

---

# PROJETO: MICROGERAÇÃO DE 30,00kW

CLIENTE: MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO

JANEIRO/2023



**Enel Distribuidora PIQUET CARNEIRO - CE**

**Projeto: Solicitação de Acesso ao Sistema de Distribuição**

**MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO com o CNPJ: 07.738.057/0001-31 venho, pelo presente, requerer de V.Sa. O parecer de Acesso ao Sistema de Distribuição para Microgeração, conectada à unidade consumidora/cliente: 490347, localizada na: VILA AIRES, 0, 1404-040SEM BAIRRO, PIQUET CARNEIRO - CE, CEP:63605-000**

**Informações Gerais do Acesso**

**A.1.1 Informações da Unidade Consumidora**

Número do Cliente: 490347

Tipo de Ligação:

Residencial  Industrial  Poder Público

Rural  Grupo

Tipo de Ligação:

BT - Monofásico/Bifásico  BT - Trifásico  MT

Cliente de BT: Capacidade do Disjuntor de Entrada: 80A

**A.1.2 Identificação do Empreendimento:**

Nome: MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO

Endereço: VILA AIRES, 0, 1404-040, SEM BAIRRO, PIQUET CARNEIRO - CE, CEP:63605-000

Telefone: 88 993180267

CNPJ: 07.738.057/0001-31

E-mail: tellar.solucoes@gmail.com

**A.1.3 Natureza (eólica, solar, térmica, etc.): Solar Fotovoltaica**

**A.1.4 Potência de cada unidade, potência total e número de unidades (kW): 30;30;1**

**A.1.5 Potência nominal (kW): 30**

**A.1.6 Ordem de prioridade da UC participantes no sistema de compensação:**

1º - Nº do Cliente: 490347

2º - Nº do Cliente:

NOTA: As UC participantes do Sistema de Compensação devem possuir mesmo CPF/CNPJ.

A.1 Informações Gerais do Acesso (conclusão)

**A.1.7 Documentação a ser anexada na Solicitação de Acesso (conclusão):**

Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e de expansão

**A.1.8 Representantes para Contato**

Representante Legal	Responsável Técnico
Nome: MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO	Nome: ALAN FERREIRA MARTINS
Endereço: VILA AIRES, 0, 1404-040, SEM BAIRRO, PIQUET CARNEIRO - CE, CEP:63605-000	Endereço: RUA FROTA GENTIL, 00079, JUNCO, SOBRAL - CEARÁ. CEP: 62030-370
Celular: (88) 993180267	Celular: (88) 993180267
E-mail: tellar.solucoes@gmail.com	E-mail: tellar.solucoes@gmail.com
CNPJ: 07.738.057/0001-31	CPF: 066.725.513-36
	CREA: 061980536-6

Piquet Carneiro - CE, 23 de Janeiro de 2023

*Alan Ferreira Martins*

Assinatura do Proprietário ou Representante Legal

*Alan Ferreira Martins*

Assinatura do Responsável Técnico



---

# MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO PARA UMA MICROGERAÇÃO DE 30,00kW

**CLIENTE: MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO**

**JANEIRO/2023**



---

## MEMORIAL DESCRITIVO, JUSTIFICATIVO E DE CÁLCULO

### MICROGERAÇÃO DE 30,00kW

#### SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	4
2. IDENTIFICAÇÃO.....	4
3. QUADRO DE CARGA INSTALADA.....	5
5. DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	5
6. DEMONSTRATIVO DE EQUIPAMENTOS E TOPOLOGIA.....	6
PAINEL SOLAR Vertex TRINA 510W.....	6
INVERSOR SOLAR WEG SIW500H ST030 M3.....	6
7. CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO.....	9
9. ATERRAMENTO.....	13
10. PROTEÇÕES.....	13
11. AJUSTE DE FREQUÊNCIA DE FUNCIONAMENTO.....	15
12. AJUSTE DE FREQUÊNCIA DE FUNCIONAMENTO.....	15
13. INJEÇÃO DE COMPONENTE CC NA REDE ELÉTRICA.....	17
14. HARMÔNICOS.....	17
15. FATOR DE POTÊNCIA.....	17
16. ILHAMENTO.....	17
17. RECONEXÃO/RELIGAMENTO AUTOMÁTICO À REDE.....	17
18. SINALIZAÇÃO.....	18



---

## 1. APRESENTAÇÃO

O presente memorial tem como finalidade apresentar o projeto elétrico da conexão de uma Unidade de Microgeração Distribuída de 30,00kW do Sistema Elétrico da Enel Distribuidora no Estado do Ceará.

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

A ligação à rede de distribuição será efetuada em regime trifásico e a central será constituída por um conjunto de 72 módulos fotovoltaicos Vertex TRINA 510W de 510Wp cada um, instalados em estrutura de fixação assente na cobertura do estabelecimento, ligado a 1 Inversor(es) da WEG SIW500H ST030 M3 com potência igual a 30000W totalizando 30,00kW.

