



PROJETO DE MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

MINIUSINA SOLAR EM TELHA METÁLICA DE 92,91 kwp

LOCAL: PAULISTANA - PI

FEVEREIRO/2025



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

Sumário

1.0 INTRODUÇÃO.....	3
2.0 NORMAS APLICÁVEIS	3
3.0 CONSIDERAÇÕES.....	4
4.0 POTÊNCIA GERADA	4
5.0 PADRÃO DE ENTRADA	7
6.0 SISTEMA DE MEDIÇÃO.....	7
7.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS MICROGERAÇÕES	8
9.0 LEVANTAMENTO DE CARGAS.....	8
10.0 PROTEÇÕES	8
11.0 HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA	9
12.0 FATOR DE POTÊNCIA	10
13.0 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	10
14.0 ATERRAMENTO	11
15.0 CONDUTORES:	12
16.0 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE ALTERNADA:	12
17.0 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE CONTINUA:	12
18.0 ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO DO GERADOR FOTOVOLTAICO.....	12

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

1.0 INTRODUÇÃO

Estas especificações técnicas descreve o projeto de sistema de minigeração distribuída de baixa tensão da **na zona urbana do Município de PAULISTANA**, utilizando a energia solar como fonte de energia alternativa.

2.0 NORMAS APLICÁVEIS

- a) ABNT NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
- b) ANBT 14039: INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO DE 1,0 KV A 36,2 KV.
- c) ABNT NBR 10899: Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia.
- d) ABNT NBR 11704: Sistemas Fotovoltaicos – Classificação.
- e) ABNT NBR 16690: Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto.
- f) ABNT NBR 16149: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- g) ABNT NBR 16150: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão coma rede elétrica de distribuição – Procedimentos de ensaio de conformidade.
- h) ABNT NBR IEC 62116: Procedimento de Ensaio de Anti-ilhamento para Inversores de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica.
- i) EQUATORIAL ENERGIA NT.021. - Normas e Padrões Conexão de Minigeração Distribuída ao Sistema de Distribuição.
- j) EQUATORIAL ENERGIA NT.002.EQTL. Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão(15 e 36,5 kV).
- k) ANEEL Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. Revisão 6. 2016, Seção 3.7.
- l) ANEEL Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010, que

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica.

- m) ANEEL Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.
- n) IEC 61727 Photovoltaic (PV) Systems - Characteristics of the Utility Interface

IEC 62116:2014 Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding

3.0 CONSIDERAÇÕES

Após a liberação, não devem ser executadas quaisquer alterações no sistema de interligação da minigeração com a rede, sem que sejam aprovadas tais modificações por parte da **EQUATORIAL ENERGIA**. Havendo alterações, o interessado deve encaminhar o novo projeto para análise, inspeção, teste e liberação por esta Concessionária de energia elétrica.

A conexão da minigeração distribuída não poderá acarretar prejuízos ao desempenho e aos níveis de qualidade da Rede de Distribuição ou de qualquer consumidor a ela conectado, conforme as normas vigentes e demais Resoluções da ANEEL.

O consumidor deverá propiciar livre acesso às suas instalações elétricas, para funcionários ou pessoal autorizado da **Equatorial Distribuição Piauí**, devidamente credenciados, para fins de levantamento de dados, controle e aferição da medição, etc., em qualquer tempo, principalmente se estiver ocorrendo perturbações no seu sistema.

Conforme despacho nº 720 de 25 de março de 2014 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, não será necessária a instalação do Dispositivo de seccionamento visível – DVS para minigeradores que se conectam a rede através de inversores.

4.0 POTÊNCIA GERADA

O sistema de geração solar fotovoltaica deverá ser composto por 4 string's de 21 módulos fotovoltaicos cada, 1 string's de 24 módulos fotovoltaicos cada, 2 string's de 20

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

módulos fotovoltaicos cada e 1 string's de 15 módulos fotovoltaicos cada. O painel utilizado é de 570 Wp, totalizando 163 módulos fotovoltaicos, com uma carga instalada de 92,91 kwp, 1 inversor trifásico de 60kw e 1 inversor trifásico de 15Kw.

