 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente - Bacia do Rio Uruguai 30
Tabela 45 – Resumo da contribuição das usinas a jusante nos montantes de Benefício Indireto Vigente 30

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - UHE Corumbá IV - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto – PRT MME 406/2017 11
Equação 2 – UHE Espora - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto 12
Equação 3 – UHE Batalha - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto - PRT MME 303/2004 17
Equação 4 – UHE Retiro Baixo - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto - PRT MME 303/2004 19
Equação 5 – UHE Mauá - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto - PRT MME 303/2004 20
Equação 6 - UHE Garibaldi - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto – PRT MME 406/2017 23

APRESENTAÇÃO

A presente Nota Técnica registra a pesquisa realizada na documentação dos cálculos dos benefícios indiretos vigentes para as usinas hidrelétricas no Sistema Interligado Nacional – SIN e os cálculos efetuados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE - para a definição da parcela de contribuição de cada usina a jusante dos reservatórios com benefício indireto vigente.

Conforme definição dada pelo Art. 2 da Portaria MME nº 403, de 16 de outubro de 2017, Benefício Indireto é o montante de energia atribuído a uma usina hidrelétrica por proporcionar acréscimos ou decréscimos de energia no conjunto de empreendimentos que se encontram a jusante em função de regularização mensal, dado em MW médios.

Ressalta-se que apesar da Portaria supracitada apresentar uma definição formal mais recente a respeito do Benefício Indireto, esse mecanismo de valoração do reservatório de regularização precede ao dispositivo citado, estando presente desde os Contratos de Concessão de Geração assinados no início da década de 2000, sendo normatizado em instrumento de portaria desde a Portaria MME nº 303, de 18 de novembro de 2004.

De forma geral, os benefícios indiretos vigentes foram calculados de forma agregada, sendo necessário definir nesta Nota Técnica uma métrica para o rateio de energia entre as usinas localizadas a jusante dos reservatórios de regularização, de modo a determinar a contribuição de cada usina nos montantes vigentes de benefício indireto.

Esta Nota Técnica está dividida em 5 capítulos. O capítulo 1 apresenta o histórico da normatização de metodologia referente ao cálculo de benefício indireto. O capítulo 2 descreve os cálculos e as revisões extraordinárias que definiram os montantes vigentes de benefício indireto para 15 usinas hidrelétricas com despacho centralizado no SIN, com resumo destacado no capítulo 3. O capítulo 4 agrega, por bacia hidrográfica, o montante de energia incremental percebido por cada usina a jusante proporcionado pela(s) usina(s) a montante com benefício indireto, além do critério de rateio empregado para cada caso, enquanto o capítulo 5 apresenta o resumo dessas informações.

Esta revisão incorpora o montante de 17,8 MWmed de benefício indireto para a UHE Itapebi, decorrente da repartição incremental do complexo Irapé-Itapebi, ratificado no volume I do processo referente à Licitação da UHE Irapé, número 48100.000.856/97-99, na página 223.

1 Introdução

O mecanismo de valoração de reservatórios em função de ganhos de regularização nas usinas da cascata a jusante tem sido empregado no Setor Elétrico Brasileiro desde o início da década de 2000. Entretanto, a normatização para o cálculo deste benefício foi estabelecida inicialmente apenas em 2004, por meio da Portaria MME nº 303 e, na sequência, pelas Portarias MME nº 258/2008, 101/2016, 403/2017 e 406/2017, essa última estabelecendo a metodologia para a revisão extraordinária de benefício indireto dos empreendimentos hidrelétricos despachados centralizadamente no SIN.

A Portaria MME nº 303, de 18 de novembro de 2004, em seu Anexo I, estabelece que "a inclusão de uma usina hidrelétrica em uma cascata (sequência de usinas em um mesmo curso d'água) pode proporcionar um acréscimo de energia nas usinas a jusante". Esse benefício seria calculado considerando a diferença entre simulações do modelo de usinas individualizadas "com" e "sem" a usina, observada, para efeito desse cálculo, a existência, na cascata, apenas das usinas em operação ou licitadas antes da usina em exame. Nessa Portaria não foi definido se o benefício seria atribuído em energia firme ou em garantia física.

A Portaria MME nº 258[1], de 28 de julho de 2008, estabeleceu que, na metodologia de cálculo de garantia física para novos empreendimentos de geração, caso a usina possuísse um reservatório de regularização, além do ganho de garantia física local poderia ser atribuído à usina um acréscimo decorrente de ganho de regularização nas usinas a jusante. Esse benefício seria calculado pela diferença entre o somatório de energia firme das usinas a jusante na cascata, com e sem a usina em questão. A garantia física total da usina hidrelétrica era limitada pela disponibilidade máxima[2] de geração contínua.

A Portaria MME nº 101, de 22 de março de 2016, por sua vez, substituiu a Portaria MME nº 258/2008, e definiu que o benefício indireto obtido nas usinas a jusante da usina com reservatório de regularização seria dado em MW médios, e que a metodologia para cálculo do benefício indireto seria objeto de Portaria específica. Em cumprimento ao dispositivo, a metodologia para o cálculo do benefício indireto para novas usinas hidrelétricas despachadas centralizadamente no SIN com reservatório de regularização mensal foi definida pela Portaria nº 403, de 16 de outubro de 2017.

A Portaria MME nº 403/2017 estabelece que o montante referente ao Benefício Indireto atribuído a uma usina com reservatório de regularização mensal seja realizado a partir cálculo

[1] A Portaria MME nº 258, de 28 de julho de 2008, foi revogada pela publicação da Portaria MME nº 101, de 22 de março de 2016.

[2] A disponibilidade máxima de geração contínua (Dmax) corresponde a: Dmax = Potef * (1-TEIF) * (1-IP) onde Potef é a potência efetiva da usina, TEIF a taxa equivalente de indisponibilidade forçada e IP a indisponibilidade programada.

do acréscimo ou decréscimo de energia firme no conjunto de empreendimentos a jusante considerando a usina proponente modelada com ou sem o seu reservatório de regularização mensal, com a aplicação da metodologia estabelecida na Portaria MME nº 101/2016, ou outra que venha a substituí-la. A metodologia da portaria supracitada ainda considera no cálculo do benefício indireto a oferta hidráulica da configuração onde a usina está modelada com capacidade de regularização mensal, de modo que o valor atribuído ao BI é dado em garantia física.

Por fim, o Art. 5º da Portaria MME nº 406, de 16 de outubro de 2017, estabelece os fatos relevantes para a revisão extraordinária do montante de garantia física referente ao benefício indireto, onde devem ser apresentadas alterações comprovadas no volume útil e/ou no tipo de regularização da usina hidrelétrica, enquanto o Art. 9º da Portaria estabelece a metodologia para a revisão dos montantes de garantia física das usinas hidrelétricas despachadas centralizadamente no SIN, sendo apresentadas as configurações necessárias para a revisão do benefício indireto.

2 Descrição dos Cálculos e Revisões Extraordinárias dos Benefícios Indiretos Vigentes no SIN

Os montantes de benefícios indiretos vigentes no SIN para 15 reservatórios de regularização foram obtidos a partir de configurações de cálculo, premissas e metodologias distintas, que serão apresentadas neste capítulo em ordem cronológica de atribuição.