## 2. IDENTIFICAÇÃO

### Cliente:

Nome da obra: MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO

Endereço na obra: VILA AIRES, 0, SEM BAIRRO, 63605-000, PIQUET CARNEIRO - CE

### Atividade Desenvolvida na UC:

Ramo de Negócio: B3 - CONV. OUTROS - TRIFÁSICO

### Projetista:

Alan Ferreira Martins

**Eng. Eletricista Responsável:** Alan Ferreira Martins

**CREA-CE:** 061980536-6

**Fone:** (88) 99318-0267

**Endereço:** Rua Frota Gentil, 00079, Junco, CEP:62030-370. Sobral-Ceará

**E-mail:** tellar.solucoes@gmail.com

### Previsão para ligação:

**20 DE ABRIL DE 2023**



### 3. QUADRO DE CARGA INSTALADA

Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Potência total (kW)
Tomadas	40	100	4,0
Televisão	2	90	0,18
Forno Micro-ondas	2	100	0,20
Geladeira 2 portas	3	400	1,20
Lâmpada Fluorescente	30	100	3,00
Condicionador de ar	17	2500	42,50
		TOTAL	51,08

A unidade consumidora possui uma carga instalada de 51,08kW.

### 4. QUADRO DE GERAÇÃO INSTALADA

Tipo de Geração	Potência Fotovoltaica Instalada	Potência de saída do Inversor
FOTOVOLTAICA (72 PAINÉIS)	36,72kW	30,00kW

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

### 5. DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

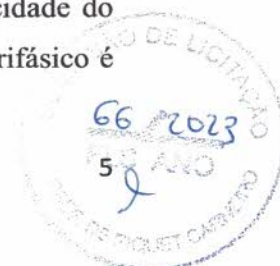
#### Dimensionamento do gerador fotovoltaico

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:

$$P_{FV} = \frac{700}{0,93 * 4,62 * 30} = 5,43kWp \quad (4.2)$$

A potência do sistema igual a 36,72kWp 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 80A e a tensão de entrada trifásico é igual a 380V, a potência máxima de entrada será:



$$P_{m\acute{a}x} = \frac{1,732 * 80 * 380}{1000} = 52,65kW \quad (4.4)$$

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

## 6. DEMONSTRATIVO DE EQUIPAMENTOS E TOPOLOGIA

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

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

EQUIPAMENTOS/COMPONENTES	QUANTIDADE
PAINEL SOLAR Vertex TRINA 510W	72
INVERSOR SOLAR WEG SIW500H ST030 M3	1
DISJUNTOR TRIPOLAR DE 63A	1
DPS MONOPOLAR 275 Vca 20kA	4

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:

$$E = 36,72 * 0,93 * 4,62 * 30 = 4.733,13kWh/MÊS \quad (4.5)$$

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 Vertex TRINA 510W

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Tipo do módulo	Vertex TRINA 510W
Modelo da placa	TSM-DE18M(II)
Potência máxima (P <sub>máx</sub> )	510Wp
Tensão para máxima potência (V <sub>mp</sub> )	43,20V
Corrente para máxima potência (I <sub>mp</sub> )	11,81A
Tensão de circuito aberto (V <sub>oc</sub> )	52,10V
Corrente de curto circuito (I <sub>sc</sub> )	12,42A
Eficiência do módulo STC (%)	21,20%



Temperatura de operação (°C)	-40~+85°C
Tensão máxima	1500VDC(UL)
Corrente máxima do fusível	20A
Tolerância da potência	0~+5W
Coefficiente de temperatura para P <sub>máx</sub>	-0,34%/°C
Coefficiente de temperatura para V <sub>oc</sub>	-0,25%/°C
Coefficiente de temperatura para I <sub>sc</sub>	0,04%/°C

FONTE: TRINA (2023)

Tabela 04 - Especificações técnicas do inversor fotovoltaico INVERSOR SOLAR WEG SIW500H ST030 M3

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)	200
Corrente CC máxima(A)	26
DADOS DA SAÍDA CA	
Potência CA nominal(W)	30000
Máxima potência CA(VA)	33000
Máxima corrente CA(A)	50,40
Saída nominal CA (V Ca)	3F+N+PE, 380V(F-F)
Faixa de operação CA	50/60Hz
Fator de potência ajustável	0,8i - 0,8c
MÁXIMA EFICIÊNCIA (%)	98,70%
EFICIÊNCIA SPMP (%)	98,70%

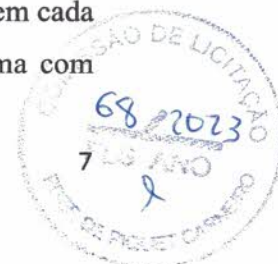
FONTE: WEG (2023).

De posse das especificações técnicas dos módulos e dos inversores, é possível definir como será o arranjo fotovoltaico do SFCR e o FDI. O primeiro passo é determinar a quantidade de módulos que podem ser colocados em série. Pela tabela 03, sabe-se que a tensão  $V_{mp}$  é igual a 43,20V e  $V_{oc}$  é igual a 52,10V, pela tabela 4 sabe-se a faixa de operação do inversor é de 200V a 1100V, então pode-se determinar as quantidades limites de módulos aplicando as equações (2.9) e (2.10):

$$N_{série\_mín} = \frac{200}{43,20} = 4,630 \sim 5 \text{ módulos} \quad (2.9)$$

$$N_{série\_máx} = \frac{1100}{52,10} = 21,11 \sim 21 \text{ módulos} \quad (2.10)$$

