



## NOTA TÉCNICA

# **CÁLCULO DE GARANTIA FÍSICA PARA FINS DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA NO AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE - USINAS FOTOVOLTAICAS BELMONTE 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 E 2-6**

**JUNHO DE 2024**

## ■ Colaboradores

### Coordenação Geral

Thiago Guilherme Ferreira Prado  
Reinaldo da Cruz Garcia

### Coordenação Executiva

Bernardo Folly de Aguiar  
Renato Haddad Simões Machado

### Coordenação Técnica

Fernanda Gabriela B. dos Santos

### Equipe Técnica

Bruno Faria Cunha  
Leonardo Sanches Lima  
Maria de Fátima de Carvalho Gama  
Rafaela Veiga Pillar

NOTA TÉCNICA EPE/DEE/045/2024



epe



## VALOR PÚBLICO

A GARANTIA FÍSICA É UM PARÂMETRO FUNDAMENTAL PARA O PLANEJAMENTO DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL. POR MEIO DELA AVALIA-SE O EQUILÍBRIO ESTRUTURAL ENTRE A OFERTA E A DEMANDA NO LONGO PRAZO, ALÉM DE SER O MONTANTE MÁXIMO QUE PODE SER COMERCIALIZADO PELO GERADOR EM CONTRATOS DE VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA, SENDO UTILIZADA COMO BALIZADOR PARA A EXPANSÃO DO PARQUE GERADOR.

A EPE É RESPONSÁVEL PELO CÁLCULO E REVISÃO DE GARANTIA FÍSICA DA GERAÇÃO, SEGUINDO METODOLOGIAS E CRITÉRIOS DEFINIDOS PELO MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA.

ESTA NOTA TÉCNICA REGISTRA OS CÁLCULOS REALIZADOS PELA EPE, EM CONFORMIDADE COM AS NORMAS VIGENTES, PARA ESTABELECEER OS MONTANTES DE GARANTIA FÍSICA DE ENERGIA DOS EMPREENDIMENTOS FOTOVOLTAICOS, VISANDO SUA COMERCIALIZAÇÃO NO AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE (ACL).

COM ESSE REGISTRO, A EPE TRAZ TRANSPARÊNCIA E DIMINUI A ASSIMETRIA DE INFORMAÇÃO NO PROCESSO DE CÁLCULO E REVISÃO DE GARANTIA FÍSICA.

**MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA**



**Ministro de Estado**  
Alexandre Silveira de Oliveira

**Secretário-Executivo**  
Arthur Cerqueira Valério

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético**  
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

**Secretário de Energia Elétrica**  
Gentil Nogueira de Sá Júnior

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis**  
Pietro Adamo Sampaio Mendes

**Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**  
Vítor Eduardo de Almeida Saback



Empresa de Pesquisa Energética

**Presidente**  
Thiago Guilherme Ferreira Prado

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais**  
Thiago Ivanoski Teixeira

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**  
Reinaldo da Cruz Garcia

**Diretor de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis**  
Heloísa Borges Bastos Esteves

**Diretor de Gestão Corporativa**  
Angela Regina Livino de Carvalho

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

## Histórico de Revisões

<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição</b>
0	05/06/2024	Publicação Original
1	25/06/2024	Inclusão dos empreendimentos Belmonte 2-3, 2-4 e 2-5

## ■ Sumário

<b>Apresentação .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Objetivo .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Histórico .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Metodologia de Cálculo de Garantia Física.....</b>	<b>4</b>
<b>4. Considerações da Análise .....</b>	<b>5</b>
<b>5. Características Técnicas dos Projetos Associados a GF calculada .....</b>	<b>6</b>
<b>6. Sistema de Transmissão de Interesse Restrito.....</b>	<b>7</b>
<b>7. Conclusão .....</b>	<b>10</b>
<b>Anexo 1 – Cálculo das Garantias Físicas dos Empreendimentos Fotovoltaicos Belmonte 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6.....</b>	<b>11</b>



## ■ Lista de Tabelas

Tabela 1 – Localização.....	6
Tabela 2 – Características Técnicas.....	6
Tabela 3 – Consumo interno e perdas elétricas até o PMI.....	7
Tabela 4 – Descrição das Instalações.....	9
Tabela 5 – Garantia Física.....	10
Tabela 6 – Informações Energéticas considerando o projeto associado à garantia física calculada	11

## Apresentação

---

A presente Nota Técnica registra os procedimentos efetuados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, em conformidade com a regulamentação vigente, para o cálculo dos montantes de garantia física de energia dos empreendimentos de fonte fotovoltaica Belmonte 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6, para fins de comercialização de energia no Ambiente de Contratação Livre - ACL.

