

ANEXO 1

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 60,00 kW

CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE COREAÚ

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 60,00 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 Média Tensão com disjuntor de 100 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 128 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 30,00 kW da SOLIS-30K-5G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: PREFEITURA MUNICIPAL DE COREAÚ

Endereço na obra: AV DOM JOSÉ, 55, CENTRO, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: A4 - HOROSSAZONAL VERDE

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

4 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (128 PAINÉIS)	71,680 kW	60,00 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 Média Tensão 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 71,680 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 Média Tensão é igual a 13,8 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{* 100 * 13,8}{1000} = 66 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	128
INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G	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:

$$E = 71,680 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 8710,6kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	45000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	45,6
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V, 230/400V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,30 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 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, 5 e 21 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 (DE CADA INVERSOR)

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	10
1	2	10
2	1	11

2	2	11
3	1	11
3	2	11

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 128 módulos (64 para cada inversor).

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):

$$FDI = \frac{30000}{128 * 560} = 0,4185 \quad (4.13)$$

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 6mm², os quais atendem aos requisitos citados.

Sabendo que I_{fileiras} é igual a 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50mm^2 \quad (5.5)$$

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 45,6 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 91,2 A, do conjunto de dois inversores. Sabendo que a tensão de linha do sistema é igual a 13,8 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 91,2}{56 * 0,03 * 380} = 7,42 mm^2 \quad 5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 35 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 35 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 110 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 91,2 A &< I_{disjuntor} < 110 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 em PVC, verde de 35 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 35 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 35 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.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 350 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 350 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:

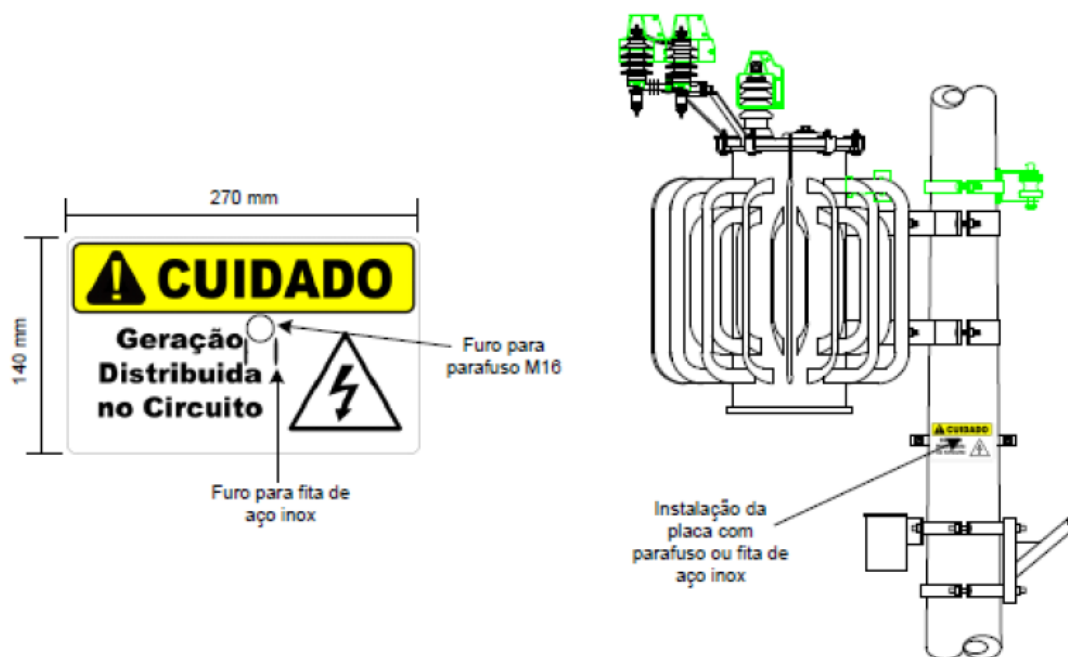
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 2

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 60,00 kW

CLIENTE: HOSPITAL FERNANDO TELES CAMILO

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 60,00 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 Média Tensão com disjuntor de 100 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 150 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 30,00 kW da SOLIS-30K-5G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: HOSPITAL FERNANDO TELES CAMILO

Endereço na obra: RUA LAIRE FONTENELLE, , , ALTO SÃO JOSÉ, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: A4 - HOROSSAZONAL VERDE

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

4 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (150 PAINEIS)	84,000 kW	60,00 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 Média Tensão 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 84,000 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 100 A e a tensão de entrada Média Tensão é igual a 13,8 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{* 100 * 13,8}{1000} = 66 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	150
INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G	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:

$$E = 84,000 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 10208kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	45000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	45,6
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V, 230/400V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,30 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 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, 5 e 21 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 (DE CADA INVERSOR)

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	13
1	2	13
2	1	13

2	2	12
3	1	12
3	2	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 150 módulos (75 para cada inversor).

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):

$$FDI = \frac{30000}{150 * 560} = 0,3571 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 45,6 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 91,2 A, do conjunto de dois inversores. Sabendo que a tensão de linha do sistema é igual a 13,8 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 91,2}{56 * 0,03 * 380} = 7,42 mm^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 35 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 35 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 110 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 91,2 A &< I_{disjuntor} < 110 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 em PVC, verde de 35 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 35 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 35 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.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 175 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 175 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:

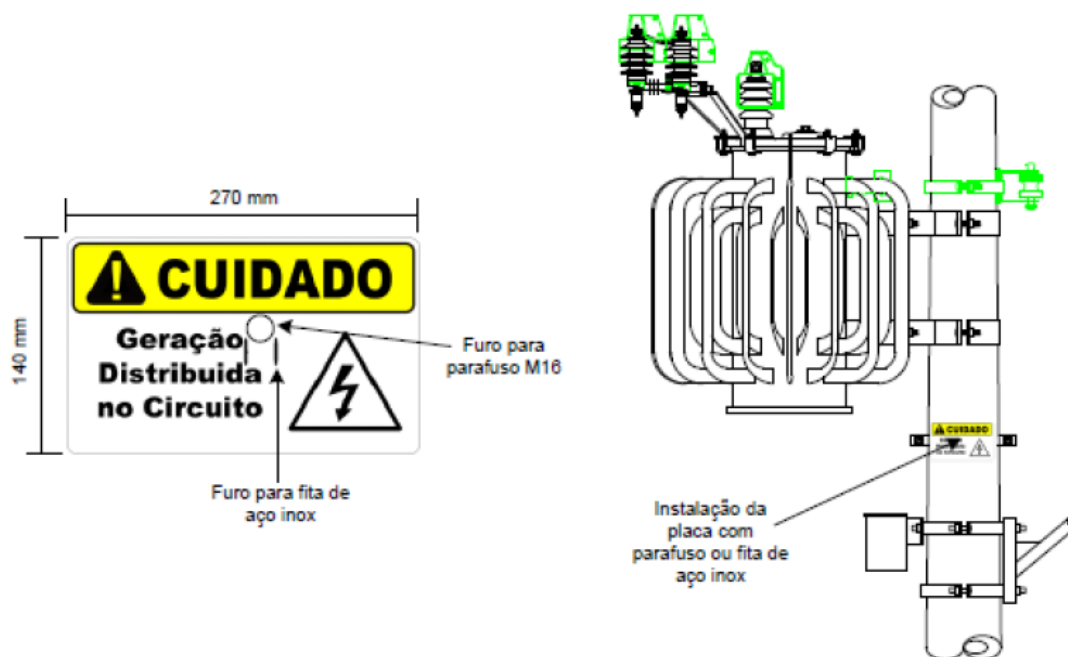
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 3

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 40,00 kW

CLIENTE: PSF MANOEL CARNEIRO

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 40,00 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 25 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 100 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 20,00 kW da SOLIS - 3P20K-4G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: PSF MANOEL CARNEIRO

Endereço na obra: AV CEL FRANCISCO CAMILO, 191, CENTRO, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

2 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (100 PAINEIS)	56,000 kW	40,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 56,000 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 25 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 25 * 380}{1000} = 16,5 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	100
INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G	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:

$$E = 56,000 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 6805,1kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	30000
Máxima tensão CC(V)	1000
Faixa de operação SPMP(V)	160-850V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	22
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	20000
Máxima potência CA(VA)	22000
Máxima corrente CA(A)	31
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é 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 de cada inversor

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1 (INVERSOR 1)	1	12
1 (INVERSOR 1)	2	12
2 (INVERSOR 1)	1	13

2 (INVERSOR 1)	2	13
1 (INVERSOR 2)	1	12
1 (INVERSOR 2)	2	12
2 (INVERSOR 2)	1	13
2 (INVERSOR 2)	2	13

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 100 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):

$$FDI = \frac{20000}{100 * 560} = 0,3571 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 31 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 31 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 31}{56 * 0,03 * 380} = 2,52 mm^2 \quad (5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 62 A &< I_{disjuntor} < 68 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 16mm^2 . Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 16mm^2 . 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 16mm^2 .