Tabela de dimensionamento do gerador

Potência Nominal [W]	570
Tensão De Circuito Aberto [V]	50,74
Corrente De Curto Circuito [A]	14,31
Tensão De Máxima Potência [V]	42,07
Corrente De Máxima Potência [A]	13,55
Eficiência [%]	22,07
Comprimento [M]	2,278
Largura [M]	1,134
Área [M2]	2,58
Peso [Kg]	28
Quantidade	163

Tabela 1. Características técnicas do gerador

Tabela de dimensionamento do inversor

Modelo	INVERSOR 60KW
Quantidade	1
Entrada	
Potência Nominal [Kw]	60000
Máxima Potência Na Entrada CC [Wp]	90000
Máxima Tensão CC [V]	1100
Máxima Corrente CC [A]	45
Máxima Tensão MPPT [V]	1000
Mínima Tensão MPPT [V]	180
Tensão De Partida [V]	200
Quantidade De Entradas MPPT	3/3/3/3
Saída	
Potência Nominal CA [Kw]	60000
Máxima Potência Na Saída CA [Kva]	66000
Máxima Corrente Na Saída CA [A]	95.3
Tensão Nominal CA [V]	380
Frequência Nominal [Hz]	60

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

Máxima Tensão CA [V]	400
Mínima Tensão CA [V]	300
THD De Corrente [%]	<3
Fator De Potência	0,99
Tipo De Conexão – Número De Fases + Neutro + Terra	3F+1N+1T
Eficiência Máxima [%]	98,85

Tabela 2. Características técnicas do inversor

Tabela de dimensionamento do inversor

Modelo	INVERSOR 1KW
Quantidade	1
Entrada	
Potência Nominal [Kw]	15000
Máxima Potência Na Entrada CC [Wp]	22500
Máxima Tensão CC [V]	1100
Máxima Corrente CC [A]	26
Máxima Tensão MPPT [V]	1000
Mínima Tensão MPPT [V]	180
Tensão De Partida [V]	200
Quantidade De Entradas MPPT	2/1
Saída	
Potência Nominal CA [Kw]	15000
Máxima Potência Na Saída CA [Kva]	16500
Máxima Corrente Na Saída CA [A]	23.9
Tensão Nominal CA [V]	380
Frequência Nominal [Hz]	60
Máxima Tensão CA [V]	400
Mínima Tensão CA [V]	300
THD De Corrente [%]	<3
Fator De Potência	0,99
Tipo De Conexão – Número De Fases + Neutro + Terra	3F+1N+1T
Eficiência Máxima [%]	98,60

Tabela 2. Características técnicas do inversor

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

5.0 PADRÃO DE ENTRADA

Para adesão ao sistema de compensação de energia, o padrão de entrada da unidade consumidora deverá ser de acordo com a versão vigente da Norma de fornecimento de energia elétrica em média tensão, no que diz respeito às alturas das caixas de medição, aterramento e postes.

O memorial completo do padrão de entrada em média tensão e subestação está em anexo.

O responsável técnico pela obra deve consultar as orientações e os detalhes de instalação das caixas de medição e proteção, aterramento, postes, ramais de ligação, etc, na norma Equatorial Energia NT.002.EQTL.Normas e Padrões – Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão(15 e 36,5 kV).

6.0 SISTEMA DE MEDIÇÃO

O sistema de medição de energia utilizado deverá ser bidirecional, conforme recomendação do PRODIST - Módulo 3 - Seção 3.7 – Rev. 6 item 7, ou seja, medir a energia ativa injetada na rede e a energia ativa consumida da rede.

Para conexão de minigeração distribuída em unidade consumidora existente sem necessidade de aumento da potência disponibilizada, a distribuidora não exige a adequação do padrão de entrada da unidade consumidora em função da substituição do sistema de medição existente, exceto se (*ANEEL PRODIST Módulo 3 Seção 3.7 item 7.1.1*):

I) For constatado descumprimento das normas e padrões técnicos vigentes à época da sua primeira ligação; ou

II) Houver inviabilidade técnica devidamente comprovada para instalação do novo sistema de medição no padrão de entrada existente, isso inclui caixas de medição com dimensões

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

que não comportam o sistema de medição, caixas no antigo padrão medição às claras e o SMC (sistema de medição centralizada) que não possui módulos com bidirecionalidade.

Este sistema deverá ser composto por um medidor eletrônico Bidirecional, conforme diagrama unifilar no projeto gráfico em anexo.

7.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA USINA

O Sistema de minigeração fotovoltaica possui as seguintes características técnicas:

- **Arranjos;**

- **Quantidade de painéis:** 163 módulos de 570 W;

- **Quantidade de strings:** 4 string's de 21 módulos cada uma, em série. 1 string's de 24 módulos fotovoltaicos cada uma fazendo série, 2 string's com 20 painéis cada uma, fazendo série. e 1 string's de 15 módulos fotovoltaicos cada uma fazendo série.

