



## NOTA TÉCNICA

# **CÁLCULO DE GARANTIA FÍSICA PARA FINS DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA NO AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE - USINA FOTOVOLTAICA SOL DO PIAUÍ**

**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  
Rafaela Veiga Pillar  
Tiago Veiga Madureira

**NOTA TÉCNICA EPE/DEE/051/2024**



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	25/06/2024	Publicação Original

## ■ 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>5</b>
<b>4. Considerações da Análise .....</b>	<b>6</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>8</b>
<b>8. Lista de documentos solicitados e recebidos pela EPE durante a análise .....</b>	<b>8</b>
<b>Anexo 1 – Cálculo da Garantia Física do Empreendimento Fotovoltaico Sol do Piauí.....</b>	<b>10</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 – Garantia Física .....	8
Tabela 5 – Informações Energéticas considerando o projeto associado à garantia física calculada	10

## Apresentação

---

A presente Nota Técnica registra os procedimentos efetuados pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE, em conformidade com a regulamentação vigente, para o cálculo do montante de garantia física de energia do empreendimento de fonte fotovoltaica Sol do Piauí, 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 335/2023/DPOG/SNTEP-MME, recebido na EPE em 25 de setembro de 2023, em formato digital.

## 1. Objetivo

---

Este documento tem por objetivo atender à solicitação do MME de cálculo da garantia física de energia do empreendimento fotovoltaico Sol do Piauí, para fins de comercialização de energia no ACL, pela Sol do Piauí Geração de Energia Ltda, empresa controladora do empreendimento conforme processo encaminhado à EPE.

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

Vale ressaltar que o cálculo do montante de garantia física do empreendimento fotovoltaico Sol do Piauí 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

---

O Despacho nº 3.543, de 12 de dezembro de 2019, registrou o Recebimento do Requerimento de Outorga (DRO) da UFV Sol do Piauí, cadastrada sob o Código Único de Empreendimentos de Geração (CEG) nº UFV.RS.PI.046552-6.01, com 68.250 kW de Potência Instalada, visando à Produção Independente de Energia Elétrica.

A Resolução Autorizativa nº 9.995, de 18 de maio de 2021, autorizou, em caráter excepcional de Projeto Piloto, a Sol do Piauí Geração de Energia Ltda a implantar e explorar a UFV Sol do Piauí sob o regime de Produção Independente de Energia Elétrica, com 68.000 kW de Potência Instalada, localizada no município de Curral Novo do Piauí, estado do Piauí.

O Despacho nº 3.263, de 01 de setembro de 2023, alterou de 68.000 kW para 48.118 kW a potência instalada declarada da UFV Sol do Piauí, alterou o número de unidades geradoras, de 10 (dez) de 6.800 kW cada, para 14 (quatorze) unidades geradoras de 3.437 kW cada, registrou a potência líquida declarada de 47.020,91 kW; e alterou o sistema de transmissão de interesse restrito.

A empresa Sol do Piauí Geração de Energia Ltda solicitou ao Ministério de Minas e Energia - MME a definição do montante de garantia física de energia da usina fotovoltaica Sol do Piauí por meio de carta Auren-Reg\_108\_23, de 19 de setembro de 2023.

Por meio do Ofício nº 335/2023/DPOG/SNTEP-MME, de 22 de setembro de 2023, foi encaminhado à EPE o processo referente à solicitação de cálculo de garantia física de energia do empreendimento fotovoltaico Sol do Piauí.

Ressalta-se ainda que serão disponibilizados ao MME os documentos complementares e esclarecimentos adicionais encaminhados durante a análise, conforme lista de documentos apresentada no item 8 desta Nota Técnica, cabendo ressaltar que o último documento recebido do empreendedor data de 17 de junho de 2024.