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 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 25 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:

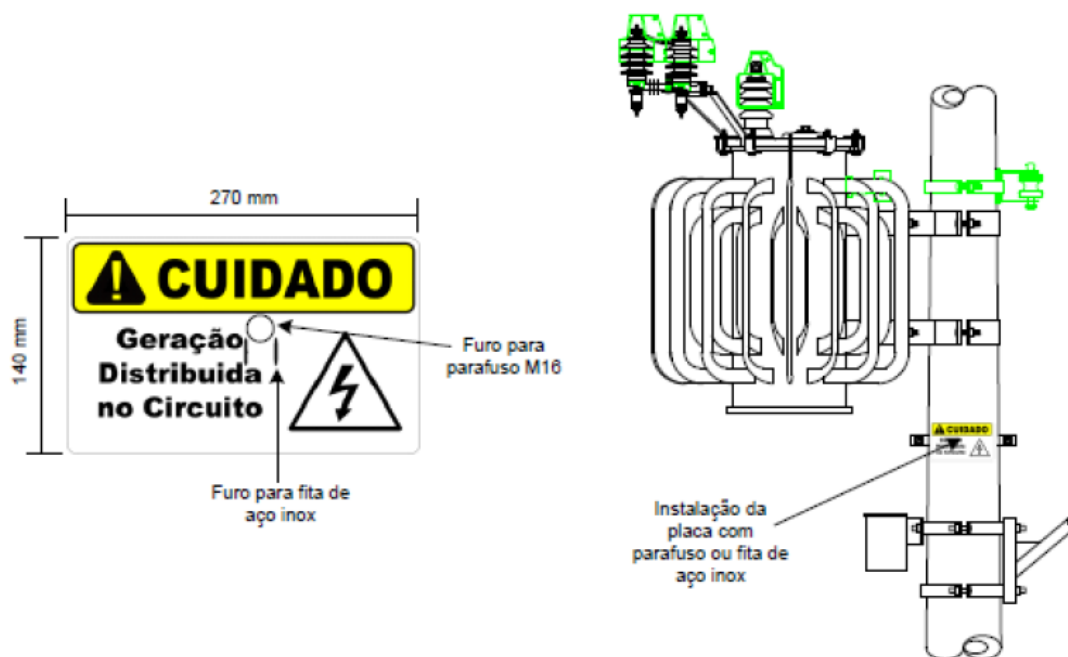
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 4

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 60,00 kW

CLIENTE: ESCOLA NOSSA SRA DA PIEDADE

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 60,00 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 150 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 30,00 kW da SOLIS-30K-5G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: ESCOLA NOSSA SRA DA PIEDADE

Endereço na obra: R JOSÉ EUCLIDES F GOMES, CENTRO, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (150 PAINEIS)	84,000 kW	60,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 84,000 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 100 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 100 * 380}{1000} = 66 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	150
INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G	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:

$$E = 84,000 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 10208kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	45000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	45,6
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V, 230/400V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,30 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 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, 5 e 21 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 (DE CADA INVERSOR)

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	13
1	2	13
2	1	13

2	2	12
3	1	12
3	2	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 150 módulos (75 para cada inversor).

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):

$$FDI = \frac{30000}{150 * 560} = 0,3571 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 45,6 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 45,6 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 45,6}{56 * 0,03 * 380} = 3,71 mm^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 35 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 35 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 110 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 91,2 A &< I_{disjuntor} < 110 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 em PVC, verde de 35 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 35 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 35 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.

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:

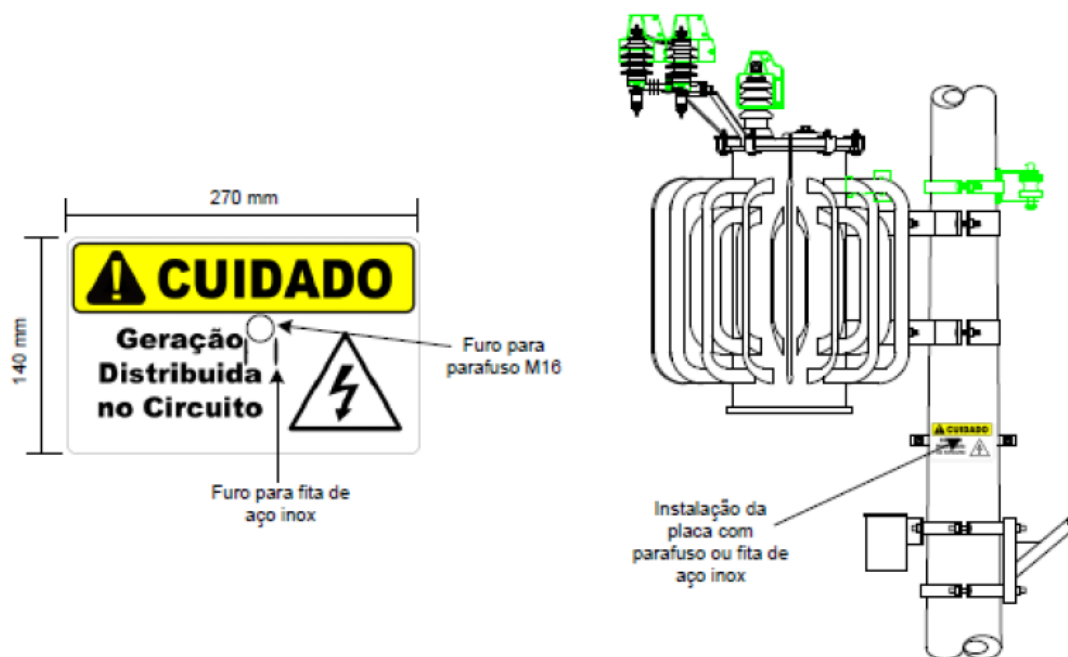
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 5

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 20,00 kW

CLIENTE: CRAS

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 20,00 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 80 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 38 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 20,00 kW da SOLIS - 3P20K-4G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CRAS

Endereço na obra: R SÃO JOSÉ, PADRE JOSÉ MARIA AGUIAR, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

2 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (38 PAINÉIS)	21,280 kW	20,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 21,280 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 80 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 80 * 380}{1000} = 52,8 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	38
INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G	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:

$$E = 21,280 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 2585,9kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	30000
Máxima tensão CC(V)	1000
Faixa de operação SPMP(V)	160-850V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	22
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	20000
Máxima potência CA(VA)	22000
Máxima corrente CA(A)	31,8
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é 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	9
1	2	9
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 38 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):

$$FDI = \frac{20000}{38 * 560} = 0,9398 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 9, então o valor da V_{fileira} é igual a 380,25 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 380,25} = 2,33mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 31,8 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 31,8 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 31,8}{56 * 0,03 * 380} = 2,59 mm^2 \quad 5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 31,8 A &< I_{disjuntor} < 36 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 80 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:

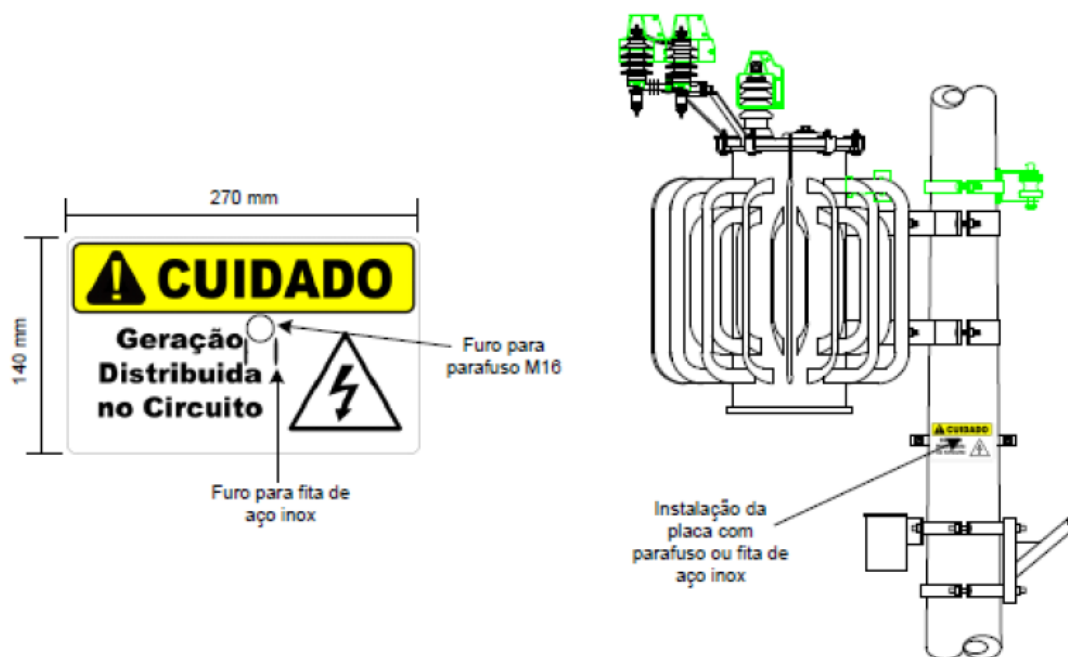
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 6

