# PROJETO MICRGERAÇÃO DISTRIBUIDA UTILIZANDO UM SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 74,75 KWP CONECTADO À REDE ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO EM 380/220 V, CARACTERIZANDO AUTOCONSUMO REMOTO

PREFEITURA MUNICIPAL DE PAVUSSU
CNPJ 01.612.679/0001-32

RESPONSÁVEL TÉCNICO ALISON DE SOUSA BRITO

ENGENHEIRO ELETRICISTA CREA-PI: 1921880147

PAVUSSU NOVEMBRO DE 2023

# Sumário

1- OBJETIVO
2-REFERÊNCIAS NORMATIVAS
3 – UNIDADE GERADORA
4 – UNIDADE CONSUMIDORA4
<b>5 – EQUIPAMENTOS</b>
6 – PROTEÇOES ELÉTRICAS
7 – REQUISITOS DE SEGURANÇA11
Índice de Figuras
Figura 1 – Módulo Fotovoltaico 405 Wp5
Figura 2 - Inversor de Corrente6
Figura 3 - Placa de advertência11
Índice de Tabelas
Tabela 1 – Quadro de Geração3
Tabela 2 – Histórico de Consumo4
Tabela 3 – Carga Instalada4
<b>Tabela 4</b> – Ficha Técnica dos Módulos Fotovoltaicos 5
Tabela 5 – Ficha Técnica do Inversor de Corrente
Tabela 6 – Características técnicas do gerador9

#### 1- OBJETIVO

O Presente Projeto Básico tem como objetivo a conexão de um sistema de microgeração distribuída à rede da concessionária local, que utiliza como fonte de geração a energia solar fotovoltaica. A potência do sistema que será instalado em cobertura de prédio público é de 74,75 KWp. Serão adotadas a condições de acesso e critérios técnicos, operacionais e requesitos de projetos aplicáveis à conexão de microgeração distribuída à rede de distribuição da concessionária local, de forma a garantir que o sistema opere de forma segura, eficiente, com qualidade e confiabilidade. A usina em questão será instalada a fim de suprir o consumo de unidades consumidoras situadas no município de Pavussu — PI.

# 2-REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Para elaboração do projeto deste sistema foram observadas as normas em vigor que regem o campo de instalação em baixa tensão, e as normas específicas para microgeração e sistemas fotovoltaicos.

- Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010 Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica;
- Resolução Normativa Nº 482, 517 e 687 Acesso de Micro e Minegeração Distribuídas aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica e o Sistema de Compensação e Energia Elétrica;
- PRODIST Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional;
- ABNT NBR 5410, Instalações Elétricas de Baixa tensão;
- ABNT NBR 11704 (2008): Sistemas Fotovoltaicos Classificação;
- ABNT NBR 11876 (2010): Módulos Fotovoltaicos Especificação;
- ABNT NBR 16149: Sistemas Fotovoltaicos Características da interface de conexão com a rede elétrica distribuída;
- ABNT NBR 16150: Sistemas Fotovoltaicos FV Características da interface de conexão com a rede elétrica distribuída – Procedimento de Ensaio de Conformidade;
- ABNT NBR IEC 62116(2012): Procedimentos de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica;
- NT.001.EQTL. Normas e Padrões Fornecimentos de Energia Elétrica em Baixa Tensão;
- NT.021.EQTL. Normas e Padrões Conexão de Minigeração Distribuída ao Sistema de Distribuição – Rev01.

#### 3 – UNIDADE GERADORA

A unidade geradora de energia elétrica terá potência instalada total de 74,75 KWp distribuída em 130 módulos de 575 Wp (watt-pico) utilizando como fonte de geração a radiação solar. O complexo gerador será conectado à rede de baixa tensão de distribuição de forma

trifásica, segundo instruções da norma técnica da concessionária e por meio de instalações da unidade consumidora. Os 130 módulos estarão dispostos 12 strings distribuídos em 6 MPPT's.

```
    MPPT1= MPPT2= MPPT3= MPPT4= MPPT5: 20 módulos de 575 Wp;
    VMPPT = 438,2 V IMPPT = 13,12 A
```

MPPT6: 30 módulos de 565 Wp;
 VMPPT = 657,3 V IMPPT = 13,12 A

Os limites de entrada total do equipamento (950V e 26A para cada MPPT) foram respeitados.

A unidade consumidora estará interligada à rede de distribuição em conexão trifásica 380/220V na baixa tensão.

