

**OBRA: CONSTRUÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA 72,6 kWp**

**LOCAL: ZONA URBANA DE DUQUE BACELAR – MA**

**PROJETO DE INSTALAÇÃO**  
**MINIGERAÇÃO POR ENERGIA SOLAR**

SISTEMA DE MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE 72,6 kWp  
SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE DUQUE BACELAR - MA  
DUQUE BACELAR - MA

## Sumário

1.0 INTRODUÇÃO .....	3
2.0 NORMAS APLICÁVEIS.....	3
3.0 CONSIDERAÇÕES.....	4
4.0 POTÊNCIA GERADA.....	4
5.0 PADRÃO DE ENTRADA .....	6
6.0 SISTEMA DE MEDIÇÃO .....	6
7.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS MICROGERAÇÕES.....	7
8.0 HISTÓRICOS DE CONSUMO (2021 – 2022) .....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
9.0 LEVANTAMENTO DE CARGAS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
10.0 PROTEÇÕES .....	7
11.0 HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA.....	8
12.0 FATOR DE POTÊNCIA.....	8
13.0 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA.....	9
14. ATERRAMENTO .....	9
14.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS.....	10
14.1 INVERSOR:.....	10
14.2 MÓDULO FOTOVOLTAICO: .....	10
14.3 CONDUTOR:.....	11
14.4 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE ALTERNADA: .....	11
14.5 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE CONTÍNUA: .....	11

## MEMORIAL DESCRITIVO

### 1.0 INTRODUÇÃO

O presente memorial descritivo tem por objetivo descrever o projeto de um sistema de microgeração distribuída de baixa tensão, utilizando a energia solar como fonte de energia alternativa, para atender as instalações da **SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE DUQUE BACELAR**, localizada na **MA - 034, S/N, ZONA URBANA DE DUQUE BACELAR - MA ,TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO 220/380 V.**

### 2.0 NORMAS APLICÁVEIS

- a) ABNT NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
- b) ABNT NBR 10899: Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia.
- c) ABNT NBR 11704: Sistemas Fotovoltaicos – Classificação.
- d) ABNT NBR 16149: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- e) ABNT NBR 16150: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão coma rede elétrica de distribuição – Procedimentos de ensaio de conformidade.
- f) ABNT NBR IEC 62116: Procedimento de Ensaio de Anti-ilhamento para Inversores de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica.
- g) EQUATORIAL ENERGIA NT.020.EQTL.Normas e Padrões – Conexão de Microgeração Distribuída ao Sistema de Baixa Tensão.
- h) EQUATORIAL ENERGIA NT.001.EQTL.Normas e Padrões – Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.
- i) EQUATORIAL ENERGIA NT.030.EQTL.Normas e Padrões - Padrões Construtivos de Caixas de Medição e Proteção.
- j) ANEEL Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. Revisão 6. 2016, Seção 3.7.
- k) ANEEL Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica.
- l) ANEEL Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012, que

estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.

m) IEC 61727 Photovoltaic (PV) Systems - Characteristics of the Utility Interface

IEC 62116:2014 Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding.

### **3.0 CONSIDERAÇÕES**

Após a liberação, não devem ser executadas quaisquer alterações no sistema de interligação da microgeração com a rede, sem que sejam aprovadas tais modificações por parte da EQUATORIAL ENERGIA. Havendo alterações, o interessado deve encaminhar o novo projeto para análise, inspeção, teste e liberação por esta Concessionária de energia elétrica.

A conexão da microgeração distribuída não poderá acarretar prejuízos ao desempenho e aos níveis de qualidade da Rede de Distribuição ou de qualquer consumidor a ela conectado, conforme as normas vigentes e demais Resoluções da ANEEL.

O consumidor deverá propiciar livre acesso às suas instalações elétricas, para funcionários ou pessoal autorizado da Companhia Energética do Maranhão - CEMAR, devidamente credenciados, para fins de levantamento de dados, controle e aferição da medição, etc., em qualquer tempo, principalmente se estiver ocorrendo perturbações no seu sistema.

Conforme despacho nº 720 de 25 de março de 2014 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, não será necessária a instalação do Dispositivo de seccionamento visível – DVS para microgeradores que se conectam a rede através de inversores.

### **4.0 POTÊNCIA GERADA**

Foram dimensionados 132 módulos para 2 inversores. O 'inversor 1' e o 'inversor 2' será dividido em 12 (doze) strings com 11 (onze) módulos em série cada, com o intuito de gerar a energia proposta e obter a tensão CC adequada para a entrada dos inversores.

**Tabela de dimensionamento do gerador**

Fabricante	LONGI
Modelo	LR5 – 72HPH – 550M
Potência nominal – Pn [W]	550
Tensão de circuito aberto – Voc [V]	49,8
Corrente de curto circuito – Isc [A]	13,98
Tensão de máxima potência – Vmpp [V]	41,95
Corrente de máxima potência – Impp [A]	13,12
Eficiência [%]	21,5
Comprimento [m]	2,256
Largura [m]	1,133
Área [m <sup>2</sup> ]	2,55
Peso [kg]	27.2
Quantidade	132
Potência do gerador [kW]	72,6

Tabela 1 - Características técnicas do gerador

**Tabela de dimensionamento do inversor**

	INV1/INV2
Fabricante	SOFAR
Modelo	33KTLX-G3
Quantidade	2
	ENTRADA
Potência nominal – Pn [kW]	33,0
Máxima potência na entrada CC – Pmax-cc [kW]	43,56
Máxima tensão CC – Vcc-máx [V]	1100
Máxima corrente CC – Icc-máx [A]	40
Máxima tensão MPPT – Vpmp-máx [V]	1000
Mínima tensão MPPT – Vpmp-min [V]	180
Tensão CC de partida – Vcc-part [V]	200
Quantidade de Strings	6
Quantidade de entradas MPPT	3
Potência nominal CA – Pca [kW]	33,0
Máxima potência na saída CA – Pca-máx [kW]	33,0
Máxima corrente na saída CA – Imáx-ca [A]	56
Tensão nominal CA – Vnon-ca [V]	380
Frequência nominal – Fn [Hz]	50 / 60
Máxima tensão CA – Vca-máx [V]	480
Mínima tensão CA – Vca-min [V]	310
THD de corrente [%]	<3

Fator de potência,	0,99/0,8 adiantado – 0,8 atrasado
Tipo de conexão – número de fases + neutro + terra	TRIFÁSICO – 3 fase + neutro + terra
Eficiência máxima [%]	98,6

Tabela 2. Características técnicas do inversor

## 5.0 PADRÃO DE ENTRADA

Para adesão ao sistema de compensação de energia, o padrão de entrada da unidade consumidora deve estar de acordo com esta norma e em conformidade com a versão vigente da Norma de fornecimento de energia elétrica em baixa tensão, no que diz respeito às alturas das caixas de medição, aterramento e postes.

O responsável técnico pela obra deve consultar as orientações e os detalhes de instalação das caixas de medição e proteção, aterramento, postes, ramais de ligação, etc, na norma EQUATORIAL ENERGIA NT.001.EQTL.Normas e Padrões – Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.

## 6.0 SISTEMA DE MEDIÇÃO

O sistema de medição de energia utilizado deverá ser bidirecional, conforme recomendação do PRODIST - Módulo 3 - Seção 3.7 – Rev. 6 item 7, ou seja, medir a energia ativa injetada na rede e a energia ativa consumida da rede. Para conexão de microgeração distribuída em unidade consumidora existente sem necessidade de aumento da potência disponibilizada, a distribuidora não exige a adequação do padrão de entrada da unidade consumidora em função da substituição do sistema de medição existente, exceto se (*ANEEL PRODIST Módulo 3 Seção 3.7 item 7.1.1*):

- I) For constatado descumprimento das normas e padrões técnicos vigentes à época da sua primeira ligação; ou
- II) Houver inviabilidade técnica devidamente comprovada para instalação do novo sistema de medição no padrão de entrada existente, isso inclui caixas de medição com dimensões que não comportam o sistema de medição, caixas no antigo padrão medição às claras e o SMC (sistema de medição centralizada) que não possui módulos com bidirecionalidade.
- III) Este sistema será composto por um medidor eletrônico Bidirecional, conforme diagrama unifilar no projeto anexo planta 01.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS MICROGERAÇÕES

O Sistema de microgeração fotovoltaica possui as seguintes características técnicas:

- **Arranjo 01 ao Arranjo 06;**
  - **Quantidade de painéis:** 11 módulos em serie de 550 W;
  - **Quantidade de strings:** 6 strings/ Inversor
  - **Potência microgeração:** 36,3 kWp;
  - **Corrente microgeração por string:** 27,96A – corrente continua.
- **Arranjo 07 ao Arranjo 12;**
  - **Quantidade de painéis:** 11 módulos em serie de 550 W;
  - **Quantidade de strings:** 6 strings/ Inversor
  - **Potência microgeração:** 36,3 kWp;
  - **Corrente microgeração por string:** 27,96A – corrente continua.
  
- **Potência Inversor:** 33KW;
- **Quantidade de inversor:** 02
- **Tensão máxima suportada pelo inversor:** 1100Vcc - tensão contínua;
- **Tensão de referência na saída do inversor:** 380Vca - tensão alternada;
- **Corrente máxima de referência na saída do inversor:** 56 A - corrente alternada.

## 10.0 PROTEÇÕES

É de responsabilidade do acessante a proteção de seus equipamentos para microgeração de energia.

Os requisitos de proteção e ajustes exigidos para a conexão do sistema de microgeração à rede de baixa tensão, seguem as determinações contidas no PRODIST - Módulo 3 - Seção 3.7 – Rev. 6item 4.3 e também se baseiam na norma ABNT NBR 16149:2013 [4], conforme discriminado abaixo:

- Proteção de Subtensão (27):Ajuste 0,8 P.U.com tempo de atuação máximo de 5 s;
- Proteção de Sobretensão (59): Ajuste 1,1 P.U. com tempo de atuação máximo de 5 s;
- Proteção de Subfrequência (81U): Ajuste: 59,5 Hz com tempo de atuação máximo de 5s;
- Proteção de Sobrefrequência (81O):Ajuste: 60,5 Hz com tempo de atuação máximo de 5s;

- Proteção de Sobrecorrente do Inversor 01:Ajuste: 25A;
- Rele de sincronismo (25):Ajustes: 10°; 10% x Tensão; 0,3 Hz;
- Proteção de injeção de componente c.c. (I<sub>cc</sub>) na rede elétrica do arranjo 01:  
Se  $I_{cc} > 0,5 \times 9,50A = 4,75A$  com tempo de atuação de 1 s;

**-Anti-ilhamento (78 e 81 df/dt – Rocof):**Após perda da rede, 2s para desconexão;Após normalização da rede, de 60 s para reconexão.

### 11.0 HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA

A distorção harmônica total (DHT) de corrente deve ser inferior a 5 %, na potência nominal do sistema de microgeração distribuída. Cada harmônica individual deve estar limitada aos valores apresentados na Tabela abaixo:

HARMÔNICAS ÍMPARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
3° a 9°	< 4,0 %
11° a 15°	< 2,0 %
17° a 21°	< 1,5 %
23° a 33°	< 0,6 %
HARMÔNICAS PARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
2° a 8°	< 1,0 %
10° a 32°	< 0,5 %

Tabela 5. Limites de distorções harmônicas individuais de tensão

### 12.0 FATOR DE POTÊNCIA

O sistema de microgeração distribuída deve ser capaz de operar dentro das faixas de fator de potência apresentadas no quadro abaixo, quando a potência ativa injetada na rede for superior a 20% da potência nominal do gerador.



