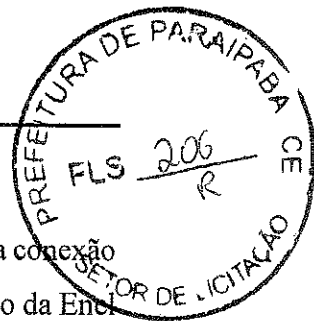




PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 25 kW

CLIENTE: MUNICÍPIO DE PARAIPABA

24 de julho de 2026



1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 40,30 kWp do Sistema Elétrico da Enel Distribuidora no Estado do Ceará.

O referido projeto foi desenvolvido baseado no Módulo 3 da PRODIST (seção 3.7) e na NT-010/2016 da ENEL.

A ligação à rede de distribuição será efetuada em regime trifásico e a central será constituída por um conjunto de 62 módulos fotovoltaicos ZNSHINE SOLAR ZXNR-BD132 Séries de 650 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 25,00 kW da SAJ R6-25K-T2-32.

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Titular da Unidade Consumidora:

Número da Unidade Consumidora:

Endereço da obra:

Localização:

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B3 – OUTROS-CONV - PODER PUBLICO – TRIFÁSICO

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

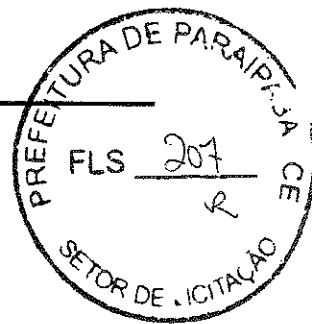
CREA-CE:

Registro Nacional:

Fone:

Endereço:

E-mail:



3. QUADRO DE CARGA INSTALADA

A unidade consumidora possui uma carga instalada de 25,00 kW.

4. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (62 PAINÉIS)	40,30 kWp	25,00 kW

A necessidade de instalação de um sistema fotovoltaico maior consiste em planos futuros de ampliar a carga.

5. DEMONSTRATIVO DO CONSUMO DE ENERGIA DO CLIENTE E DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Observa-se que o consumo médio do cliente é 4900 kWh. Por se tratar de um cliente grupo B, para o cálculo de potência é necessário descontar do valor consumido a energia equivalente à taxa de disponibilidade, a qual para clientes trifásicos equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 4800 kWh.

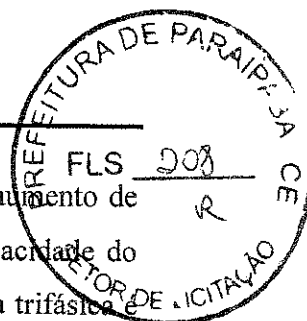
Dimensionamento do gerador fotovoltaico

Sabendo os valores das HSP e o consumo médio do cliente, é possível determinar o valor da potência prévia do gerador através da equação (5.1). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{4800}{0,93 * 0,80 * 5,57 * 30} = 38,61 \text{ kWp} \quad (5.1)$$

A potência do sistema igual a 40,30 kWp supriria toda a necessidade energética do cliente e abrangeria necessidades futuras do mesmo.

É importante verificar se é necessário solicitar da distribuidora um aumento de carga, para isso, analisa-se a potência máxima do ramal de entrada. A capacidade do disjuntor de entrada do estabelecimento é igual a 50 A e a tensão de entrada trifásica é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:



$$P_{m\acute{a}x} = \frac{\sqrt{3} * 50 * 380}{1000} = 32,91 \text{ kW} \quad (5.2)$$

Percebe-se que a potência do gerador está dentro dos limites, não sendo necessário solicitar aumento de carga à distribuidora.

6. DEMONSTRATIVO DE EQUIPAMENTOS E TOPOLOGIA

Sabendo a potência do gerador foram escolhidos os equipamentos que irão fazer parte do sistema. Existem diversas empresas que trabalham com equipamentos para sistema fotovoltaicos, eles podem ser vendidos separadamente ou em forma de conjuntos, os quais são escolhidos através da capacidade de geração. Na Tabela 02 a seguir está descrita os equipamentos a serem utilizados para a instalação deste Sistema Fotovoltaico.

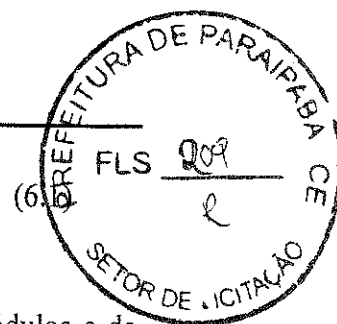
Tabela 02 – Equipamentos utilizados para a instalação deste Sistema Fotovoltaico.

