



ANEXO 1

MEMORIAIS DESCRITIVOS

1. EMEF Nossa Senhora do Amparo
2. EEIF Zilda Oliveira Aguiar
3. CMEI Pingo de Gente
4. CMEI José Martins Barros
5. EEIF Antônio Costa
6. CMEI Pequenos Brilhantes
7. Centro Emergencial - Alexandre Tubarão
8. UBS Francisco Rodrigues
9. Centro de Especialidades - José Rodrigues - Amor Azul
10. Prefeitura Municipal de Senador Sá
11. Mercado Público de Senador Sá
12. Parque Solar Municipal de Senador Sá



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 50,00 kW

CLIENTE: EMEF NOSSA SENHORA DO AMPARO

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 50,00 kW 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 com disjuntor de 100 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 136 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 25,00 kW da GROWATT MID 25KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: EMEF NOSSA SENHORA DO AMPARO

Endereço na obra: RUA PADRE TARCÍSIO, CENTRO, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (136 PAINÉIS)	74,800 kW	50,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 74,800 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 100 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{máx} = \frac{1,73205 * 100 * 380}{1000} = 66 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	136
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 25KTL3-X	2
Disjuntor tripolar 100A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 74,800 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 9252,01 kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 25KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	37000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	37,5
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	25000
Máxima potência CA(VA)	25000
Máxima corrente CA(A)	36,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT do inversor 1

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	11
1	2	11
1	3	11

2	1	11
2	2	12
2	3	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Tabela 06 – Número de Placas por String pra cada MPPT do inversor 2

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	11
1	2	11
1	3	11
2	1	11
2	2	12
2	3	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 136 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 (4.13):

$$FDI = \frac{25000}{136 * 550} = 0,33422 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{\text{painel}} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da V_{fileira} é igual a 251,76 V. Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49 \text{ mm}^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 36,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 36,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{1,73205 * 30 * 36,2}{56 * 0,03 * 380} = 2,95 \text{ mm}^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 25 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 do tipo rosqueado de 3 polegadas. Portanto, pela Tabela 37 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 25 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 117 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$I_{Inversor} < I_{disjuntor} < I_{condutor} \quad (8.7)$$

$$72,4 A < I_{disjuntor} < 117 A$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 100 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

7. 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 7 - 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 XLPE, verde de 25 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado XLPE de 25 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 25 mm².

8. 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 100 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 100 A, para garantir a proteção do inversor. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor do padrão de entrada é igual a 100 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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;

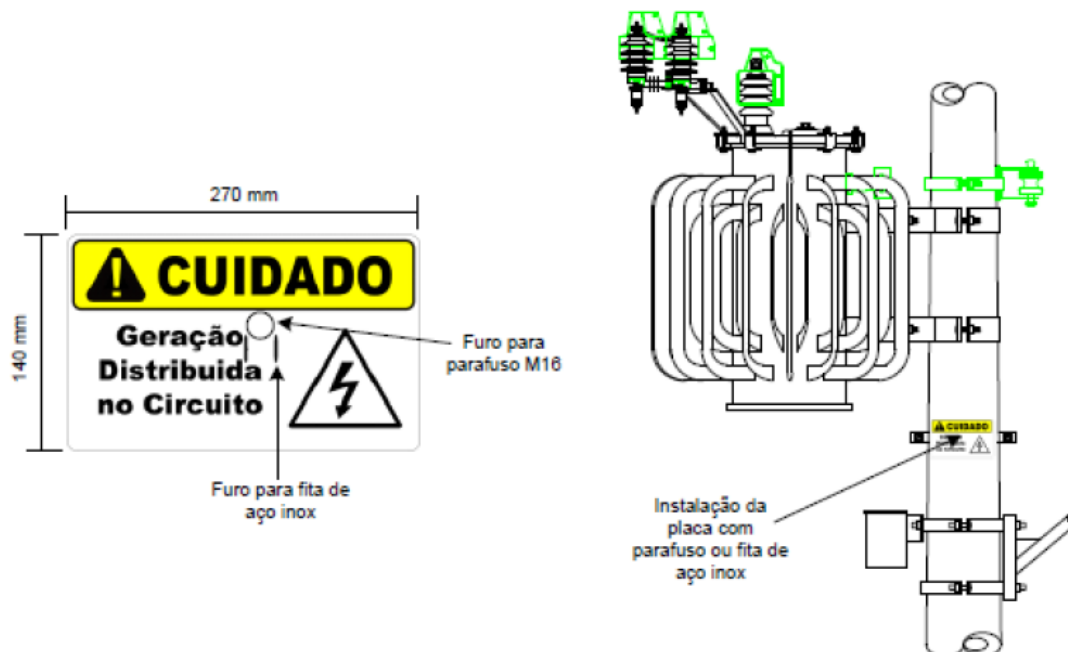
- Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;
- Na chapa deverá ser aplicada uma demão de fundo anti-corrosivo de espessura mínima de 30 µm (frente e fundo).

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 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 30,00 kW

CLIENTE: EEIF ZILDA OLIVEIRA AGUIAR

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 30,00 kW 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 com disjuntor de 63 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 80 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 15,00 kW da GROWATT MID 15KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: EEIF ZILDA OLIVEIRA AGUIAR

Endereço na obra: SERROTA, CEP: 62470-000, SOBRAL - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (80 PAINÉIS)	44,000 kW	30,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3594 * 30} = 7,3996 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 44,000 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 63 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,73205 * 63 * 380}{1000} = 41,58 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	80
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X	2
Disjuntor tripolar 63A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 44,000 * 0,93 * 4,3594 * 30 = 5351,65kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	22500
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	25
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	15000
Máxima potência CA(VA)	16600
Máxima corrente CA(A)	24,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT do inversor 1

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10

2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Tabela 06 – Número de Placas por String pra cada MPPT do inversor 2

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10
2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 80 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 (4.13):

$$FDI = \frac{15000}{80 * 550} = 0,34091 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{\text{painel}} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da V_{fileira} é igual a 251,76 V. Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49 \text{ mm}^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 24,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 24,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{1,73205 * 30 * 24,2}{56 * 0,03 * 380} = 1,97 \text{ mm}^2 \quad (5.6)$$

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 3 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 (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$I_{Inversor} < I_{disjuntor} < I_{condutor} \quad (8.7)$$

$$48,4 \text{ A} < I_{disjuntor} < 68 \text{ A}$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 63 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

7. 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 7 - 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.