Potência nominal da microgeração	Faixa do fator de potência da microgeração (FP <sub>G</sub> )
$P_N \leq 3 \text{ kW}$	FP <sub>G</sub> = 1, com tolerância de trabalhar na faixa de 0,98 indutivo até 0,98 capacitivo
$P_N > 6 \text{ kW}$	FP <sub>G</sub> ajustável de 0,92 indutivo até 0,92 capacitivo

Tabela 6. Faixas de fator de potência em função da potência da geração.

Após a alteração na potência ativa, o sistema de microgeração distribuída deve ser capaz de ajustar a potência reativa de saída automaticamente para corresponder ao FP predefinido. Qualquer ponto operacional resultante destas definições deve ser atingido em, no máximo, 10s.

### 13.0 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

Junto ao padrão de entrada de energia deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: “RISCO ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”. A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC com espessura mínima de 1 mm e conforme modelo apresentado na Figura abaixo:

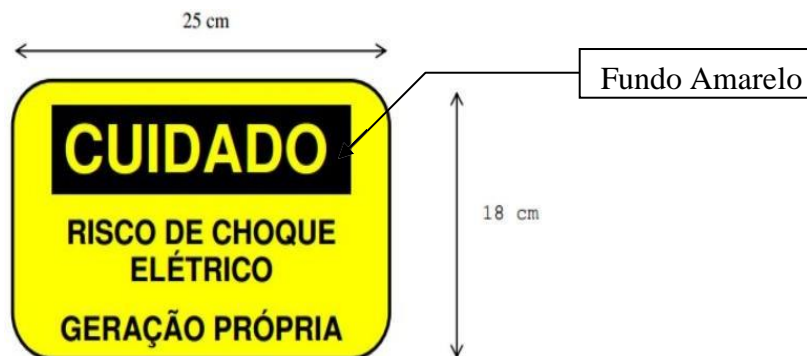


Figura 01. Modelo de placa de advertência.

### 14. ATERRAMENTO

O sistema de microgeração distribuída deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora.

Quando não houver aterramento na unidade consumidora, deverá ser instalado um aterramento conforme a NBR 5410 e a NT.001.EQTL\_ Normas e Padrões Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.

Obs: o sistema de aterramento do padrão de entrada assim como o sistema de aterramento do gerador fotovoltaico (inversor, módulos fotovoltaicos e estrutura de fixação), devem ser interligados ao barramento de aterramento do quadro geral da residência, que por sua vez, é interligado à malha de aterramento da residência para a devida equipotencialização do sistema.

O aterramento será composto por uma haste de aterramento 5/8"x2,4m com cabo de 6mm<sup>2</sup> para interligação ao sistema e uma caixa de inspeção.

## **14.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS**

### **14.1 INVERSOR:**

Fabricante:	SOFAR
Modelo:	33KTLX-G3
Potência De Entrada [KWp]:	33
Potência Nominal de Saída AC [KW]:	33
Tensão Nominal/ Freqüência para fase [V/Hz]:	380/60
Corrente máxima de saída AC [A]:	56
THDI [%]:	<3
Eficiência [%]:	98,6

Tabela 7

### **14.2 MODULO FOTOVOLTAICO:**

FABRICANTE	LONGI
Modelo	LR5 – 72HPH – 550M
Potência Nominal [W]	550
Tensão De Circuito Aberto [V]	49,8
Corrente De Curto Circuito [A]	13,98
Tensão De Máxima Potência [V]	41,95
Corrente De Máxima Potência [A]	13,12
Eficiência [%]	21,3

Tabela 8

### 14.3 CONDUTOR:

Cabo Flexível Com Isolamento Para Alim. CA Do Inversor1/ Inversor2	CABO FLEX CA 10mm <sup>2</sup> /10mm <sup>2</sup> (3F+N)
Cabo Flexível Com Isolamento Para Alim. CC Do Inversor	CABO SOLAR 6 mm <sup>2</sup>

Tabela 9

### 14.4 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE ALTERNADA:

DPS	
Classe:	II
Capacidade [Vca]:	275
Disjuntor	
Corrente [A]:	63


Tabela 10

### 14.5 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE CONTINUA:

Os Inversores trifásico de 33 KW, possuem proteções CC internas:

PROTEÇÃO DE POLARIDADE REVERSA CC;
INTERRUPTOR CC;
PROTEÇÃO SOBRETENSÃO CC - TIPO II;
MONITORAMENTO DE FALTA A TERRA;
PROTEÇÃO CONTRA CURTO CIRCUITO DE SAÍDA;
PROTEÇÃO DE SOBRETENSÃO CA - TIPO II.

Tabela 11

  
Tiago da Silva Sousa  
Engenheiro Eletricista  
CREA-PI 1920314229

TIAGO DA SILVA SOUSA  
Setor de Engenharia

**OBRA: CONSTRUÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA 165 kWp**

**LOCAL: ZONA URBANA DE DUQUE BACELAR- MA**

**PROJETO DE INSTALAÇÃO**  
**MINIGERAÇÃO POR ENERGIA SOLAR**

SISTEMA DE MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE 165 kWp  
PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE BACELAR - MA  
DUQUE BACELAR - MA

## Sumário

1.0 INTRODUÇÃO .....	3
2.0 NORMAS APLICÁVEIS.....	3
3.0 CONSIDERAÇÕES.....	4
4.0 POTÊNCIA GERADA.....	4
5.0 PADRÃO DE ENTRADA .....	7
6.0 SISTEMA DE MEDIÇÃO .....	7
7.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS MICROGERAÇÕES.....	8
8.0 HISTÓRICOS DE CONSUMO (2021 – 2022) .....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
9.0 LEVANTAMENTO DE CARGAS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
10.0 PROTEÇÕES .....	8
11.0 HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA.....	9
12.0 FATOR DE POTÊNCIA.....	9
13.0 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA.....	10
14. ATERRAMENTO .....	10
14.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS.....	11
14.1 INVERSOR:.....	11
14.2 MÓDULO FOTOVOLTAICO: .....	11
14.3 CONDUTOR:.....	12
14.4 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE ALTERNADA: .....	12
14.5 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE CONTÍNUA: .....	12

## MEMORIAL DESCRITIVO

### 1.0 INTRODUÇÃO

O presente memorial descritivo tem por objetivo descrever o projeto de um sistema de microgeração distribuída de baixa tensão, utilizando a energia solar como fonte de energia alternativa, para atender as instalações da **PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE BACELAR - MA**, localizada na **MA - 034, S/N, ZONA URBANA DE DUQUE BACELAR - MA ,TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO 220/380 V.**

### 2.0 NORMAS APLICÁVEIS

- a) ABNT NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
- b) ABNT NBR 10899: Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia.
- c) ABNT NBR 11704: Sistemas Fotovoltaicos – Classificação.
- d) ABNT NBR 16149: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- e) ABNT NBR 16150: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimentos de ensaio de conformidade.
- f) ABNT NBR IEC 62116: Procedimento de Ensaio de Anti-ilhamento para Inversores de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica.
- g) EQUATORIAL ENERGIA NT.020.EQTL.Normas e Padrões – Conexão de Microgeração Distribuída ao Sistema de Baixa Tensão.
- h) EQUATORIAL ENERGIA NT.001.EQTL.Normas e Padrões – Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.
- i) EQUATORIAL ENERGIA NT.030.EQTL.Normas e Padrões - Padrões Construtivos de Caixas de Medição e Proteção.
- j) ANEEL Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. Revisão 6. 2016, Seção 3.7.
- k) ANEEL Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica.
- l) ANEEL Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012, que

estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.

m) IEC 61727 Photovoltaic (PV) Systems - Characteristics of the Utility Interface

IEC 62116:2014 Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding.

### **3.0 CONSIDERAÇÕES**

Após a liberação, não devem ser executadas quaisquer alterações no sistema de interligação da microgeração com a rede, sem que sejam aprovadas tais modificações por parte da EQUATORIAL ENERGIA. Havendo alterações, o interessado deve encaminhar o novo projeto para análise, inspeção, teste e liberação por esta Concessionária de energia elétrica.

A conexão da microgeração distribuída não poderá acarretar prejuízos ao desempenho e aos níveis de qualidade da Rede de Distribuição ou de qualquer consumidor a ela conectado, conforme as normas vigentes e demais Resoluções da ANEEL.

O consumidor deverá propiciar livre acesso às suas instalações elétricas, para funcionários ou pessoal autorizado da Companhia Energética do Maranhão - CEMAR, devidamente credenciados, para fins de levantamento de dados, controle e aferição da medição, etc., em qualquer tempo, principalmente se estiver ocorrendo perturbações no seu sistema.

Conforme despacho nº 720 de 25 de março de 2014 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, não será necessária a instalação do Dispositivo de seccionamento visível – DVS para microgeradores que se conectam a rede através de inversores.

### **4.0 POTÊNCIA GERADA**

Foram dimensionados 300 módulos para 2 inversores. O 'inversor 1' será dividido em 20 (vinte) strings com 12 (doze) módulos em série cada, o 'inversor 2' será dividido em 6 (seis) strings com 12 módulos e 6 (seis) strings com 10 módulos cada em série com o intuito de gerar a energia proposta e obter a tensão CC adequada para a entrada dos inversores.

### Tabela de dimensionamento do gerador

Fabricante	LONGI
Modelo	LR5 – 72HPH – 550M
Potência nominal – Pn [W]	550
Tensão de circuito aberto – Voc [V]	49,8
Corrente de curto circuito – Isc [A]	13,98
Tensão de máxima potência – Vmpp [V]	41,95
Corrente de máxima potência – Impp [A]	13,12
Eficiência [%]	21,5
Comprimento [m]	2,256
Largura [m]	1,133
Área [m <sup>2</sup> ]	2,55
Peso [kg]	27,2
Quantidade	300
Potência do gerador [kW]	165

Tabela 1 - Características técnicas do gerador

### Tabela de dimensionamento do inversor

	INV1
Fabricante	SOFAR
Modelo	SOFAR 100KTL
Quantidade	1
	ENTRADA
Potência nominal – Pn [kW]	100
Máxima potência na entrada CC – Pmax-cc [kW]	132
Máxima tensão CC – Vcc-máx [V]	1100
Máxima corrente CC – Icc-máx [A]	26
Máxima tensão MPPT – Vpmp-máx [V]	1000
Mínima tensão MPPT – Vpmp-min [V]	180
Tensão CC de partida – Vcc-part [V]	200
Quantidade de Strings	20
Quantidade de entradas MPPT	10
Potência nominal CA – Pca [kW]	100
Máxima potência na saída CA – Pca-máx [kW]	100
Máxima corrente na saída CA – Imáx-ca [A]	160
Tensão nominal CA – Vnon-ca [V]	380
Frequência nominal – Fn [Hz]	50 / 60
Máxima tensão CA – Vca-máx [V]	480
Mínima tensão CA – Vca-min [V]	310



THD de corrente [%]	<3
Fator de potência,	0,99/0,8 adiantado – 0,8 atrasado
Tipo de conexão – número de fases + neutro + terra	TRIFÁSICO – 3 fase + neutro + terra
Eficiência máxima [%]	98,7

Tabela 2. Características técnicas do inversor

**Tabela de dimensionamento do inversor**

	INV2
Fabricante	SOFAR
Modelo	SOFAR 25KTL-G3
Quantidade	1
	ENTRADA
Potência nominal – Pn [kW]	25
Máxima potência na entrada CC – Pmax-cc [kW]	33
Máxima tensão CC – Vcc-máx [V]	1100
Máxima corrente CC – Icc-máx [A]	40
Máxima tensão MPPT – Vpmp-máx [V]	1000
Mínima tensão MPPT – Vpmp-min [V]	180
Tensão CC de partida – Vcc-part [V]	200
Quantidade de Strings	6
Quantidade de entradas MPPT	3
Potência nominal CA – Pca [kW]	25
Máxima potência na saída CA – Pca-máx [kW]	25
Máxima corrente na saída CA – Imáx-ca [A]	42,4
Tensão nominal CA – Vnon-ca [V]	380
Frequência nominal – Fn [Hz]	50 / 60
Máxima tensão CA – Vca-máx [V]	480
Mínima tensão CA – Vca-min [V]	310
THD de corrente [%]	<3
Fator de potência,	0,99/0,8 adiantado – 0,8 atrasado
Tipo de conexão – número de fases + neutro + terra	TRIFÁSICO – 3 fase + neutro + terra
Eficiência máxima [%]	98,6

Tabela 3. Características técnicas do inversor

## 5.0 PADRÃO DE ENTRADA

Para adesão ao sistema de compensação de energia, o padrão de entrada da unidade consumidora deve estar de acordo com esta norma e em conformidade com a versão vigente da Norma de fornecimento de energia elétrica em baixa tensão, no que diz respeito às alturas das caixas de medição, aterramento e postes.