Os cálculos apresentados seguem a metodologia estabelecida no Anexo 1 da Portaria MME nº 101, de 22 de março de 2016, de acordo com a solicitação do Ministério de Minas e Energia – MME por meio do Ofício nº 65/2024/DPOG/SNTEP-MME, de 09 de abril de 2024, que solicita os cálculos relativos aos empreendimentos Belmonte 1-2 e 1-3, e do Ofício nº 66/2024/DPOG/SNTEP-MME, de 24 de abril de 2024, que solicita os cálculos relativos aos empreendimentos Belmonte 2-2 e 2-6, recebidos na EPE em 10 e 25 de abril de 2024 no Protocolo Geral da EPE, respectivamente, em formato digital.

**Apesar de o Ofício nº 66/2024/DPOG/SNTEP-MME solicitar à EPE os cálculos das UFVs Belmonte 2-2 e 2-6, a Carta nº DES.2024.003, de 1º de abril de 2024, requeria ao MME a realização do cálculo da garantia física das UFV Belmonte 2.2 a 2.6. Portanto, nesta revisão 1, foram incluídos os empreendimentos Belmonte 2-3, 2-4 e 2-5.**

## 1. Objetivo

---

Este documento tem por objetivo atender à solicitação do MME de cálculo da garantia física de energia dos empreendimentos fotovoltaicos Belmonte 1-2 e 1-3, e Belmonte 2-2 a 2-6, para fins de comercialização de energia no ACL, pela Belmonte I Parque Solar S.A. e Belmonte II Parque Solar S.A., respectivamente, empresas controladoras dos empreendimentos conforme processo encaminhado à EPE.

As análises visam, basicamente, avaliar as características técnicas dos empreendimentos que influenciam no cálculo dos montantes de garantia física, bem como questões relativas à conexão elétrica.

Vale ressaltar que o cálculo dos montantes de garantia física dos empreendimentos fotovoltaicos Belmonte 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6 seguiu o estabelecido na referida Portaria MME nº 101/2016, tendo sido considerados os dados apresentados por ocasião da solicitação pelo empreendedor, bem como os documentos solicitados pela EPE durante as análises das características técnicas.

## 2. Histórico

---

As Resoluções Autorizativas ANEEL nº 7.928 e nº 7.929, de 25 de junho de 2019, e nº 8.928 e nº 8.932, de 09 de junho de 2020, autorizaram a implantação e exploração das Centrais Geradoras Belmonte 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6, respectivamente, sob o regime de Produção Independente de Energia Elétrica.

O Despacho ANEEL nº 1.353, de 15 de maio de 2023, alterou as características técnicas das UFVs Belmonte 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6.

## 3. Metodologia de Cálculo de Garantia Física

---

A garantia física de um empreendimento de geração é definida como a máxima quantidade de energia que este pode comercializar por meio de contratos no Sistema Interligado Nacional - SIN, segundo o Decreto nº 5.163/2004.

Conforme definido no item 2.3 do Anexo 1 da Portaria MME nº 101/2016, o cálculo da garantia física de empreendimentos fotovoltaicos segue a formulação a seguir apresentada:

$$GF = \frac{[P50_{ac} \times (1 - TEIF) \times (1 - IP) - \Delta P]}{8760}$$

Sendo:

GF: garantia física de energia, em MW médio;

P50<sub>ac</sub>: Produção Anual de Energia Certificada, referente ao valor de energia anual que é excedido com uma probabilidade de ocorrência igual ou maior a (50%) cinquenta por cento para um período de variabilidade futura de vinte anos, que deve constar do documento de Certificação de Dados Solarimétricos e de Produção Anual de Energia Elétrica, considerando as características técnicas autorizadas pela ANEEL, expresso em Megawatts hora por ano - MWh/ano;

TEIF: taxa equivalente de indisponibilidade forçada, por unidade - pu;

IP: indisponibilidade programada, por unidade - pu;

$\Delta P$ : estimativa anual do consumo interno e perdas elétricas até o ponto de medição individual - PMI da usina, em MWh; e

8760: número de horas por ano.

Destaca-se que nos valores de produção anual de energia certificados já são abatidas as perdas relacionadas à temperatura, sujeira, sombreamento, angulares, espectrais, degradação dos módulos, mismatch, tolerância sobre a potência nominal dos módulos, ôhmicas na cablagem, eficiência do inversor e controle de potência máxima, degradação inicial dos módulos, nível de irradiância, entre outras.