EQUIPAMENTOS/COMPONENTES	QUANTIDADE
PAINEL SOLAR ZNSHINE SOLAR ZXNR-BD132 Séries de 650 Wp	62
INVERSOR SOLAR SAJ R6-25K-T2-32	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 1P 1040 Vcc 20 kA	12

FONTE: Autor.

Percebe-se que há todos os equipamentos necessários para montar o sistema fotovoltaico. A energia que o sistema é capaz de suprir se dá por:

$$E = 40,30 * 0,93 * 0,80 * 5,57 * 30 = 5.010,19 \text{ kWh/mês}$$



Como é visto na Tabela 2, o conjunto já define a quantidade de módulos e de Inversor necessários para o SFCR. Nota-se que a topologia do SFCR será do tipo Inversor de grupo de módulos. As Tabelas 03 e 04 trazem as informações técnicas contidas nas folhas de dados dos respectivos equipamentos.

Tabela 03 - Especificações técnicas do módulo ZNSHINE SOLAR ZXNR-BD132
Séries de 650 Wp

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	HALF-CELL Tipo-N TOPCon Bifacial Vidro Duplo
Modelo da placa	ZXNR-BD132 Séries de 620 Wp
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	650 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,20 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	15,41 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	16,34 A
Eficiência do módulo STC (%)	22,95 %
Temperatura de operação ($^{\circ}C$)	-40~+85 $^{\circ}C$
Corrente máxima do fusível	30 A
Coefficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,28 %/ $^{\circ}C$
Coefficiente de temperatura para V_{oc}	-0,23 %/ $^{\circ}C$
Coefficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/ $^{\circ}C$

FONTE: ZNSHINE SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico SAJ R6-25K-T2-32

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica (W)	48000
Máxima tensão CC (V)	1100
Faixa de operação SPMP (V)	180-1000
Tensão CC de partida (V)	200
Corrente CC máxima (A)	32
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal (W)	25000
Máxima potência CA (VA)	25000
Máxima corrente CA (A)	37,90
Saída nominal CA (Vca)	3L+N+PE, 220/380, 230/400, 240/415
Faixa de operação CA	180~280/312~485



Fator de potência ajustável	0,8 adiantado ~ 0,8 atrasado
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,80 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	> 99 %

FONTE: SAJ (2025)

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,20 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é inferior a corrente de entrada da MPPT, assegurando o funcionamento correto do inversor.

Tabela 05 – Número de Placas por *String* pra cada MPPT

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da <i>STRING</i>	Quant. de Placas
1	1	15
1	2	15
2	1	16
2	2	16

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 62 módulos.

Definida a quantidade de módulos no arranjo é possível calcular o FDI. A potência total em cada inversor será a soma das potências de todos os módulos, então pela equação (6.2):

$$FDI = \frac{25000}{62 * 650} = 0,62 \quad (6.2)$$



Percebe-se que o valor do FDI está dentro da faixa do que é aconselhável para o dimensionamento.

7. CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO

A NBR-5410:2004, estabelece que o valor máximo de queda de tensão admissível é igual a 3%. Segundo a norma internacional IEC 60354-7-712 é 1%.

Dimensionamento dos condutores para corrente contínua

De acordo a Tabela 03 e o manual do fabricante dos equipamentos do sistema fotovoltaico, no estudo em questão, os condutores que interligarão os módulos serão do tipo cabo solar providos de proteção UV com seção de 4mm², os quais atendem aos requisitos citados.

Sabendo que I_{fileiras} é igual a 15,41 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (7.1):

$$I_{\text{painel}} = 15,41 * 1 * 1,25 = 19,26 A \quad (7.1)$$

Ainda de acordo com a tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,20 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 15, então o valor da V_{fileira} é igual a 633,00 V. Considerando que o cabo será de cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 20 m, pela equação (7.2):

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{2 * 20 * 19,26}{\text{Cobre} * 0,01 * 633,00} = 2,17 \text{ mm}^2 \quad (7.2)$$

De modo a atender aos requisitos mínimos para escolha do condutor, optou-se por utilizar um cabo solar provido de proteção UV com seção de 6 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 1 polegada.