O responsável técnico pela obra deve consultar as orientações e os detalhes de instalação das caixas de medição e proteção, aterramento, postes, ramais de ligação, etc, na norma EQUATORIAL ENERGIA NT.001.EQTL.Normas e Padrões – Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.

## 6.0 SISTEMA DE MEDIÇÃO

O sistema de medição de energia utilizado deverá ser bidirecional, conforme recomendação do PRODIST - Módulo 3 - Seção 3.7 – Rev. 6 item 7, ou seja, medir a energia ativa injetada na rede e a energia ativa consumida da rede. Para conexão de microgeração distribuída em unidade consumidora existente sem necessidade de aumento da potência disponibilizada, a distribuidora não exige a adequação do padrão de entrada da unidade consumidora em função da substituição do sistema de medição existente, exceto se (*ANEEL PRODIST Módulo 3 Seção 3.7 item 7.1.1*):

- I) For constatado descumprimento das normas e padrões técnicos vigentes à época da sua primeira ligação; ou
- II) Houver inviabilidade técnica devidamente comprovada para instalação do novo sistema de medição no padrão de entrada existente, isso inclui caixas de medição com dimensões que não comportam o sistema de medição, caixas no antigo padrão medição às claras e o SMC (sistema de medição centralizada) que não possui módulos com bidirecionalidade.
- III) Este sistema será composto por um medidor eletrônico Bidirecional, conforme diagrama unifilar no projeto anexo planta 01.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS MICROGERAÇÕES

O Sistema de microgeração fotovoltaica possui as seguintes características técnicas:

- **Arranjo 01 ao Arranjo 20;**
  - **Quantidade de painéis:** 12 módulos em serie de 550 W;
  - **Quantidade de strings:** 20 strings/ Inversor
  - **Potência microgeração:** 132kWp;
  - **Corrente microgeração por string:** 27,96A – corrente continua.
- **Arranjo 21 ao Arranjo 30;**
  - **Quantidade de painéis:** 10 módulos em serie de 550 W;
  - **Quantidade de strings:** 6 strings/ Inversor
  - **Potência microgeração:** 33 kWp;
  - **Corrente microgeração por string:** 27,96A – corrente continua.
  
- **Potência Inversor:** 100KW;
- **Quantidade de inversor:** 01
- **Tensão máxima suportada pelo inversor:** 1100Vcc - tensão contínua;
- **Tensão de referência na saída do inversor:** 380Vca - tensão alternada;
- **Corrente máxima de referência na saída do inversor:** 160 A - corrente alternada.
  
- **Potência Inversor:** 25KW;
- **Quantidade de inversor:** 01
- **Tensão máxima suportada pelo inversor:** 1100Vcc - tensão contínua;
- **Tensão de referência na saída do inversor:** 380Vca - tensão alternada;
- **Corrente máxima de referência na saída do inversor:** 42,4 A - corrente alternada.

### 10.0 PROTEÇÕES

É de responsabilidade do acessante a proteção de seus equipamentos para microgeração de energia.

Os requisitos de proteção e ajustes exigidos para a conexão do sistema de microgeração à rede de baixa tensão, seguem as determinações contidas no PRODIST - Módulo 3 - Seção 3.7 – Rev. 6item 4.3 e também se baseiam na norma ABNT NBR 16149:2013 [4], conforme discriminado abaixo:

- Proteção de Subtensão (27): Ajuste 0,8 P.U. com tempo de atuação máximo de 5 s;
- Proteção de Sobretensão (59): Ajuste 1,1 P.U. com tempo de atuação máximo de 5 s;
- Proteção de Subfrequência (81U): Ajuste: 59,5 Hz com tempo de atuação máximo de 5s;
- Proteção de Sobrefrequência (81O): Ajuste: 60,5 Hz com tempo de atuação máximo de 5s;
- Proteção de Sobrecorrente do Inversor 01: Ajuste: 25A;
- Rele de sincronismo (25): Ajustes: 10°; 10% x Tensão; 0,3 Hz;
- Proteção de injeção de componente c.c. (I<sub>cc</sub>) na rede elétrica do arranjo 01:  
Se  $I_{cc} > 0,5 \times 9,50A = 4,75A$  com tempo de atuação de 1 s;
- **Anti-ilhamento (78 e 81 df/dt – Rocof):** Após perda da rede, 2s para desconexão; Após normalização da rede, de 60 s para reconexão.

## 11.0 HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA

A distorção harmônica total (DHT) de corrente deve ser inferior a 5 %, na potência nominal do sistema de microgeração distribuída. Cada harmônica individual deve estar limitada aos valores apresentados na Tabela abaixo:

HARMÔNICAS ÍMPARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
3° a 9°	< 4,0 %
11° a 15°	< 2,0 %
17° a 21°	< 1,5 %
23° a 33°	< 0,6 %
HARMÔNICAS PARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
2° a 8°	< 1,0 %
10° a 32°	< 0,5 %

Tabela 4. Limites de distorções harmônicas individuais de tensão

## 12.0 FATOR DE POTÊNCIA

O sistema de microgeração distribuída deve ser capaz de operar dentro das faixas de fator de potência apresentadas no quadro abaixo, quando a potência ativa injetada na rede for superior a 20% da potência nominal do gerador.

Potência nominal da microgeração	Faixa do fator de potência da microgeração (FP <sub>G</sub> )
$P_N \leq 3 \text{ kW}$	FP <sub>G</sub> = 1, com tolerância de trabalhar na faixa de 0,98 indutivo até 0,98 capacitivo
$P_N > 6 \text{ kW}$	FP <sub>G</sub> ajustável de 0,92 indutivo até 0,92 capacitivo

Tabela 5. Faixas de fator de potência em função da potência da geração.

Após a alteração na potência ativa, o sistema de microgeração distribuída deve ser capaz de ajustar a potência reativa de saída automaticamente para corresponder ao FP predefinido. Qualquer ponto operacional resultante destas definições deve ser atingido em, no máximo, 10s.

### 13.0 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

Junto ao padrão de entrada de energia deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: “RISCO ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”. A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC com espessura mínima de 1 mm e conforme modelo apresentado na Figura abaixo:

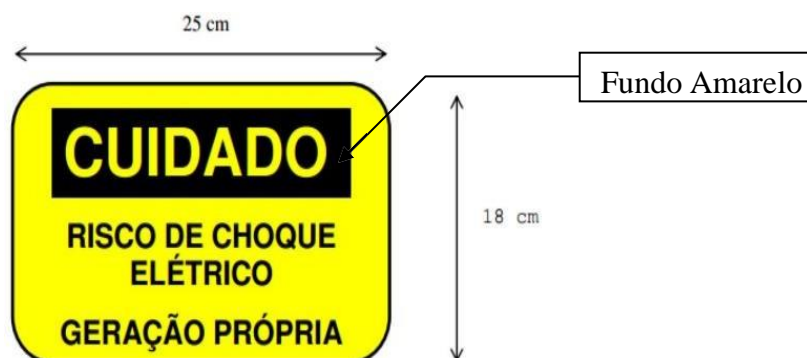


Figura 01. Modelo de placa de advertência.

### 14. ATERRAMENTO

O sistema de microgeração distribuída deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora.

Quando não houver aterramento na unidade consumidora, deverá ser instalado um aterramento conforme a NBR 5410 e a NT.001.EQTL\_. Normas e Padrões Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.

Obs: o sistema de aterramento do padrão de entrada assim como o sistema de aterramento do gerador fotovoltaico (inversor, módulos fotovoltaicos e estrutura de

fixação), devem ser interligados ao barramento de aterramento do quadro geral da residência, que por sua vez, é interligado à malha de aterramento da residência para a devida equipotencialização do sistema.

O aterramento será composto por uma haste de aterramento 5/8"x2,4m com cabo de 6mm<sup>2</sup> para interligação ao sistema e uma caixa de inspeção.

## 14.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS

### 14.1 INVERSOR:

Fabricante:	SOFAR
Modelo:	SOFAR 100KTL
Potência De Entrada [KWp]:	100
Potência Nominal de Saída AC [KW]:	100
Tensão Nominal/ Frequência para fase [V/Hz]:	380/60
Corrente máxima de saída AC [A]:	160
THDI [%]:	<3
Eficiência [%]:	98,7

Tabela 6

Fabricante:	SOFAR
Modelo:	SOFAR 25KTL
Potência De Entrada [KWp]:	25
Potência Nominal de Saída AC [KW]:	25
Tensão Nominal/ Frequência para fase [V/Hz]:	380/60
Corrente máxima de saída AC [A]:	42,4
THDI [%]:	<3
Eficiência [%]:	98,7

Tabela 7

### 14.2 MODULO FOTOVOLTAICO:

FABRICANTE	LONGI
Modelo	LR5 – 72HPH – 550M

OBRA: CONSTRUÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA 165 kWp

LOCAL: ZONA URBANA DE DUQUE BACELAR – MA

Potência Nominal [W]	550
Tensão De Circuito Aberto [V]	49,8
Corrente De Curto Circuito [A]	13,98
Tensão De Máxima Potência [V]	41,95
Corrente De Máxima Potência [A]	13,12
Eficiência [%]	21,5

Tabela 8

#### 14.3 CONDUTOR:

Cabo Flexível Com Isolamento Para Alim. CA Do Inversor1/ Inversor2/	CABO FLEX CA 50mm <sup>2</sup> /50mm <sup>2</sup> (3F+N) /CABO FLEX CA 10mm <sup>2</sup> /10mm <sup>2</sup> (3F+N)
Cabo Flexível Com Isolamento Para Alim. CC Do Inversor	CABO SOLAR 6 mm <sup>2</sup>

Tabela 9

#### 14.4 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE ALTERNADA:

DPS	
Classe:	II
Capacidade [Vca]:	275
Disjuntor	
Corrente [A]:	175

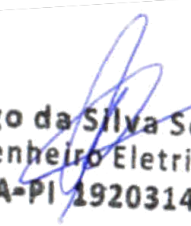
Tabela 10

#### 14.5 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE CONTINUA:

Os Inversores trifásico de 100 e 25 KW, possuem proteções CC internas:

PROTEÇÃO DE POLARIDADE REVERSA CC;
INTERRUPTOR CC;
PROTEÇÃO SOBRETENSÃO CC - TIPO II;
MONITORAMENTO DE FALTA A TERRA;
PROTEÇÃO CONTRA CURTO CIRCUITO DE SAÍDA;
PROTEÇÃO DE SOBRETENSÃO CA - TIPO II.