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 30,00 kW

CLIENTE: CEI MARIA SOCORRO ARAUJO

abril/2024

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 50 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 74 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 30,00 kW da SOLIS-30K-5G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CEI MARIA SOCORRO ARAUJO

Endereço na obra: VILA BRASIL, JOSÉ GOMES DAMASCENO, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

2 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (74 PAINÉIS)	41,440 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 41,440 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:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 50 * 380}{1000} = 33 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	74
INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G	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:

$$E = 41,440 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 5035,8kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	45000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	45,6
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V, 230/400V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,30 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 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, 5 e 21 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	12
1	2	12
2	1	12

2	2	12
3	1	13
3	2	13

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 74 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):

$$FDI = \frac{30000}{74 * 560} = 0,7239 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{painel} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 21, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 887,25 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 887,25} = 1,00mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 45,6 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 45,6 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 45,6}{56 * 0,03 * 380} = 3,71 mm^2 \quad (5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 45,6 A &< I_{disjuntor} < 68 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 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 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:

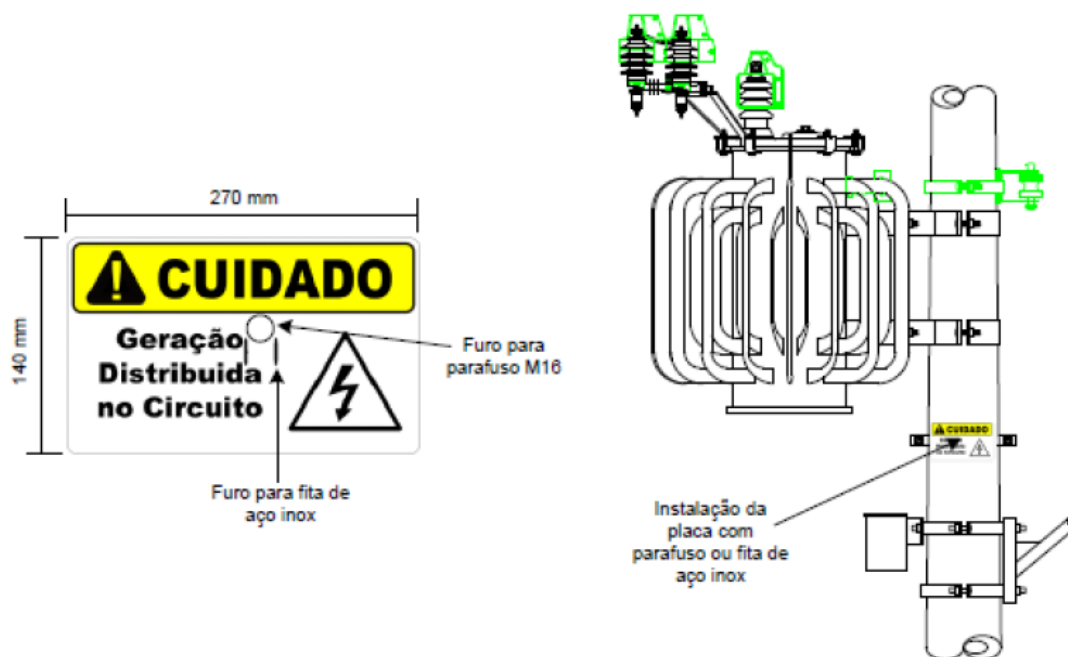
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 7

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 30,00 kW

CLIENTE: CEI PROF MARIA ZILMAR

abril/2024

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 40 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 62 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 30,00 kW da SOLIS-30K-5G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CEI PROF MARIA ZILMAR

Endereço na obra: RODOVIA CE-240, JOSÉ GOMES DAMASCENO, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (62 PAINÉIS)	34,720 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 34,720 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 40 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 40 * 380}{1000} = 26,4 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	62
INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G	1
Disjuntor tripolar 40A	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:

$$E = 34,720 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 4219,2kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	45000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	38,6
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V, 230/400V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,30 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 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, 5 e 21 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
3	1	11
3	2	11

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

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

Definida a quantidade de módulos no arranjo é possível calcular o FDI. A potência total em cada inversor será a soma das potências de todos os módulos, então pela equação (4.13):

$$FDI = \frac{30000}{62 * 560} = 0,8641 \quad (4.13)$$

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 6mm², os quais atendem aos requisitos citados.

Sabendo que I_{fileiras} é igual a 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 10, então o valor da V_{fileira} é igual a 422,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 422,5} = 2,10mm^2 \quad (5.5)$$

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 38,6 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 38,6 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 38,6}{56 * 0,03 * 380} = 3,14 mm^2 \quad 5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 38,6 A &< I_{disjuntor} < 50 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 40 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 40 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 40 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 40 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:

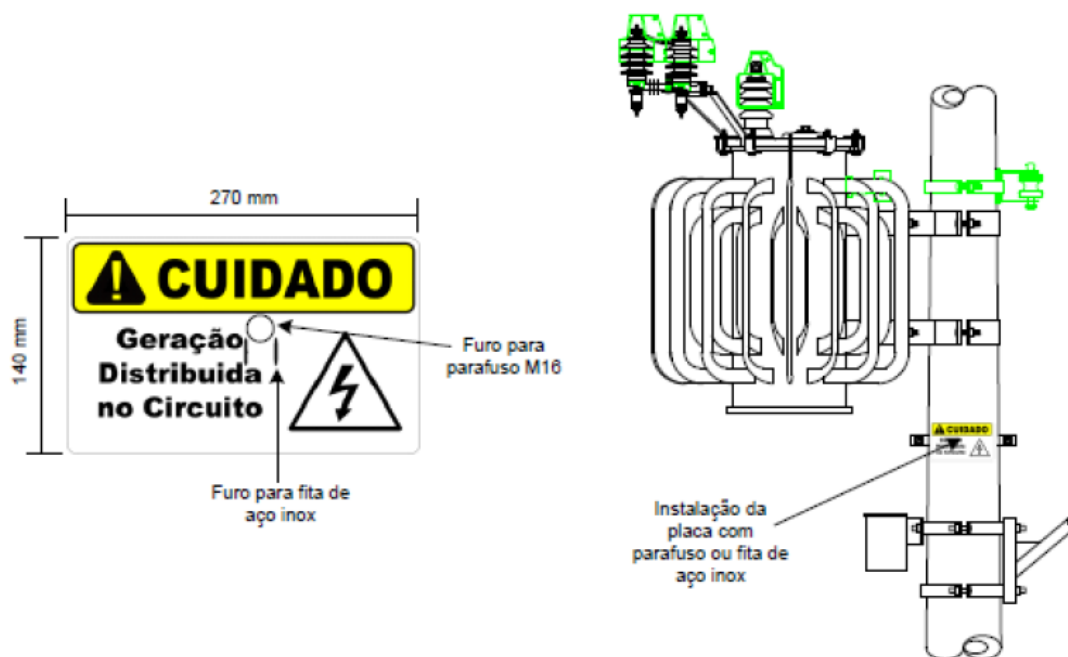
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 8

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 20,00 kW

CLIENTE: ESCOLA NSA DA PAZ

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 20,00 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 50 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 20,00 kW da SOLIS - 3P20K-4G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: ESCOLA NSA DA PAZ

Endereço na obra: R SÃO MIGUEL, SÃO MIGUEL, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