Nas STC, pode-se escolher, para formar as fileiras, entre 5 e 21 módulos em cada MPPT. Entretanto, sabe-se que a região de operação dos módulos possui clima com





temperaturas elevadas, por isso, é importante fazer a correção dos valores das tensões de máxima potência e circuito aberto para temperaturas maiores do que as STC. Será considerado o valor máximo de operação dos módulos igual a 85°C. Pela tabela 3, o valor do coeficiente de temperatura para tensão é de -0,25%/°C, aplicando-se as equações (4.8) e (4.9), tem-se que:

$$V_{MP}(85^{\circ}\text{C}) = 43,20 * \left[ 1 + \frac{(-0,25)}{100} (85 - 25) \right] = 36,72V \quad (4.8)$$

$$V_{OC}(85^{\circ}\text{C}) = 52,10 * \left[ 1 + \frac{(-0,25)}{100} (85 - 25) \right] = 44,29V \quad (4.9)$$

Então para os valores corrigidos de tensão, podem-se determinar as quantidades limites de painéis:

$$N_{série\_mín} = \frac{200}{36,72} = 5,447 \sim 6 \text{ módulos} \quad (4.10)$$

$$N_{série\_máx} = \frac{1100}{44,29} = 24,84 \sim 24 \text{ módulos} \quad (4.11)$$

Com os valores corrigidos, determinou-se que a quantidade de módulos que podem ser colocados em série está compreendida entre 6 e 24 módulos.

Depois de verificada a quantidade de módulos em série, é possível determinar a quantidade de fileiras que serão colocadas em paralelo, lembrando que a corrente máxima do conjunto deve ser menor que a corrente máxima de entrada do inversor. Pela tabela 03, o valor de  $I_{MP}$  é igual a 11,81A e pela tabela 04, o valor da corrente máxima do inversor é de 26A, então:

$$\begin{aligned} N_{paralelo} \times 11,81 &< 26 \\ N_{paralelo} &< 2,20 \end{aligned} \quad (4.12)$$

Observa-se que a corrente do módulo não é superior a corrente de entrada da MPPT, ainda sim o fabricante assegura o funcionamento correto do inversor para correntes menores que a de curto-circuito da MPPT. Considerando outros fatores como temperatura e irradiação sobre o módulo, a corrente não irá atingir o valor máximo. Diante dos cálculos realizados, deve ser realizado a seguinte estrutura: **serão conectados 72 módulos em 1 Inversor(es) de forma que a MPPT 1, MPPT 2, MPPT 3 e MPPT 4 terão duas Strings, cada String com 09 módulos, totalizando 18 módulos por MPPT.** Diante disso será respeitado as condições técnicas, confirmando que o sistema fotovoltaico utilizado é composto por 72 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):

$$FDI = \frac{30000}{72 * 510} = 0,817 \quad (4.13)$$

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

## 7. CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO

No caso de projetos de sistemas fotovoltaicos deve-se levar em consideração a existência de duas topologias de corrente, corrente contínua, gerada pelas células fotovoltaicas, e corrente alternada na saída do inversor. Para o presente estudo, em ambos os casos, optou-se por utilizar o critério de queda de tensão e capacidade de corrente para dimensionar os condutores do SFCR.

A queda de tensão admissível para geração fotovoltaica é determinada pela norma internacional IEC 60354-7-712 Ed 1: Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installation or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems. Segue na tabela 6 o valor admissível pela mesma.

Tabela 6 - Queda de tensão admissível para trechos de ligação entre componentes e sistemas fotovoltaicos

QUEDA DE TENSÃO PARA SISTEMAS CONECTADOS À REDE	
Painel fotovoltaico – Inversor	1%

FONTE: IEC 60354-7-712 (2002).

Em relação a queda de tensão admissível entre a saída do gerador (inversores), até a o ponto de conexão com a rede (medição), a NBR-5410:2004, estabelece que o valor máximo de queda de tensão admissível é igual a 3%.

O cálculo para encontrar a seção mínima do condutor, pelo critério de queda de tensão, que interliga o painel fotovoltaico ao inversor é dado pela equação (5.1):

$$S_{mm^2} = \frac{2 * L * I_{painel}}{\sigma * \Delta V * V_{fileira}} \quad (5.1)$$

Onde



---

$S_{mm^2}$ : seção mínima do condutor;

L: distância entre o conector e a caixa de proteções (m);

$I_{p\text{ainel}}$ : corrente de curto circuito do painel fotovoltaico (A);

$\sigma$ : condutibilidade do material condutor;

$\Delta V$ : queda de tensão permitida, em decimal;

$V_{\text{fileira}}$ : tensão em máxima potência da string (V).

Sabe-se que a corrente de curto circuito do painel é definida como a soma das correntes das fileiras associadas em paralelo, considerando uma folga de 25%, então para determinar a corrente do painel utiliza-se a equação (5.2):

$$I_{p\text{ainel}} = I_{\text{fileira}} * N_{\text{fileiras}} * 1,25 \quad (5.2)$$

Onde:

$I_{\text{fileira}}$ : Corrente de curto circuito de cada fileira;

$N_{\text{fileiras}}$ : número de fileiras associadas em paralelo.

Vale ressaltar que as correntes provenientes do gerador são correntes contínuas.

Os condutores que interligam o inversor ao ponto de conexão da rede, devem ser dimensionados de modo a atender as características da rede de distribuição, sistema trifásico com corrente alternada. A seção mínima desses condutores pode ser obtida através da equação (5.3) (MAMEDE, 2007):

$$S_{mm^2} = \frac{\sqrt{3} * \rho * \sum_1^n (L * I_c)}{\Delta V * V_{\text{linha}}} \quad (5.3)$$

Onde

$S_{mm^2}$ : seção mínima do condutor;



---

L: distância entre o inversor e o ponto de conexão (m);

$I_c$ : corrente total do circuito (A);

$\rho$ : resistividade do material condutor (cobre =  $1/56\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ );

$\Delta V$ : queda de tensão permitida, em decimal;

$V_{\text{linha}}$ : tensão de linha da rede (V).