A energia gerada pelos módulos fotovoltaicos é conectada à rede por meio de um inversor Grid Tie em conexão trifásica, de acordo de acordo com a tabela 1 (Tipo de conexão em função da potência do sistema de microgeração) encontrada na norma técnica de código NT.021.EQTL. Normas e Padrões Equatorial Piauí.

UG/Arranjo	Nº de módulos por Arranjo	Potência do Módulos (Wp)	Área do Arranjo (m²)	Potência do Inversor (KW)	Potência de Pico (KWp)
1	2x10	575	52,4		74,75
2	2x10	575	52,4		
3	2x10	575	52,4	60	
4	2x10	575	52,4		
5	2x10	575	52,4		
6	2x15	575	78,6		
Potência total instalada: 74,75KWp					
Área Total da Usina: 340,6 m²					
Número de arranjos: 6					
Número total de módulos da usina: 130					

**Tabela 1** – Quadro de Geração

Os módulos serão instalados em perfis de alumínio em telhado da unidade consumidora, orientados preferencialmente para o norte geográfico, e inclinação de  $10^{\rm o}$  a fim de obter maior eficiência na geração de energia.

Regime de Operação:
12 horas de operação diária. Das 06h00min às 18h00min.

## 4 – UNIDADE CONSUMIDORA

- Código da unidade Consumidora: 7456573
- Finalidade: Microgeração Fotovoltaica Conectada à Rede;
- Rede em fios, Individual, Baixa tensão, aérea;
- Tensão de Fornecimento: Sistema Trifásico 380/220V Baixa Tensão;
- Forma de conexão com a rede: Sistema Trifásico 380/220V Baixa Tensão;
- Disjuntor de Entrada: Tripolar 175A;
- Média de Consumo (fora de ponta KWH) das unidades consumidoras receberão os créditos do excedente da geração:

Mês de Referência	consumo (KWh)	
Nov/23	10.259	

Tabela 2 – Histórico de Consumo

• Carga Instalada e Demanda:

CARGAS	POTENCIA (W)		
INVERSOR 1	60.000		

Tabela 3 – Carga Instalada

- Carga Instalada: 60 KW, Inversores em plena carga;
- Demanda = 60 KW

Nota: Os valores de fatores de demanda para cada tipo de carga foram retirados das tabelas disponibilizadas na NT.001.EQTL. Normas e Padrões - Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.

Demanda (VA) = 
$$= \frac{60.000}{0.92}$$
 65.217,4 VA

Demanda (VA) = 65,2 KVA

• Limite de Potência – Potência Disponibilizada (KW):

Potência Disponibilizada = 
$$175x220x3$$
 x 0,92 = 106,26 KW 1000

# **5 – EQUIPAMENTOS**

A seguir detalhes técnicos dos equipamentos que compõem a unidade geradora conectada à rede.

## • Módulos Fotovoltaicos:

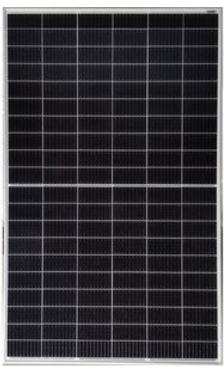


Figura 1 – Módulo Fotovoltaico 575 Wp

STC: Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , Cell Tempe Rated output (Pmpp / Wp)	560	565	570	575	580
Rated voltage (Vmpp / V)	43.45	43.57	43.70	43.82	43.95
Rated current (Impp /A)	12.89	12.97	13.04	13.12	13.20
Open circuit voltage (Voc / V)	51.70	51.85	52.00	52.15	52.30
Short circuit current (Isc /A)	13.59	13.69	13.79	13.89	13.98
Module efficiency	21.7%	21.9%	22.1%	22.3%	22.5%
NMOT: Irradiance 800W/m², Ambient	Temperature 20° (	, AM=1.5, Wind	Speed 1m/s		
Rated output (Pmpp / Wp)	421.1	424.9	428.6	432.4	436.2
	40.89	41.01	41.13	41.25	41.37
Rated voltage (Vmpp / V)					10.54
• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	10.30	10.36	10.42	10.48	10.54
Rated voltage (Vmpp / V)  Rated current (Impp /A)  Open circuit voltage (Voc / V)	10.30 49.11	10.36 49.25	10.42 49.39	49.54	49.68