Será utilizado 1 inversor de 60 Kwp e 1 de 15Kwp, conforme desenho em anexo.

8.0 PROTEÇÕES

É de responsabilidade do acessante a proteção de seus equipamentos para minigeração de energia. Os requisitos de proteção e ajustes exigidos para a conexão do sistema de minigeração à rede de baixa tensão, seguem as determinações contidas no PRODIST - Módulo 3 - Seção 3.7 – Rev. 6 item 4.3 e também se baseiam na norma ABNT NBR 16149:2013 [4], conforme discriminado abaixo:

- ✓ **Proteção de Subtensão (27):** Ajuste 0,8 P.U. com tempo de atuação máximo de 5 s;
- ✓ **Proteção de Sobretensão (59):** Ajuste 1,1 P.U. com tempo de atuação máximo de 5 s;
- ✓ **Proteção de Subfrequência (81U):** Ajuste: 59,5 Hz com tempo de atuação máximo de 5 s;

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

- ✓ **Proteção de Sobrefrequência (810):**Ajuste: 60,5 Hz com tempo de atuação máximo de 5s;
- ✓ **Rele de sincronismo (25):**Ajustes: 10°; 10% x Tensão; 0,3 Hz;
- ✓ **Anti-ilhamento (78 e 81 df/dt – Rocof):**Após perda da rede, 2 s para desconexão;Após normalização da rede, de 60 s para reconexão.

Deverão ser utilizados para proteção dos arranjos fotovoltaicas dentro da caixa de proteção (string-box) os seguintes elementos:

Dispositivo de proteção contra surtos em corrente continua: proteção contra surtos linha/linha ou linha/terra, tensão máxima de operação 1040Vcc, corrente de descarga máxima 40kA/20uS, classe II, de acordo com padrões EN 50539-11

Chave seccionadora: Número de pólos: 4; Corrente máxima (Voc) = 1000V | 40A; Tensão nominal de isolamento (Ui): 1000Vdc e Tensão nominal de pulso (Uimp): 8kV.

10.0 HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA

A distorção harmônica total (DHT) de corrente deve ser inferior a 5 %, na potência nominal do sistema de minigeração distribuída. Cada harmônica individual deve estar limitada aos valores apresentados na Tabela abaixo:

HARMÔNICAS ÍMPARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
3° a 9°	< 4,0 %
11° a 15°	< 2,0 %
17° a 21°	< 1,5 %
23° a 33°	< 0,6 %
HARMÔNICAS PARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
2° a 8°	< 1,0 %

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

10° a 32°	< 0,5 %
-----------	---------

Tabela 3. Limites de distorções harmônicas individuais de tensão

11.0 FATOR DE POTÊNCIA

O sistema de minigeração distribuída deve ser capaz de operar dentro das faixas de fator de potência apresentadas no quadro abaixo, quando a potência ativa injetada na rede for superior a 20% da potência nominal do gerador.

Após a alteração na potência ativa, o sistema de minigeração distribuída deve ser capaz de ajustar a potência reativa de saída automaticamente para corresponder ao FP predefinido. Qualquer ponto operacional resultante destas definições deve ser atingido em, no máximo, 10s.

12.0 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

Junto ao padrão de entrada de energia deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: “RISCO ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”.

A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC com espessura mínima de 1 mm e conforme modelo apresentado na Figura abaixo:

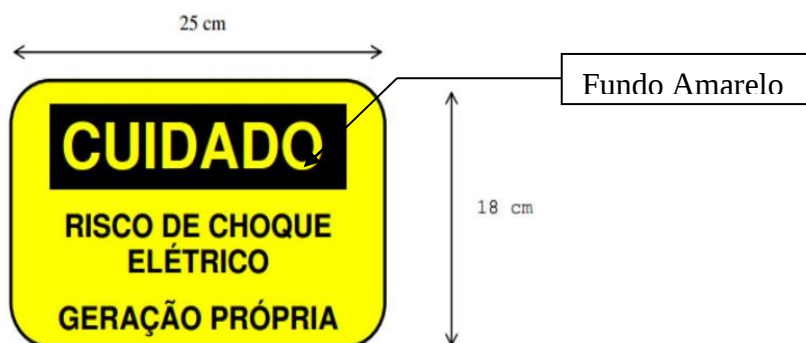


Figura 01. Modelo de placa de advertência

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

13.0 ATERRAMENTO

O aterramento deverá ser feita através de 3 haste do tipo Copperweld de 5/8" x 2,40m, que será interligada através de cabo de cobre nu **35mm²** interligadas ao BEP, no BEP estarão conectadas as cargas dos inversores e do quadro de distribuição dos inversores.