8. 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 63 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 63 A, para garantir a proteção do inversor. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor do padrão de entrada é igual a 63 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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;

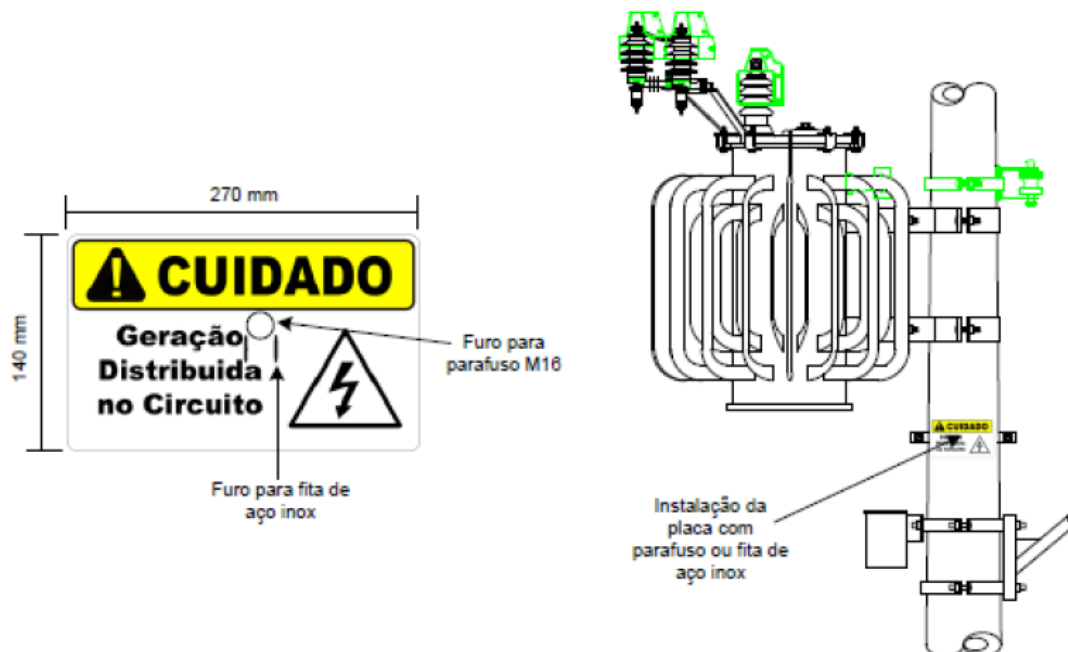
- Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;
- Na chapa deverá ser aplicada uma demão de fundo anti-corrosivo de espessura mínima de 30 µm (frente e fundo).

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 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 25,00 kW

CLIENTE: CMEI PINGO DE GENTE

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 25,00 kW 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 com disjuntor de 50 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 68 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 25,00 kW da GROWATT MID 25KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CMEI PINGO DE GENTE

Endereço na obra: AVENIDA FRANCISCO SÁ, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (68 PAINÉIS)	37,400 kW	25,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 37,400 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 Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{máx} = \frac{1,73205 * 50 * 380}{1000} = 33 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	68
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 25KTL3-X	1
Disjuntor tripolar 50A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 37,400 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 4626,01 kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 25KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	37000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	37,5
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	25000
Máxima potência CA(VA)	25000
Máxima corrente CA(A)	36,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	11
1	2	11
1	3	11

2	1	11
2	2	12
2	3	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 68 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 (4.13):

$$FDI = \frac{25000}{68 * 550} = 0,66845 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{painel} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 251,76 V.

Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49mm^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 36,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 36,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{mm^2} = \frac{1,73205 * 30 * 36,2}{56 * 0,03 * 380} = 2,95 mm^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 10 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 3 polegadas. Portanto, pela Tabela 36 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 10 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 50 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 36,2 A &< I_{disjuntor} < 50 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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.

7. 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 7 - 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 10 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 10 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 10 mm².

8. 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 1000V_{cc}/25A;

Já o lado CA é composto por: DPS para as fases 275V_{ca} – 20 kA; DPS para o neutro 275V_{ca} – 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 do padrão de entrada é igual a 50 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – Placa de advertência e sinalização de Geração Própria.



Características:

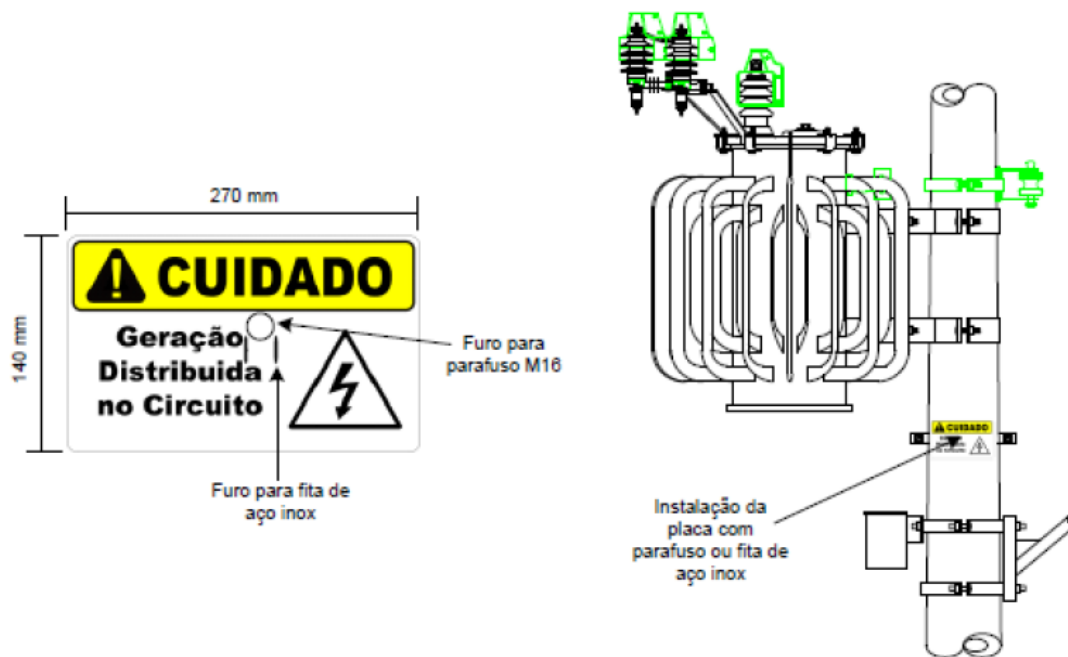
- Espessura: 2 mm;
- Material: chapa galvalume (43,5% zinco, 55% alumínio e 1,5% silício) nº 22 USG (0,79 mm), cantos arredondados;
- Cor do fundo: amarela, em epóxi;
- Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;
- Na chapa deverá ser aplicada uma demão de fundo anti-corrosivo de espessura mínima de 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 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 25,00 kW

CLIENTE: CMEI JOSÉ MARTINS BARROS

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 25,00 kW 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 com disjuntor de 50 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 68 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 25,00 kW da GROWATT MID 25KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CMEI JOSÉ MARTINS BARROS

Endereço na obra: AVENIDA 23 DE AGOSTO, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (68 PAINÉIS)	37,400 kW	25,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 37,400 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 Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{máx} = \frac{1,73205 * 50 * 380}{1000} = 33 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	68
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 25KTL3-X	1
Disjuntor tripolar 50A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 37,400 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 4626,01 kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 25KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	37000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	37,5
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	25000
Máxima potência CA(VA)	25000
Máxima corrente CA(A)	36,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	11
1	2	11
1	3	11

2	1	11
2	2	12
2	3	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 68 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 (4.13):

$$FDI = \frac{25000}{68 * 550} = 0,66845 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{painel} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 251,76 V.

Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49mm^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 36,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 36,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{mm^2} = \frac{1,73205 * 30 * 36,2}{56 * 0,03 * 380} = 2,95 mm^2 \quad 5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 10 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 3 polegadas. Portanto, pela Tabela 36 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 10 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 50 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$I_{Inversor} < I_{disjuntor} < I_{condutor} \quad (8.7)$$

$$36,2 A < I_{disjuntor} < 50 A$$

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.

7. 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 7 - 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 10 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 10 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 10 mm².

8. 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 1000V_{cc}/25A;

Já o lado CA é composto por: DPS para as fases 275V_{ca} – 20 kA; DPS para o neutro 275V_{ca} – 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 do padrão de entrada é igual a 50 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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:

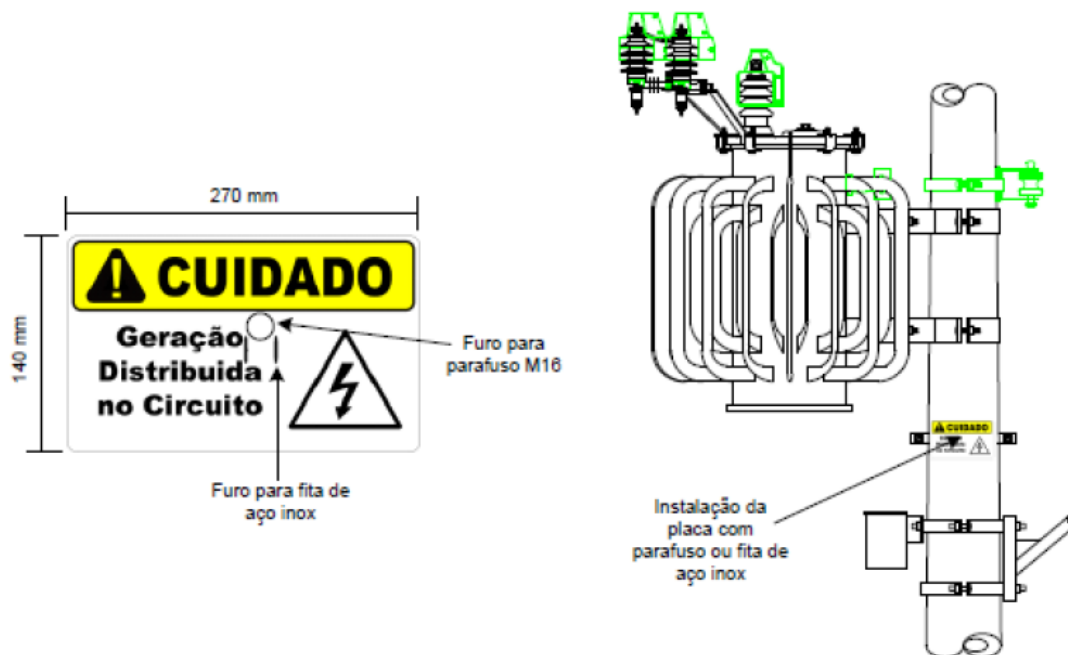
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– Dimensões da placa: 140 x 270 mm;

– Cor do fundo: amarela, em epóxi;

– Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;

Figura 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 25,00 kW

CLIENTE: EEIF ANTÔNIO COSTA

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 25,00 kW 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 com disjuntor de 50 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 68 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 25,00 kW da GROWATT MID 25KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: EEIF ANTÔNIO COSTA

Endereço na obra: SALÃO, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (68 PAINÉIS)	37,400 kW	25,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 37,400 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 Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{máx} = \frac{1,73205 * 50 * 380}{1000} = 33 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	68
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 25KTL3-X	1
Disjuntor tripolar 50A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 37,400 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 4626,01 kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 25KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	37000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	37,5
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	25000
Máxima potência CA(VA)	25000
Máxima corrente CA(A)	36,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	11
1	2	11
1	3	11

2	1	11
2	2	12
2	3	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 68 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 (4.13):

$$FDI = \frac{25000}{68 * 550} = 0,66845 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{painel} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 251,76 V.

Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49mm^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 36,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 36,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{mm^2} = \frac{1,73205 * 30 * 36,2}{56 * 0,03 * 380} = 2,95 mm^2 \quad 5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 10 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 3 polegadas. Portanto, pela Tabela 36 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 10 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 50 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$I_{Inversor} < I_{disjuntor} < I_{condutor} \quad (8.7)$$

$$36,2 A < I_{disjuntor} < 50 A$$

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.

7. 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 7 - 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 10 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 10 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 10 mm².

8. 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 1000V_{cc}/25A;

Já o lado CA é composto por: DPS para as fases 275V_{ca} – 20 kA; DPS para o neutro 275V_{ca} – 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 do padrão de entrada é igual a 50 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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:

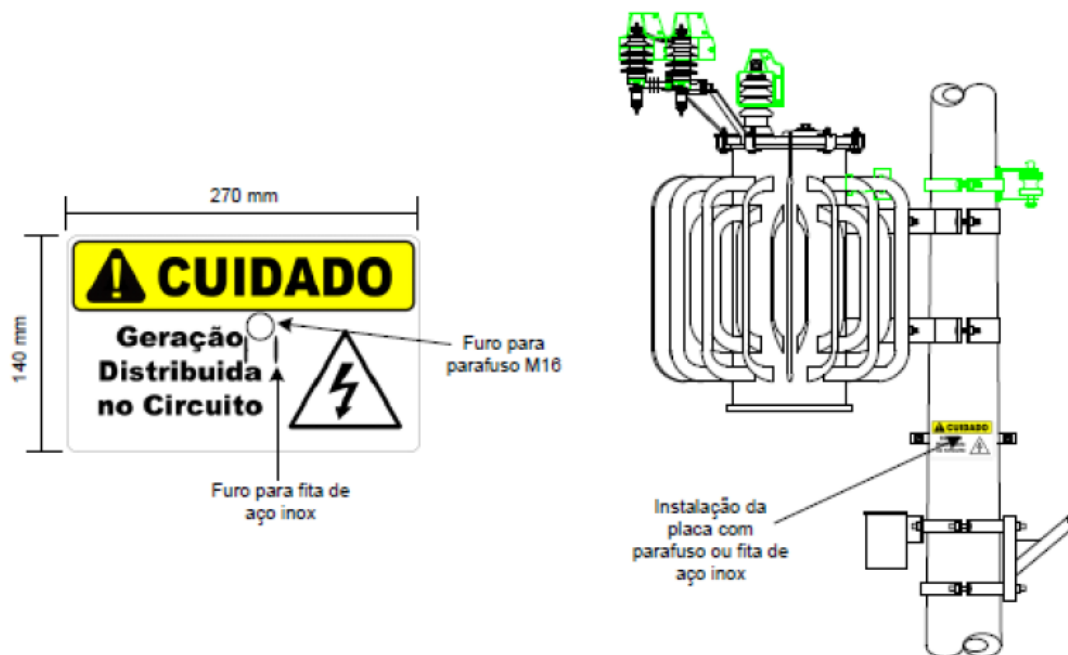
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– Dimensões da placa: 140 x 270 mm;