Dimensionamento dos condutores para corrente alternada

Para o estudo em questão, será utilizado um inversor trifásico para compor o sistema. O inversor possui uma corrente nominal de saída igual a 36,20 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 37,90 A. Considerando 20% para uma margem de segurança devido o *OVERLOAD* trabalhado, temos **45,48 A**. Sabendo que a tensão de linha do sistema é igual a 380 V e que a distância até o medidor é igual a 30 m, a seção mínima do condutor pode ser obtida através da equação (7.3):

Cálculo da corrente corrigida:

$$S_{mm^2} = \frac{\sqrt{3} * 30 * 45,48}{56 * 0,03 * 380} = 3,70 \text{ mm}^2 \quad (7.3)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 16 mm². Os condutores de fase serão representados pela cor vermelha. O condutor de proteção e o neutro terão a mesma seção que os condutores de fase e serão representados pelas cores verde e azul, respectivamente. Os eletrodutos escolhidos para proteção dos cabos serão de PVC rígido do tipo rosqueado de 2 polegadas. Portanto, pela Tabela 36 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 16 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 68 A, com isso, da equação (7.4) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned}
 I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\
 45,48 \text{ A} &< I_{disjuntor} < 68 \text{ A}
 \end{aligned} \quad (7.4)$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 50 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

Dimensionamento do Banco de Baterias

Esse dimensionamento é para uma unidade consumidora tipo, não considerando o uso de ar-condicionado para não encarecer muito o sistema.

Calculamos a potência de cada item pelo tempo de uso solicitado:

Equipamento	Qtd	Potência Unit.	Tempo	Consumo Diário (Wh)
Freezers	3	160W	16h	7.680 Wh
Geladeiras	3	120W	16h	5.760 Wh
Computadores	5	200W*	6h	6.000 Wh
Luminárias LED (Salas)	64	20W	4h	5.120 Wh
Lâmpadas LED (Geral)	30	12W	4h	1.440 Wh
Roteadores	3	15W	16h**	720 Wh
TOTAL DE ENERGIA NECESSÁRIA				26.720 Wh (26,7 kWh)

Para fornecer 26,7 kWh úteis com segurança, precisamos considerar que as baterias de lítio não devem ser descarregadas a 100% para preservar sua vida útil (recomendado 80-90% de descarga).

- Capacidade Nominal Necessária: ~30 kWh;
 - Sugestão de Configuração: 06 Módulos de Bateria de Lítio (LiFePO4): Geralmente de 5.12kWh / 100Ah cada (Totalizando ~30.7 kWh). Certifique-se de que a tensão (ex: 48V ou Alta Tensão) seja compatível com o inversor de 25kW;
 - 01 Rack para Baterias (Padrão 19"): Gabinete metálico ventilado para organizar os 6 módulos. Em Fortaleza, este rack deve ter pintura eletrostática epóxi para resistir à corrosão;
 - Cabo de Comunicação RS485 / CAN: Cabo blindado (Shielded) para conectar as baterias entre si (comunicação BMS) e o banco de baterias ao inversor;
 - 01 Chave Seccionadora DC: Para isolar o banco de baterias durante manutenções;
 - Cabos de Potência Flexíveis (Série Bateria): Geralmente de 35mm², 50mm² ou 70mm² (dependendo da distância e corrente), com isolamento reforçada.
- Essa é a configuração do banco de baterias para um kit fotovoltaico híbrido.

8. ATERRAMENTO

Os condutores de aterramento são dimensionados conforme o item 6.4.3.1.3 da norma brasileira NBR-5410:2004, os quais seguem na tabela abaixo.

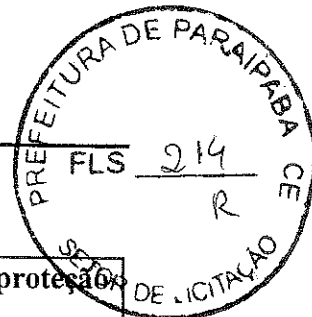


Tabela 6 - Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase (S)	Seção mínima do condutor de proteção correspondente
$S \leq 16\text{mm}^2$	S
$16\text{mm}^2 \leq S \leq 35\text{mm}^2$	16mm^2
$S > 35\text{mm}^2$	S/2

FONTE: ABNT NBR-5410 (2004).

O condutor de terra deve ser conectado na haste de terra e ao parafuso da caixa de medição, não deve haver nenhum tipo de seccionamento no caminho e os mesmos devem ser protegidos por eletroduto rígido.

A haste de terra, no caso do SFCR, é utilizada para aterramento dos componentes que compõe o sistema. A haste escolhida foi a de aço com seção circular (aço cobreado), com as seguintes dimensões: 2,40m x 5/8".

O condutor de descida para este aterramento será um cabo de cobre isolado em PVC, verde de 16 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 16 mm². Utilizar-se-á o sistema de aterramento TN-S em conformidade com a NBR 5410. Para interligação das hastes de aterramento será utilizado um cabo flex de 16 mm².

9. PROTEÇÕES

Em SFCR devem existir proteções para o lado de corrente contínua e outra para o lado de corrente alternada.