2.1 UHE Irapé

O benefício indireto da UHE Irapé foi definido no Contrato de Concessão de Geração nº 14/2000. O montante de 65.700 MWh/ano – equivalente a 7,5 MWmed – foi atribuído em energia assegurada, sendo decorrente da repartição incremental do Complexo Irapé-Itapebi[3].

De forma única, o benefício indireto referente ao reservatório de regularização da UHE Irapé foi repartido com a UHE Itapebi, conforme consta no Contrato de Concessão de Geração nº 37/1999. Conforme a Cláusula Terceira, que rege a operação do aproveitamento hidrelétrico em questão, a energia assegurada de Itapebi passaria a ter um incremento de 155.928[4]

[3] No volume I do processo referente à licitação da UHE Irapé, número 48100.000.856/97-99, na página 223, consta que "o futuro concessionário da UHE Irapé irá dispor de uma energia garantida adicional de 7,5 MW médios, decorrente da repartição da energia incremental na UHE Itapebi (da ordem de 25,0 MW médios), localizada a jusante, que se beneficiará dos efeitos da regularização propiciada pelo Reservatório da UHE Irapé."

[4] O valor de 155.928 MWh/ano é resultante da diferença entre os valores de energia assegurada de 1.877.268 MWh/ano após a entrada em operação da UHE Irapé conforme Subcláusula Sétima e o valor de 1.721.340 MWh/ano para a energia assegurada após a completa motorização da UHE Itapebi conforme Subcláusula Quinta.

MWh/ano – equivalente a 17,8 MW médios – em sua energia após a entrada em operação da UHE Irapé, que seria construída no mesmo rio.

A Tabela 1 apresenta um resumo do benefício indireto para a UHE Irapé e o valor atribuído para a UHE Itapebi, decorrente da repartição:

Tabela 1 – Complexo Irapé-Itapebi – Benefício Indireto Vigente

Usina	Rio	UF	Ato Legal	Critério de Cálculo	Benefício Indireto (MWmed)
Irapé	Jequitinhonha	MG	Contrato de Concessão nº 14/2000	Energia Assegurada	7,5
Itapebi	Jequitinhonha	BA	Contrato de Concessão nº 37/1999	Energia Assegurada	17,8

2.2 UHE Corumbá IV

O benefício indireto original da UHE Corumbá IV foi calculado para o Leilão nº 001/2000 e publicado no Contrato de Concessão nº 93/2000, correspondendo a um montante de 63.072 MWh/ano, equivalente a 7,2 MWmed, em energia assegurada.

A Tabela 2 apresenta os valores de energia assegurada das usinas a jusante de Corumbá IV em duas situações: com e sem a usina em questão. Observa-se que o benefício indireto original atribuído a UHE Corumbá IV considerou somente as usinas que resultaram em ganho de energia assegurada, destacadas em negrito. As usinas a jusante do reservatório que apresentaram uma redução de energia assegurada (em azul na tabela) não foram consideradas no cálculo, além da UHE Corumbá III, não existente na época.

Tabela 2 – UHE Corumbá IV – Benefício Indireto Original

Usinas a jusante	Energia Assegurada com Corumbá IV (MWmed)	Energia Assegurada sem Corumbá IV (MWmed)	Variação de Energia Assegurada (MWmed)
Corumbá III			-
Corumbá I	219,8	214,3	**5,5**
Itumbiara	985,0	983,6	**1,4**
Cachoeira Dourada	412,2	411,9	**0,3**
São Simão	1.266,6	1.266,7	-0,1
Ilha Solteira Equivalente	1.904,7	1.906,0	-1,3
Jupiá	913,5	913,8	-0,3
Porto Primavera	1.001,2	1.002,0	-0,8
Itaipu	7.736,8	7.743,7	-6,9
Toda a Cascata Jusante	**14.439,8**	**14.442,0**	**7,2**

Em 2017, por meio da Portaria MME nº 387, de 19 de dezembro, foi atribuído o montante de 9,2 MWmed de benefício indireto a UHE Corumbá IV, resultante de processo de Revisão Extraordinária de Garantia Física, decorrente da alteração de volume útil, conforme detalhado pela NT EPE-DEE-095/2017-r0.

A metodologia empregada foi estabelecida na Portaria MME nº 406/2017, segundo a qual, para cada uma das configurações, CRA0 e CRA1*, obtém-se os valores de benefício indireto como o produto da variação de energia em toda a cascata a jusante pela razão entre o bloco hidráulico e a energia firme de todo o sistema hidráulico, conforme Equação 1. O benefício indireto referente à Revisão Extraordinária foi, então, obtido como a soma do benefício indireto original mais a diferença entre os benefícios indiretos obtidos nas duas configurações de referência.

Equação 1 - UHE Corumbá IV - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto – PRT MME 406/2017

$$BI_{CRA0} = \frac{\sum_{j=1}^{nj}\left(EF_j^{CRA0} - EF_j^{sR_CRA0}\right)}{\sum_{j=1}^{nj} EF_j^{CRA0}} \times BH^{CRA0} \qquad BI_{CRA1^*} = \frac{\sum_{j=1}^{nj}\left(EF_j^{CRA1^*} - EF_j^{sR_CRA1^*}\right)}{\sum_{j=1}^{nj} EF_j^{CRA1^*}} \times BH^{CRA1^*}$$

A Tabela 3 apresenta, para as usinas a jusante da UHE Corumbá IV, os valores de energia firme para cada uma das configurações CRA0 e CRA1*, com e sem reservatório, para Corumbá IV:

Tabela 3 – Usinas a jusante da UHE Corumbá IV – Energia Firme - Revisão Extraordinária

Usinas a jusante	Energia Firme (MWmed)		Variação de Energia Firme CRA0 (MWmed)	Energia Firme (MWmed)		Variação de Energia Firme CRA1* (MWmed)
	CRA0	sR_CRA0		CRA1*	sR_CRA1*	
Corumbá III	47,829	46,273	1,556	48,034	46,249	1,785
Corumbá I	221,840	216,891	4,949	222,358	216,853	5,505
Itumbiara	938,804	936,559	2,245	939,036	936,510	2,526
Cachoeira Dourada	397,334	396,501	0,833	397,417	396,485	0,932
São Simão	1.199,336	1.197,511	1,825	1.199,573	1.197,444	2,129
Ilha Solteira Equivalente	1.841,697	1.840,599	1,098	1.841,794	1.840,578	1,216
Jupiá	912,046	911,223	0,823	912,115	911,216	0,899
Porto Primavera	888,011	887,421	0,590	888,058	887,416	0,642
Itaipu	7.240,292	7.236,321	3,971	7.240,579	7.236,268	4,311
Toda a Cascata Jusante	13.687,189	13.669,299	**17,890**	13.688,964	13.669,019	**19,945**

A Tabela 4 apresenta os demais valores requeridos para o cálculo do benefício indireto da UHE Corumbá IV conforme Portaria MME nº 406/2017:

Tabela 4 – UHE Corumbá IV - Benefício Indireto - Revisão Extraordinária

Energia Firme Todo Sistema Hidráulico (MWmed)		Bloco Hidráulico (MWmed)		Benefício Indireto (MWmed)		Δ Benefício Indireto	Benefício Indireto Original (MWmed)	Benefício Indireto RE (MWmed)
CRA0	CRA1*	CRA0	CRA1*	CRA0	CRA1*			
54.612,926	54.615,625	54.203,300	54.212,819	17,8	19,8	**2,0**	7,2	**9,2**

O novo valor para o benefício indireto, de 9,2 MWmed, corresponde ao incremento de garantia física proporcionado pelo aumento do volume útil, em adição ao benefício indireto original. A UHE Corumbá IV ainda passou por uma nova revisão extraordinária conforme publicado pela Portaria MME nº 352/2019, porém sem alteração do seu benefício indireto. A Tabela 5 apresenta a evolução dos valores de benefício indireto para Corumbá IV:

Tabela 5 – UHE Corumbá IV – Histórico do Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
Leilão nº 001/2000 Contrato de Concessão nº 93/2000	Energia Assegurada	7,2 MWmed
Revisão Extraordinária Portaria MME nº 387/2017	PRT MME 406/2017 Garantia Física	9,2 MWmed

2.3 UHE Espora

O benefício indireto da UHE Espora foi estabelecido no Contrato de Concessão de Geração nº 13/2001, sendo atribuído o valor de 13.140 MWh/ano, equivalente a 1,5 MWmed, em energia assegurada.

A metodologia empregada no cálculo do benefício indireto consistiu no cálculo do produto da variação de energia firme de toda a cascata a jusante ($\Delta EF_{jusante}$) pela razão entre a variação do Bloco Hidráulico (ΔBH) e a variação da energia firme de todo o sistema hidráulico (ΔEF_{total}), conforme Equação 2:

Equação 2 – UHE Espora - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto

$$BI = \Delta EF_{jusante} \times \frac{\Delta BH}{\Delta EF_{total}}$$

A variação de energia firme de toda a cascata a jusante considerando a inclusão/exclusão da UHE Espora é apresentada na Tabela 6:

Tabela 6 – Usinas a jusante da UHE Espora – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com Espora (MWmed)	Energia Firme sem Espora (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Ilha Solteira Equivalente	1.880,90	1.880,42	0,48
Jupiá	902,07	901,83	0,24
Porto Primavera	988,26	988,06	0,20
Itaipu	7.637,25	7.635,98	1,27
Toda a Cascata Jusante	**11.408,48**	**11.406,29**	**2,19**

A Tabela 7 apresenta um resumo dos valores utilizados na metodologia de cálculo do benefício indireto atribuído à UHE Espora, conforme definido pela Equação 2:

Tabela 7 – UHE Espora – Cálculo do Benefício Indireto

	Com Espora (MWmed)	Sem Espora (MWmed)	Variação (MWmed)
Energia Firme – toda a cascata a jusante	11.408,5	11.406,3	2,19
Energia Firme – todo o sistema hidráulico	40.766,8	40.743,2	23,6
Bloco Hidráulico	40.454,4	40.438,7	15,7
Ganhos incrementais a jusante	-	-	**1,5**

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE Espora que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme.

A Tabela 8 apresenta um resumo do benefício indireto para a UHE Espora:

Tabela 8 – UHE Espora – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
Contrato de Concessão nº 13/2001	Energia Assegurada	1,5 MWmed

2.4 UHE Barra Grande

O benefício indireto da UHE Barra Grande foi estabelecido no Contrato de Concessão de Geração nº 36/2001 em 306.600 MWh/ano, equivalente a 35 MWmed. Este montante corresponde à variação de energia firme de toda a cascata a jusante da UHE Barra Grande, considerando o arredondamento em uma casa decimal, entre duas situações: com e sem a usina em questão, conforme apresentado na Tabela 9:

Tabela 9 – Usinas a jusante da UHE Barra Grande – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com Barra Grande (MWmed)	Energia Firme sem Barra Grande (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Machadinho	535,33	519,28	16,05
Itá	731,72	712,36	19,36
Foz do Chapecó	-	-	-
Toda a Cascata Jusante	**1.267,05**	**1.231,64**	**35,41**

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE Barra Grande que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme. A UHE Foz do Chapecó, atualmente, faz parte da cascata a jusante da UHE Barra Grande, mas não existia na época do cálculo.

A Tabela 10 apresenta um resumo do benefício indireto atribuído à UHE Barra Grande.

Tabela 10 – UHE Barra Grande – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
Contrato de Concessão nº 36/2001	Energia Firme	35,0 MWmed

2.5 UHE Santa Clara

A UHE Santa Clara, licitada como Complexo Santa Clara-Fundão, teve o seu benefício indireto estabelecido no Contrato de Concessão de Geração nº 125/2001 em 4,8 MWmed. Este montante corresponde à variação de energia firme de toda a cascata a jusante do Complexo Santa Clara-Fundão, considerando o arredondamento em uma casa decimal, entre duas situações: com e sem o complexo em questão, conforme apresentado na Tabela 11:

Tabela 11 – Usinas a jusante da UHE Santa Clara – Energia Firme

Usina	Energia Firme com Santa Clara (MWmed)	Energia Firme sem Santa Clara (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Fundão	-	-	-
Segredo	622,40	619,66	2,74
Salto Santiago	750,91	750,26	0,65
Salto Osório	521,81	521,18	0,63
Salto Caxias	604,21	603,48	0,73
Baixo Iguaçu	-	-	-
Toda a Cascata Jusante	**2.499,33**	**2.494,58**	**4,75**

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante do Complexo Santa Clara-Fundão que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme.

Importante destacar que na época do cálculo do benefício indireto da UHE Santa Clara, Jordão estava modelada imediatamente à jusante do Complexo Santa Clara-Fundão, e apontava para a UHE Segredo, porém, atualmente, tanto nos decks oficiais de garantia física quanto nos decks do PMO, Jordão aponta para a UHE Salto Santiago.

A Tabela 12 apresenta um resumo do benefício indireto atribuído a usina.

Tabela 12 – UHE Santa Clara – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
Leilão nº 002/2001 Contrato de Concessão nº 125/2001	Energia Firme	4,8 MWmed

2.6 UHE Corumbá III

O benefício indireto da UHE Corumbá III foi estabelecido no Contrato de Concessão de Geração nº 126/2001 em 1,4 MWmed. Este montante corresponde à variação de energia firme de toda a cascata a jusante da UHE Corumbá III, considerando o arredondamento em uma casa decimal, entre duas situações: com e sem a usina em questão, conforme apresentado na Tabela 13:

Tabela 13 – Usinas a jusante da UHE Corumbá III – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com Corumbá III (MWmed)	Energia Firme sem Corumbá III (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Corumbá I	216,61	216,64	-0,03
Itumbiara	972,18	971,95	0,23
Cachoeira Dourada	407,01	406,86	0,15
São Simão	1.250,25	1.250,23	0,02
Ilha Solteira Equivalente	1.879,81	1.879,65	0,16
Jupiá	901,93	901,75	0,18
Porto Primavera	988,07	987,98	0,09
Itaipu	7.635,94	7.635,38	0,56
Toda a Cascata Jusante	**14.251,80**	**14.250,44**	**1,36**

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE Corumbá III que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme.