Tabela 11

  
Tiago da Silva Sousa  
Engenheiro Eletricista  
CREA-PI 1920314229

TIAGO DA SILVA SOUSA  
Setor de Engenharia

**OBRA: CONSTRUÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA 79,86 kWp**

**LOCAL: ZONA URBANA DE DUQUE BACELAR – MA**

**PROJETO DE INSTALAÇÃO**  
**MINIGERAÇÃO POR ENERGIA SOLAR**

SISTEMA DE MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE 79,86 kWp  
SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE DUQUE BACELAR - MA  
DUQUE BACELAR - MA



## Sumário

1.0 INTRODUÇÃO .....	3
2.0 NORMAS APLICÁVEIS.....	3
3.0 CONSIDERAÇÕES.....	4
4.0 POTÊNCIA GERADA.....	4
5.0 PADRÃO DE ENTRADA .....	6
6.0 SISTEMA DE MEDIÇÃO .....	6
7.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS MICROGERAÇÕES.....	7
8.0 HISTÓRICOS DE CONSUMO (2021 – 2022) .....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
9.0 LEVANTAMENTO DE CARGAS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
10.0 PROTEÇÕES .....	7
11.0 HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA.....	8
12.0 FATOR DE POTÊNCIA.....	8
13.0 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA.....	9
14. ATERRAMENTO .....	9
14.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS.....	10
14.1 INVERSOR:.....	10
14.2 MÓDULO FOTOVOLTAICO: .....	10
14.3 CONDUTOR:.....	11
14.4 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE ALTERNADA: .....	11
14.5 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE CONTÍNUA: .....	11

## MEMORIAL DESCRITIVO

### 1.0 INTRODUÇÃO

O presente memorial descritivo tem por objetivo descrever o projeto de um sistema de microgeração distribuída de baixa tensão, utilizando a energia solar como fonte de energia alternativa, para atender as instalações da **SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE DUQUE BACELAR**, localizada na **MA - 034, S/N, ZONA URBANA DE DUQUE BACELAR - MA ,TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO 220/380 V.**

### 2.0 NORMAS APLICÁVEIS

- a) ABNT NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
- b) ABNT NBR 10899: Energia Solar Fotovoltaica – Terminologia.
- c) ABNT NBR 11704: Sistemas Fotovoltaicos – Classificação.
- d) ABNT NBR 16149: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- e) ABNT NBR 16150: Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimentos de ensaio de conformidade.
- f) ABNT NBR IEC 62116: Procedimento de Ensaio de Anti-ilhamento para Inversores de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica.
- g) EQUATORIAL ENERGIA NT.020.EQTL.Normas e Padrões – Conexão de Microgeração Distribuída ao Sistema de Baixa Tensão.
- h) EQUATORIAL ENERGIA NT.001.EQTL.Normas e Padrões – Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.
- i) EQUATORIAL ENERGIA NT.030.EQTL.Normas e Padrões - Padrões Construtivos de Caixas de Medição e Proteção.
- j) ANEEL Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. Revisão 6. 2016, Seção 3.7.
- k) ANEEL Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica.
- l) ANEEL Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012, que

estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica.

m) IEC 61727 Photovoltaic (PV) Systems - Characteristics of the Utility Interface

IEC 62116:2014 Utility-interconnected photovoltaic inverters - Test procedure of islanding.

### **3.0 CONSIDERAÇÕES**

Após a liberação, não devem ser executadas quaisquer alterações no sistema de interligação da microgeração com a rede, sem que sejam aprovadas tais modificações por parte da EQUATORIAL ENERGIA. Havendo alterações, o interessado deve encaminhar o novo projeto para análise, inspeção, teste e liberação por esta Concessionária de energia elétrica.

A conexão da microgeração distribuída não poderá acarretar prejuízos ao desempenho e aos níveis de qualidade da Rede de Distribuição ou de qualquer consumidor a ela conectado, conforme as normas vigentes e demais Resoluções da ANEEL.

O consumidor deverá propiciar livre acesso às suas instalações elétricas, para funcionários ou pessoal autorizado da Companhia Energética do Maranhão - CEMAR, devidamente credenciados, para fins de levantamento de dados, controle e aferição da medição, etc., em qualquer tempo, principalmente se estiver ocorrendo perturbações no seu sistema.

Conforme despacho nº 720 de 25 de março de 2014 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, não será necessária a instalação do Dispositivo de seccionamento visível – DVS para microgeradores que se conectam a rede através de inversores.

### **4.0 POTÊNCIA GERADA**

Foram dimensionados 144 módulos para 2 inversores. O 'inversor 1' e o 'inversor 2' será dividido em 12 (doze) strings com 12 (doze) módulos em série cada, com o intuito de gerar a energia proposta e obter a tensão CC adequada para a entrada dos inversores.

**Tabela de dimensionamento do gerador**

Fabricante	LONGI
Modelo	LR5 – 72HPH – 550M
Potência nominal – Pn [W]	550
Tensão de circuito aberto – Voc [V]	49,8
Corrente de curto circuito – Isc [A]	13,98
Tensão de máxima potência – Vmpp [V]	41,95
Corrente de máxima potência – Impp [A]	13,12
Eficiência [%]	21,5
Comprimento [m]	2,256
Largura [m]	1,133
Área [m <sup>2</sup> ]	2,55
Peso [kg]	27.2
Quantidade	144
Potência do gerador [kW]	79,86

Tabela 1 - Características técnicas do gerador

**Tabela de dimensionamento do inversor**

	INV1/INV2
Fabricante	SOFAR
Modelo	33KTLX-G3
Quantidade	2
	ENTRADA
Potência nominal – Pn [kW]	33,0
Máxima potência na entrada CC – Pmax-cc [kW]	43,56
Máxima tensão CC – Vcc-máx [V]	1100
Máxima corrente CC – Icc-máx [A]	40
Máxima tensão MPPT – Vpmp-máx [V]	1000
Mínima tensão MPPT – Vpmp-min [V]	180
Tensão CC de partida – Vcc-part [V]	200
Quantidade de Strings	6
Quantidade de entradas MPPT	3
Potência nominal CA – Pca [kW]	33,0
Máxima potência na saída CA – Pca-máx [kW]	33,0
Máxima corrente na saída CA – Imáx-ca [A]	56
Tensão nominal CA – Vnon-ca [V]	380
Frequência nominal – Fn [Hz]	50 / 60
Máxima tensão CA – Vca-máx [V]	480
Mínima tensão CA – Vca-min [V]	310
THD de corrente [%]	<3

Fator de potência,	0,99/0,8 adiantado – 0,8 atrasado
Tipo de conexão – número de fases + neutro + terra	TRIFÁSICO – 3 fase + neutro + terra
Eficiência máxima [%]	98,6

Tabela 2. Características técnicas do inversor

## 5.0 PADRÃO DE ENTRADA

Para adesão ao sistema de compensação de energia, o padrão de entrada da unidade consumidora deve estar de acordo com esta norma e em conformidade com a versão vigente da Norma de fornecimento de energia elétrica em baixa tensão, no que diz respeito às alturas das caixas de medição, aterramento e postes.

O responsável técnico pela obra deve consultar as orientações e os detalhes de instalação das caixas de medição e proteção, aterramento, postes, ramais de ligação, etc, na norma EQUATORIAL ENERGIA NT.001.EQTL.Normas e Padrões – Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.

## 6.0 SISTEMA DE MEDIÇÃO

O sistema de medição de energia utilizado deverá ser bidirecional, conforme recomendação do PRODIST - Módulo 3 - Seção 3.7 – Rev. 6 item 7, ou seja, medir a energia ativa injetada na rede e a energia ativa consumida da rede. Para conexão de microgeração distribuída em unidade consumidora existente sem necessidade de aumento da potência disponibilizada, a distribuidora não exige a adequação do padrão de entrada da unidade consumidora em função da substituição do sistema de medição existente, exceto se (*ANEEL PRODIST Módulo 3 Seção 3.7 item 7.1.1*):

- I) For constatado descumprimento das normas e padrões técnicos vigentes à época da sua primeira ligação; ou
- II) Houver inviabilidade técnica devidamente comprovada para instalação do novo sistema de medição no padrão de entrada existente, isso inclui caixas de medição com dimensões que não comportam o sistema de medição, caixas no antigo padrão medição às claras e o SMC (sistema de medição centralizada) que não possui módulos com bidirecionalidade.
- III) Este sistema será composto por um medidor eletrônico Bidirecional, conforme diagrama unifilar no projeto anexo planta 01.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS MICROGERAÇÕES

O Sistema de microgeração fotovoltaica possui as seguintes características técnicas:

- **Arranjo 01 ao Arranjo 06;**
  - **Quantidade de painéis:** 12 módulos em serie de 550 W;
  - **Quantidade de strings:** 6 strings/ Inversor
  - **Potência microgeração:** 39,6 kWp;
  - **Corrente microgeração por string:** 27,96A – corrente continua.
- **Arranjo 07 ao Arranjo 12;**
  - **Quantidade de painéis:** 12 módulos em serie de 550 W;
  - **Quantidade de strings:** 6 strings/ Inversor
  - **Potência microgeração:** 39,6 kWp;
  - **Corrente microgeração por string:** 27,96A – corrente continua.
- **Potência Inversor:** 33KW;
- **Quantidade de inversor:** 02
- **Tensão máxima suportada pelo inversor:** 1100Vcc - tensão contínua;
- **Tensão de referência na saída do inversor:** 380Vca - tensão alternada;
- **Corrente máxima de referência na saída do inversor:** 56 A - corrente alternada.

## 10.0 PROTEÇÕES

É de responsabilidade do acessante a proteção de seus equipamentos para microgeração de energia.

Os requisitos de proteção e ajustes exigidos para a conexão do sistema de microgeração à rede de baixa tensão, seguem as determinações contidas no PRODIST - Módulo 3 - Seção 3.7 – Rev. 6item 4.3 e também se baseiam na norma ABNT NBR 16149:2013 [4], conforme discriminado abaixo:

- Proteção de Subtensão (27):Ajuste 0,8 P.U.com tempo de atuação máximo de 5 s;
- Proteção de Sobretensão (59): Ajuste 1,1 P.U. com tempo de atuação máximo de 5 s;
- Proteção de Subfrequência (81U): Ajuste: 59,5 Hz com tempo de atuação máximo de 5s;
- Proteção de Sobrefrequência (81O):Ajuste: 60,5 Hz com tempo de atuação máximo de 5s;

- Proteção de Sobrecorrente do Inversor 01:Ajuste: 25A;
- Rele de sincronismo (25):Ajustes: 10°; 10% x Tensão; 0,3 Hz;
- Proteção de injeção de componente c.c. (Icc) na rede elétrica do arranjo 01:  
Se  $I_{cc} > 0,5 \times 9,50A = 4,75A$  com tempo de atuação de 1 s;

**-Anti-ilhamento (78 e 81 df/dt – Rocof):**Após perda da rede, 2s para desconexão;Após normalização da rede, de 60 s para reconexão.