Para os casos em que são utilizados vários inversores, os mesmos serão direcionados para o quadro geral de distribuição e serão protegidos mediante a ação de um disjuntor, então deve-se levar em consideração a distância entre o ponto em comum dos inversores e o ponto de conexão.

#### ***Dimensionamento dos condutores para corrente contínua***

Os cabos que interligam os módulos fotovoltaicos devem ser resistentes a radiação solar, classificados para tensões entre 300V e 1000V e capazes de trabalhar em temperaturas entre  $-10^\circ\text{C}$  e  $75^\circ\text{C}$ . Recomenda-se que o cabo das fileiras seja capaz de suportar a corrente de curto circuito com folga de 25%. 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  $4\text{mm}^2$ , os quais atendem aos requisitos citados.

Sabendo que  $I_{\text{fileiras}}$  é igual a 11,81A e que como os painéis serão colocados em uma fileira, pode-se encontrar o valor de  $I_{\text{painel}}$ , por meio da equação (5.4):

$$I_{\text{painel}} = 11,81 * 1 * 1,25 = 14,7625A \quad (5.4)$$

Pela tabela 03, o valor de tensão de máxima potência de cada módulo é igual a 43,20V, para o cálculo e levado em consideração a fileira com a menor quantidade de módulos, para este arranjo esse valor é de 09, então o valor da  $V_{\text{fileira}}$  é igual a 388,8V. Considerando que o cabo será de Cobre e a distância máxima entre o sistema e o inversor é de 15m, pela equação (5.5):

$$S_{\text{mm}^2} = \frac{2 * 15 * 14,7625}{56 * 0,01 * 388,8} = 2,034\text{mm}^2 \quad (5.5)$$



---

De modo a atender aos requisitos mínimos para escolha do condutor, optou-se por utilizar um cabo solar provido de proteção UV com seção de 4mm<sup>2</sup>. O condutor positivo será representado pela cor vermelha e o condutor negativo será representado pela cor preta. Pela NBR-5410:2004, os condutores de proteção terão as mesmas seções dos condutores de fase, o qual será representado pela cor verde. 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 em regime trifásico. O inversor possui uma corrente de saída igual a 50,40A, ele estará ligado ao disjuntor do quadro de distribuição, a corrente máxima que circulará para o quadro será igual a 50,40A. Sabendo que a tensão de linha do sistema é igual a 380V e que a distância até o medidor é igual a 30m, a seção mínima do condutor pode ser obtida através da equação (5.3):

Cálculo da seção transversal pelo critério da queda de tensão:

$$S_{mm^2} = \frac{1,732 * 30 * 50,40}{56 * 0,03 * 380} = 4,102mm^2 \quad (5.6)$$

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 mm<sup>2</sup>. 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 mm<sup>2</sup>, sistema com 3 condutores carregados e método de instalação B1 é 68A, com isso, da equação (8.7) pode-se dimensionar o disjuntor.

$$\begin{aligned} I_{Inversor} < I_{disjuntor} < I_{condutor} \\ 50,40A < I_{disjuntor} < 68A \end{aligned} \quad (8.7)$$

Com isso, será utilizado um disjuntor tripolar de 63A para a proteção do sistema. Atendendo as especificações técnicas do(s) Inversor(es) e dos condutores dimensionados.



## 9. ATERRAMENTO

Para que a instalação opere corretamente, mantendo a continuidade do serviço e a segurança, o neutro do sistema, os equipamentos e as demais partes metálicas não destinadas à condução de corrente devem ser aterradas (ENEL, 2017). O objetivo do sistema de aterramento é uniformizar o potencial de toda área da instalação, para prevenir acidentes que possam surgir durante faltas ou descargas atmosféricas.

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 <sup>2</sup>
$S > 35\text{mm}^2$	S/2

FONTE: ABNT NBR-5410 (2004).

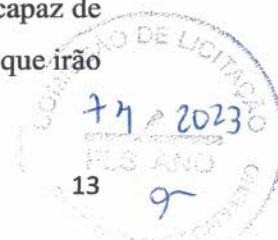
Para o sistema em estudo, como todos os condutores de fase possuem seção menor ou igual a 16mm<sup>2</sup>, os condutores de proteção terão a mesma seção que os de fase, e para identificação será utilizada a cor verde. O condutor de terra deve ser conectado na haste de terra e ao parafuso da caixa de 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<sup>2</sup>. Para o neutro será utilizado um cabo azul isolado em PVC de 16 mm<sup>2</sup>. 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<sup>2</sup>.

## 10. PROTEÇÕES

Os dispositivos de proteção, como o próprio nome sugere, são responsáveis por proteger a instalação de possíveis problemas que podem ocorrer no sistema, como faltas, sobrecorrentes e sobretensões. O esquema de proteção das instalações deve ser capaz de selecionar a parte danificada da rede e retirá-la de serviço sem afetar os circuitos que irão



---

garantir ao sistema uma alta confiabilidade operativa. É importante que os dispositivos sejam selecionados de modo a garantir a coordenação do sistema.