Destacam-se as interações realizadas sobre a consideração da perda por *curtailment* (corte de geração) devido à associação com as usinas eólicas Ventos de São Vicente 08 a 14 sem acréscimo

de contratação de montante de uso do sistema de transmissão (MUST). O empreendedor foi orientado por esta EPE que a perda por *curtailment* deve ser considerada no cálculo da produção anual de energia certificada (P50), conforme metodologia de cálculo de garantia física de usinas solares fotovoltaicas definida pela Portaria MME nº 101/2016, na qual a lista de perdas a serem abatidas no cálculo do P50 não é exaustiva. Em reunião realizada no dia 04/06/2024, os representantes do empreendimento esclareceram que a perda por *curtailment* está considerada nos cálculos da certificação enviada, com exceção de uma tabela com consideração contrária. Dessa forma, após envio dos sumários da certificação de dados solarimétricos e produção anual de energia, a certificação foi aceita para fins de cálculo de garantia física do empreendimento.

### 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 a análise descrita nesta Nota Técnica, foi tomado como referência os seguintes documentos:

- “Estudo de avaliação da produção de energia da Usina Fotovoltaica Sol do Piauí”, documento nº L243552-POA-R-01-B, de 17 de março de 2023, elaborado por DNV Classificação, Certificação e Consultoria Brasil Ltda.
- “Avaliação da produção de energia da UFV Sol do Piauí”, documento nº L243552-POA-R-04-B, de 17 de junho de 2024, elaborado por DNV Classificação, Certificação e Consultoria Brasil Ltda.

O primeiro documento traz o relatório completo da certificação, porém não apresenta os sumários da certificação de dados solarimétricos e produção anual de energia. O segundo documento corresponde aos sumários da certificação de dados solarimétricos e produção anual de energia, compatíveis com a certificação.

Cabe alertar que, na tabela 4.3 do documento L243552-POA-R-01-B, a energia certificada apresentada não considera as perdas por *curtailment*, tendo sido desconsiderada nas análises.

## 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
Sol do Piauí	Curral Novo do Piauí-PI

### b) Características Técnicas

As características técnicas principais são as mesmas constantes do Despacho nº 3.263 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
Sol do Piauí	48.118	14	3.437	Canadian Solar CS6W-540MB-AG e CS6W-545MB-AG	Sungrow SG3125HV-30

**c) Garantia Física de Energia**

O valor calculado de garantia física para o empreendimento fotovoltaico Sol do Piauí, 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
Sol do Piauí	2.517,45	106.985,0	2,35

Para o empreendimento fotovoltaico Sol do Piauí, esse montante, correspondente a 2,35% do valor de sua Produção Certificada (P50) anual, foi considerado compatível com a topologia do sistema de interesse restrito da usina.

## 6. Sistema de Transmissão de Interesse Restrito

A conexão da UFV Sol do Piauí será feita através do compartilhamento das instalações de transmissão de interesse restrito das EOLs Ventos de São Vicente 08 a 14.

A conexão da central fotovoltaica será caracterizada pela conexão no setor de 230 kV da SE Curral Novo do Piauí II através do sistema de transmissão de interesse restrito descrito abaixo:

- 01 (um) módulo de conexão de linha no barramento de 230 kV da SE Curral Novo do Piauí II 500/230 kV, compatível com o arranjo barra dupla com disjuntor e quatro chaves (BD4CH);
- LT 230 kV Curral Novo do Piauí II – Chapadinha I, em circuito simples, com cerca de 3,75 km de extensão;
- SE Chapadinha I, subestação coletora das EOLs Ventos de São Vicente 08 a 14 e da UFV Sol do Piauí, contendo:
  - Setor de 230 kV: barra dupla, 01 (um) módulo de conexão de linha, 01 (um) módulo de interligação de barras e 02 (dois) módulos de conexão de transformador, compatíveis com o arranjo em barra principal e transferência – BPT. A subestação coletora foi projetada com área disponível para evolução do seu setor de 230 kV para o arranjo de BD4CH;
  - 02 (dois) transformadores elevadores 34,5/230 kV, de 80 / 100 / 120 MVA (ONAN / ONAF 1 / ONAF 2) cada;
  - Setor de 34,5 kV: 02 (duas) seções de barras simples interligadas por meio de disjuntores e chaves seccionadoras; 02 (dois) módulos de conexão de transformador, um em cada seção de barra; 08 (oito) módulos de conexão de alimentador, quatro em cada seção de barra; e 02 (dois) bancos de capacitores de 18 MVar cada, um em cada seção de barra, compatíveis com o arranjo em barra simples.