– Cor do fundo: amarela, em epóxi;

– Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;

Figura 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 15,00 kW

CLIENTE: CMEI PEQUENOS BRILHANTES

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 15,00 kW 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 com disjuntor de 32 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 40 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 15,00 kW da GROWATT MID 15KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CMEI PEQUENOS BRILHANTES

Endereço na obra: SERROTA, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (40 PAINÉIS)	22,000 kW	15,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 22,000 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 32 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,73205 * 32 * 380}{1000} = 21,12 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	40
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X	1
Disjuntor tripolar 32A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 22,000 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 2721,18kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	22500
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	25
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	15000
Máxima potência CA(VA)	16600
Máxima corrente CA(A)	24,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10

2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 40 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 (4.13):

$$FDI = \frac{15000}{40 * 550} = 0,68182 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{painel} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 251,76 V.

Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49mm^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 24,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 24,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{mm^2} = \frac{1,73205 * 30 * 24,2}{56 * 0,03 * 380} = 1,97 mm^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 6 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 3 polegadas. Portanto, pela Tabela 36 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 6 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 36 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$I_{Inversor} < I_{disjuntor} < I_{condutor} \quad (8.7)$$

$$24,2 A < I_{disjuntor} < 36 A$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 32 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

7. 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 7 - 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 6 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 6 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 6 mm².

8. 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 1000V_{cc}/25A;

Já o lado CA é composto por: DPS para as fases 275V_{ca} – 20 kA; DPS para o neutro 275V_{ca} – 20 kA; e disjuntor tripolar de 32 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 32 A, para garantir a proteção

do inversor. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor do padrão de entrada é igual a 32 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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:

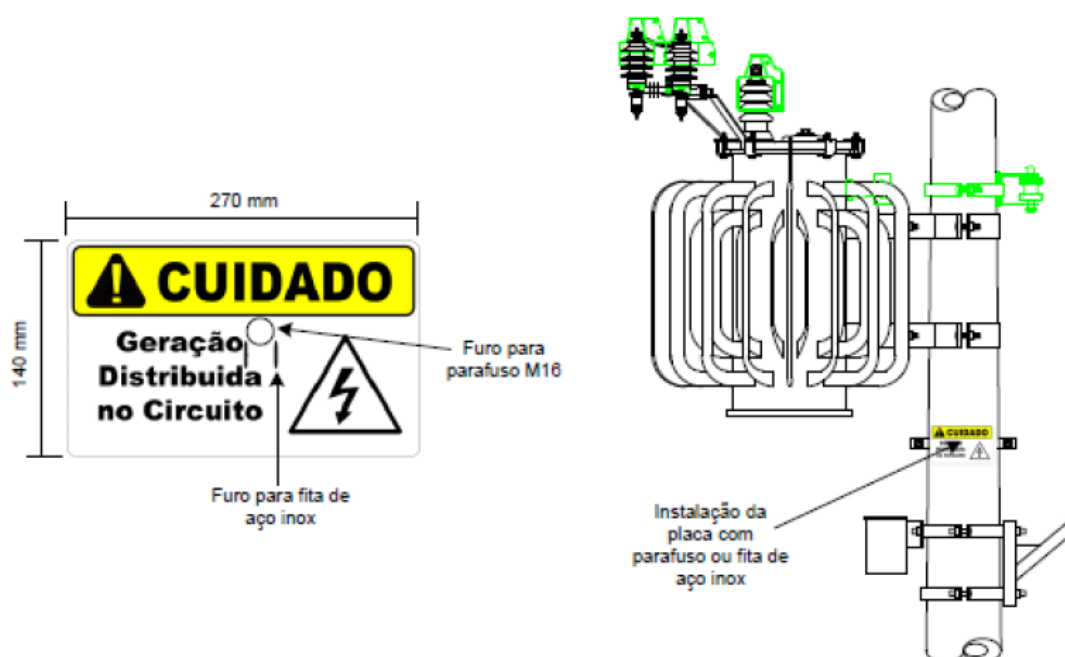
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– Dimensões da placa: 140 x 270 mm;

– Cor do fundo: amarela, em epóxi;

– Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;

Figura 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 30,00 kW

**CLIENTE: CENTRO EMERGENCIAL - ALEXANDRE
TUBARÃO**

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 30,00 kW 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 com disjuntor de 63 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 80 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 15,00 kW da GROWATT MID 15KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CENTRO EMERGENCIAL - ALEXANDRE TUBARÃO

Endereço na obra: TRAVESSA PADRE DELMONTE, CENTRO, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (80 PAINÉIS)	44,000 kW	30,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 44,000 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 63 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{\text{máx}} = \frac{1,73205 * 63 * 380}{1000} = 41,58 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	80
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X	2
Disjuntor tripolar 63A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 44,000 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 5442,36kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	22500
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	25
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	15000
Máxima potência CA(VA)	16600
Máxima corrente CA(A)	24,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT inversor 1

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10

2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

Tabela 06 – Número de Placas por String pra cada MPPT do inversor 2

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10
2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 80 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 (4.13):

$$FDI = \frac{15000}{80 * 550} = 0,34091 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{\text{painel}} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da V_{fileira} é igual a 251,76 V. Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49 \text{ mm}^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 24,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 24,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{1,73205 * 30 * 24,2}{56 * 0,03 * 380} = 1,97 \text{ mm}^2 \quad (5.6)$$

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 3 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 (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$I_{Inversor} < I_{disjuntor} < I_{condutor} \quad (8.7)$$

$$48,4 \text{ A} < I_{disjuntor} < 68 \text{ A}$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 63 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

7. 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 7 - 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.