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

### ***Proteções para corrente contínua***

As proteções utilizadas contra sobrecorrente são, usualmente, os fusíveis, os quais são escolhidos de acordo com a corrente de curto-circuito das fileiras em paralelo. Recomenda-se utilizar fusíveis do tipo cartucho com corrente de ruptura não superior a três vezes a corrente de curto-circuito dos painéis. O datasheet dos painéis recomenda a utilização de fusíveis da série 20A.

Outra proteção que o sistema deve possuir é a chave seccionadora geral, que deve ficar entre o painel e o inversor, ela deve permitir o isolamento do inversor em casos de manutenções. A capacidade nominal da corrente da chave deve ser capaz de controlar a corrente de curto-circuito do painel com uma folga em torno de 40%.

Os dispositivos de proteção contra surtos (DPS), também são elementos importantes que protegem o circuito contra sobretensão. Os DPS têm a responsabilidade de proteger o sistema contra descargas atmosféricas que possam produzir elevadas tensões nos módulos fotovoltaicos e nos cabos. Eles são interligados entre os condutores e o ponto de equipotencialização (ligado ao aterramento do neutro do ramal de entrada) para desvirem para o terra as correntes geradas por tensões acima dos valores nominais.

O inversor já possui embutido em seu circuito interno de entrada proteções para sobrecorrente e surtos de tensão tornando desnecessário a conexão de uma string box CC ao sistema.

### ***Proteções para corrente alternada***

Em sistemas em corrente alternada o dispositivo utilizado para proteção contra sobrecorrente é o disjuntor, dispositivo de seccionamento o qual permite que o inversor seja mantido fora do circuito sem que haja necessidade de desligar todo o sistema. Os disjuntores devem ser dimensionados de modo a proteger os cabos da instalação. Cada



circuito deve possuir seu próprio disjuntor, os quais devem ser devidamente coordenados com o disjuntor geral.

Assim como no sistema de CC, outro dispositivo que deve fazer parte das proteções é o DPS, que também tem a finalidade de proteger o circuito contra sobretensão causada por descargas atmosféricas.

Já o lado CA é composto por: DPS para fase(s) e neutro 275Vca –20kA; e disjuntor tripolar de 63A.

Vale ressaltar que além do disjuntor individual do(s) Inversor(es), haverá, no quadro geral, um disjuntor tripolar com corrente nominal igual a 80A, para garantir a proteção do sistema. Percebe-se que a coordenação do sistema está garantida, uma vez que a corrente nominal do disjuntor geral da instalação é igual a 80A.

## 11. AJUSTE DE FREQUÊNCIA DE FUNCIONAMENTO

A frequência de funcionamento do(s) Inversor(es) obedecerá ao item 6.7.2.2 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR da ENEL o qual estabelece os seguintes pressupostos. Vide tabela 7.

Tabela 7 – Ajuste de sobretensão e subtensão - MT

Faixa de tensão no ponto de conexão (% TR)	Tempo de desconexão (s)
$TL \geq 1,20$	0,5
$1,10 \leq TL < 1,20$	10
$0,8 < TL < 1,10$	Operação Normal
$0,7 < TL \leq 0,8$	10
$TL \leq 0,7$	1,5

NOTA: TL – Tensão de Leitura, TR – Tensão de Referência

## 12. AJUSTE DE FREQUÊNCIA DE FUNCIONAMENTO

A frequência de funcionamento do inversor obedecerá ao item 6.7.2.2 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR da ENEL o qual estabelece os seguintes pressupostos. Vide Tabela 8.





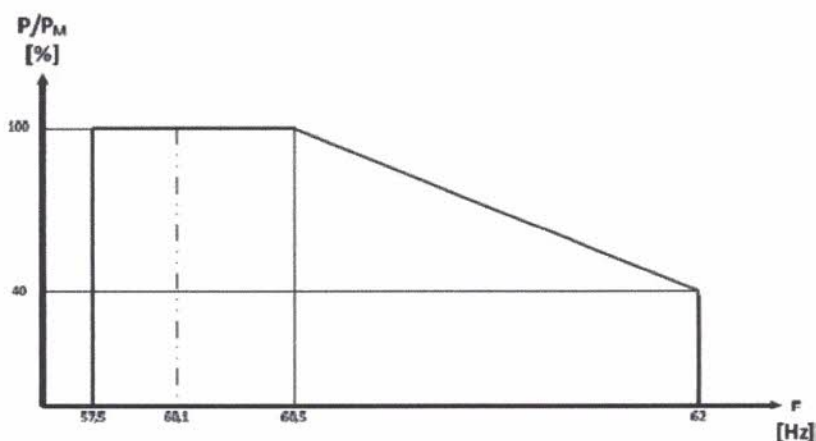
Tabela 08 – Ajuste de subfrequência e sobrefrequência - MT

Faixa de frequência no ponto de conexão (Hz)	Tempo de Desconexão (s)
$f \leq 56,5$	Instantâneo
$56,5 < f \leq 57,5$	5
$57,5 < f \leq 58,5$	10
$f < 59,5$	30
$59,9 \leq f \leq 60,1$	Operação Normal
$f > 60,5$	30
$63,5 \leq f < 66$	10
$f \geq 66$	Instantâneo

Quando da ocorrência de distúrbios no sistema de distribuição, as instalações de geração devem garantir que a frequência retorne, no intervalo de tempo de 30 (trinta) segundos após a transgressão, para a faixa de 59,5Hz a 60,5Hz, para permitir a recuperação do equilíbrio carga-geração.