2 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (50 PAINÉIS)	28,000 kW	20,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 28,000 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:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 32 * 380}{1000} = 21,12 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	50
INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G	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:

$$E = 28,000 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 3402,6kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	30000
Máxima tensão CC(V)	1000
Faixa de operação SPMP(V)	160-850V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	22
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	20000
Máxima potência CA(VA)	22000
Máxima corrente CA(A)	31,8
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é 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	12
1	2	12
2	1	13

2	2	13

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 50 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):

$$FDI = \frac{20000}{50 * 560} = 0,7143 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 10, então o valor da V_{fileira} é igual a 422,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 422,5} = 2,10mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 31,8 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 31,8 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 31,8}{56 * 0,03 * 380} = 2,59 mm^2 \quad (5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 31,8 A &< I_{disjuntor} < 36 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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:

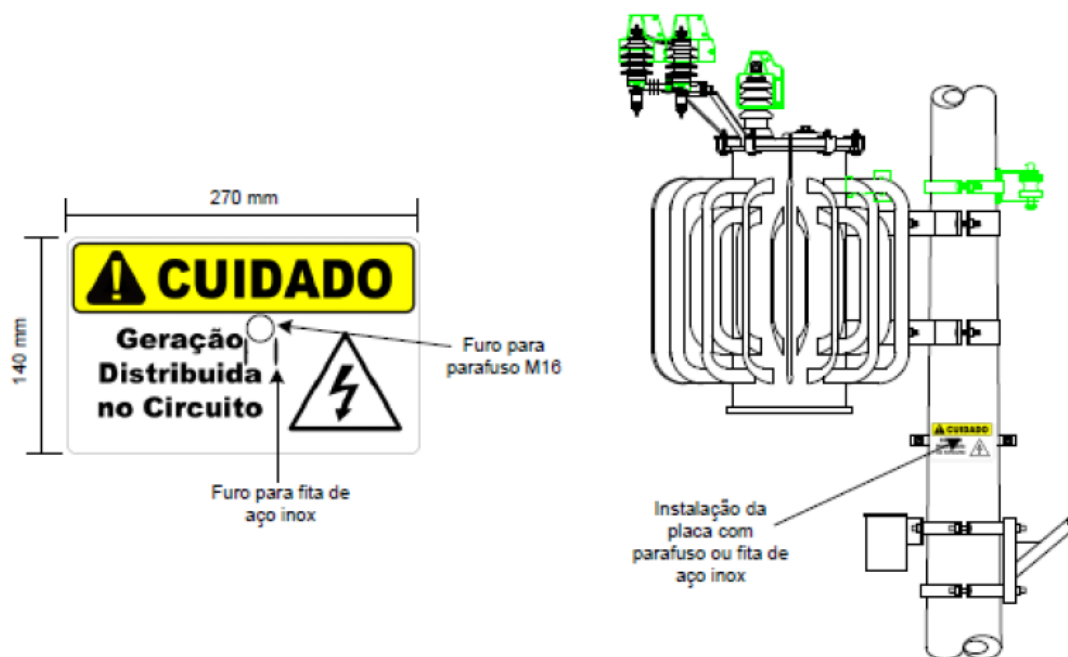
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 9

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 20,00 kW

CLIENTE: UBS SÃO MIGUEL

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 20,00 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 50 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 20,00 kW da SOLIS - 3P20K-4G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: UBS SÃO MIGUEL

Endereço na obra: R CEL ANTONIO TELES, CENTRO, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (50 PAINÉIS)	28,000 kW	20,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 28,000 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:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 32 * 380}{1000} = 21,12 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	50
INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G	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:

$$E = 28,000 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 3402,6kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	30000
Máxima tensão CC(V)	1000
Faixa de operação SPMP(V)	160-850V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	22
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	20000
Máxima potência CA(VA)	22000
Máxima corrente CA(A)	31,8
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é 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	12
1	2	12
2	1	13

2	2	13

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 50 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):

$$FDI = \frac{20000}{50 * 560} = 0,7143 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 10, então o valor da V_{fileira} é igual a 422,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 422,5} = 2,10mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 31,8 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 31,8 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 31,8}{56 * 0,03 * 380} = 2,59 mm^2 \quad 5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 31,8 A &< I_{disjuntor} < 36 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 μ m (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:

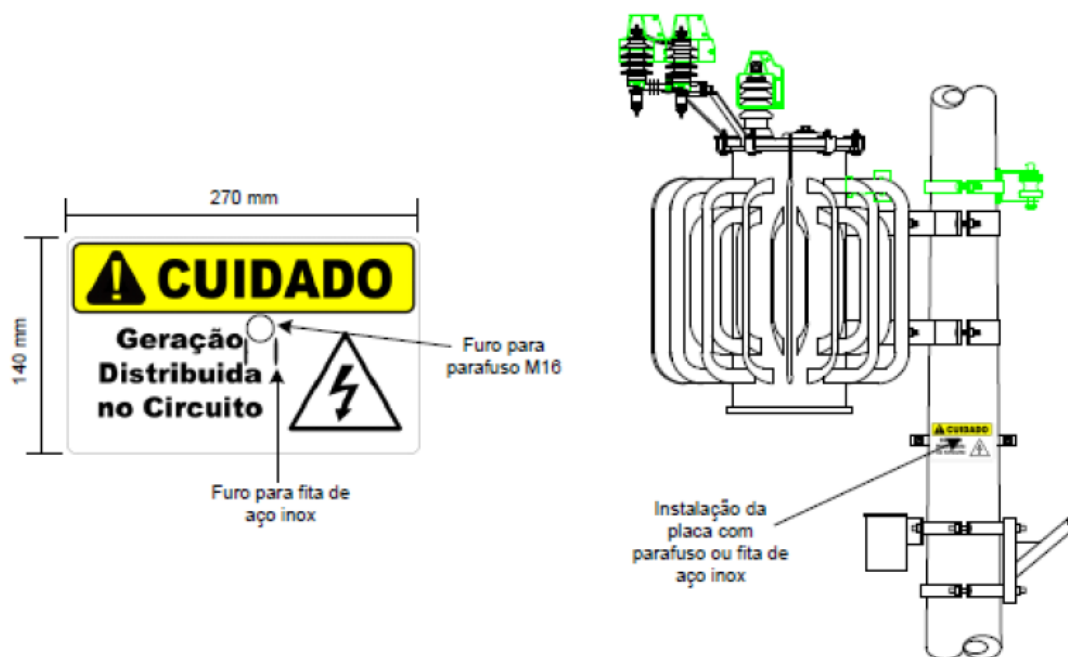
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 10

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 30,00 kW

CLIENTE: PSF - ARAQUÉM

abril/2024

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 50 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 62 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 30,00 kW da SOLIS-30K-5G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: PSF - ARAQUÉM

Endereço na obra: AV SAMUEL FÉLIX DA CUNHA, ARAQUÉM, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (62 PAINÉIS)	34,720 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 34,720 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:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 50 * 380}{1000} = 33 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	62
INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G	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:

$$E = 34,720 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 4219,2kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	45000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	45,6
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V, 230/400V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,30 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 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, 5 e 21 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
3	1	11
3	2	11

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

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

Definida a quantidade de módulos no arranjo é possível calcular o FDI. A potência total em cada inversor será a soma das potências de todos os módulos, então pela equação (4.13):

$$FDI = \frac{30000}{62 * 560} = 0,8641 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 10, então o valor da V_{fileira} é igual a 422,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 422,5} = 2,10mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 45,6 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 45,6 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 45,6}{56 * 0,03 * 380} = 3,71 mm^2 \quad (5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 45,6 A &< I_{disjuntor} < 68 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 16 mm^2 . Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 16 mm^2 . 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 mm^2 .