**Tabela 4** – Ficha Técnica dos Módulos Fotovoltaicos

# • Inversor de Corrente:



Figura 2 - Inversor de Corrente

Modelo	PHB35KS-MT	PHB60KS-MT			
Dados de Entrada CC					
Max. Tensão CC [V]	800	1100			
Faixa de Operação SPMP [V]	200~650	200~950			
Tensão CC de Partida [V]	180	180			
Corrente CC Máxima [A]	26/26/26/26/26/26	26/26/26/26/26/26			
Corrente curto-circuito CC [A]	33/33/33/33/33	33/33/33/33/33			
Número de Strings / MPPT	12/6	12/6			
Conector CC	MC4	MC4			
String Box Integrada	Interruptor/ Seccionador CC (IEC60947-1 e IEC60947-3) DPS CC classe II (EN50539-11)				
	Dados da Saída CA				
Potência CA Nominal [W]	35000	60000			
Max. Corrente CA [A]	96	96			
Saída Nominal CA	220/127 Vca; 60 Hz	380/220Vca; 60 Hz			
Faixa de Operação CA	101,6~161 Vca; 57,5~62 Hz	166,4~279Vca; 57,5~62 Hz			
THD	<3	<3 %			
Fator de Potência	Unitário (0.8 Capa	citivo. / 0.8 Indutivo)			
Conexão CA	Trifásico (3F+	Trifásico (3F+N+T) ou (3F+T)			
	Eficiência				
Max. Eficiência	98,	98,4 %			
Eficiência SPMP	>99,9 %				

**Tabela 5** – Ficha Técnica do Inversor de Corrente

# 6 – PROTEÇÕES ELÉTRICAS

# Disjuntor de proteção CA:

Número de disjuntores: 1;

Número de pólos: 3;

Tensão nominal CA: 380V;

Corrente Nominal: 175A;

Frequência, para disjuntor CA: 60Hz;

Capacidade máxima de interrupção [kA]: 3kA;

Curva de atuação: C.

## • Chave seccionadora CC:

Número de chaves: 1;

Número de polos: 6

Tensão nominal CC: 1000V

Corrente Nominal: 25A

#### DPS

#### Características técnicas dos DPSs da parte CC:

```
Tipo: CC;
Quantidade: 1;
Número de Polos: 6;
Classe: 2;
Tensão CC: 1000V;
Corrente nominal [kA]: 20kA;
Corrente máxima [kA]: 40kA(8/20us).

Características técnicas dos DPSs da parte CA:
Tipo: CA;
Quantidade: 4;
Número de Polos: 1;
Classe: 2;
Tensão CC: 275V;
Corrente nominal [kA]: 20KA;
Corrente máxima [kA]: 40KA(8/20us);
```

#### Aterramento

Para esse sistema o aterramento da geração e inversor é composto por 3 hastes de 1/2" por 2400mm com geometria em linear e resistência máxima de  $10\Omega$ , as hastes estão espaçadas de 2,4m, e é usado um cabo de  $25\text{mm}^2$  de cobre nú para a interligação delas com um conector do tipo cunha. O aterramento do sistema está interligado ao aterramento da unidade consumidora, o da mesma é feito com as mesmas configurações descritas anteriormente. O barramento de equipotencialização(BEP) é composto por uma barra de 150mm por 50mm, conectado em uma caixa 250mmx100mm padrão equatorial, a conexão é feita com parafuso sextavado e terminal olhal.

#### Requisitos de Proteção

Requisito de Proteção	Obrigatório	Ajuste
Elemento de desconexão	Sim, quando não usar inversor	Ajuste 1,1 P.U. com tempo de atuação de 0,2 s
Elemento de interrupção (52)	Sim	125A
Proteção de subtensão (27) e sobretensão (59)	Sim	0,8 P.U.com tempo de atuação de 0,4 s
Proteção de subfrequência (81U) e sobrefrequência (81O)	Sim	59,5 Hz com tempo de atuação de 0,4 s
Relé de sincronismo (25)	Sim	10% x Tensão; 0,3 Hz;
Anti-ilhamento (78 e 81 df/dt – ROCOF)	Sim	Após perda da rede, 2 s para desconexão; Após normalização da rede, de 60 s para reconexão.
Proteção direcional de potência (32)	Sim, quando não usar inversor	Se Icc>0,005x125A= 0,625A com tempo de atuação de 1 s

**Tabela 6** – Características técnicas do gerador

## Proteção de sub e sobretensão (27 e 59):

Monitoram os valores eficazes de tensão no ponto de conexão, atuando no elemento de interrupção quando os valores limites (inferior e superior) forem ultrapassados, o que caracteriza variações anormais de tensão na rede de distribuição da acessada. Não é necessário relé de proteção específico, mas um sistema eletroeletrônico que detecte tais anomalias e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção. Obrigatório para toda minigeração;