### 11.0 HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA

A distorção harmônica total (DHT) de corrente deve ser inferior a 5 %, na potência nominal do sistema de microgeração distribuída. Cada harmônica individual deve estar limitada aos valores apresentados na Tabela abaixo:

HARMÔNICAS ÍMPARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
3° a 9°	< 4,0 %
11° a 15°	< 2,0 %
17° a 21°	< 1,5 %
23° a 33°	< 0,6 %
HARMÔNICAS PARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
2° a 8°	< 1,0 %
10° a 32°	< 0,5 %

Tabela 5. Limites de distorções harmônicas individuais de tensão

### 12.0 FATOR DE POTÊNCIA

O sistema de microgeração distribuída deve ser capaz de operar dentro das faixas de fator de potência apresentadas no quadro abaixo, quando a potência ativa injetada na rede for superior a 20% da potência nominal do gerador.

Potência nominal da microgeração	Faixa do fator de potência da microgeração (FP <sub>G</sub> )
$P_N \leq 3 \text{ kW}$	FP <sub>G</sub> = 1, com tolerância de trabalhar na faixa de 0,98 indutivo até 0,98 capacitivo
$P_N > 6 \text{ kW}$	FP <sub>G</sub> ajustável de 0,92 indutivo até 0,92 capacitivo

Tabela 6. Faixas de fator de potência em função da potência da geração.

Após a alteração na potência ativa, o sistema de microgeração distribuída deve ser capaz de ajustar a potência reativa de saída automaticamente para corresponder ao FP predefinido. Qualquer ponto operacional resultante destas definições deve ser atingido em, no máximo, 10s.

### 13.0 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

Junto ao padrão de entrada de energia deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: “RISCO ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”. A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC com espessura mínima de 1 mm e conforme modelo apresentado na Figura abaixo:

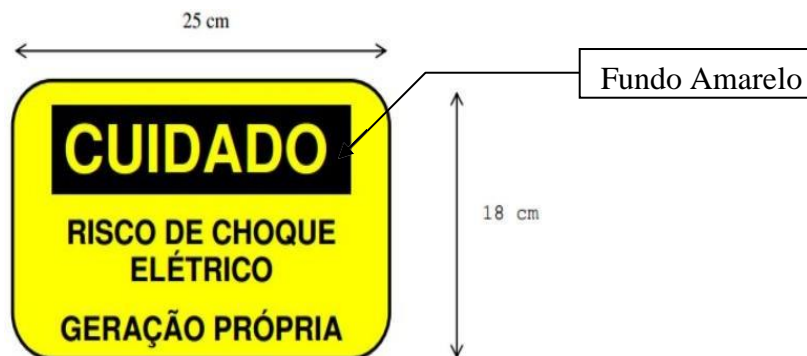


Figura 01. Modelo de placa de advertência.

### 14. ATERRAMENTO

O sistema de microgeração distribuída deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora.

Quando não houver aterramento na unidade consumidora, deverá ser instalado um aterramento conforme a NBR 5410 e a NT.001.EQTL\_ Normas e Padrões Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.



Obs: o sistema de aterramento do padrão de entrada assim como o sistema de aterramento do gerador fotovoltaico (inversor, módulos fotovoltaicos e estrutura de fixação), devem ser interligados ao barramento de aterramento do quadro geral da residência, que por sua vez, é interligado à malha de aterramento da residência para a devida equipotencialização do sistema.

O aterramento será composto por uma haste de aterramento 5/8"x2,4m com cabo de 6mm<sup>2</sup> para interligação ao sistema e uma caixa de inspeção.

## **14.0 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS**

### **14.1 INVERSOR:**

Fabricante:	SOFAR
Modelo:	33KTLX-G3
Potência De Entrada [KWp]:	33
Potência Nominal de Saída AC [KW]:	33
Tensão Nominal/ Freqüência para fase [V/Hz]:	380/60
Corrente máxima de saída AC [A]:	56
THDI [%]:	<3
Eficiência [%]:	98,6

Tabela 7

### **14.2 MODULO FOTOVOLTAICO:**

FABRICANTE	LONGI
Modelo	LR5 – 72HPH – 550M
Potência Nominal [W]	550
Tensão De Circuito Aberto [V]	49,8
Corrente De Curto Circuito [A]	13,98
Tensão De Máxima Potência [V]	41,95
Corrente De Máxima Potência [A]	13,12
Eficiência [%]	21,3

Tabela 8

### 14.3 CONDUTOR:

Cabo Flexível Com Isolamento Para Alim. CA Do Inversor1/ Inversor2	CABO FLEX CA 10mm <sup>2</sup> /10mm <sup>2</sup> (3F+N)
Cabo Flexível Com Isolamento Para Alim. CC Do Inversor	CABO SOLAR 6 mm <sup>2</sup>

Tabela 9

### 14.4 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE ALTERNADA:

DPS	
Classe:	II
Capacidade [Vca]:	275
Disjuntor	
Corrente [A]:	63

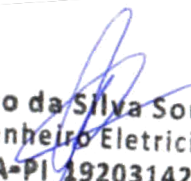
Tabela 10

### 14.5 EQUIPAMENTOS DE CORRENTE CONTINUA:

Os Inversores trifásico de 33 KW, possuem proteções CC internas:

PROTEÇÃO DE POLARIDADE REVERSA CC;
INTERRUPTOR CC;
PROTEÇÃO SOBRETENSAO CC - TIPO II;
MONITORAMENTO DE FALTA A TERRA;
PROTEÇÃO CONTRA CURTO CIRCUITO DE SAÍDA;
PROTEÇÃO DE SOBRETENSAO CA - TIPO II.

Tabela 11

  
Tiago da Silva Sousa  
Engenheiro Eletricista  
CREA-PI 1920314229

TIAGO DA SILVA SOUSA  
Setor de Engenharia



OBRA: CONSTRUÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA DA PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE BACELAR – MA COM POTÊNCIA DE 326,7 kWp  
LOCAL: RODOVIA MA - 034

## **PROJETO CIVIL E ESTRUTURAL**

**PROJETO: MINIUSINA SOLAR EM SOLO DE 326,7 KWp DA  
PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE BACELAR - MA  
LOCAL: RODOVIA MA - 034**

## **ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

### **INTRODUÇÃO**

O objetivo destas especificações é estabelecer normas e critérios para a execução de Projeto de Mini-usina solar em solo para a cidade de Duque Bacelar – MA com um total de 326,7 KWp, localizado na rodovia estadual MA - 034 de modo que os materiais, procedimentos para execução e controle e medição de todos os serviços previstos atendam aos critérios de qualidade estabelecidos em norma.

As Especificações estão divididas de acordo com o orçamento. Serão discriminados todos os serviços que englobam os itens da planilha resumo. Seguindo o orçamento serão especificados individualmente, nessa ordem, os seguintes serviços:

- Administração Local da Obra;
- Placa da Obra;
- Mini-usina solar em solo de 326,7 KWp;

#### **Administração local da obra**

- Os custos diretos de administração local são constituídos por todas as despesas incorridas na montagem e na manutenção da infraestrutura da obra compreendendo as seguintes atividades básicas de despesa: Chefia da obra, Administração do contrato, Engenharia e planejamento, Segurança do trabalho, Produção e Gestão de materiais;
- Essas despesas são parte da planilha de orçamento em itens independentes da composição de custos unitários, especificados como administração local.

#### **Placa da obra**

- A placa da obra deverá ter dimensões de (3,20x2,00) m, com formato e inscrições a serem definidas pela Prefeitura e de acordo com o manual de cores e proporções de placas de obra. Será executada em chapa galvanizada nº 22 e já fornecida com pintura em esmalte sintético. Terá sustentação em peças de madeira de lei de 1ª qualidade (2,5x7,5) cm e peças de madeira de 3ª qualidade (7,5x7,5) cm, na altura estabelecida pelas normas. As inscrições deverão ter todas as informações básicas sobre a obra.

## **1.0 – Construção dos abrigos dos inversores e cerca de proteção**

### **1.1 – SERVIÇOS PRELIMINARES:**

#### **1.1.1 – Limpeza mecanizada de terreno com remoção de camada vegetal:**

- Toda a área externa deverá ser entregue completamente limpa;
- A vegetação deverá ser removida de forma mecânica;

#### **1.1.2 – Regularização e compactação de superfície:**

- Após as demolições e retiradas, deve-se regularizar e nivelar o terreno, para assim, proceder com os serviços de locação de obra;
- Os serviços de regularização compreendem a execução de cortes e aterros de até 20,0 cm de espessura para nivelamento do terreno, sendo executado com o auxílio de equipamentos apropriados para o serviço;

#### **1.1.3 – Locação convencional de obra com gabarito de tábuas corridas:**

- A obra deverá ser locada após a limpeza do terreno;
- Para a locação da construção, deve-se usar gabarito em tábuas corridas pontaletadas, com reaproveitamento de 2 vezes;
- A firma contratada locará a obra rigorosamente com o projeto ou sob a orientação da fiscalização da Prefeitura, respeitando o alinhamento da rua, sendo responsável por qualquer erro de alinhamento ou nível e correndo exclusivamente por sua conta a demolição e reconstrução dos serviços verificados como imperfeitos pela fiscalização

### **1.2 – MOVIMENTO DE TERRA:**

#### **1.2.1 – Escavações:**

- As cavas para escavação da fundação corrida para paredes e blocos dos pilares deverão atingir terreno sólido e firme, e serão executados de acordo com o projeto específico da obra;
- No caso de ocorrência da presença de água durante a execução dos serviços, estas serão esgotadas, de modo que o terreno fique limpo e seco;

#### **1.2.2 – Apiloamento de fundo de valas:**

- O fundo das cavas deverá ser molhado e fortemente apiloado para evitar recalques.

### **1.2.3 – Reaterro:**

- Os reaterros deverão ser executados em camadas sucessivas de no máximo 20,00 cm, uniformemente umedecido, próximo da umidade ótima e fortemente apiloado;
- A execução dos reaterros serão sempre em camadas horizontais, não se admitindo a execução de camadas inclinadas;
- Os materiais a serem utilizados na confecção dos reaterros deverão ser de preferência, solos areno-argilosos, provenientes ou não das cavas das fundações, podendo ser utilizado areia fina quando as condições de umidade do terreno assim o indicarem;
- A compactação poderá ser manual ou mecânica e as camadas sucessivas deverão apresentar umidade adequada.