A potência ativa injetada deve ser reduzida em 40% da potência máxima para cada Hz acima de 60,5 Hz, conforme a figura 2. Somente após 300 (trezentos) segundos sobre condições de frequência de operação normal, o sistema pode aumentar a potência injetada a uma taxa de até 20% da potência máxima por minuto. Tais ajustes serão programados no inversor.

Figura 02 – Atenuação da potência injetada.



---

### **13. INJEÇÃO DE COMPONENTE CC NA REDE ELÉTRICA**

O sistema de geração distribuída cessará o fornecimento de energia à rede em 1 (um) segundo se a injeção de componente C.C. na rede elétrica for superior a 0,5% da corrente nominal do sistema. Conforme se verifica no item 6.7.2.3 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR da ENEL.

### **14. HARMÔNICOS**

Conforme especificação técnica do(s) Inversor(es) este injeta distorção harmônica inferior a 5% contemplando, dessa forma, o item 6.7.2.4 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR da ENEL.

### **15. FATOR DE POTÊNCIA**

Conforme especificação técnica do(s) Inversor(es) ele trabalha com FP unitário contemplando dessa forma o item 6.7.2.5 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR da ENEL.

### **16. ILHAMENTO**

O sistema de geração distribuída deve desconectar-se e interromper a injeção de energia à rede de distribuição em até 2 (dois) segundos após a interrupção do fornecimento de energia. O(s) Inversor(es) utilizado atende os critérios estabelecidos: CERTIFICADOS E APROVAÇÕES CE; VDE 0126-1-1; IEC 62109; G83; AS4777; AS/NZS 3100; ESTE PRODUTO TEM SEU DESEMPENHO APROVADO PELO INMETRO E ESTÁ EM CONFORMIDADE COM O PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM Nº Registro: 000079/2017, conforme se solicita o item 6.7.2.6 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR da ENEL. Além disso o inversor atende ao estabelecido na NBR IEC 62116.

### **17. RECONEXÃO/RELIGAMENTO AUTOMÁTICO À REDE**

O sistema será reconectado, apenas, após 180 segundos de condições normais de funcionamento da rede. Além disso, o sistema de geração distribuída será capaz de suportar religamento automático do sistema de distribuição, fora de fase, na pior condição possível (em oposição de fase). Respeitando dessa maneira os critérios estabelecidos pelos itens 6.7.2.7 e 6.7.2.8 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR da ENEL, respectivamente.



## 18. 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-EDBR 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  $\mu\text{m}$  (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”.

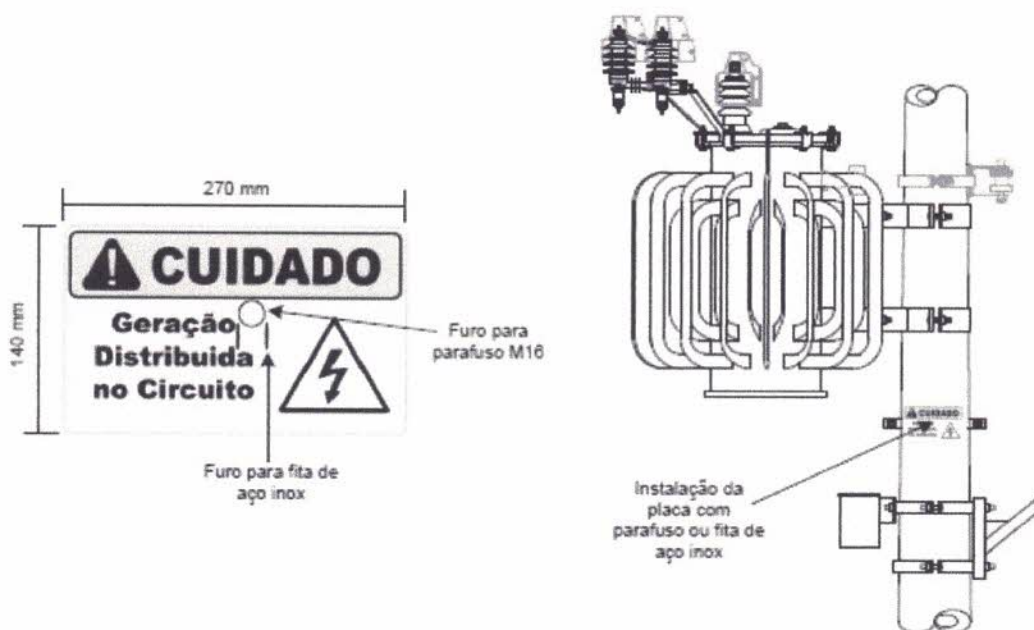
A placa de advertência deve ser confeccionada conforme Figura 4 e possuirá as seguintes características:

- 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.



## 9. Responsável Técnica

A responsabilidade técnica pelo o presente projeto e dimensionamento apresentado.