#### Elemento de interrupção (D – Disjuntor – 52):

Elemento de interrupção automático acionado por comando e/ou proteção para minigeradores distribuídos, ou seja, disjuntor atuado por funções de proteção. As funções de proteção devem promover a abertura do disjuntor, desfazendo a conexão com a rede de distribuição da acessada, garantindo simultaneamente, que faltas na rede de distribuição da acessada não coloquem em risco as instalações da

geração do acessante e que as faltas na unidade consumidora do acessante não interfiram no funcionamento da rede de distribuição da acessada. Após a desconexão, o sistema de proteção, deve garantir que o disjuntor não possa ser religado até que exista tensão estável na rede de distribuição. O disjuntor deve ser equipado com bobina de disparo remoto. Obrigatório para toda minigeração;

#### Proteção de sub e sobrefrequência (81U e 810):

Monitoram a frequência no ponto de conexão, considerando a medição de tensão em uma janela de amostragem de no mínimo 1(um) ciclo. Não é necessário relé de proteção específico, mas um sistema eletroeletrônico que detecte tais anomalias e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção. Obrigatório para toda minigeração;

#### Check de sincronismo (25):

Monitora as grandezas (frequência, ângulo de fase e tensão) no ponto de conexão (fronteira entre Acessada e Acessante), visando o sincronismo para possibilitar o paralelismo e permitir a conexão entre a Acessada e o Acessante, desde que os valores estejam dentro do limite estabelecido. Não é necessário relé de check de sincronismo específico, mas um sistema eletroeletrônico que realize o sincronismo com a frequência da rede e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção, de maneira que somente ocorra a conexão com a rede após o sincronismo ter sido atingido. Obrigatório para toda minigeração;

#### Proteção direcional de potência (32):

Esta função faz a proteção do gerador (que deve fornecer potência elétrica ativa a uma rede a qual esteja interligado), evitando que ele passe a se comportar como um motor (que drena potência elétrica ativa de uma rede que esteja interligado), esse tipo de comportamento ocorre normalmente devido à falta de potência nas máquinas primárias que fornecem energia mecânica aos geradores elétricos. Obrigatório para minigeração que utiliza geradores síncronos ou assíncronos;

#### Anti-ilhamento (78 e 81 df/dt – Rocof):

Relé de deslocamento de fase (78) ou salto vetorial é sensibilizado quando o deslocamento do ângulo (graus elétricos) de tensão de fase entre a rede elétrica e o gerador ultrapassa o valor de ajuste. Este relé deve possuir bloqueio por mínima tensão de operação, que bloqueia o relé quando a tensão é inferior ao valor ajustado, para

impedir a atuação indevida durante a partida do gerador ou ocorrência de curto circuito com afundamentos de tensão. Esta unidade deve ser ajustada para operar em curtos circuitos monofásicos. Relé Derivada de Frequência ou Taxa de Variação de Frequência (81df/dt) – ROCOF (rate of change of frequency): Consiste na função da taxa de variação da frequência no tempo. É uma técnica sensível para detectar ilha mentos quando a variação da frequência é relativamente lenta, o que ocorre quando o desbalanço de potência ativa entre a geração e a carga é pequeno, no sistema isolado. Para melhorar a sensibilidade e evitar a atuação indevida desta função, em alguns casos é necessária a temporização. No caso de operação em ilha do acessante, a proteção de anti-ilhamento deve garantir a desconexão física entre a rede de distribuição e as instalações elétricas internas à unidade consumidora, incluindo a parcela de carga e de geração, sendo vedada a conexão ao sistema da distribuidora durante a interrupção do fornecimento. Obrigatório para toda minigeração.

# 7 – REQUISITOS DE SEGURANÇA

#### PLACA DE ADVERTÊNCIA

Junto ao padrão de entrada de energia deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: "RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA". A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC com espessura mínima de 1 mm e conforme modelo apresentado na Figura a seguir: Características da Placa:

Espessura: 2 mm;

Material: Policarbonato com aditivos anti-raios UV (ultravioleta);

Gravação: Letras em Arial Black;

Acabamento: Possuí cor amarela, obtida por processo de masterização com 2%, assegurando opacidade que permita adequada visualização das marcações pintadas na superfície da placa.



Figura 3 - Placa de advertência