A Tabela 14 apresenta um resumo do benefício indireto atribuído à UHE Corumbá III:

Tabela 14 – UHE Corumbá III – Benefício Indireto Vigente

Ato Legal	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
Leilão nº 002/2001 Contrato de Concessão nº 126/2001	Energia Firme	1,4 MWmed

2.7 UHE Serra do Facão

O benefício indireto da UHE Serra do Facão foi estabelecido no Contrato de Concessão de Geração nº 129/2001 em 76,7 MWmed. Este montante corresponde à variação de energia firme de toda a cascata a jusante da UHE Serra do Facão, considerando o arredondamento em uma casa decimal, entre duas situações: com e sem a usina em questão, conforme apresentado na Tabela 15:

Tabela 15 – Usinas a jusante da UHE Serra do Facão – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com Serra do Facão (MWmed)	Energia Firme sem Serra do Facão (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Emborcação	526,00	506,64	19,36
Itumbiara	984,56	971,95	12,61
Cachoeira Dourada	411,81	406,86	4,95
São Simão	1.254,50	1.250,23	4,27
Ilha Solteira Equivalente	1.887,48	1.879,65	7,83
Jupiá	906,16	901,75	4,41
Porto Primavera	991,13	987,98	3,15
Itaipu	7.655,49	7.635,38	20,11
Toda a Cascata Jusante	**14.617,13**	**14.540,44**	**76,69**

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE Serra do Facão que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme.

A Tabela 16 apresenta um resumo do benefício indireto atribuído à UHE Serra do Facão:

Tabela 16 – UHE Serra do Facão – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
Leilão nº 002/2001 Contrato de Concessão nº 129/2001	Energia Firme	76,7 MWmed

2.8 UHE Peixe Angical

O benefício indireto da UHE Peixe Angical foi estabelecido no Contrato de Concessão de Geração nº 130/2001 em 1 MWmed. Este montante corresponde à variação de energia firme de toda a cascata a jusante da UHE Peixe Angical, considerando o arredondamento em uma

casa decimal, entre duas situações: com e sem a usina em questão, conforme apresentado na Tabela 17:

Tabela 17 – Usinas a jusante da UHE Peixe Angical – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com Peixe Angical (MWmed)	Energia Firme Sem Peixe Angical (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Lajeado	507,11	505,84	1,27
Estreito	-	-	-
Tucuruí	3.918,79	3.919,10	-0,31
Toda a Cascata Jusante	**4.425,90**	**4.424,94**	**0,96**

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE Peixe Angical que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme. A UHE Estreito, atualmente, faz parte da cascata a jusante da UHE Peixe Angical, mas não existia na época do cálculo.

A Tabela 18 apresenta um resumo do benefício indireto atribuído à UHE Peixe Angical:

Tabela 18 – UHE Peixe Angical – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
Leilão nº 002/2001 Contrato de Concessão nº 130/2001	Energia Firme	1 MWmed

2.9 UHE Batalha

O benefício indireto da UHE Batalha foi estabelecido pela Portaria MME nº 511, de 25 de outubro de 2005, em 12,2 MWmed. O cálculo do benefício foi realizado pela EPE e detalhado por meio da Nota Técnica EPE-DEE-RE-038/2005-r2, por ocasião do Leilão de Energia Nova - LEN A-5/2005.

A metodologia empregada no cálculo do benefício indireto, estabelecida na Portaria MME nº 303/2004, consiste no produto da variação de energia firme de toda a cascata a jusante ($\Delta EF_{jusante}$) pela razão entre o Bloco Hidráulico com a UHE Batalha (BH) e a variação de energia firme de todo o sistema hidráulico (ΔEF_{total}), conforme Equação 3:

Equação 3 – UHE Batalha - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto - PRT MME 303/2004

$$BI = \Delta EF_{jusante} \times \frac{BH}{\Delta EF_{total}}$$

A variação de energia firme de toda a cascata a jusante considerando a inclusão/exclusão da UHE Batalha é apresentada na Tabela 19:

Tabela 19 – Usinas a jusante da UHE Batalha – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com Batalha (MWmed)	Energia Firme sem Batalha (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Serra do Facão	113,2	109,9	3,3
Emborcação	545,2	541,1	4,1
Itumbiara	970,6	967,7	2,9
Cachoeira Dourada	412,9	411,6	1,3
São Simão	1.246,8	1.243,9	2,9
Ilha Solteira Equivalente	1.894,4	1.892,6	1,8
Jupiá	925,8	924,6	1,2
Porto Primavera	892,7	891,7	1,0
Itaipu	7.391	7.385	6,0
Toda a Cascata Jusante	**14.392,6**	**14.368,1**	**24,5**

A Tabela 20 apresenta um resumo do cálculo do benefício indireto atribuído à UHE Batalha:

Tabela 20 – UHE Batalha – Cálculo do Benefício Indireto

Variação total de Energia Firme a jusante (MWmed)	Energia Firme de todo o sistema hidráulico com Batalha (MWmed)	Bloco Hidráulico com Batalha (MWmed)	Ganho Incremental de Garantia Física a jusante (MWmed)
24,5	44.677	46.900	25,7

Entretanto, ao se observar que o ganho de garantia física incremental a jusante somado à garantia física local da usina seria superior a disponibilidade máxima de Batalha, decidiu-se por limitar o benefício indireto à diferença entre a disponibilidade máxima[5] da usina – de 48,8 MWmed – e a garantia física local - de 36,6 MWmed -, resultando em 12,2 MWmed.

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE Batalha que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme.

A Tabela 21 apresenta um resumo do benefício indireto atribuído à UHE Batalha:

Tabela 21 – UHE Batalha – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
LEN A-5/2005 Portaria MME nº 511/2005	PRT MME 303/2004 Garantia Física	12,2 MWmed

2.10 UHE Retiro Baixo

O benefício indireto da UHE Retiro Baixo foi estabelecido pela Portaria MME nº 511/2005 em 0 MWmed. O cálculo do benefício foi realizado pela EPE e detalhado por meio da Nota Técnica

[5] A disponibilidade máxima de geração contínua (Dmax) corresponde a: Dmax = Potef * (1-TEIF) * (1-IP) onde Potef é a potência efetiva da usina, TEIF a taxa equivalente de indisponibilidade forçada e IP a indisponibilidade programada.

EPE-DEE-RE-038/2005-r2 por ocasião do LEN A-5/2005.