8. 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 63 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 63 A, para garantir a proteção do inversor. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor do padrão de entrada é igual a 63 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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;

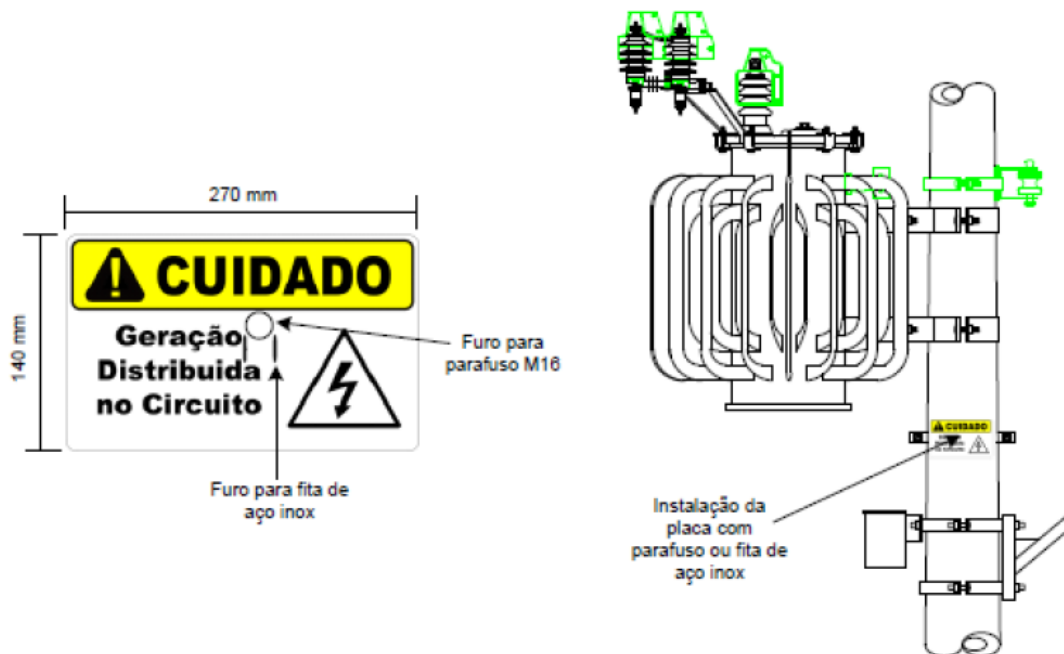
- Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;
- Na chapa deverá ser aplicada uma demão de fundo anti-corrosivo de espessura mínima de 30 µm (frente e fundo).

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 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 15,00 kW

CLIENTE: UBS FRANCISCO RODRIGUES

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 15,00 kW 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 com disjuntor de 32 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 40 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 15,00 kW da GROWATT MID 15KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: UBS FRANCISCO RODRIGUES

Endereço na obra: RUA MARIA NATIVIDADE RODRIGUES, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (40 PAINÉIS)	22,000 kW	15,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 22,000 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 32 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,73205 * 32 * 380}{1000} = 21,12 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	40
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X	1
Disjuntor tripolar 32A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 22,000 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 2721,18kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	22500
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	25
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	15000
Máxima potência CA(VA)	16600
Máxima corrente CA(A)	24,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10

2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 40 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 (4.13):

$$FDI = \frac{15000}{40 * 550} = 0,68182 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{painel} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 251,76 V.

Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49mm^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 24,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 24,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{mm^2} = \frac{1,73205 * 30 * 24,2}{56 * 0,03 * 380} = 1,97 mm^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 6 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 3 polegadas. Portanto, pela Tabela 36 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 6 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 36 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 24,2 A &< I_{disjuntor} < 36 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 32 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

7. 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 7 - 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 6 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 6 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 6 mm².

8. 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 1000V_{cc}/25A;

Já o lado CA é composto por: DPS para as fases 275V_{ca} – 20 kA; DPS para o neutro 275V_{ca} – 20 kA; e disjuntor tripolar de 32 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 32 A, para garantir a proteção

do inversor. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor do padrão de entrada é igual a 32 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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:

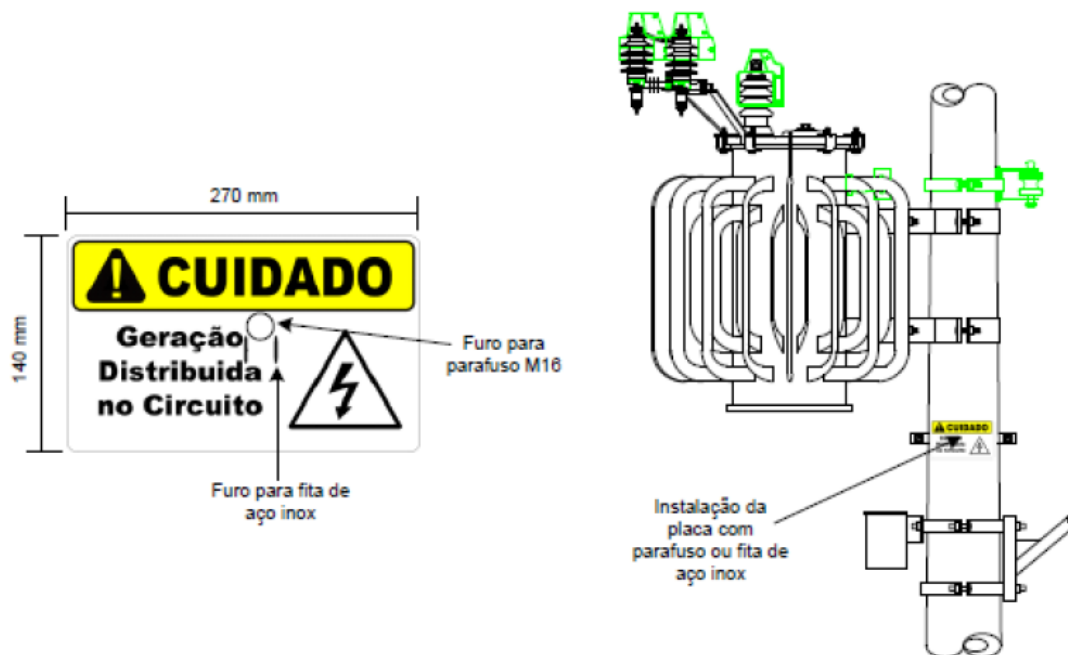
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– Dimensões da placa: 140 x 270 mm;

– Cor do fundo: amarela, em epóxi;

– Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;

Figura 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 15,00 kW

**CLIENTE: CENTRO DE ESPECIALIDADES - JOSÉ
RODRIGUES - AMOR AZUL**

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 15,00 kW 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 com disjuntor de 32 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 40 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 15,00 kW da GROWATT MID 15KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CENTRO DE ESPECIALIDADES - JOSÉ RODRIGUES - AMOR AZUL

Endereço na obra: RUA ALFREDO CAMPOS, CENTRO, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (40 PAINÉIS)	22,000 kW	15,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 22,000 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 32 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,73205 * 32 * 380}{1000} = 21,12 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	40
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X	1
Disjuntor tripolar 32A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 22,000 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 2721,18kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	22500
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	25
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	15000
Máxima potência CA(VA)	16600
Máxima corrente CA(A)	24,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10

2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 40 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 (4.13):

$$FDI = \frac{15000}{40 * 550} = 0,68182 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{painel} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 251,76 V.

Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49mm^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 24,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 24,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{mm^2} = \frac{1,73205 * 30 * 24,2}{56 * 0,03 * 380} = 1,97 mm^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 6 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 3 polegadas. Portanto, pela Tabela 36 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 6 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 36 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 24,2 A &< I_{disjuntor} < 36 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 32 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

7. 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 7 - 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 6 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 6 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 6 mm².

8. 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 1000V_{cc}/25A;

Já o lado CA é composto por: DPS para as fases 275V_{ca} – 20 kA; DPS para o neutro 275V_{ca} – 20 kA; e disjuntor tripolar de 32 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 32 A, para garantir a proteção

do inversor. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor do padrão de entrada é igual a 32 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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:

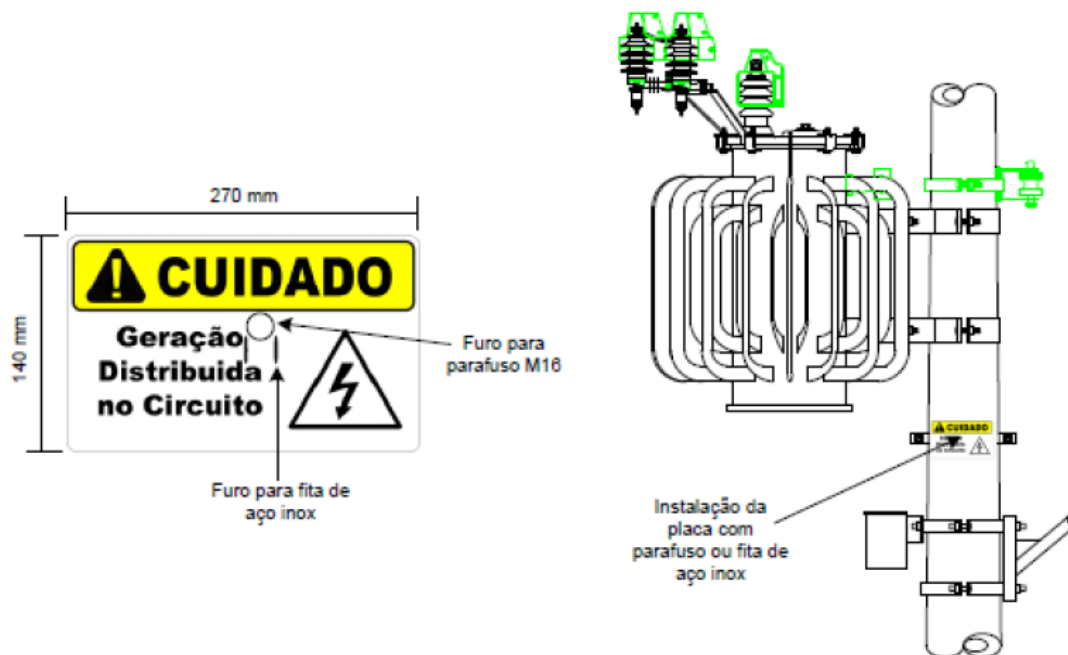
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– Dimensões da placa: 140 x 270 mm;

– Cor do fundo: amarela, em epóxi;

– Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;

Figura 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 15,00 kW

CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE SENADOR SÁ

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 15,00 kW 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 com disjuntor de 32 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 40 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 15,00 kW da GROWATT MID 15KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE SENADOR SÁ

Endereço na obra: AVENIDA 23 DE AGOSTO, CENTRO, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (40 PAINÉIS)	22,000 kW	15,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 22,000 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 32 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,73205 * 32 * 380}{1000} = 21,12 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	40
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X	1
Disjuntor tripolar 32A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 22,000 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 2721,18kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	22500
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	25
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	15000
Máxima potência CA(VA)	16600
Máxima corrente CA(A)	24,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10

2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 40 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 (4.13):

$$FDI = \frac{15000}{40 * 550} = 0,68182 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{painel} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 251,76 V.

Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49mm^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 24,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 24,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{mm^2} = \frac{1,73205 * 30 * 24,2}{56 * 0,03 * 380} = 1,97 mm^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 6 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 3 polegadas. Portanto, pela Tabela 36 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 6 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 36 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 24,2 A &< I_{disjuntor} < 36 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 32 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

7. 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 7 - 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 6 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 6 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 6 mm².

8. 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 1000V_{cc}/25A;

Já o lado CA é composto por: DPS para as fases 275V_{ca} – 20 kA; DPS para o neutro 275V_{ca} – 20 kA; e disjuntor tripolar de 32 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 32 A, para garantir a proteção

do inversor. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor do padrão de entrada é igual a 32 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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:

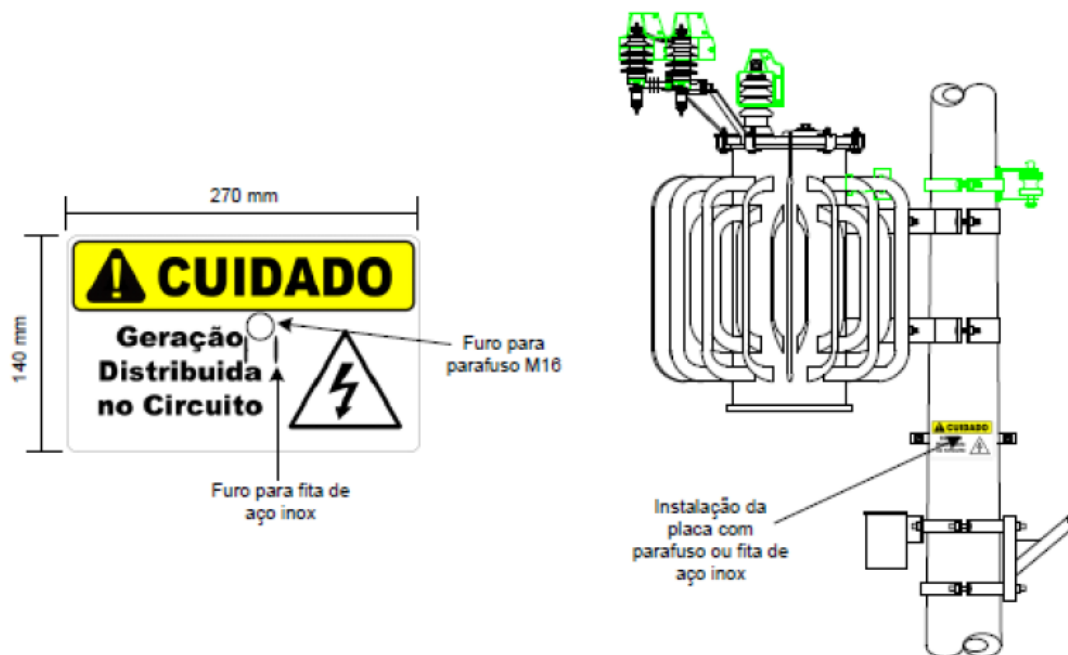
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– Dimensões da placa: 140 x 270 mm;