*Alan Ferreira Martins*

---

ALAN FERREIRA MARTINS  
CREA: 061980536-6/CE





Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

**CREA-CE**

**ART OBRA / SERVIÇO**  
**Nº CE20231144619**

**Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Ceará**

SUBSTITUIÇÃO à  
CE20221090297

**1. Responsável Técnico**

**ALAN FERREIRA MARTINS**

Título profissional: **ENGENHEIRO ELETRICISTA - ELETROTECNICA**

RNP: **0619805366**

Registro: **352219CE**

**2. Dados do Contrato**

Contratante: **MUNICIPIO DE PIQUET CARNEIRO**

**RUA PC MARIANO AIRES**

Complemento:

Cidade: **PIQUET CARNEIRO**

Bairro: **CENTRO**

UF: **CE**

CPF/CNPJ: **07.738.057/0001-31**

Nº: **S/N**

CEP: **63605000**

Contrato: **Não especificado**

Celebrado em:

Valor: **R\$ 4.093,12**

Tipo de contratante: **Pessoa Jurídica de Direito Público**

Ação Institucional: **NENHUMA - NÃO OPTANTE**

**3. Dados da Obra/Serviço**

**VILA AIRES**

Complemento: **1404-040**

Cidade: **PIQUET CARNEIRO**

Data de Início: **20/01/2023**

Previsão de término: **20/04/2023**

Bairro: **SEM BAIRRO**

UF: **CE**

Nº: **00000**

CEP: **63605000**

Coordenadas Geográficas: **05°48'19.90"S, 39°24'47.80"W**

Finalidade: **SEM DEFINIÇÃO**

Código: **Não Especificado**

Proprietário: **MUNICIPIO DE PIQUET CARNEIRO**

CPF/CNPJ: **07.738.057/0001-31**

**4. Atividade Técnica**

14 - Elaboração

80 - Projeto > ELETROTÉCNICA > SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA > DE SISTEMA DE  
GERAÇÃO DE ENERGIA > #11.9.1.5 - SOLAR

Quantidade

30,00

Unidade

kw

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

Projeto de sistema de microgeração distribuída de energia solar fotovoltaica.

**6. Declarações**

- Declaro que estou cumprindo as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.

**7. Entidade de Classe**

NENHUMA - NÃO OPTANTE

**8. Assinaturas**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Piquet Carneiro, 24 de Janeiro de 2023

Local

data

*Alan Ferreira Martins*

ALAN FERREIRA MARTINS - CPF: 066.725.513-36

*Alan Ferreira Martins*

MUNICIPIO DE PIQUET CARNEIRO - CNPJ: 07.738.057/0001-31

**9. Informações**

\* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

\* O comprovante de pagamento deverá ser apensado para comprovação de quitação

**10. Valor**

Valor da ART: **R\$ 96,62**

Registrada em: **23/01/2023**

Valor pago: **R\$ 96,62**

Nosso Número: **8215907705**

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-ce.sitac.com.br/publico/>, com a chave: C17w2  
Impresso em: 24/01/2023 às 11:37:19 por: , ip: 200.25.56.70

www.crea-ce.org.br  
Tel: (85) 3453-5800

faleconosco@crea-ce.org.br  
Fax: (85) 3453-5804

**CREA-CE**  
Conselho Regional de Engenharia  
e Agronomia do Ceará



REPRESENTAÇÃO DE CADA STRING



SETOR DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Composto por 72 módulos em a seguinte disposição:

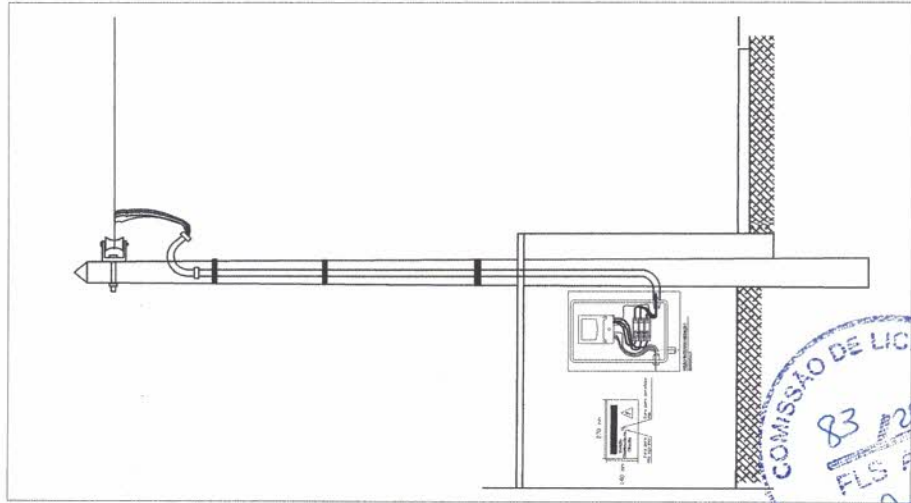
- 09 módulos em série conectados à String 1 da MPPT 1 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 2 da MPPT 1 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 3 da MPPT 2 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 4 da MPPT 2 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 5 da MPPT 3 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 6 da MPPT 3 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 7 da MPPT 4 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 8 da MPPT 4 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A

CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS

Modelo	Temperatura
Pol. Mono (60%)	5°C
Pol. Mono (30%)	12,4°C
Pol. Mono (10%)	15,7°C

Projeto Elétrico Fotovoltaico

SEMESCALA



Representa cada String



1 - NESTE DESENHO É APRESENTADO O ESQUEMA DE CADA STRING, SIMPLIFICADO DO PADRÃO DE ENTRADA DE BANDA TENDÃO;

2 - OS CONDUTORES DEVEM SER IDENTIFICADOS ATRAVÉS DE CORES DO DOCUMENTO CONFORME TABELA;

3 - A BANDA DOS CIRCUITOS PARA CARGA E GERAÇÃO DEVE SER REALIZADA ATRAVÉS DE ELECTRODUTOS E APRIEISAS BIVIAJANTES;