A resistência máxima do solo deverá ser de 10 Ohms, e se necessário for, dever-se-á tratar o solo para respeitar tal valor.

Deverá ser analisado a necessidade e o custo-benefício da instalação do sistema de aterramento sempre em prol da segurança das instalações e os operadores do sistema.

Ajuste e interligações em as proteções do sistema poderão ser necessários e ficará de responsabilidade do projetista. O instalador deverá verificar e certificar os pontos de conexões com os módulos fotovoltaicos, quadro de proteção (String box), inversores, isolações, proteções e a produção de energia fotovoltaica gerada sob diferentes condições de operação e o aterramento.

Na instalação deve-se tomar cuidado para não danificar o isolamento dos fios durante a enfição e o descascamento para emendas e ligações.

Recomenda-se que os circuitos sejam em lance único sem emendas e se necessário que sejam feitas no quadro de proteção ou em caixas apropriadas. Os eletrodutos deverão ser instalados de modo a não formar cotovelos, pois isto prejudica a passagem dos condutores elétricos. Recomendamos a utilização de curvas ou caixas de passagem conforme indicado em planta.

Todos os quadros de distribuição, caixas de passagem, caixas dos medidores, quadros de comandos, motores elétricos e demais partes metálicas, deverão ser devidamente aterrados.

Para a unidade consumidora, quando não houver aterramento, deverá ser instalado um aterramento conforme a NBR 5410 e a NT.002.EQTL.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

14.0 CONDUTORES:

Cabo Flexível Com Isolamento Para Alim. CA Do Inversor de 60kW e 15 Kw	CABO FLEX CA 35 mm ² e 6mm ²
Cabo Flexível Com Isolamento Para Alim. CC Do Inversor de 60kW e 15 Kw	CABO SOLAR 6 mm ²

Tabela 5

15.0 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE ALTERNADA:

DPS	
Classe:	II
Capacidade [KA/Vca]:	45/275
Disjuntor	
Corrente [A]:	32/100/250/225

Tabela 6

16.0 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE CONTINUA:

O Inversor trifásico de 60 KW possuem proteções CC internas:

PROTEÇÃO DE POLARIDADE REVERSA CC;
INTERRUPTOR CC;
PROTEÇÃO SOBRETENSÃO CC - TIPO II;
MONITORAMENTO DE FALTA A TERRA;
PROTEÇÃO CONTRA CURTO CIRCUITO DE SAÍDA;
PROTEÇÃO DE SOBRETENSÃO CA - TIPO II.

Tabela 7

17.0 ORIENTAÇÃO E INCLINAÇÃO DO GERADOR FOTOVOLTAÍCO

Para maximizar a captação de energia ao longo do ano deve ser observada a orientação e inclinação em que os módulos fotovoltaicos serão instalados.

Nesta instalação recomenda-se que as faces dos módulos fotovoltaicos sejam orientadas em direção ao norte verdadeiro.

A figura a seguir ilustra a correção do referencial magnético para um local onde a declinação magnética é igual a -20°.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS - USINA SOLAR

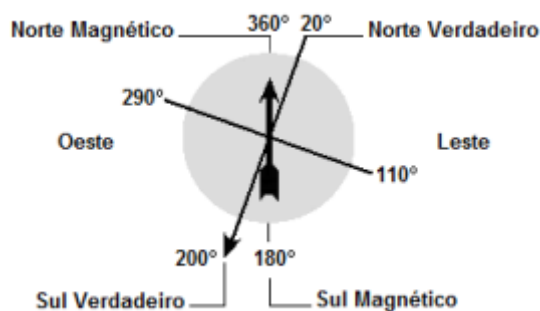


Figura 2

Deve-se também atentar para o fato de que a indicação da bússola pode sofrer desvios se ela for utilizada em um local que possua objetos metálicos ou fontes de campos magnéticos.

Considera-se para este empreendimento uma inclinação do gerador fotovoltaico de 10° em torno da latitude do local.