A metodologia empregada no cálculo do benefício indireto, estabelecida na Portaria MME nº 303/2004, consiste no produto da variação de energia firme de toda a cascata a jusante ($\Delta EF_{jusante}$) pela razão entre o Bloco Hidráulico com a UHE Retiro Baixo (BH) e a variação de energia firme de todo o sistema hidráulico (ΔEF_{total}), conforme Equação 4:

Equação 4 – UHE Retiro Baixo - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto - PRT MME 303/2004

$$BI = \Delta EF_{jusante} \times \frac{BH}{\Delta EF_{total}}$$

A variação de energia firme de toda a cascata a jusante considerando a inclusão/exclusão da UHE Retiro Baixo é apresentada na Tabela 22:

Tabela 22 – Usinas a jusante da UHE Retiro Baixo – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com Retiro Baixo (MWmed)	Energia Firme sem Retiro Baixo (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Três Marias	237,0	236,9	0,1
Sobradinho	511,6	511,6	0,0
Itaparica	946,8	947,0	-0,2
Complexo PAF-MOX	2.177,1	2.177,7	-0,6
Xingó	2.232,8	2.233,3	-0,6
Toda a Cascata Jusante	**6.105,2**	**6.106,5**	**-1,3**
Ganho Incremental de Garantia Física	**-**	**-**	**0**

A inclusão do reservatório de regularização da UHE Retiro Baixo resultou em uma variação de energia firme negativa na maioria das usinas à jusante na cascata na simulação de cálculo de energia firme. De modo a não penalizar o reservatório de regularização foi considerado como nulo o valor para o benefício incremental a jusante.

A Tabela 23 apresenta um resumo do benefício indireto atribuído à UHE Retiro Baixo:

Tabela 23 – UHE Retiro Baixo – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
LEN A-5/2005 Portaria MME nº 511/2005	PRT MME 303/2004 Garantia Física	0 MWmed

2.11 UHE Mauá

O benefício indireto da UHE Mauá foi estabelecido pela Portaria MME nº 246, de 13 de setembro de 2006 em 2,5 MWmed. O cálculo do benefício foi realizado pela EPE e detalhado por meio da Nota Técnica EPE-DEE-RE-077/2006-r0 por ocasião do LEN A-5/2006.

A metodologia empregada no cálculo do benefício indireto, estabelecida na Portaria MME nº 303/2004, consiste no produto da variação de energia firme de toda a cascata a jusante ($\Delta EF_{jusante}$) pela razão entre o Bloco Hidráulico com a UHE Mauá (BH) e a variação de energia firme de todo o sistema hidráulico (ΔEF_{total}), conforme Equação 5:

Equação 5 – UHE Mauá - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto - PRT MME 303/2004

$$BI = \Delta EF_{jusante} \times \frac{BH}{\Delta EF_{total}}$$

A variação de energia firme de toda a cascata a jusante considerando a inclusão/exclusão da UHE Mauá é apresentada na Tabela 24:

Tabela 24 – Usinas a jusante da UHE Mauá – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com Mauá (MWmed)	Energia Firme sem Mauá (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Capivara	304,70	305,08	-0,38
Taquaruçu	184,73	184,30	0,43
Rosana	172,01	171,63	0,38
Itaipu	7.392,51	7.390,54	1,97
Toda a Cascata Jusante	**8.053,95**	**8.051,55**	**2,40**

A Tabela 25 apresenta um resumo do cálculo do benefício indireto atribuído à UHE Mauá:

Tabela 25 – UHE Mauá – Cálculo do Benefício Indireto

Variação total de Energia Firme a jusante (MWmed)	Energia Firme de todo o sistema hidráulico com Mauá (MWmed)	Bloco Hidráulico com Mauá (MWmed)	Ganho Incremental de Garantia Física a jusante (MWmed)
2,40	44.677	46.900	**2,5**

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE Mauá que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme.

A Tabela 26 apresenta um resumo do benefício indireto atribuído à UHE Mauá.

Tabela 26 – UHE Mauá – Benefício Indireto Vigente

UHE Mauá	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
LEN A-5/2006 Portaria MME nº 246/2006	PRT MME 303/2004 Garantia Física	2,5 MWmed

2.12 UHE Jirau

A UHE Jirau teve a sua garantia física definida pela Portaria MME nº 13, de 18 de março de 2008, com as características técnicas e operativas descritas pela Nota Técnica EPE-DEE-RE-052/2008-r2, onde se encontra o detalhamento do cálculo do seu benefício indireto.

Apesar da usina não possuir um reservatório de regularização mensal constante ao longo do ano, a operação do reservatório para seguir a curva-guia definida na Resolução ANA[6] nº 555/2006 gera uma acumulação e um deplecionamento em alguns meses do ano, o que levou a uma análise quanto aos benefícios proporcionados pela operação dessa curva-guia e o seu impacto na UHE Santo Antônio.

A partir da aplicação da metodologia da Portaria MME nº 303/2004 e da modelagem dos níveis meta obtidos da Resolução para volumes no modelo MSUI, foi determinado um benefício incremental da operação do reservatório no valor de 2,9 MWmed. A usina ainda passou por várias revisões extraordinárias, porém sem alterações no seu benefício indireto. A Tabela 27 apresenta um resumo do benefício para a UHE Jirau.

Tabela 27 – Jirau – Benefício Indireto Vigente

UHE Jirau	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
Leilão UHE Jirau Portaria MME nº 13/2008	PRT MME 303/2004 Garantia Física	2,9 MWmed

2.13 UHE São Roque

O benefício indireto da UHE São Roque foi estabelecido pela Portaria MME nº 37, de 17 de novembro de 2011 em 13,5 MWmed. O cálculo do benefício foi realizado pela EPE e detalhado por meio da Nota Técnica EPE-DEE-RE-101/2011-r1 por ocasião do LEN A-5/2011.

A metodologia empregada no cálculo do benefício indireto, estabelecida na Portaria MME nº 258/2008, consiste no cálculo da variação de energia firme de toda a cascata a jusante da UHE São Roque, considerando o arredondamento em uma casa decimal, entre duas situações: com e sem a usina em questão, conforme apresentado na Tabela 28:

[6] A Resolução ANA nº 555, de 19 de dezembro de 2006, determina que o nível d'água normal do reservatório de Jirau deve variar acompanhando as condições naturais do Rio Madeira em Abunã, de forma a caracterizar o empreendimento como integralmente nacional.

Tabela 28 – Usinas a jusante da UHE São Roque – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com São Roque (MWmed)	Energia Firme sem São Roque (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Garibaldi	78,59	77,21	1,38
Campos Novos	378,01	372,63	5,38
Machadinho	550,77	548,02	2,75
Itá	737,54	735,02	2,52
Foz do Chapecó	419,52	418,09	1,43
Toda a Cascata Jusante	**2.164,43**	**2.150,97**	**13,46**

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE São Roque que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme.

A Tabela 29 apresenta um resumo do benefício indireto vigente para a UHE São Roque:

Tabela 29 – UHE São Roque – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
LEN A-5/2011 Portaria MME nº 37/2011	PRT MME 258/2008 Energia Firme	13,5 MWmed

2.14 UHE Sinop

O benefício indireto da UHE Sinop foi estabelecido pela Portaria MME nº 65, de 25 de julho de 2013 em 26,3 MWmed. O cálculo do benefício foi realizado pela EPE e detalhado por meio da Nota Técnica EPE-DEE-RE-068/2013-r0 por ocasião do LEN A-5/2013.