### **1.3 – INFRAESTRUTURA:**

#### **1.3.1 – Lastro em concreto não-estrutural, esp.5,0 cm:**

- Deverá ser feita uma base em concreto magro para lastro, não-estrutural, incluso aditivo impermeabilizante, com traço 1:4,5:4,5 (cimento, areia média e pedra britada) com espessura de 5 cm, antes da concretagem do bloco de fundação, tendo como função a regularização da base do bloco;

#### **1.3.2 e 1.3.3 – Fundação em pedra argamassada:**

- As fundações sob as paredes serão do tipo corrida, com 30% de pedra de mão, com dimensões de acordo com o projeto e utilizando argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:4;
- Serão empregadas rochas graníticas, ou de durezas equivalentes, dispostas de tal modo a atender com perfeição ao fim de que se destinam;
- As pedras, ao serem jogadas na cava, devem ser apiloadas antes do lançamento da argamassa. Este processo deve se repetir até que a última camada de argamassa se iguale ao nível do terreno;

#### **1.3.4 – Alvenaria de embasamento de tijolos cerâmico, esp=14cm:**

- Sobre as fundações corridas em pedra argamassada, será executado o baldrame para a construção das paredes (altura 20cm);
- Sobre a fundação da calçada, será executado o baldrame para a construção das paredes da calçada lateral (altura 10cm);
- O baldrame deverá observar rigorosamente os alinhamentos definidos nos projetos, visando facilitar a determinação dos contrapisos e levantamento das paredes;
- Os baldrames serão executados com tijolos cerâmicos furados 9x14x19cm, 1 vez e=14,0cm, assentado em argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média) de modo intertravado, sem falhas ou fendas, resistentes e de comprovada qualidade, com altura variável;

- Os baldrames externos, nas faces externas, receberão chapisco no traço 1:3 (cimento e areia grossa), depois revestidas com argamassa de cimento, cal e areia fina no traço 1:2:8 com pelo menos 2,0 cm de espessura alisado a colher.

### **1.3.5 – Blocos de concreto ciclópico:**

- As fundações dos pilares serão em blocos de concreto ciclópico com dimensões estabelecidas no projeto, respaldada no nível do terreno firme e regularizado;
- O concreto ciclópico será confeccionado com o uso de betoneira, preparado à parte, cujo volume, por ocasião do lançamento manual, será progressivamente incorporado uma quantidade de pedras-de-mão não superior a 30% do volume de concreto já preparado;
- O concreto deverá apresentar resistência de 15 MPa e será confeccionado no traço 1:3,4:3,5 com cimento, areia média e pedra britada nº 1;
- As pedras devem ficar perfeitamente imersas e envolvidas pelo concreto por todos os lados, de modo a não permanecerem apertadas entre si.

## **1.4 – SUPERESTRUTURAS**

### **1.4.1 a 1.4.10 – Concreto armado fck = 20 e 25 MPa:**

- As estruturas serão confeccionadas em concreto armado com dimensões em acordo com o projeto e na necessidade de qualquer esclarecimento ou alteração, deverá ser consultada a fiscalização;
- A execução do concreto deverá obedecer às prescrições das NBR-6118, 6120 e 6122, e deverão ser adaptadas exatamente às dimensões de peça da estrutura projetada, construídas de modo a não se deformar sensivelmente sob a ação das cargas e pressões do concreto e suas fendas deverão ser vedadas com papel de saco de cimento no momento da concretagem;
- O concreto deverá ser confeccionado e dosado racionalmente, e apresentar a resistência característica exigida fck=20 MPa para cintas e fck=25 MPa;
- Antes do lançamento do concreto, as formas deverão ser limpas e molhadas até a saturação;
- As armaduras deverão obedecer às prescrições da NB-3 sendo que, antes de sua introdução nas formas, deverão estar limpas, não se admitindo a presença de graxas ou acentuada oxidação. Para os efeitos desta Norma, são adotadas as definições

seguintes: - Barras são os produtos de aço obtidos pela laminação a quente e encruamento a frio de diâmetro igual ou superior a 5 mm; - Fios os produtos de aço obtidos por trefilação ou processo equivalente com diâmetro igual ou superior a 12,5 mm;

- As barras e fios de aço são classificados na seguinte categoria:
  - Categoria: CA-25; CA-32; CA-40; CA-50; CA-60;
  - Valor característico: 250; 320; 400; 500; 600 (fyk em MPa);
  - Notas:
    - a) a categoria CA-60 aplica-se somente para fios;
    - b) novas categorias além das estabelecidas só são permitidas após sua introdução nesta Norma;
    - c) para efeitos práticos de aplicação desta Norma admite-se  $1,0 \text{ MPa} = 0,1 \text{ kgf/cm}^2$ ;
- De acordo com o processo de fabricação, de barras e fios de aço para concreto armado classificam-se:
  - Barras de aço classe A obtidas por laminação a quente, sem necessidade de posterior deformação a frio;
  - Barras e fios de aço classe B obtidas por deformação a frio;
- As barras e os fios de aço destinados à armadura para concreto armado devem ser isentos de defeitos prejudiciais, tais como: fissuras, esfoliações e corrosão;
- A massa real das barras deve ser igual a sua massa nominal, com tolerância de  $\pm 6\%$  para diâmetro igual ou superior a 10 e de  $\pm 10\%$  para diâmetro inferior a 10; para os fios, essa tolerância é de  $\pm 6\%$ . A massa nominal é obtida multiplicando-se o comprimento de barra ou fio pela área da seção nominal e pela massa específica de  $7,85 \text{ kg/dm}^3$ ;
- O comprimento normal de fabricação das barras e fios é de 11,00 m. A tolerância de comprimento é de 9%. Permite-se a existência de até 2% de barras curtas, porém de comprimento não inferior a 6,00 m;
- As barras de qualquer categoria, de diâmetro igual ou superior a 10, com mossas e saliências devem apresentar marcas de laminação, em relevo, que identificam o fabricante e a categoria do material. A identificação far-se-á de 2,00 em 2,00 m, ou menos, ao longo da barra;
- A identificação de cada barra de diâmetro menor que 10 e de cada fio é feita por pintura de topo, pelo menos em uma das extremidades. Os rolos são identificados com uma faixa pintada, abrangendo o topo;
- Para a fixação da ferragem nas formas, serão utilizadas cocadas, confeccionadas em cimento e areia grossa com a mesma resistência da peça estrutural.
- Toda a madeira deverá ser protegida contra exposição direta à chuva e ao sol, para não empenar



- Serão empregadas tábuas de madeira 3ª qualidade 2,5x30,0 cm (1x12") não aparelhadas e peças de madeira de 3ª qualidade 2,5x5,0 cm sendo lisas e isentas de textura que prejudique receber escritura manual;

## **1.5 – PISO:**

### **1.5.1 – Lastro em concreto magro c/aditivo impermeabilizante, esp = 4,0cm:**

- Será executado em concreto simples não estrutural no traço 1:4,5:4,5 (cimento, areia média e pedra britada) com aditivo impermeabilizante confeccionado com betoneira elétrica;
  - Terá 4,0 cm de espessura e é destinado a evitar a penetração de água especialmente por via capilar e servir como contrapiso para o piso cerâmico;
  - De preferência, a concretagem do lastro será efetuada em operação contínua e ininterrupta para que se evite juntas de concretagem e, conseqüentemente, pontos sensíveis de percolação;
  - Como medida de ordem geral, proceder-se-á, após o início da pega e antes que o concreto endureça demasiadamente, a um escovamento da superfície, até que os grãos do agregado graúdo se tornem aparentes, pela remoção da película que aí costuma formar-se.
- 1.5.2 – Piso cimentado (calçada), esp. 4,0cm:
- A calçada ao redor da edificação deverá ser executada em piso cimentado com espessura de 4,0 cm;
  - O piso terá junta seca, espaçada a cada metro;
  - O piso será em argamassa traço 1:3 de cimento e areia, com acabamento liso, mas não queimado;

## **1.6 – PAREDES E PAINÉIS:**

### **1.6.1 – Alvenaria de Elevação:**

- As paredes deverão obedecer às dimensões e alinhamentos indicados nas plantas do projeto de arquitetura, serão aprumadas, alinhadas e colocadas em esquadro;
- Serão executadas em tijolos de furos com espessura de 9,0 cm, sem falhas ou fendas, resistentes e de comprovada qualidade. Os tijolos deverão ser molhados antes de utilizados;
- A argamassa empregada será de cimento, cal, e areia média no traço 1:2:8;
- As juntas de argamassa terão espessura média de 1,5 cm, admitindo-se no máximo 2,0 cm.
- A vedação das janelas (J1, J2, J3 e J4) será feita com alvenaria com elemento vazado de concreto (cobogó)

## **1.7 – COBERTURA**

### **1.7.1 – Estrutura Metálica para Telhado:**

- A trama de aço será composta por perfil "u" enrijecido de aço galvanizado, dobrado, 150 x 60 x 20 mm, e = 3,00 mm ou 200 x 75 x 25 mm, e = 3,75 mm;
- Em caso de solda no canteiro de obra, a solda deve ser muito bem executada, utilizando o eletrodo correto e fazendo posterior acabamento da peça;
- Os parafusos de fixação serão parafusos ASTM A307, sextavado, diâmetro ½” e comprimento de 1”.

### **1.7.2 – Cobertura com telha metálica termoacústica:**

- As telhas serão metálicas termoacústicas dimensões de 1m de largura e comprimento variável de acordo com o espaçamento das terças;
- Serão assentadas com superposição mínima de 10 cm e fixadas com parafusos e vedação elástica para evitar infiltrações de poeiras em decorrência dos ventos e águas em decorrência das chuvas;
- As telhas metálicas a serem usadas deverão ter calhas suficientemente largas para que depois de assentadas não haja o comprometimento do canal de descida das águas e que se tenha, no final, um telhamento esteticamente belo (limpo e alinhado) e funcionalmente perfeito (canais abertos e capas cobrindo com eficiência os canais);
- A inclinação das telhas será no mínimo de 17% e no máximo de 40%, devendo obedecer ao projeto arquitetônico

### **1.7.3 – Rufo em chapa de aço galvanizado:**

- O rufo será confeccionado em chapa de aço galvanizado;
- Deverá ter largura de 25 cm;
- Será executado no encontro da cobertura com a parede vertical com a finalidade de proteção contra as águas pluviais.

### **1.7.4 – Chapim em concreto aparente:**

- O chapim será confeccionado em concreto estrutural fck=20 MPa dosado com cimento, areia média e brita, aparente com acabamento desempenado;
- Deverá ter largura de 25 cm;
- Será executado sobre a parede da fachada e internas com a finalidade de proteção contra as águas pluviais e acabamento.

## **1.8 – REVESTIMENTOS:**

### **1.8.1 – Chapisco aplicado nas paredes esp=0,5cm:**

- Os revestimentos deverão apresentar acabamento perfeitamente desempenado, aprumados, alinhados e nivelados, e as arestas serão vivas e perfeitas;
- As superfícies deverão ser limpas e molhadas abundantemente antes da aplicação de qualquer revestimento;
- As paredes construídas deverão ser previamente chapiscadas com argamassa de cimento e areia grossa espessura de 5,0cm, no traço 1:3 de modo a recobrir totalmente as novas paredes;

### **1.8.2 – Reboco aplicado nas paredes, esp.2,0cm:**

- Todas as paredes construídas receberão, interna e externamente, reboco tipo paulista simples em uma só massa com acabamento camurçado e liso a fim de evitar imperfeições;
- Deverá ser regularizado, desempenado e alisados com espuma, devendo apresentar uma superfície plana e aprumada de 2,0 cm de espessura;
- A argamassa para reboco será de cimento, cal e areia média no traço 1:2:8

## **1.9 – ESQUADRIAS:**

Todos os trabalhos de serralheria e marcenaria serão realizados com a maior perfeição, mediante emprego de mão-de-obra especializada, de primeira qualidade, e executados rigorosamente de acordo com os desenhos e modelos do projeto arquitetônico ou orçamento.