Considerando garantias físicas atribuídas no ponto de medição individual – PMI das usinas, as perdas na rede desde este ponto até o centro de gravidade do submercado não foram abatidas da garantia física, sendo de responsabilidade do empreendedor.

## 4. Considerações da Análise

---

A fim de subsidiar as análises descritas nesta Nota Técnica, foram tomados como referência os seguintes documentos:

- “Certificação dos Dados Solarimétricos e Certificação de Produção Anual de Energia”  
– Complexo Fotovoltaico Belmonte I – UFV Belmonte 1-2, R00.0, de 13/09/2022, pela Fotovoltec Projetos e Consultoria de Energia Fotovoltaica Ltda.;
- “Certificação dos Dados Solarimétricos e Certificação de Produção Anual de Energia”  
– Complexo Fotovoltaico Belmonte I – UFV Belmonte 1-3, R00.0, de 13/09/2022, pela Fotovoltec Projetos e Consultoria de Energia Fotovoltaica Ltda.;
- “Certificação dos Dados Solarimétricos e Certificação de Produção Anual de Energia”  
– Complexo Fotovoltaico Belmonte II – UFV Belmonte 2-2, R00.0, de 24/10/2022, pela Fotovoltec Projetos e Consultoria de Energia Fotovoltaica Ltda.;
- “Certificação dos Dados Solarimétricos e Certificação de Produção Anual de Energia”  
– Complexo Fotovoltaico Belmonte II – UFV Belmonte 2-3, R00.0, de 24/10/2022, pela Fotovoltec Projetos e Consultoria de Energia Fotovoltaica Ltda.;
- “Certificação dos Dados Solarimétricos e Certificação de Produção Anual de Energia”  
– Complexo Fotovoltaico Belmonte II – UFV Belmonte 2-4, R00.0, de 24/10/2022, pela Fotovoltec Projetos e Consultoria de Energia Fotovoltaica Ltda.;
- “Certificação dos Dados Solarimétricos e Certificação de Produção Anual de Energia”  
– Complexo Fotovoltaico Belmonte II – UFV Belmonte 2-5, R00.0, de 24/10/2022, pela Fotovoltec Projetos e Consultoria de Energia Fotovoltaica Ltda.;

- “Certificação dos Dados Solarimétricos e Certificação de Produção Anual de Energia” – Complexo Fotovoltaico Belmonte II – UFV Belmonte 2-6, R00.0, de 24/10/2022, pela Fotovoltec Projetos e Consultoria de Energia Fotovoltaica Ltda.;

## 5. Características Técnicas dos Projetos Associados a GF calculada

A seguir, são apresentadas as principais características dos projetos propostos pelo titular das usinas fotovoltaicas para o cálculo de garantia física.

### a) Localização – Município / UF:

**Tabela 1 – Localização**

Usina Fotovoltaica	Município
Belmonte 1-2	São José do Belmonte - PE
Belmonte 1-3	São José do Belmonte - PE
Belmonte 2-2	São José do Belmonte - PE
Belmonte 2-3	São José do Belmonte - PE
Belmonte 2-4	São José do Belmonte - PE
Belmonte 2-5	São José do Belmonte - PE
Belmonte 2-6	São José do Belmonte - PE

### b) Características Técnicas

As características técnicas principais são as mesmas constantes do Despacho ANEEL nº 1.353/2023 citado no item 2 e estão descritas na tabela a seguir.

**Tabela 2 – Características Técnicas**

Usina Fotovoltaica	Potência Total (KW)	Nº unidades geradoras	Potência unidade geradora (kW)	Módulo	Inversor
Belmonte 1-2	50.000	16	3.125	EGing PV EG-550M72-HL/BF-DG	Ingecon Sun 3Power C Series 3825TL B660
Belmonte 1-3	50.000	16	3.125	EGing PV EG-550M72-HL/BF-DG	Ingecon Sun 3Power C Series 3825TL B660
Belmonte 2-2	50.000	16	3.125	EGing PV EG-550M72-HL/BF-DG	Ingecon Sun 3Power C Series 3825TL B660
Belmonte 2-3	50.000	16	3.125	EGing PV EG-550M72-HL/BF-DG	Ingecon Sun 3Power C Series 3825TL B660
Belmonte 2-4	50.000	16	3.125	EGing PV EG-550M72-HL/BF-DG	Ingecon Sun 3Power C Series 3825TL B660

Belmonte 2-5	50.000	16	3.125	EGing PV EG-550M72-HL/BF-DG	Ingecon Sun 3Power C Series 3825TL B660
Belmonte 2-6	50.000	16	3.125	EGing PV EG-550M72-HL/BF-DG	Ingecon Sun 3Power C Series 3825TL B660

**c) Garantia Física de Energia**

Os valores calculados de garantia física para os empreendimentos fotovoltaicos Belmonte 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6, assim como as informações energéticas necessárias para aplicação da metodologia estabelecida na Portaria MME nº 101/2016, estão apresentados no Anexo 1.