A metodologia empregada no cálculo do benefício indireto, estabelecida na Portaria MME nº 258/2008, consiste no cálculo da variação de energia firme de toda a cascata a jusante da UHE Sinop, considerando o arredondamento em uma casa decimal, entre duas situações: com e sem a usina em questão, conforme apresentado na Tabela 30:

Tabela 30 – Usinas a jusante da UHE Sinop – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme com Sinop (MWmed)	Energia Firme sem Sinop (MWmed)	Variação de Energia Firme (MWmed)
Colíder	187,72	183,01	4,71
Teles Pires	980,53	966,85	13,68
São Manoel	421,50	413,55	7,95
Toda a Cascata Jusante	**1.589,75**	**1.563,41**	**26,34**

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE Sinop que integraram a cascata na época do cálculo será realizado de forma proporcional à variação de energia firme.

A Tabela 31 apresenta um resumo do benefício indireto para a UHE Sinop.

Tabela 31 – UHE Sinop – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
LEN A-5/2013 Portaria MME nº 65/2013	PRT MME 258/2008 Energia Firme	26,3 MWmed

2.15 UHE Garibaldi

O benefício indireto da UHE Garibaldi foi definido pela Portaria MME nº 387, de 19 de dezembro de 2017, em 2,3 MWmed, com cálculo detalhado pela Nota Técnica EPE-DEE-RE-095/2017-r1, decorrente de processo de Revisão Extraordinária.

A metodologia empregada foi a estabelecida na Portaria MME nº 406/2017, segundo a qual, para cada uma das configurações, CRA0 e CRA1*, obtém-se os valores de benefício indireto como o produto da variação de energia em toda a cascata a jusante – com e sem a regularização da usina em questão - pela razão entre o bloco hidráulico e a energia firme de todo o sistema hidráulico, conforme Equação 6. O benefício indireto referente à Revisão Extraordinária foi obtido como a soma do benefício indireto original (nulo) mais a diferença entre os benefícios indiretos obtidos nas duas configurações de referência.

Equação 6 - UHE Garibaldi - Metodologia de cálculo do Benefício Indireto – PRT MME 406/2017

$$BI_{CRA0} = \frac{\sum_{j=1}^{nj}\left(EF_j^{CRA0} - EF_j^{sR_CRA0}\right)}{\sum_{j=1}^{nj} EF_j^{CRA0}} \times BH^{CRA0} \qquad BI_{CRA1^*} = \frac{\sum_{j=1}^{nj}\left(EF_j^{CRA1^*} - EF_j^{sR_CRA1^*}\right)}{\sum_{j=1}^{nj} EF_j^{CRA1^*}} \times BH^{CRA1^*}$$

O cálculo da garantia física original da usina não considerou a parcela do benefício indireto devido a essa usina ter sido considerada como a fio d'água nos estudos de viabilidade, o que foi alterado nos estudos do projeto básico. Logo, para a configuração CRA0, o benefício indireto é considerado nulo.

A Tabela 32 apresenta as energias firmes à jusante de Garibaldi considerando a usina com seu reservatório de regularização mensal (CRA1*) e modelada como reservatório a fio d'água (sR_CRA1*).

Tabela 32 – Usinas a jusante da UHE Garibaldi – Energia Firme

Usinas a jusante	Energia Firme (MWmed)		
	CRA1*	sR_CRA1*	Variação de Energia Firme
Campos Novos	387,160	386,253	0,907
Machadinho	559,479	558,909	0,570
Itá	757,285	756,707	0,578
Foz do Chapecó	436,608	436,332	0,276
Toda a Cascata Jusante	**2.140,532**	**2.138,201**	**2,331**

A Tabela 33 apresenta os demais valores requeridos para o cálculo do benefício indireto da UHE Garibaldi conforme Portaria MME nº 406/2017:

Tabela 33 – UHE Garibaldi – Benefício Indireto – Revisão Extraordinária

Energia Firme Todo Sistema Hidráulico (MWmed)		Bloco Hidráulico (MWmed)		Benefício Indireto (MWmed)		Δ Benefício Indireto	Benefício Indireto Original (MWmed)	Benefício Indireto RE (MWmed)
CRA0	CRA1*	CRA0	CRA1*	CRA0	CRA1*			
-	54.615,625	-	54.212,819	-	**2,3**	**2,3**	-	**2,3**

O benefício indireto, de 2,3 MWmed, corresponde à alteração do tipo de regularização do reservatório da UHE Garibaldi, de diária para mensal, com a aprovação do Projeto Básico. A Tabela 34 apresenta um resumo do benefício indireto para a UHE Garibaldi.

Tabela 34 – UHE Garibaldi – Benefício Indireto Vigente

Referência	Método de Cálculo	Benefício Indireto Vigente
Revisão Extraordinária Portaria MME nº 387/2017	PRT MME 406/2017 Garantia Física	2,3 MWmed

3 Resumo dos montantes de Benefício Indireto Vigentes

Na Tabela 35 é apresentado um resumo dos reservatórios de regularização mensal com benefício indireto vigente, em ordem alfabética, contendo o montante atribuído, o método de cálculo e o ato legal de publicação.

Tabela 35 – Resumo dos Montantes de Benefício Indireto Vigentes

Aproveitamento	Rio	UF	Ato Legal	Método de Cálculo	Benefício Indireto (MWmed)
Barra Grande	Pelotas	SC/RS	Contrato de Concessão nº 36/2001	Energia Firme	35,0
Batalha	São Marcos	GO/MG	Portaria MME nº 511/2005	PRT MME 303/2004 Garantia Física	12,2
Corumbá III	Corumbá	GO	Contrato de Concessão nº 126/2001	Energia Firme	1,40
Corumbá IV	Corumbá	GO	Contrato de Concessão nº 93/2000 Portaria MME nº 387/2017	PRT MME 406/2017 Garantia Física	9,20
Espora	Corrente	GO	Contrato de Concessão nº 13/2001	Energia Assegurada	1,50
Garibaldi	Canoas	SC	Portaria MME nº 387/2017	PRT MME 406/2017 Garantia Física	2,30
Irapé	Jequitinhonha	MG	Contrato de Concessão nº 14/2000	Energia Assegurada	7,50
Itapebi	Jequitinhonha	MG	Contrato de Concessão nº 37/1999	Energia Assegurada	17,80
Jirau	Madeira	RO	Portaria MME nº 13/2008	PRT MME 303/2004 Garantia Física	2,90
Mauá	Tibagi	PR	Contrato de Concessão nº 001/2007 Portaria MME nº 246/2006	PRT MME 303/2004 Garantia Física	2,50
Peixe Angical	Tocantins	TO	Contrato de Concessão nº 130/2001	Energia Firme	1,0
Retiro Baixo	Paraopeba	MG	Portaria MME nº 511/2005	PRT MME 303/2004 Garantia Física	0,0
Santa Clara	Jordão	PR	Contrato de Concessão nº 125/2001	Energia Firme	4,8
São Roque	Canoas	SC	Contrato de Concessão nº 01/2012 Portaria MME nº 37/2011	PRT MME 258/2008 Energia Firme	13,5
Serra do Facão	São Marcos	GO	Contrato de Concessão nº 129/2001	Energia Firme	76,7
Sinop	Teles Pires	MT	Contrato de Concessão nº 01/2014 Portaria MME nº 65/2013	PRT MME 258/2008 Energia Firme	26,3
TOTAL	-	-	-	-	**214,6**

4 Contribuição das usinas a jusante dos reservatórios com Benefício Indireto Vigente

Conforme apresentado no Capítulo 2, os montantes vigentes de benefício indireto foram obtidos, em geral, de forma agregada, não sendo publicada a parcela de contribuição de cada usina de jusante. Deste modo, foi necessário recorrer aos registros históricos de cada cálculo de benefício indireto para, então, definir uma métrica para o rateio deste benefício entre as usinas a jusante que integraram os cálculos, a fim de determinar a contribuição de cada usina nos montantes vigentes de benefício indireto. Este capítulo apresenta os resultados obtidos para esse rateio por bacia hidrográfica.