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:

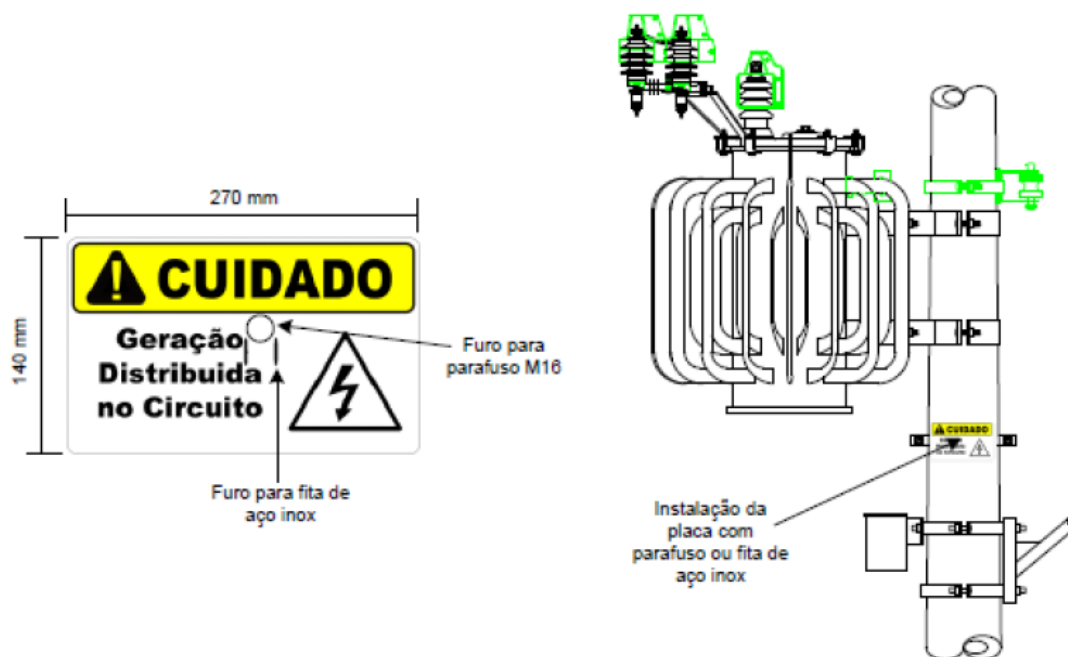
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 11

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 60,00 kW

CLIENTE: ESCOLA SANTO ANTONIO

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 60,00 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 150 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 30,00 kW da SOLIS-30K-5G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: ESCOLA SANTO ANTONIO

Endereço na obra: AV SAMUEL FÉLIX DA CUNHA, ARAQUÉM, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (150 PAINEIS)	84,000 kW	60,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 84,000 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 100 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{máx} = \frac{1,7321 * 100 * 380}{1000} = 66 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	150
INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G	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:

$$E = 84,000 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 10208kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	45000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	45,6
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V, 230/400V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,30 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 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, 5 e 21 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 (DE CADA INVERSOR)

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	13
1	2	13
2	1	13

2	2	12
3	1	12
3	2	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 150 módulos (75 para cada inversor).

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):

$$FDI = \frac{30000}{150 * 560} = 0,3571 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 45,6 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 45,6 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 45,6}{56 * 0,03 * 380} = 3,71 mm^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 35 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 35 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 110 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 91,2 A &< I_{disjuntor} < 110 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 em PVC, verde de 35 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 35 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 35 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.

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:

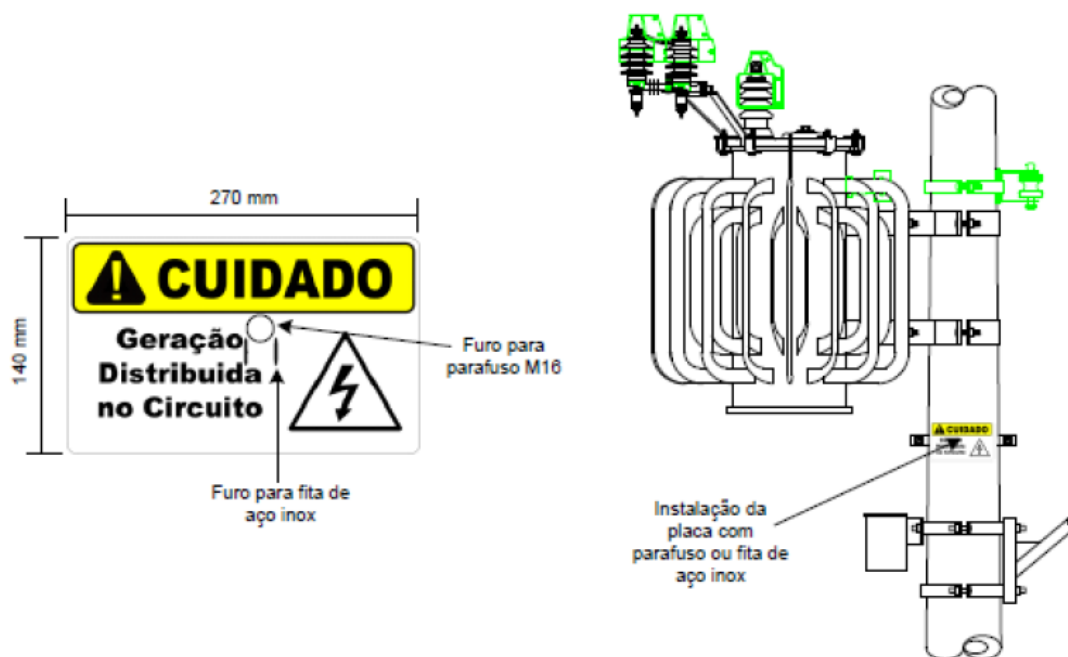
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 12

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 30,00 kW

CLIENTE: CEI SANTA RITA

abril/2024

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 40 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 50 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 15,00 kW da SOLIS - 3P15K-4G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CEI SANTA RITA

Endereço na obra: R DOS AMERICOS, ARAQUÉM, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (50 PAINÉIS)	28,000 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 28,000 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 40 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 40 * 380}{1000} = 26,4 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	50
INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P15K-4G	2
Disjuntor tripolar 40A	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:

$$E = 28,000 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 3402,6kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P15K-4G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	22500
Máxima tensão CC(V)	1000
Faixa de operação SPMP(V)	160-850V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	22
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	15000
Máxima potência CA(VA)	16500
Máxima corrente CA(A)	19,8
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é 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 (DE CADA INVERSOR)

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	6
1	2	6
2	1	6

2	2	7

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 50 módulos (25 para cada inversor).

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):

$$FDI = \frac{15000}{50 * 560} = 0,5357 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{painel} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 19,8 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 39,6 A, do conjunto de dois inversores. 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 39,6}{56 * 0,03 * 380} = 3,22 mm^2 \quad (5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 39,6 A &< I_{disjuntor} < 50 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 40 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 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 40 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 40 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 40 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:

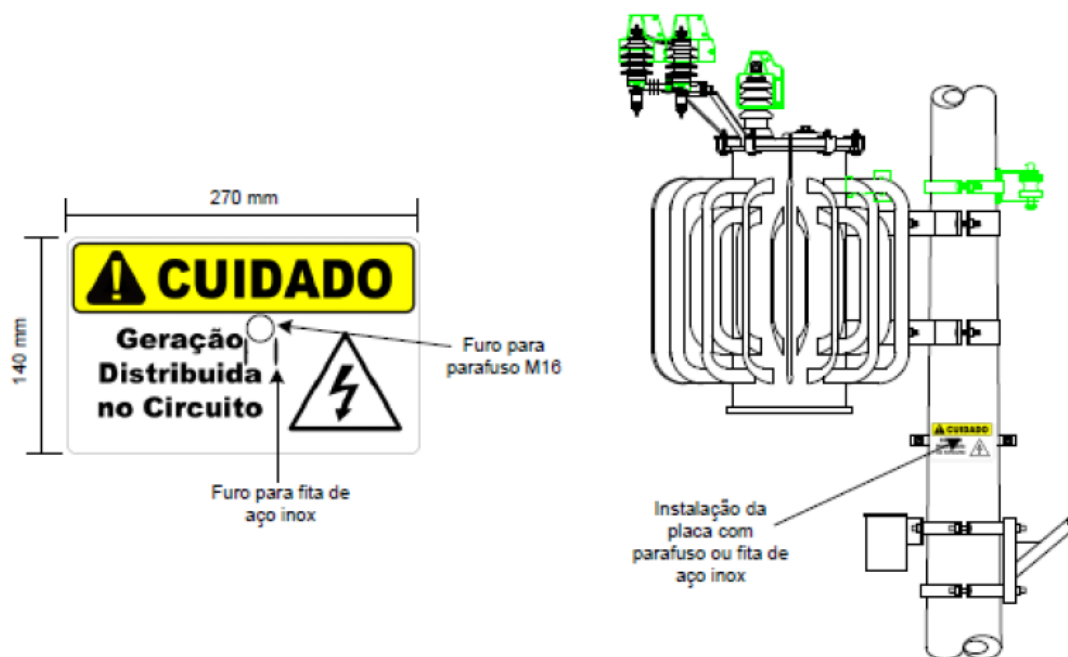
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 13

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 60,00 kW

CLIENTE: ESCOLA CORAÇÃO DE JESUS

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 60,00 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 150 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 30,00 kW da SOLIS-30K-5G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: ESCOLA CORAÇÃO DE JESUS

Endereço na obra: CE - 364, AROEIRAS, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (150 PAINÉIS)	84,000 kW	60,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 84,000 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 100 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{máx} = \frac{1,7321 * 100 * 380}{1000} = 66 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	150
INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G	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:

$$E = 84,000 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 10208kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C
Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	45000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	45,6
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V, 230/400V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,30 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 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, 5 e 21 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 (DE CADA INVERSOR)

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	13
1	2	13
2	1	13
2	2	12
3	1	12
3	2	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 150 módulos (75 para cada inversor).