A tabela a seguir apresenta o montante de consumo interno somado às perdas elétricas até o ponto de medição individual (PMI) da usina, declarado pelo agente e utilizado nesta avaliação:

**Tabela 3 – Consumo interno e perdas elétricas até o PMI**

Usina Fotovoltaica	Consumo interno + perdas [MWh/ano]	P50 [MWh/ano]	% P50
Belmonte 1-2	1.742,20	139.485,6	1,25%
Belmonte 1-3	1.773,20	141.644,8	1,25%
Belmonte 2-2	2.647,60	142.062,5	1,86%
Belmonte 2-3	2.638,10	140.500,5	1,88%
Belmonte 2-4	2.624,90	140.338,5	1,87%
Belmonte 2-5	2.635,80	141.196,9	1,87%
Belmonte 2-6	2.638,60	142.148,6	1,86%

Para os empreendimentos fotovoltaicos Belmonte 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6 os montantes correspondentes ao valor de sua Produção Certificada (P50) anual foram considerados compatíveis com a topologia do sistema de interesse restrito das usinas.

## 6. Sistema de Transmissão de Interesse Restrito

A conexão das UFVs Belmonte 1-2, 1-3, 2-2 a 2-6 na Rede Básica será feita radialmente no barramento de 230 kV da SE Bom Nome, de propriedade da CHESF, no mesmo módulo de entrada de linha onde também se conectarão as UFVs Belmonte 1-1, 1-4, 2-1, 2-3, 2-4 e 2-5, por meio de uma linha de transmissão em 230 kV, circuito simples, com cabos 2 x CAL 1120 liga 998,7 MCM por fase, com cerca de 27,2 km de extensão. Essa linha de transmissão será derivada da subestação coletora dessas usinas fotovoltaicas, denominada SE Belmonte 34,5/230 kV – 1 x 165MVA + 2 x 160 MVA.

O sistema de transmissão de interesse restrito é detalhado a seguir.

- Subestação coletora SE Belmonte – setor 230 kV

- 01 (um) transformador 34,5/230 kV – 1x150/165 MVA compartilhado pelas UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3, 1-4;

- 01 (um) módulo de conexão de transformador compatível com o arranjo barra dupla com disjuntor simples e cinco chaves BD5CH, compartilhado pelas UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3, 1-4;
- 02 (dois) transformadores 34,5/230 kV – 2 x 160 MVA compartilhados pelas UFVs Belmonte 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6;
- 02 (dois) módulos de conexão de transformador compatível com o arranjo barra dupla com disjuntor simples e cinco chaves BD5CH, compartilhados pelas UFVs Belmonte 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6;
- Setor de 230 kV contendo: 01 (um) módulo geral, 01 (um) módulo de entrada de linha, 01 (um) módulo de interligação de barras, compartilhado pelas UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6.

- Subestação coletora SE Belmonte – setor 69 kV

- 01 (uma) seção de barra simples e 01 (um) módulo de conexão de transformador compatível com o arranjo em barra simples, compartilhado pelas UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3, 1-4;
- 01 (uma) seção de barra simples e 01 (um) módulo de transformador compatível com o arranjo em barra simples, compartilhado pelas UFVs Belmonte 2-1, 2-2, 2-3;
- 01 (uma) seção de barra simples e 01 (um) módulo de transformador compatível com o arranjo em barra simples, compartilhado pelas UFVs Belmonte 2-4, 2-5, 2-6.

- Subestação SE Bom Nome 230/138/69 kV – setor em 230 kV;

- 01 (um) módulo de entrada de linha no barramento de 230 kV compatível com o arranjo em barra principal e transferência – BPT, compartilhado pelas UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6.;

- LT 230 kV Bom Nome – Coletora Belmonte, em circuito simples, com cabos 2 x CAL 1120 liga 998,7 MCM por fase e cerca de 27,2 km de extensão. Essa linha de transmissão será compartilhada pelas UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6.