Adicionalmente às instalações de transmissão de uso compartilhado acima citadas, existem 16 (dezesesseis) alimentadores em 34,5 kV, sendo 02 (dois) para cada uma das EOLs Ventos de São Vicente 08 a 14 e 02 (dois) para a UFV Sol do Piauí. Cada usina tem seu par de alimentadores unificados e ligados em uma conexão no setor de 34,5 kV da SE Chapadinha I.

### Parecer de Acesso

O Contrato de Uso do Sistema de Transmissão (CUST) permanente nº 176/2023 e o Parecer de Acesso Permanente DTA-2023-PA-0156-R0 da UFV Sol do Piauí consideram um Montante de Uso do Sistema de Transmissão (MUST) igual a 0 (zero) MW. No entanto, esse projeto está em associação com as centrais eólicas Ventos de São Vicente 08 a 14, cuja soma dos montantes contratados supera a Potência Injetável máxima da UFV Sol do Piauí no ponto de conexão Curral Novo do Piauí II 230 kV.

## 7. Conclusão

---

Os valores de garantia física são apresentados a seguir:

**Tabela 4 – Garantia Física**

Usina	GF (MWmed)
Sol do Piauí	11,8

## 8. Lista de documentos solicitados e recebidos pela EPE durante a análise

---

- i. **E-mail\_01\_2023-10-31.pdf – Enviado pela EPE** – Solicita encaminhamento de documento de acesso válido – Parecer de Acesso ou CUST assinado.
- ii. **E-mail\_02\_2023-10-31.pdf – Recebido pela EPE** – Recebimento da documentação de acesso solicitada.
- iii. **E-mail\_03\_2023-12-05.pdf – Enviado pela EPE** – Solicita a declaração dos valores de TEIF(%), IP (%), Consumo Interno (MWh/ano) e Perdas Elétricas até o PMI (MWh/ano).
- iv. **E-mail\_04\_2024-01-03.pdf – Recebido pela EPE** – Recebimento da declaração dos valores de TEIF(%), IP (%), Consumo Interno (MWh/ano) e Perdas Elétricas até o PMI (MWh/ano).
- v. **E-mail\_05\_2024-01-16.pdf – Enviado pela EPE** – EPE solicita revisão da certificação de modo a considerar no cálculo do P50 as perdas por *curtailment* devido à associação com as usinas eólicas Ventos de São Vicente 08 a 14 sem acréscimo de contratação de montante de uso do sistema de transmissão (MUST).
- vi. **E-mail\_06\_2024-01-22.pdf – Recebido pela EPE** – Representante contesta a solicitação de consideração das perdas por *curtailment* no cálculo do P50.

**vii. E-mail\_07\_2024-01-29.pdf – Enviado pela EPE** – EPE esclarece a metodologia vigente de cálculo de garantia física de usinas fotovoltaicas e reitera a solicitação de consideração do *curtailment* no cálculo do P50.

**viii. E-mail\_08\_2024-05-21.pdf – Recebido pela EPE** – Representante solicita reunião.

**ix. Reunião 2024-06-04** – Representante esclarece que a perda por *curtailment* está considerada nos cálculos da certificação enviada, com exceção de uma tabela com consideração contrária. EPE solicita sumários da certificação de dados solarimétricos e produção anual de energia elaborados pela certificadora.

**x. E-mail\_09\_2024-06-17.pdf – Recebido pela EPE** – Recebimento dos sumários da certificação de dados emitidos pela certificadora.

## Anexo 1 – Cálculo da Garantia Física do Empreendimento Fotovoltaico Sol do Piauí

---

Tabela 5 – 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.PI.046552-6.01	Sol do Piauí	ACL	48.118	106.985,0	0,80	0,30	2.517,45	11,8