PROTEÇÕES DO INVERSOR

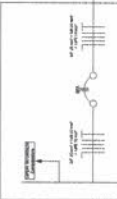
- 25 FUNÇÃO DE BUSTENADO (S)
- 26 FUNÇÃO DE BUSTENADO (M)
- 27 FUNÇÃO DE SOBRECORRENTE (C)
- 28 FUNÇÃO DE SOBRECORRENTE (C)
- 29 FUNÇÃO DE SOBRECORRENTE (C)
- 30 FUNÇÃO DE SOBRECORRENTE (C)
- 31 FUNÇÃO DE SOBRECORRENTE (C)



QUADRO DE PROTEÇÃO CA



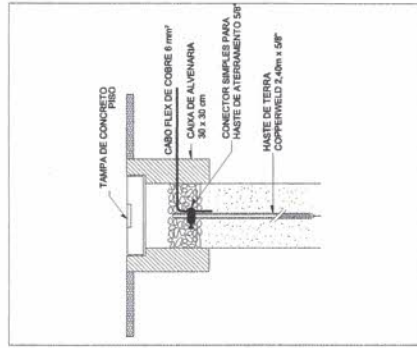
QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO



SETOR DE MEDIÇÃO DA CONCESSIONÁRIA

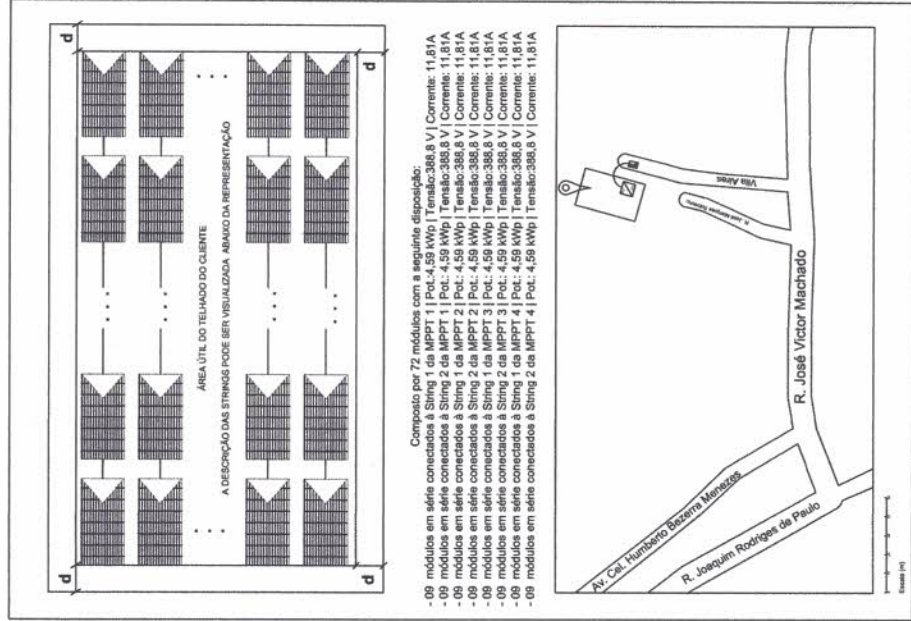
Medidor Bidirecional - A Critério de Concessionária

Tensão Fase-Fase: 380V (F-F)



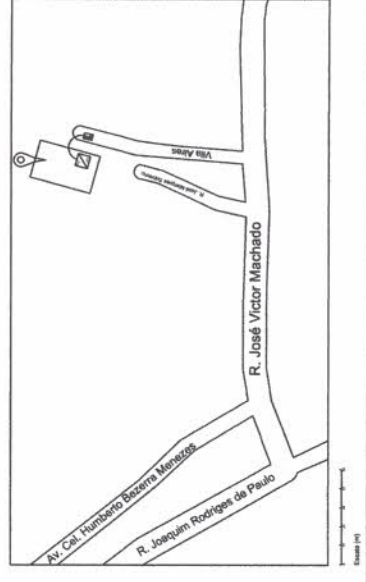
Esquema de Aterramento

SEMESCALA



Composto por 72 módulos em a seguinte disposição:

- 09 módulos em série conectados à String 1 da MPPT 1 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 2 da MPPT 1 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 3 da MPPT 2 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 4 da MPPT 2 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 5 da MPPT 3 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 6 da MPPT 3 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 7 da MPPT 4 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A
- 09 módulos em série conectados à String 8 da MPPT 4 | Pot.: 4,59 kWp | Tensão: 388,8 V | Corrente: 11,81 A

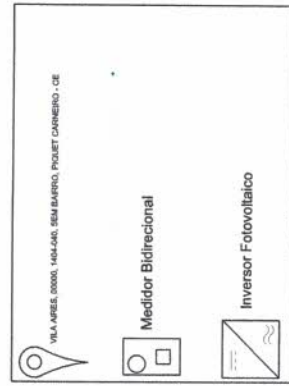


Planta de Situação

SEMESCALA

Inversor e Proteções

SEMESCALA



Legenda da Planta de Situação

SEMESCALA

CLIENTE:

MUNICÍPIO DE PIQUET CARNEIRO

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

ALAN FERREIRA MARTINS

CREA:

061980536-6/CE

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Alan Ferreira Martins

PRANCHA:

Diagrama Elétrico Fotovoltaico  
Padrão de Entrada  
Esquema de Aterramento  
Inversor e Proteções  
Planta de Situação

DATA:

23/01/2023

INFORMAÇÕES ADICIONAIS:

| RA | MF | MR | AV | CE | MV | FA