4.1 Bacia do rio Iguaçu

O rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante da UHE Santa Clara foi realizado de forma proporcional à variação de energia firme apresentada na Tabela 11, conforme pode ser observado na Tabela 36:

Tabela 36 – Contribuição das usinas a jusante no BI vigente - Bacia do rio Iguaçu

Usinas a jusante	BI a montante (MWmed)	Santa Clara
Fundão	**-**	-
Segredo	**2,8**	2,8
Salto Santiago	**0,7**	0,7
Salto Osório	**0,6**	0,6
Salto Caxias	**0,7**	0,7
Baixo Iguaçu	**-**	-
Total	**4,8**	4,8

Importante destacar que na época do cálculo do benefício indireto, Jordão estava modelada imediatamente à jusante do Complexo Santa Clara-Fundão, e apontava para a UHE Segredo, porém, atualmente, tanto nos decks oficiais de garantia física quanto nos decks do PMO, Jordão aponta para a UHE Salto Santiago.

4.2 Bacia do rio Jequitinhonha

O efeito da regularização proporcionado pelo reservatório da UHE Irapé, que se encontra isolada na cascata junto à UHE Itapebi, é apresentado na Tabela 37. Assim, como exposto no item 2.1, o total da contribuição do reservatório da UHE Irapé foi compartilhado com a UHE Itapebi, com essa última recebendo um incremento de 17,8 MW médios após a entrada da UHE Irapé.

Tabela 37 – Contribuição das usinas a jusante no BI vigente - Bacia do Rio Jequitinhonha

Usinas a jusante	BI a montante (MWmed)	Irapé
Itapebi	**7,5**	7,5
Total	**7,5**	7,5

4.3 Bacia do rio Madeira

O efeito da regularização proporcionado pela curva-guia do reservatório de Jirau é apresentado na Tabela 38:

Tabela 38 – Contribuição das usinas a jusante no BI vigente - Bacia do Rio Madeira

Usinas a jusante	BI a montante (MWmed)	Jirau
Santo Antônio	**2,9**	2,9
Total	**2,9**	2,9

4.4 Bacia do rio Paraná

A bacia do Rio Paraná – excluindo a bacia do Rio Iguaçu – apresenta vários reservatórios de regularização mensal com benefício indireto vigente, localizados em diferentes cascatas: Batalha, Corumbá III, Corumbá IV, Espora, Mauá e Serra do Facão.

Para as usinas Batalha, Corumbá III, Espora, Mauá e Serra do Facão, o rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante que integraram cada cálculo, foi realizado de forma proporcional à variação de energia firme apresentada, respectivamente, na Tabela 19, Tabela 13, Tabela 6, Tabela 24 e Tabela 15.

Para a UHE Corumbá IV, o rateio do benefício indireto referente à revisão extraordinária, 2,0 MWmed, entre as usinas a jusante foi obtido proporcionalmente aos valores da variação do Benefício Indireto apresentado na Tabela 39. E o montante original, 7,2 MWmed, foi atribuído, para as usinas que integraram o cálculo, conforme variação de energia assegurada apresentada na Tabela 2.

Tabela 39 – Usinas a jusante da UHE Corumbá IV - Benefício Indireto - Revisão Extraordinária

Usinas a jusante	BI CRA0 (MWmed)	BI CRA1* (MWmed)	Δ Benefício Indireto (MWmed)
Corumbá III	1,54	1,77	0,23
Corumbá I	4,91	5,46	0,55
Itumbiara	2,23	2,51	0,28
Cachoeira Dourada	0,83	0,93	0,10
São Simão	1,81	2,11	0,30
Ilha Solteira Equivalente	1,09	1,21	0,12
Jupiá	0,82	0,89	0,07
Porto Primavera	0,59	0,64	0,05
Itaipu	3,94	4,28	0,34
Toda a Cascata Jusante	17,76	19,80	2,04

A Tabela 40 apresenta a contribuição das usinas a jusante nos montantes vigentes de benefício indireto para as UHEs Batalha, Corumbá III, Corumbá IV, Espora, Mauá e Serra do Facão:

Tabela 40 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente - Bacia do Rio Paraná

Usinas a jusante	BI a montante (MWmed)	Batalha	Corumbá III	Corumbá IV	Corumbá IV RE	Espora	Mauá	Serra do Facão
Serra do Facão	**1,64**	1,64		-	-	-	-	
Corumbá III	**0,23**	-	-	-	0,23	-	-	-
Corumbá I	**6,01**	-	-0,03	5,50	0,54	-	-	-
Emborcação	**21,40**	2,04	-	-	-	-	-	19,36
Itumbiara	**15,86**	1,44	0,24	1,30	0,27	-	-	12,61
Cachoeira Dourada	**6,25**	0,65	0,15	0,40	0,10	-	-	4,95
São Simão	**6,02**	1,44	0,02	-	0,29	-	-	4,27
Ilha Solteira Equiv.	**9,34**	0,90	0,16	-	0,12	0,33	-	7,83
Jupiá	**5,43**	0,60	0,19	-	0,07	0,16	-	4,41
Porto Primavera	**3,93**	0,50	0,09	-	0,05	0,14	-	3,15
Capivara	**-0,40**	-	-	-	-	-	-0,40	-
Taquaruçu	**0,45**	-	-	-	-	-	0,45	-
Rosana	**0,40**	-	-	-	-	-	0,40	-
Itaipu	**26,94**	2,99	0,58	-	0,33	0,87	2,05	20,12
Total	**103,5**	**12,2**	**1,4**	**7,2**	**2,0**	**1,5**	**2,5**	**76,7**

Os benefícios indiretos de Batalha, Corumbá III, Corumbá IV RE, Espora e Serra do Facão consideraram Ilha Solteira Equivalente (Ilha Solteira + Três Irmãos) a jusante dos seus reservatórios. Atualmente, tanto no modelo de otimização quanto no modelo de simulação a usinas individualizadas para fins de cálculo de energia firme, essas usinas são representadas de forma individualizada, pois pertencem a concessionários diferentes, conforme consta no Contrato de Concessão de Geração nº 03/2014 (referente à UHE Três Irmãos) e Contrato de

Concessão de Geração nº 01/2016 (referente às UHEs Ilha Solteira e Jupiá).