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):

$$FDI = \frac{30000}{150 * 560} = 0,3571 \quad (4.13)$$

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 6mm², os quais atendem aos requisitos citados.

Sabendo que I_{fileiras} é igual a 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50 mm^2 \quad (5.5)$$

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 45,6 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 45,6 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 45,6}{56 * 0,03 * 380} = 3,71 mm^2 \quad (5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 35 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 35 mm², sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 110 A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 91,2 A &< I_{disjuntor} < 110 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 em PVC, verde de 35 mm². Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 35 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 35 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.

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).

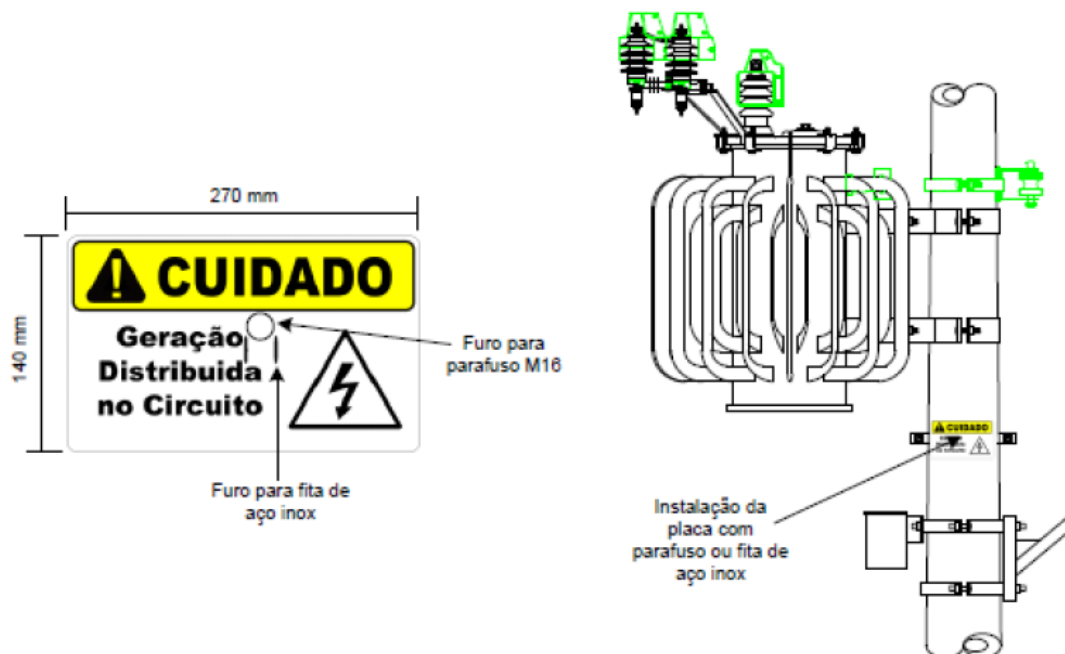
Será fornecida uma placa de advertência à distribuidora para ser instalada no poste onde se encontra o transformador de distribuição com os seguintes dizeres: “CUIDADO – GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO CIRCUITO”.

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.

ANEXO 14

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 15,00 kW

CLIENTE: PSF MARLON FERNANDES

abril/2024

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 25 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 37 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 15,00 kW da SOLIS - 3P15K-4G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: PSF MARLON FERNANDES

Endereço na obra: CE - 364, AROEIRAS, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (37 PAINÉIS)	20,720 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 20,720 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 25 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{máx} = \frac{1,7321 * 25 * 380}{1000} = 16,5 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	37
INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P15K-4G	1
Disjuntor tripolar 25A	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:

$$E = 20,720 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 2517,9kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C
Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR

SOLIS - 3P15K-4G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	22500
Máxima tensão CC(V)	1000
Faixa de operação SPMP(V)	160-850V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	22
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	15000
Máxima potência CA(VA)	16500
Máxima corrente CA(A)	23,8
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é 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	9
1	2	9
2	1	9
2	2	10

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 37 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):

$$FDI = \frac{15000}{37 * 560} = 0,7239 \quad (4.13)$$

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 6mm², os quais atendem aos requisitos citados.

Sabendo que $I_{fileiras}$ é igual a 13,25 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):

$$I_{painel} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 9, então o valor da $V_{fileira}$ é igual a 380,25 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 380,25} = 2,33mm^2 \quad (5.5)$$

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 23,8 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 23,8 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 23,8}{56 * 0,03 * 380} = 1,94 \text{ mm}^2 \quad 5.6)$$

Levando em consideração o critério de capacidade de corrente e a configuração do sistema, optou-se por escolher um condutor com seção igual a 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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 23,8 \text{ A} &< I_{disjuntor} < 36 \text{ A} \end{aligned} \quad (8.7)$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 25 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 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 25 A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do inversor, haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 25 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 25 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:

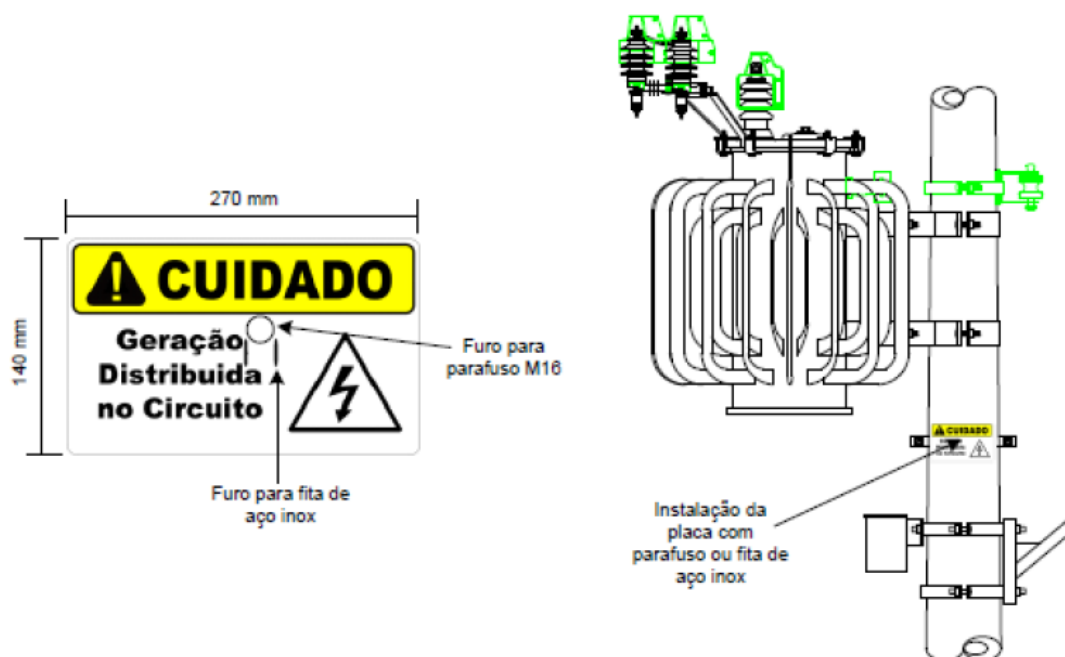
- Espessura: 2 mm;
- Material: chapa galvalume (43,5% zinco, 55% alumínio e 1,5% silício) nº 22 USG (0,79 mm), cantos arredondados;
- Cor do fundo: amarela, em epóxi;
- Letras: cor preta, tinta eletrostática em pó;
- Na chapa deverá ser aplicada uma demão de fundo anti-corrosivo de espessura mínima de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

ANEXO 15

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 40,00 kW

CLIENTE: CEI ANTONIA AGUIAR NERI

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 40,00 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 90 A no padrão de entrada e a central será constituída por um conjunto de 92 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 20,00 kW da SOLIS - 3P20K-4G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: CEI ANTONIA AGUIAR NERI

Endereço na obra: TV DOS MOTAS, UBAÚNA, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (92 PAINÉIS)	51,520 kW	40,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 51,520 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 90 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 90 * 380}{1000} = 59,4 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	92
INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G	2
Disjuntor tripolar 32A	2
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:

$$E = 51,520 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 6260,7kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	30000
Máxima tensão CC(V)	1000
Faixa de operação SPMP(V)	160-850V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	22
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	20000
Máxima potência CA(VA)	22000
Máxima corrente CA(A)	31,8
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é 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 (DE CADA INVERSOR)

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

2	2	12

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 92 módulos (46 para cada inversor).