### **1.9.1– Portão de Ferro - Cerca**

- Será feita com quadro em gradil de ferro com barra chata 3cm x ¼", com requadro e guarnição. Será assentada com argamassa 1:0,5:4,5 (cimento, cal e areia média)

### **1.9.2 a 1.9.3 – Esquadrias - Abrigo**

- porta de abrir / giro, em gradil ferro, com barra chata 3 cm x 1/4", com requadro e guarnição - completo - acabamento natural

## **1.10 – PINTURA:**

Todas as superfícies a serem pintadas deverão ser cuidadosamente limpas e preparadas para o tipo de pintura a que se destinam a fim de que seja garantida a eficiência e durabilidade do revestimento protetor, evitando levantamento de pó durante o trabalho até que as tintas estejam completamente secas. Não será permitido o trabalho nas superfícies que não estejam perfeitamente enxutas;

Deverão ser dadas tantas demãos quantas forem necessárias de forma a se obter uma coloração uniforme.

#### **1.10.1 – Pintura esmalte sintético brilhante, sobre superfície metálica, duas demãos:**

- As portas, portões metálicos e gradis deverão ser pintados com tinta esmalte sintético brilhante, aplicado em duas demãos;
- Ao final da aplicação da pintura, deverá ser verificada se a mesma estará danificada ou manchada, para possíveis retoques em toda a área afetada

#### **1.10.2 – Aplicação de fundo selador acrílico:**

- Antes de proceder a pintura, as paredes deverão receber fundo selador acrílico;
- Ao final da aplicação do selador, deverá ser verificada se a mesma estará, para possíveis retoques em toda a área afetada.

#### **1.10.3 – Pintura com tinta texturizada acrílica em paredes:**

- As paredes receberão pintura de acabamento com tinta texturizada acrílica, em duas demãos, conforme o projeto arquitetônico;

#### **1.10.4 – Pintura com tinta látex acrílicos em paredes:**

- As paredes receberão pintura de acabamento com tinta látex acrílicos, em duas demãos, conforme o projeto arquitetônico;
- Antes de ser pintada, a superfície deverá ser lixada e preparada para receber a pintura;
- Deve-se aguardar o tempo de secagem da tinta entre demãos.
- Antes de ser pintada, a superfície deverá ser lixada e preparada para receber a pintura;
- Deve-se aguardar o tempo de secagem da tinta entre demãos.

#### **1.11 – SERVIÇOS COMPLEMENTARES:**

##### **1.11.1 – Cerca de proteção:**

- Será instalada uma cerca de proteção ao redor de todo o terreno, cerca essa executada com mourões de concreto, seção "t" ponta inclinada, 10x10 cm, espaçamento de 2,4 m, cravados 0,5 m, com 11 fios de arame farpado nº 14 incluso mureta de 0,40m de altura - fornecimento e instalação.

#### **1.12 – SERVIÇOS FINAIS:**

##### **1.12.1 – Limpeza final da obra:**

- Toda a área construída deverá ser entregue completamente limpa interna e externamente;
- Todos os revestimentos cimentado, piso e etc., deverão ser limpos abundante e cuidadosamente de modo a não serem danificadas outras partes da obra por estes serviços de limpeza.

- Deverá ter bastante cuidado a serem removidos quaisquer detritos, manchas ou salpicos de tinta ou argamassa endurecida das superfícies acabadas, sobretudo dos pisos.

### **1.12.2 e 1.12.3 – Carga e remoção de entulho com transporte em caminhão basculante:**

- Todo material escavado e não reaproveitado deverá ser removido para locais previamente indicados pela fiscalização com caminhão basculante;
- Serão removidos para fora do canteiro todas as suas instalações provisórias e também todos os entulhos e restos de materiais provenientes da obra não aproveitáveis;

### **2.0 - OBSERVAÇÕES IMPORTANTES**

- É exigência indispensável da Prefeitura que todos os materiais a serem empregados na obra deverão ser novos e de primeira qualidade;
- Para todos os materiais especificados serão admitidas apenas marcas originais. As marcas e modelos deverão ser aprovados previamente pela fiscalização;
- A contratada pela obra é responsável por todos os itens relacionados com a execução da mesma, tais como: materiais, mão-de-obra, obrigações sociais, seguros e equipamentos necessários a uma perfeita execução dos serviços;
- A contratada será obrigada a empregar na construção, pessoal especializado. A fiscalização terá poderes para afastar da obra, qualquer funcionário que julgar indesejável ou prejudicial ao bom andamento dos serviços;
- Toda obra deverá ser acompanhada de projetos e detalhes fornecidos em desenhos e memorial descritivo, os quais obedecerão aos critérios da construção definida;
- Em caso de omissão de especificações, prevalecerá o disposto no projeto arquitetônico, ou, na discriminação do orçamento. Quando houver omissão no projeto arquitetônico e nas especificações, será consultada a fiscalização;
- Os serviços que porventura ficarem omissos nestas especificações e/ou projetos, somente serão considerados extraordinários quando autorizados pela fiscalização e com os órgãos envolvidos no projeto;
- A inobservância das presentes especificações ou projetos implica na não aceitação parcial ou total dos serviços, devendo a contratada refazer as partes renegadas sem direito a indenização;
- A obra deverá ter as instalações provisórias necessárias ao seu bom funcionamento, inclusive banheiro;



OBRA: CONSTRUÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA DA PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE BACELAR – MA COM POTÊNCIA DE 326,7 kWp  
LOCAL: RODOVIA MA - 034

- A contratada fará um local apropriado para abrigo de ferramentas e materiais necessários ao bom andamento de todos os serviços;
- A contratada é obrigada a manter na obra um conjunto de todas as plantas e especificações para que sejam facilitados os serviços de fiscalização;

## CÁLCULO ESTRUTURAL

### 1.0 MEMORIAL DESCRITIVO

#### 1.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

O cálculo estrutural adotado para a construção de abrigo de inversores, a ser construído na sede do município de Duque Bacelar, Estado do Maranhão, Brasil, foi de concreto armado para as cintas e pilares, de blocos de concreto ciclópico para as fundações dos pilares e de fundação corrida de pedra argamassada sob as cintas.

#### 1.2. DADOS DE CÁLCULO

Os dados de cálculo, a seguir, foram considerados segundo as normas da ABNT e as informações específicas do local onde será construído o abrigo

DISCRIMINAÇÃO	VALOR
Peso concreto armado (kg/m <sup>3</sup> )	2.500
Peso do concreto ciclópico (kg/m <sup>3</sup> )	2.300
Peso revestimento com argamassa (kg/m <sup>3</sup> )	1.800
Peso parede alvenaria de tijolo cerâmico de seis furos (kg/m <sup>2</sup> )	180
Peso da estrutura metálica da cobertura (kg/m <sup>2</sup> )	60
Ação do vento (kg/m <sup>2</sup> )	160
Coeficiente de segurança concreto	1,4
Coeficiente de segurança aço	1,15
Recobrimento dos blocos, cintas, vergas e pilares (cm)	3,0
Resistência característica do concreto armado fck (kg/cm <sup>2</sup> ) pilares	250
Resistência característica do concreto armado fck (kg/cm <sup>2</sup> ) demais peças	200
Resistência de cálculo do concreto armado fck (kg/cm <sup>2</sup> )	143
Resistência característica do concreto ciclópico blocos fck (kg/cm <sup>2</sup> )	110
Sobrecarga adicional para todas as peças (kg/m <sup>2</sup> )	50
Tipo de aço CA para armadura longitudinal	50
Tipo de aço CA para armadura transversal	60
Diâmetro da armadura transversal (mm)	5
Resistência característica do aço fyk (tf/cm <sup>2</sup> )	5
Resistência de cálculo do aço fyk (tf/cm <sup>2</sup> )	4,35
Taxa de resistência do solo (kg/cm <sup>2</sup> ) a 1,50m (estimado)	1,0

### Observações:

– A taxa de resistência do solo foi estimada considerando o tipo de solo da região e as características da construção do prédio a uma profundidade de 1,10m do nível do terreno natural para as paredes;

A estrutura foi dividida em Inferior e Superior para melhor divisão das cargas e facilidade de execução. Para melhor entendimento do cálculo estrutural, adotaremos as seguintes convenções:

<b>DISCRIMINAÇÃO</b>	<b>CONVENÇÃO</b>
<b>CINTAS</b>	
Cintas inferiores	CI N°
Cintas superiores	CS N°
<b>PILARES</b>	
Pilares retangulares	P N°
<b>ARMADURAS</b>	
Armadura positiva	ASP
Armadura negativa	ASN
Armadura de compressão positiva	ASPC
Armadura de compressão negativa	ASNC
Armadura de torção	AST
Armadura de pele	ASPE
Armadura transversal	ASW/S
Armadura de flexo/compressão	ASØ
<b>OUTRAS CONVENÇÕES</b>	
Volume de concreto armado (m <sup>3</sup> )	CA
Volume de concreto ciclópico (m <sup>3</sup> )	CC
Nível do topo das peças (cm)	NTP
Nível do terreno	NT
Nível do piso	NP

### 1.3. DISCRIMINATIVO

Apresentamos, a seguir, todo o memorial descritivo da estrutura em concreto armado discriminados peças por peça, resumo geral das ferragens, concreto e formas e cálculo das fundações corridas sob as paredes.



## CÁLCULO DA FUNDAÇÃO CORRIDA EM PEDRA ARGAMASSADA

### SEÇÃO TRANSVERSAL MÁXIMA

#### DADOS TÉCNICOS E DIMENSIONAMENTO

Trecho mais solicitado: P02 E P04

A = 0,09 m (Largura da Alvenaria sem revestimento)

B = 0,15 m (Largura do Baldrame)

CA = 2,8 m (Comprimento Alvenaria)

HA = 3,40 m (Altura Alvenaria)

HB = 0,20 m (Altura Baldrame)

$\gamma_A = 1,80 \text{ t/m}^3$  (Peso Esp. Alvenaria)

$\gamma_S = 1,50 \text{ t/m}^3$  (Peso Esp. Sobrecarga Teto)

$\gamma_C = 2,00 \text{ t/m}^3$  (Peso Esp. Fundação)

$\sigma_{ADM} = 1,0 \text{ kgf/cm}^2$  (Taxa Resis. Terreno)

$\sigma_A = 6,00 \text{ kgf/cm}^2$  (Taxa Resist. Comp. Alvenaria)

$\alpha = 45,00^\circ$  (graus) (Ângulo de Tensão da Fundação)

T = 0,125 m (Traspasse Fundação)

#### 1.0 COMPRIMENTO DA FUNDAÇÃO (CF)

$$CF = CA + 2 \cdot T \qquad CF = 3,05 \text{ m}$$

#### 2.0 PESO PRÓPRIO DA PAREDE (COM REVESTIMENTO) MAIS BALDRAME E SOBRECARGA (PP)

$$PP = PA + PB + P_s \qquad PP = 9,84 \text{ t}$$

Onde:

$$PA = (A+0,06) \cdot HA \cdot CA \cdot \gamma_A \qquad PA = 2,57$$

$$PB = B \cdot HB \cdot CA \cdot \gamma_A \qquad PB = 0,15$$

$$P_s = S \cdot LS \cdot CA \cdot \gamma_s \qquad P_s = 7,12$$

S = 0,15 m (Espessura Sobrecarga média teto)

LS = 11,30 m (Largura Sobrecarga máxima de acordo com a arquitetura)

### 3.0 LARGURA DA FUNDAÇÃO (L)

$$L = CF - (CA - B) \geq 0,40\text{m} \quad L = 0,400 \text{ m}$$

### 4.0 ALTURA DA FUNDAÇÃO (HF)

$$HF = (CF - CA + 1)/2 * \text{TANG}(\alpha) - 0,1 \geq 0,60\text{m} \quad HF = 0,600 \text{ m}$$

### 5.0 PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO (PF)

$$PF = CF * L * HF * \gamma_C \quad PF = 1,47 \text{ t}$$

### 6.0 CARGA TOTAL APLICADA (N)

$$N = PP + PF \quad N = 11,31 \text{ t}$$

### 7.0 TENSÃO APLICADA AO SOLO ( $\sigma_S$ )

$$\sigma_S = N / (CF * L) \quad \sigma_S = 9,27 \text{ t/m}^2 \quad \sigma_S = 0,93 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_{ADM} \text{ (OK!)}$$

A tensão admissível do solo é superior à tensão aplicada ao solo (OK!)