Adicionalmente às instalações de transmissão de uso compartilhado anteriormente citadas, serão implantados 28 (vinte e oito) alimentadores em 34,5 kV, sendo 01 (um) para a UFV 1-4 e 03 (três) para cada uma das UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6.

**Tabela 4 – Descrição das Instalações**

Instalação	Descrição
SE Coletora Belmonte	<p>Subestação elevadora 34,5/230 kV contendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 transformador 34,5/230 kV de 165 MVA compartilhado pelas UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3, 1-4;</li> <li>• 1 transformador 34,5/230 kV de 160 MVA compartilhado pelas UFVs Belmonte, 2-1, 2-2 e 2-3;</li> <li>• 1 transformador 34,5/230 kV de 160 MVA compartilhado pelas UFVs Belmonte 2-4, 2-5 e 2-6.</li> </ul>
LT de Interesse Restrito Bom Nome – Coletora Belmonte	<p>Linha de transmissão no nível de tensão de 230kV;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 circuito simples de 27,2 km, compartilhada pelas UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3, 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6.</li> </ul>

Pareceres de Acesso

Os Pareceres de Acesso Permanente e suas revisões, Contratos de Uso do Sistema de Transmissão – CUST e seus Termos Aditivos com seus Montantes de Uso do Sistema de Transmissão – MUST contratados, que se encontram na documentação disponibilizada e disciplinam o acesso ao sistema de transmissão, são detalhados a seguir:

- Parecer de Acesso Permanente das UFVs Belmonte 1-1, 1-2, 1-3 e 1-4, Relatório ONS Nº DTA-2020-PA-0188-R1, emitido em agosto de 2023, e suas revisões 1 e 2, de dezembro de 2020 e junho de 2023, respectivamente;
- CUSTs Permanentes Nº 037/2021 (UFV Belmonte 1-2) e Nº 038/2021 (UFV Belmonte 1-3), assinados em março de 2021, e seus Termos Aditivos, firmados em março e abril de 2024, respectivamente, sendo o Montante de Uso de Sistema de Transmissão - MUST contratado para cada projeto de 50 MW;
- Parecer de Acesso Permanente das UFVs Belmonte 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6, Relatório ONS Nº DTA-PA-0208-R0, emitido em dezembro de 2020, e sua Revisão 1, em junho de 2023;
- CUSTs Permanentes Nº 041/2021 A Nº 045/2021, assinados em março de 2021 e seus Termos Aditivos, referentes às UFVs Belmonte 2-2 a 2-6, sendo o Montante de Uso de Sistema de Transmissão - MUST contratado para cada um dos projetos de 50 MW.

## 7. Conclusão

---

Os valores de garantia física são apresentados a seguir:

**Tabela 5 – Garantia Física**

Usina	GF (MWmed)
Belmonte 1-2	15,6
Belmonte 1-3	15,8
Belmonte 2-2	15,8
Belmonte 2-3	15,6
Belmonte 2-4	15,6
Belmonte 2-5	15,7
Belmonte 2-6	15,8

## Anexo 1 – Cálculo das Garantias Físicas dos Empreendimentos Fotovoltaicos Belmonte 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 e 2-6

**Tabela 6 – Informações Energéticas considerando o projeto associado à garantia física calculada**

CEG	Usina	Ambiente	Potência (kW)	P50 <sub>CERT</sub> (MWh/ ano)	TEIF (%)	IP (%)	$\Delta P$ (MWh/ ano)	GF (MWmed)
UFV.RS.PE.040726-7.01	Belmonte 1-2	ACL	50.000	139.485,6	0,53	0,25	1.742,20	15,6
UFV.RS.PE.040727-5.01	Belmonte 1-3	ACL	50.000	141.644,8	0,53	0,25	1.773,20	15,8
UFV.RS.PE.040736-4.01	Belmonte 2-2	ACL	50.000	142.062,5	0,53	0,25	2.647,60	15,8
UFV.RS.PE.040737-2.01	Belmonte 2-3	ACL	50.000	140.500,5	0,53	0,25	2.638,10	15,6
UFV.RS.PE.040738-0.01	Belmonte 2-4	ACL	50.000	140.338,5	0,53	0,25	2.624,90	15,6
UFV.RS.PE.040739-9.01	Belmonte 2-5	ACL	50.000	141.196,9	0,53	0,25	2.635,80	15,7
UFV.RS.PE.043267-9.01	Belmonte 2-6	ACL	50.000	142.148,6	0,53	0,25	2.638,60	15,8