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):

$$FDI = \frac{20000}{92 * 560} = 0,3882 \quad (4.13)$$

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 6mm², os quais atendem aos requisitos citados.

Sabendo que I_{fileiras} é igual a 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50mm^2 \quad (5.5)$$

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 31,8 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 31,8 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 31}{56 * 0,03 * 380} = 2,52 mm^2 \quad (5.6)$$

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 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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 31,8 A &< I_{disjuntor} < 36 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 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 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 90 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 90 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:

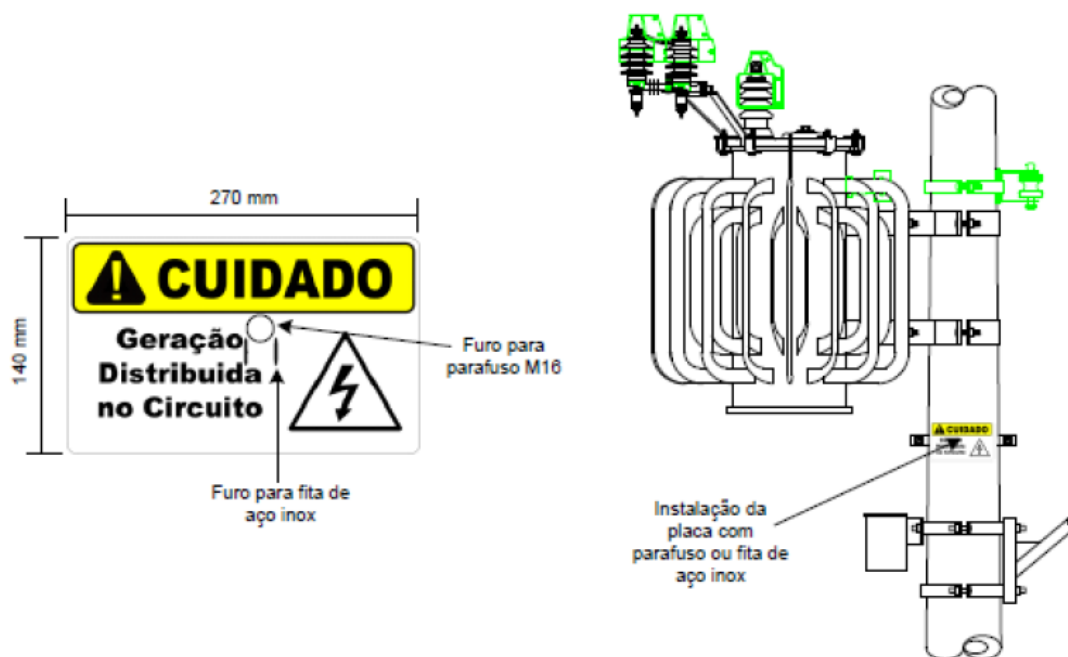
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 16

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 60,00 kW

CLIENTE: ESCOLA PEDRO CONRADO

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 60,00 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 108 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 30,00 kW da SOLIS-30K-5G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: ESCOLA PEDRO CONRADO

Endereço na obra: AV SÃO FRANCISCO DE ASSIS, UBAÚNA, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (108 PAINEIS)	60,480 kW	60,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 60,480 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:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 63 * 380}{1000} = 41,58 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	108
INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G	2
Disjuntor tripolar 63A	2
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:

$$E = 60,480 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 7349,5kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS-30K-5G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	45000
Máxima tensão CC(V)	1100
Faixa de operação SPMP(V)	200-1000V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	31
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V, 230/400V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,30 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,80 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 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, 5 e 21 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 (DE CADA INVERSOR)

ESTRUTURA DE CONEXÃO DAS MPPTS		
Nº do MPPT	Nº da STRING	Qntd. de Placas
1	1	9
1	2	9
2	1	9

2	2	9
3	1	9
3	2	9

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 108 módulos (54 para cada inversor).

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):

$$FDI = \frac{30000}{108 * 560} = 0,496 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50mm^2 \quad (5.5)$$

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 6 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 31 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 62 A, do conjunto de dois inversores. 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 62}{56 * 0,03 * 380} = 5,06 mm^2 \quad (5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 62 A &< I_{disjuntor} < 68 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 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 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:

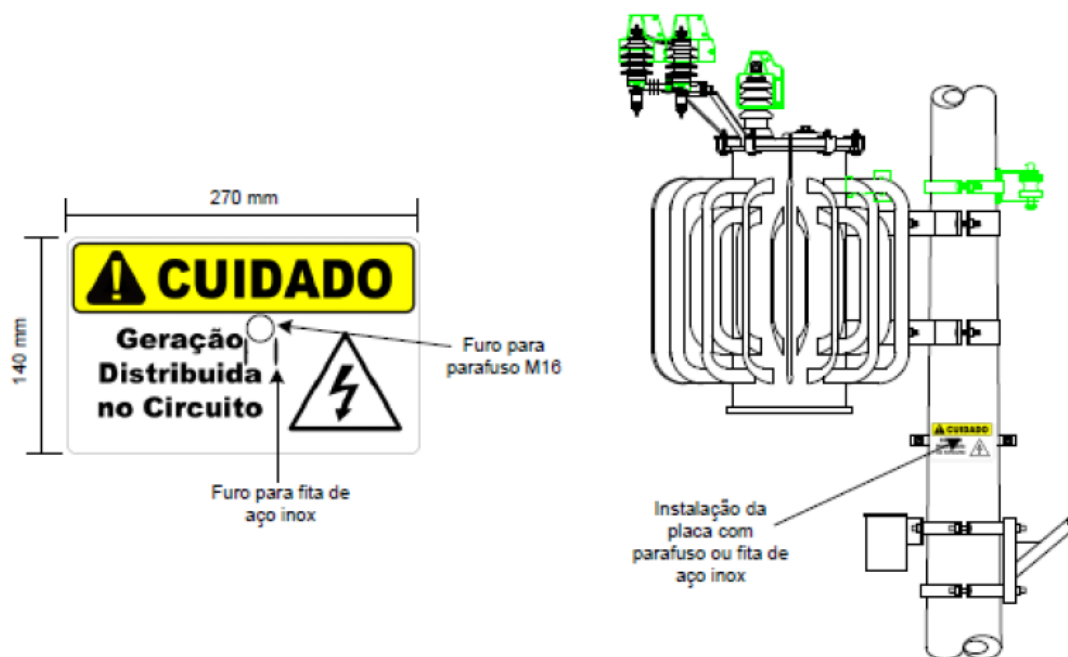
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.



ANEXO 17

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 40,00 kW

CLIENTE: PSF MIGUEL NERIS

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 40,00 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 80 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 2 inversores de 20,00 kW da SOLIS - 3P20K-4G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: PSF MIGUEL NERIS

Endereço na obra: RUA MANOEL LOPES MOTOS, UBAÚNA, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (80 PAINÉIS)	44,800 kW	40,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 44,800 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 50 A e a tensão de entrada Trifásico é igual a 380 V, a potência máxima de entrada será:

$$P_{\text{máx}} = \frac{1,7321 * 50 * 380}{1000} = 33 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	80
INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G	2
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:

$$E = 44,800 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 5444,1kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	30000
Máxima tensão CC(V)	1000
Faixa de operação SPMP(V)	160-850V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	22
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	20000
Máxima potência CA(VA)	22000
Máxima corrente CA(A)	31,8
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é 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 (DE CADA INVERSOR)

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 (40 para cada inversor).

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):

$$FDI = \frac{20000}{80 * 560} = 0,4464 \quad (4.13)$$

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 6mm², os quais atendem aos requisitos citados.