– Cor do fundo: amarela, em epóxi;

– Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;

Figura 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 30,00 kW

CLIENTE: MERCADO PÚBLICO DE SENADOR SÁ

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 30,00 kW 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 com disjuntor de 63 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 80 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 15,00 kW da GROWATT MID 15KTL3-X .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: MERCADO PÚBLICO DE SENADOR SÁ

Endereço na obra: RUA ALFREDO CAMPOS, CENTRO, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

15 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (80 PAINÉIS)	44,000 kW	30,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 44,000 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 63 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,73205 * 63 * 380}{1000} = 41,58 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	80
INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X	2
Disjuntor tripolar 63A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 44,000 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 5442,36kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C
--	------------

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT MID 15KTL3-X

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	22500
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	180-1000V
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	25
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	15000
Máxima potência CA(VA)	16600
Máxima corrente CA(A)	24,2
Saída nominal CA (V Ca)	220V/380V(340V-440V)
Faixa de operação CA	50/60Hz(45~55Hz/55~65Hz)
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT do inversor 1

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10

2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Tabela 06 – Número de Placas por String pra cada MPPT do inversor 2

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	10
2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 80 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 (4.13):

$$FDI = \frac{15000}{80 * 550} = 0,34091 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{\text{painel}} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da V_{fileira} é igual a 251,76 V. Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49 \text{ mm}^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 24,2 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 24,2 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{1,73205 * 30 * 24,2}{56 * 0,03 * 380} = 1,97 \text{ mm}^2 \quad (5.6)$$

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 3 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 (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$I_{Inversor} < I_{disjuntor} < I_{condutor} \quad (8.7)$$

$$48,4 \text{ A} < I_{disjuntor} < 68 \text{ A}$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 63 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

7. 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 7 - 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.

8. 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 63 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 63 A, para garantir a proteção do inversor. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor do padrão de entrada é igual a 63 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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;

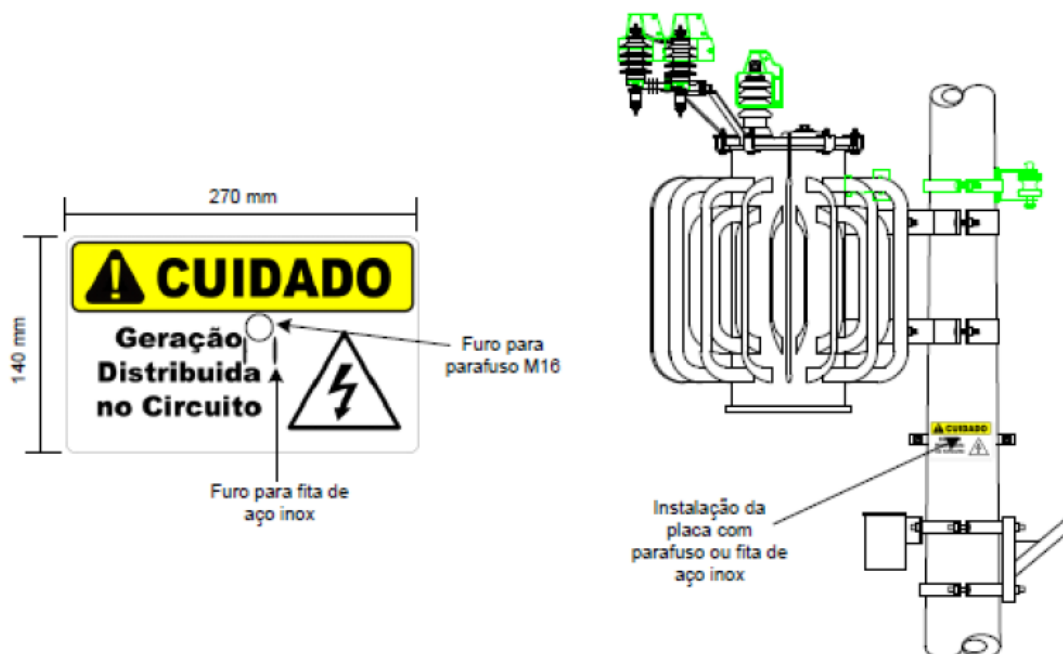
- Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;
- Na chapa deverá ser aplicada uma demão de fundo anti-corrosivo de espessura mínima de 30 µm (frente e fundo).

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 04 – 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.



PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 300,00 kW

CLIENTE: PARQUE SOLAR MUNICIPAL DE SENADOR SÁ

junho/2025

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 300,00 kW 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 com disjuntor de 500 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 888 módulos fotovoltaicos JA SOLAR JAM72S30-550/MR de 550 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 6 inversores de 50,00 kW da GROWATT-MAC 50KTL3-X LV .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: PARQUE SOLAR MUNICIPAL DE SENADOR SÁ

Endereço na obra: RUA CHICO ERMÍDIO, NOSSA SRA. DO AMPARO, CEP: 62470-000, SENADOR SÁ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Projetista:

Eng. Eletricista Responsável:

CREA-CE:

Fone:

Endereço:

E-mail:

Previsão para ligação:

22 DE setembro DE 2025

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (888 PAINEIS)	488,400 kW	300,00 kW

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

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

Observa-se que o consumo médio do cliente é 1000 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 Trifásico equivale a 100 kWh. Então o valor médio da energia será de 900 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 (4.2). Considerou-se o valor para a taxa de desempenho igual a 0,93, então tem-se:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,4333 * 30} = 7,2763 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 488,400 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 500 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,73205 * 500 * 380}{1000} = 330 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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

5. 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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR	888
INVERSOR SOLAR GROWATT-MAC 50KTL3-X LV	6
Disjuntor tripolar 100A	6
Disjuntor tripolar 500A	1
DPS Monopolar, 275 Vac, 20kVA, Classe II	4
DPS 2P 1000 Vcc 20 kA	2