A Tabela 41 apresenta a repartição do benefício indireto à montante da usina de Ilha Solteira Equivalente, em proporção as garantias físicas das UHEs Ilha Solteira e Três Irmãos.

Tabela 41 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente – Repartição Ilha Solteira Equivalente

Usinas a jusante	BI a montante (MWmed)	Batalha	Corumbá III	Corumbá IV	Corumbá IV RE	Espora	Mauá	Serra do Facão
Ilha Solteira	**8,30**	0,80	0,14	-	0,10	0,29	-	6,96
Três Irmãos	**1,04**	0,10	0,02	-	0,02	0,04	-	0,87
Ilha Solteira Equivalente	**9,34**	**0,90**	**0,16**	**-**	**0,12**	**0,33**	**-**	**7,83**

4.5 Bacia do rio Teles Pires

O rateio do benefício indireto atribuído à UHE Sinop foi realizado de forma proporcional à variação de energia firme das usinas a jusante listadas na Tabela 30, conforme pode ser observado na Tabela 42:

Tabela 42 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente - Bacia do rio Teles Pires

Usinas a jusante	BI a montante (MWmed)	Sinop
Colíder	**4,7**	4,7
Teles Pires	**13,7**	13,7
São Manoel	**7,9**	7,9
Total	**26,3**	26,3

4.6 Bacia do rio Tocantins

O rateio do benefício indireto atribuído à UHE Peixe Angical foi realizado de forma proporcional à variação de energia firme das usinas a jusante listadas na Tabela 17, conforme pode ser observado na Tabela 43:

Tabela 43 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente - Bacia do Rio Tocantins

Usinas a jusante	BI a montante (MWmed)	Peixe Angical
Lajeado	**1,32**	1,32
Estreito	**-**	-
Tucuruí	**-0,32**	-0,32
Total	**1,0**	1,0

4.7 Bacia do rio Uruguai

Na bacia do rio Uruguai, há três usinas com benefício indireto vigente: Barra Grande, Garibaldi e São Roque. Para as três usinas, o rateio do benefício indireto entre as usinas a jusante que integraram cada cálculo, foi realizado de forma proporcional às variações de energia firme apresentadas, respectivamente, na Tabela 9, Tabela 32 e Tabela 28, conforme pode ser observado na Tabela 44:

Tabela 44 – Contribuição das usinas a jusante ao BI vigente - Bacia do Rio Uruguai

Usinas a jusante	BI a montante (MWmed)	Barra Grande	Garibaldi	São Roque
Garibaldi	1,38	-	-	1,38
Campos Novos	6,30	-	0,90	5,40
Machadinho	19,18	15,86	0,56	2,76
Itá	22,24	19,14	0,57	2,53
Foz do Chapecó	1,70	-	0,27	1,43
Total	**50,80**	**35,00**	**2,30**	**13,50**

5 Resumo das contribuições das usinas a jusante dos reservatórios com Benefício Indireto Vigente

Na Tabela 45 é apresentado um resumo das usinas a jusante dos reservatórios com benefício indireto vigente, em ordem alfabética, contendo o somatório das contribuições individuais e a lista de reservatórios a montante.

Tabela 45 – Resumo da contribuição das usinas a jusante nos montantes de Benefício Indireto Vigente

Usina	BI a montante (MWmed)	Reservatórios de Regularização a montante
Baixo Iguaçu	-	Santa Clara PR
Cachoeira Dourada	6,25	Batalha, Corumbá III, Corumbá IV, Corumbá IV RE, Serra do Facão
Campos Novos	6,30	Garibaldi, São Roque
Capivara	-0,40	Mauá
Colíder	4,70	Sinop
Corumbá I	6,01	Corumbá III, Corumbá IV, Corumbá IV RE
Corumbá III	0,23	Corumbá IV RE
Emborcação	21,40	Batalha, Serra do Facão
Estreito	-	Peixe Angical
Foz do Chapecó	1,70	Garibaldi, São Roque
Garibaldi	1,38	São Roque
Ilha Solteira	8,30	Batalha, Corumbá III, Corumbá IV RE, Espora, Serra do Facão
Itá	22,24	Barra Grande, Garibaldi, São Roque
Itaipu	26,94	Batalha, Corumbá III, Corumbá IV RE, Espora, Mauá, Serra do Facão

Usina	BI a montante (MWmed)	Reservatórios de Regularização a montante
Itapebi	25,3	Irapé
Itumbiara	15,86	Batalha, Corumbá III, Corumbá IV, Corumbá IV RE, Serra do Facão
Jupiá	5,43	Batalha, Corumbá III, Corumbá IV RE, Espora, Serra do Facão
Lajeado	1,32	Peixe Angical
Machadinho	19,18	Barra Grande, Garibaldi, São Roque
Porto Primavera	3,93	Batalha, Corumbá III, Corumbá IV RE, Espora, Serra do Facão
Rosana	0,40	Mauá
Salto Caxias	0,70	Santa Clara PR
Salto Osório	0,60	Santa Clara PR
Salto Santiago	0,70	Santa Clara PR
Santo Antônio	2,9	Jirau
São Manoel	7,90	Sinop
São Simão	6,02	Batalha, Corumbá III, Corumbá IV RE, Serra do Facão
Segredo	2,80	Santa Clara PR
Serra do Facão	1,64	Batalha
Taquaruçu	0,45	Mauá
Teles Pires	13,70	Sinop
Três Irmãos	1,04	Batalha, Corumbá III, Corumbá IV RE, Espora, Serra do Facão
Tucuruí	-0,32	Peixe Angical
Total à Jusante	**214,6**	-

No cálculo do benefício indireto da UHE Santa Clara, Jordão estava modelada imediatamente à jusante do Complexo Santa Clara-Fundão, e apontava para a UHE Segredo, porém, atualmente, tanto nos decks oficiais de garantia física quanto nos decks do PMO, Jordão aponta para a UHE Salto Santiago. Cabe destacar as energias asseguradas das UHEs Santa Clara e Fundão foram obtidas em conjunto, logo, a UHE Fundão não contribui para o benefício indireto da UHE Santa Clara.

No cálculo dos benefícios indiretos de Batalha, Corumbá III, Corumbá IV RE, Espora e Serra do Facão, foi considerada a jusante desses reservatórios o complexo Ilha Solteira equivalente. Entretanto, atualmente, no modelo de simulação a usinas individualizadas para fins de cálculo de energia firme, esse complexo é representado de forma desagregada em Ilha Solteira (no rio Paraná) e em Três Irmãos (no rio Tietê, afluente do rio Paraná), pois essas usinas atualmente pertencem a concessionários diferentes, conforme consta no Contrato de Concessão de Geração nº 03/2014 (referente à UHE Três Irmãos) e Contrato de Concessão de Geração nº 01/2016 (referente às UHEs Ilha Solteira e Jupiá). Desse modo o Benefício Indireto referente ao complexo foi repartido de acordo com a proporção das garantias físicas das UHEs Ilha Solteira e Três Irmãos.