Sabendo que I_{fileiras} é igual a 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 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 253,5 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 253,5} = 3,50mm^2 \quad (5.5)$$

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 31,8 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 31,8 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 31,8}{56 * 0,03 * 380} = 2,59 mm^2 \quad (5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 31,8 A &< I_{disjuntor} < 36 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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 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:

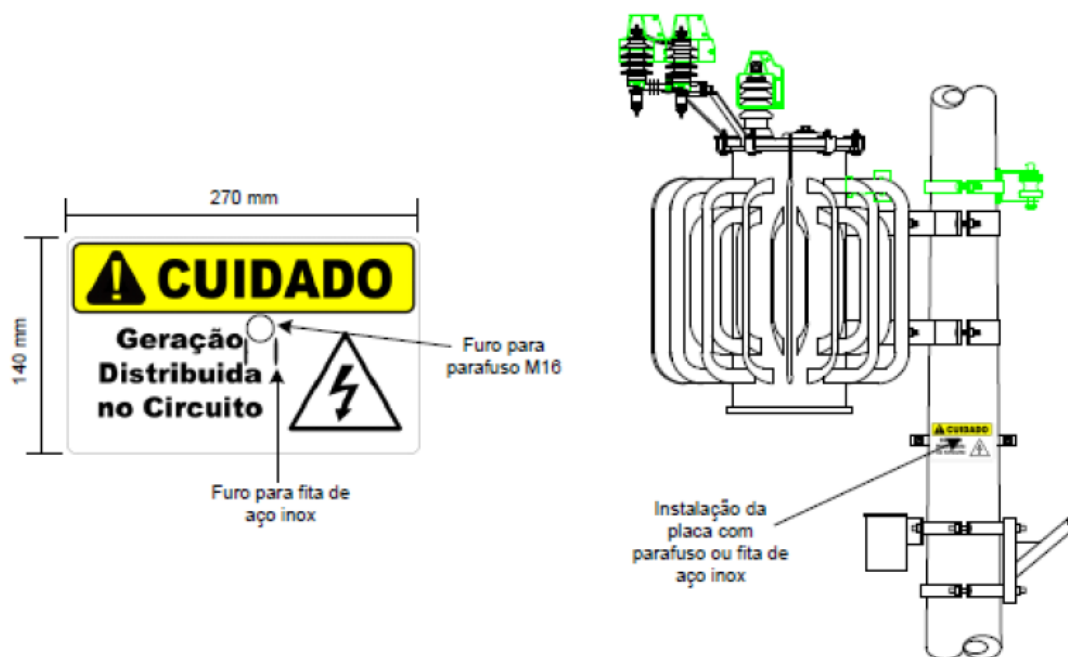
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.

ANEXO 18

PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 20,00 kW

CLIENTE: UBS - UBAÚNA

abril/2024

1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 20,00 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 51 módulos fotovoltaicos RENESOLA - RS6-560M-E3 de 560 Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 inversor de 20,00 kW da SOLIS - 3P20K-4G .

2. IDENTIFICAÇÃO

Cliente:

Nome da obra: UBS - UBAÚNA

Endereço na obra: TV. DOS MOTAS 2, UBAÚNA, CEP: 62160-000, COREAÚ - CE.

Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B1 - RESIDENCIAL - TRIFÁSICO

Projetista:

YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

Eng. Eletricista Responsável: YOLANDA LORENA MOREIRA GOMES

CREA-CE: 061879808-0

Fone: (88) 9 8134 - 2529

Endereço: RUA FRANCISCO CAMILO, 947, CENTRO, CEP: 62.160-000, COREAÚ - CE

E-mail: seinfracoreau@gmail.com

Previsão para ligação:

3 DE julho DE 2024

3. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (51 PAINÉIS)	28,560 kW	20,00 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:

$$P_{FV} = \frac{900}{0,93 * 4,3556 * 30} = 7,4062 \text{ kWp} \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 28,560 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:

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,7321 * 32 * 380}{1000} = 21,12 \text{ kW} \quad (4.4)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3	51
INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G	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:

$$E = 28,560 * 0,93 * 4,3556 * 30 = 3470,6kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 RENESOLA - RS6-560M-E3

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	RENESOLA - RS6-560M-E3
Modelo da placa	RS6-560M-E3
Potência máxima ($P_{m\acute{a}x}$)	560 Wp
Tensão para máxima potência (V_{mp})	42,25 V
Corrente para máxima potência (I_{mp})	13,25 A
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	50,10 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	14,10 A
Eficiência do módulo STC (%)	21,7 %
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}	-0,27 %/°C

Coeficiente de temperatura para I_{sc}	0,048 %/°C
--	------------

FONTE: RENESOLA (2024)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR SOLIS - 3P20K-4G

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
DADOS DA ENTRADA CC	
Máxima potência Fotovoltaica(W)	30000
Máxima tensão CC(V)	1000
Faixa de operação SPMP(V)	160-850V
Tensão CC de partida(V)	180
Corrente CC máxima(A)	22
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	20000
Máxima potência CA(VA)	22000
Máxima corrente CA(A)	31,8
Saída nominal CA (V Ca)	3/N/PE, 220/380V
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,10 %
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70 %

FONTE: SOLIS (2024).

Pela tabela 03, sabe-se que a tensão V_{mp} é igual a 42,25 V e V_{oc} é igual a 50,10 V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 180V a 1000 V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos apenas calculando a tensão de partida pela tensão de máxima potência, para a mínima quantidade de módulos em série e a máxima tensão cc e a tensão de circuito aberto para obter a máxima quantidade de módulos em série. Sendo seus valores, 5 e 19 respectivamente

Observa-se que a corrente do módulo é 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	12
1	2	13
2	1	13

2	2	13

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 51 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):

$$FDI = \frac{20000}{51 * 560} = 0,7003 \quad (4.13)$$

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 13,25 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):

$$I_{\text{painel}} = 13,25 * 1 * 1,25 = 16,563 \text{ A} \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 42,25 V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 12, então o valor da V_{fileira} é igual a 507 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):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * 30 * 16,563}{56 * 0,01 * 507} = 1,75 mm^2 \quad (5.5)$$

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 31,8 A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 31,8 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:

$$S_{mm^2} = \frac{1,7321 * 30 * 31,8}{56 * 0,03 * 380} = 2,59 mm^2 \quad (5.6)$$

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.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} &< I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 31,8 A &< I_{disjuntor} < 36 A \end{aligned} \quad (8.7)$$

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:

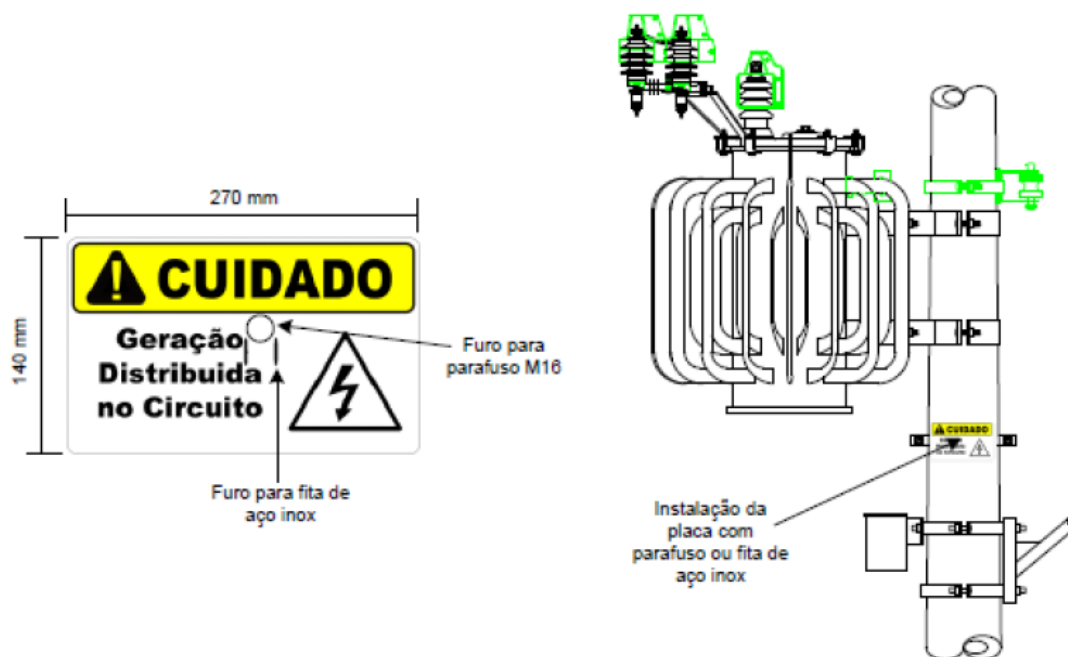
– Material: chapa de fibra de vidro altamente resistente as intempéries e corrosão, cantos arredondados;

– 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.