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:

$$E = 488,400 * 0,93 * 4,4333 * 30 = 60410,2kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 JA SOLAR JAM72S30-550/MR

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	JA SOLAR JAM72S30-550/MR
Modelo da placa	JAM72S30-550/MR
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	550 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	41,96 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,11 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	49,9 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,3 %
Temperatura de operação (°C)	-40~+85 °C
Corrente máxima do fusível	25 A
Coeficiente de temperatura para $P_{m\acute{a}x}$	-0,35 %/°C

Coeficiente de temperatura para V_{oc}	-0,275 %/°C
Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,045 %/°C

FONTE: JA SOLAR (2025)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR GROWATT-MAC 50KTL3-X LV

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	75000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000
Tensão CC de partida(V)	250
Corrente CC máxima(A)	50
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	50000
Máxima potência CA(VA)	55500
Máxima corrente CA(A)	80,5
Saída nominal CA (V Ca)	220-380
Faixa de operação CA	50/60
Fator de potência ajustável	0,8
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,70 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: GROWATT (2025).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 41,96 V e V_{oc} é igual a 49,9 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 250V a 1100 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, 6 e 22 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é superior a corrente de entrada da MPPT, entretanto o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT INVERSOR 1

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	15
1	2	15
1	3	15
1	4	15

2	1	15
2	2	15
2	3	15
3	1	15
3	2	14
3	3	14

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT INVERSOR 2

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	15
1	2	15
1	3	15
1	4	15
2	1	15
2	2	15
2	3	15
3	1	15
3	2	14
3	3	14

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT INVERSOR 3

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	15
1	2	15
1	3	15
1	4	15
2	1	15
2	2	15
2	3	15
3	1	15
3	2	14
3	3	14

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT INVERSOR 4

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	15
1	2	15
1	3	15
1	4	15
2	1	15
2	2	15
2	3	15
3	1	15
3	2	14
3	3	14

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT INVERSOR 5

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	15
1	2	15
1	3	15
1	4	15
2	1	15
2	2	15
2	3	15
3	1	15
3	2	14
3	3	14

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Tabela 05 – Número de Placas por String pra cada MPPT INVERSOR 6

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	15
1	2	15
1	3	15
1	4	15
2	1	15
2	2	15
2	3	15

3	1	15
3	2	14
3	3	14

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 888 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 (4.13):

$$FDI = \frac{50000}{888 * 550} = 0,10238 \quad (4.13)$$

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

6. 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 02 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 13,11 A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de I_{painel} , por meio da equação (5.4):

$$I_{painel} = 13,11 * 1 * 1,25 = 16,3875 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 41,96 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 6, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 251,76 V. Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 30 m, pela equação (5.5):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,3875}{56 * 0,01 * 251,76} = 3,49mm^2 \quad (5.5)$$

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 4 mm². Os eletrodutos escolhidos para protegerem os cabos, serão do tipo rígido de PVC rosqueado de 2 polegadas.

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 de saída igual a 80,5 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 80,5 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 (5.3):

cálculo da corrente corrigida:

$$S_{mm^2} = \frac{1,73205 * 30 * 80,5}{56 * 0,03 * 380} = 6,55 mm^2 \quad 5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher dois condutores com seção igual a 150 mm² por fase. 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 3 polegadas. Portanto, pela Tabela 36 da NBR5410:2004 a capacidade de condução de corrente do condutor de 150 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 275^a, logo, com dois condutores de 150 mm² por fase capacidade de condução é 550 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 483 A &< I_{disjuntor} < 550 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 500 A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do inversor e do condutor dimensionado.

7. 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 7 - 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 150 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 150 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 150 mm².

8. 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 1000V_{cc}/25A;

Já o lado CA é composto por: DPS para as fases 275V_{ca} – 20 kA; DPS para o neutro 275V_{ca} – 20 kA; e disjuntor tripolar de 100 A para cada inversor.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 500 A, para garantir a proteção dos inversores. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor do padrão de entrada é igual a 500 A.

10. SINALIZAÇÃO

No padrão de entrada do consumidor será instalada uma placa de sinalização, conforme figura 3, fixada conforme consta no Desenho 03 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDCE da ENEL.

Figura 03 – 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).

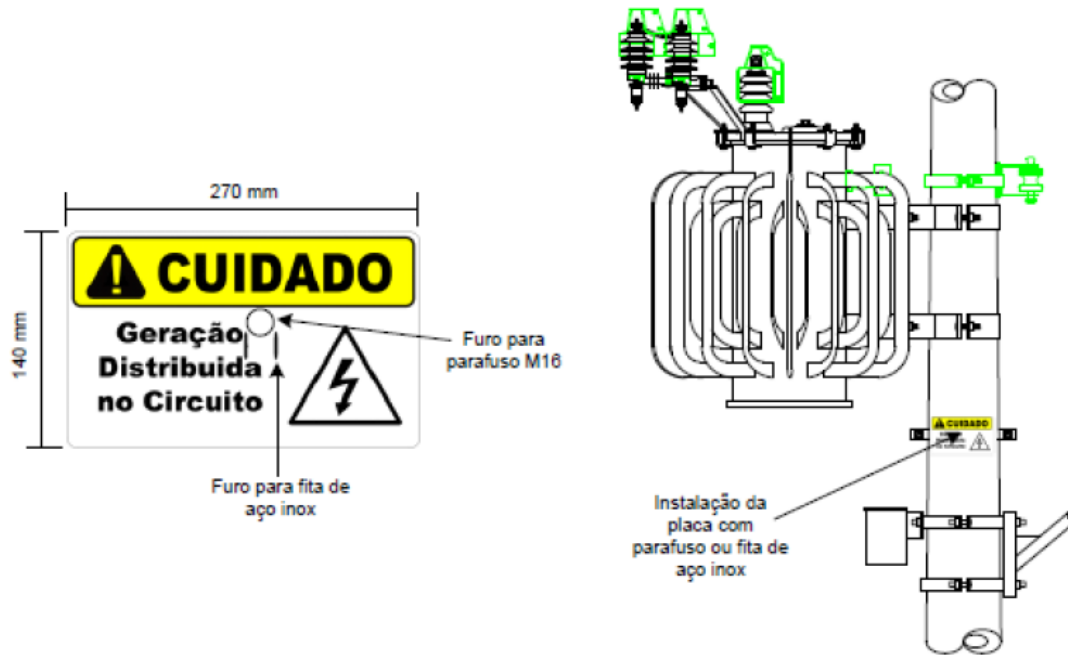
Será fornecida uma placa de advertência à distribuidora para ser instalada no poste onde se encontra o transformador de distribuição com os seguintes dizeres: “CUIDADO – GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO CIRCUITO”.

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 04 – 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.