No lado CC ela conta com os seguintes equipamentos: um DPS 1000 V 20 kA; chave seccionadora de corte dos painéis com 1000Vcc/25A;

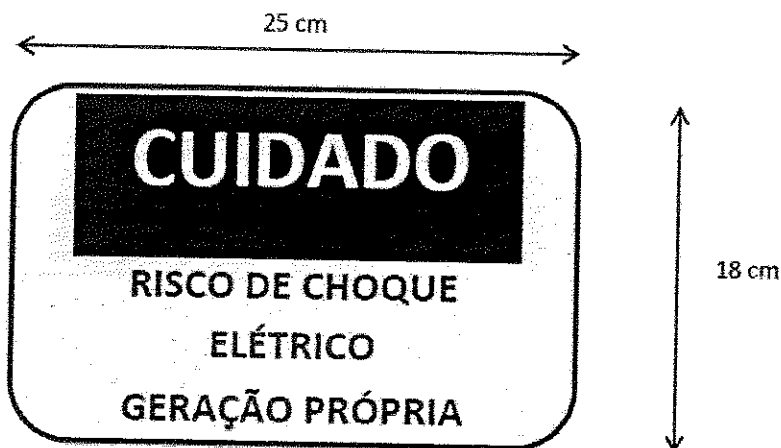
Já o lado CA é composto por: DPS para as fases 275Vca – 20 kA; DPS para o neutro 275Vca – 20 kA; e disjuntor tripolar de 50 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 50 A, para garantir a proteção do inversor. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor geral da instalação é igual a 50 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 1, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18 0122-EDCE da ENEL.

Figura 01 – Placa de advertência e sinalização de Geração Própria.



Características:

- Espessura: 2 mm;
- Material: chapa galvalume (43,5% zinco, 55% alumínio e 1,5% silício) nº 22 USG (0,79 mm), cantos arredondados;
- Cor do fundo: amarela, em epóxi;
- Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;
- Na chapa deverá ser aplicada uma demão de fundo anti-corrosivo de espessura mínima de 30 µm (frente e fundo).

Será fornecida uma placa de advertência à distribuidora para ser instalada no poste onde se encontra o transformador de distribuição com os seguintes dizeres: “CUIDADO – GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO CIRCUITO”.

A placa de advertência deve ser confeccionada conforme Figura 4 e possuirá as seguintes características:

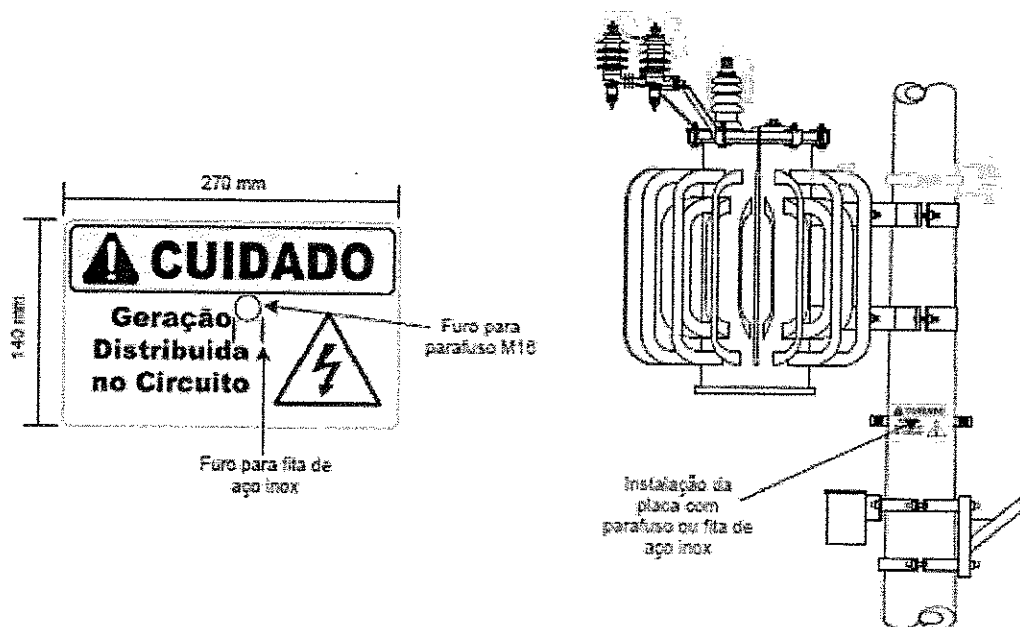
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– Dimensões da placa: 140 x 270 mm;

– Cor do fundo: amarela, em epóxi;

– Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;

Figura 02 – Placa de advertência e sinalização de Geração Própria.



11. PONTO DE CONEXÃO

O ponto de conexão do sistema da Microgeração com a UC e o Sistema Elétrico da ENEL será localizado no Quadro de Distribuição da UC.

gov.br

Documento assinado digitalmente

DOUGLAS DE SOUSA LOURENÇO

Data: 27/07/2026 20:56:35-0300

Verifique em <https://validar.jf.gov.br>