### 8.0 TENSÃO APLICADA NO BALDRAME ( $\sigma_B$ )

$$\sigma_B = PP / (CF * B) \quad \sigma_B = 21,51 \text{ t/m}^2 \quad \sigma_B = 2,15 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_A \text{ (OK!)}$$

A tensão admissível da alvenaria é superior à tensão aplicada no baldrame (OK!)

### 9.0 TENSÃO APLICADA NA PAREDE ( $\sigma_P$ )

$$\sigma_P = (PA + PS) / (CF * A) \quad \sigma_P = 35,30 \text{ t/m}^2 \quad \sigma_P = 3,53 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_A \text{ (OK!)}$$

A tensão admissível da alvenaria é superior à tensão aplicada na parede (OK!)

ÍTEM	SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	COMPR. (m)	LARGURA (m)	ALTURA (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VOLUME (m <sup>3</sup> )	SUBTRAIR	TOTAL	TOTAL ÍTEM
<b>1</b>	<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>										
1,1	Limpeza mecanizada de vegetação	m <sup>2</sup>	1	90	60		5400			5400	5400
1,2	Regularização e compactação de superfície	m <sup>2</sup>	1	90	60		5400			5400	5400
1,3	Locação de obra através de gabarito de madeira	m	2	11,3	1,95		22,035			26,5	26,5
<b>2</b>	<b>MOVIMENTO DE TERRA</b>										
2,1	Escavação de valas para fundação das paredes (40x60) cm	m <sup>3</sup>	1	26,5	0,4	0,6	10,6	6,36		6,36	<b>6,36</b>
2,3	Escavação manual de valas para blocos de concreto ciclópico dos pilares	m <sup>3</sup>	10	0,45	0,45	1,1	0,2025	0,223		2,23	<b>2,23</b>
2,4	Apiloamento manual de fundo de valas, com uso de soquete	m <sup>2</sup>	1	26,5	0,4		10,6			10,6	
2,3	Apiloamento manual de fundo de valas, com uso de soquete	m <sup>2</sup>	10	0,45	0,45		0,2025			<b>2,025</b>	2,025
<b>3</b>	<b>INFRAESTRUTURA</b>										
3,1	Lastro em concreto não-estrutural, esp=5cm, preparo mecânico (base dos blocos dos pilares)	m <sup>2</sup>	10	0,45	0,45		0,203			<b>2,025</b>	2,025

3,2	Fundação em pedra argamassada para paredes (40x60)cm, traço 1:4 (cimento e areia)	m³	1	6,36	1			6,36		6,36	<b>6,36</b>
3,4	Alvenaria de tijolo cerâmico furado 9x14x19, 1vez, esp=14cm, H=20cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (baldrame das paredes)	m²	1	25,9		0,2	5,18			<b>5,18</b>	5,18
3,5	Bloco em concreto ciclópico dos pilares das paredes	m³	10	0,45	0,45	0,5		0,101		1,013	<b>1,013</b>
<b>ÍTEM</b>	<b>SERVIÇOS</b>	<b>UNID.</b>	<b>QUANT.</b>	<b>COMPR. (m)</b>	<b>LARGURA (m)</b>	<b>ALTURA (m)</b>	<b>ÁREA (m²)</b>	<b>VOLUME (m³)</b>	<b>SUBTRAIR</b>	<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL ÍTEM</b>
<b>4</b>	<b>SUPERESTRUTURA</b>										
4,4	Lançamento de concreto fck=25Mpa pilares	m³	5	0,14	0,14	3,85		0,07546		0,3773	<b>0,3773</b>
4,5	Lançamento de concreto fck=25Mpa pilares	m³	5	0,14	0,14	4,45		0,08722		0,4361	<b>0,4361</b>
4,6	Lançamento de concreto fck=20Mpa cintas inferiores	m³	2	13,25	0,12	0,15		0,2385		0,477	<b>0,477</b>
4,7	Lançamento de concreto fck=20Mpa cintas superiores	m³	2	13,25	0,12	0,15		0,2385		0,477	<b>0,477</b>
4,8	Montagem e desm. de formas para cintas em madeira serrada - 4 util.	m²	2	13,25	0,12	0,15	7,155			<b>14,31</b>	14,31

4,9	Montagem e desm. de formas para pilares em madeira serrada - 4 util.	m <sup>2</sup>	5	8,3	0,14	0,14	4,648			23,24	23,24
<b>5</b>	<b>PISO</b>										
5,1	Lastro em concreto magro (contrapiso), preparo mecânico - espessura de 5,0 cm	m <sup>2</sup>	1							32,6	32,6
<b>6</b>	<b>PAREDES E PAINÉIS</b>										
6,1	Alvenaria de elevação tijolo cerâmico e=9,0 cm	m <sup>2</sup>	1	11	0,15	2,8	30,8		4,75	30,8	26,05
6,1	Alvenaria de elevação tijolo cerâmico e=9,0 cm	m <sup>2</sup>	1	11	0,15	3,7	40,7			40,7	40,7
6,1	Alvenaria de elevação tijolo cerâmico e=9,0 cm	m <sup>2</sup>	2	1,95	0,15	3,4	6,63			13,26	13,26
6,4	Alvenaria vazada de concreto	m <sup>2</sup>	1	1	1	1	8,6				8,6
<b>7</b>	<b>COBERTURA</b>										
7,2	Cobertura com telha termoacústica	m <sup>2</sup>	1	12,3	2,64		32,472			32,472	32,472
7,3	Rufo em chapa de aço galvanizado, corte de 25 cm	m	1	11,3						11,3	11,3
7,4	Chapim em concreto pré-moldado, largura de 25cm	m	1	11,3						11,3	11,3
<b>8</b>	<b>REVESTIMENTOS</b>										
8,1	Chapisco em argamassa traço 1:3 e=0,5 cm - Aplicado nas paredes e baldrame	m <sup>2</sup>	2	11	0,15	2,8	30,8		5,9	61,6	55,7

8,1	Chapisco em argamassa traço 1:3 e=0,5 cm - Aplicado nas paredes e baldrame	m <sup>2</sup>	2	11	0,15	3,7	40,7			81,4	81,4
8,2	Reboco em argamassa masa única 1:2:8, esp=2cm - Aplicada manualmente		4	1,95	0,15	3,4	6,63			26,52	26,52
<b>ÍTEM</b>	<b>SERVIÇOS</b>	<b>UNID.</b>	<b>QUANT.</b>	<b>COMPR. (m)</b>	<b>LARGURA (m)</b>	<b>ALTURA (m)</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUME (m<sup>3</sup>)</b>	<b>SUBTRAIR</b>	<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL ÍTEM</b>
<b>9</b>	<b>ESQUADRIAS</b>	m <sup>2</sup>									
9,1	Portão de ferro, tipo grade com chapa, de abrir, com guarnições - Cerca	m <sup>2</sup>	1	3		2,1	6,3			6,3	6,3
9,2	Portão em metalon e tela de aço galvanizado - Abrigo	m <sup>2</sup>	1	1,5		2,1	3,15			3,15	3,15
<b>10</b>	<b>PINTURA</b>										
10,1	A AREA DE PINTURA SERÁ IGUAL A AREA DE EMBOÇO/REBOCO										
<b>11</b>	<b>SERVIÇOS FINAIS</b>										
11,1	Limpeza final da obra	m <sup>2</sup>	1	32,6	1		32,6				32,6
11,2	Carga manual de entulho em caminhão basculante 6 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1	32,6	1	0,05	32,6	1,63			
11,3	Carga manual de entulho em caminhão basculante 6 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	0,3	6,36	1	1	6,36	6,36		6,36	
11,4	Carga manual de entulho em caminhão basculante 6 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1	5400	1	0,1	5400	540		540	546,36

11,5	Remoção de entulho com transporte em caminhão basculante 6 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	1	5400	1	1	5400	5400		5400	5400
------	---	----------------	---	------	---	---	------	------	--	------	------

QUADRO RESUMO DE AÇO						
PEÇAS	PESO (kg)					
	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 5/16"	Ø 1/4"	Ø 3/16"	ARAME
PILARES/FUNDAÇÃO		124,74			29,87	2,49
CINTAS INFERIORES				29,2	15,54	0,5832
CINTAS SUPERIORES				29,2	15,54	0,5832
<b>TOTAL</b>		124,74		58,32	60,95	4,03

<b>TOTAL GERAL AÇO (kg)</b>	248,04
-----------------------------	--------

<b>TOTAL PESO POR VOLUME (kg/m³)</b>	139,57
--------------------------------------	--------

QUADRO RESUMO DO VOLUME DE	
PEÇAS	VOLUME CA (m³)
PILARES	0,823
CINTAS INFERIORES	0,477
CINTAS SUPERIORES	0,477
<b>TOTAL</b>	1,777

**DIÂMETRO DOS AÇOS UTILIZADOS**

BARRAS LONGITUDINAL	
POLEGADAS	MILIMETRO
Ø 3/8"	10,0
Ø 5/16"	8,0
Ø 1/4"	6,3
Ø 3/16"	5,0
	4,2

BARRAS TRANSVERSAIS	
POLEGADAS	MILIMETRO
Ø 3/16"	5,0
	4,2

ANCORAGEM POR BARRA TIPO "L"	
BARRA LONGITUDINAL	Lb (cm)
Ø 1/2"	12,50
Ø 3/8"	10,00
Ø 5/16"	10,00
Ø 1/4"	7,50
Ø 3/16"	5,00

PESO POR METRO	
BARRAS	Kg/m
Ø 1/2"	1
Ø 3/8"	0,63
Ø 5/16"	0,4
Ø 1/4"	0,25
Ø 3/16"	0,16

BARRA TRANSVERSAL	Lb (cm)
5.0	5,00
4.2	5,00

TRANSPASSE DAS BARRAS COMPRIDAS (cm)	
PILARES	50,00



QUADRO DOS PILARES 25 MPA						
P1,P3,P5,P7 e P9						
	BASE	LARGURA	ALTURA	AS $\phi$	ASW/S	CA
FUNDAÇÃO/INFERIOR	0,14	0,14	1,1	4 $\phi$ 3/8"	$\phi$ 5,0 c.12	0,022
INFERIOR/SUPERIOR	0,14	0,14	2,1	4 $\phi$ 3/8"	$\phi$ 5,0 c.12	0,041
SUPERIOR/COBERTURA	0,14	0,14	0,7	4 $\phi$ 3/8"	$\phi$ 5,0 c.12	0,014
TOTAL VOLUME DE CONCRETO ARMADO (m <sup>3</sup> )						0,076

QUADRO DOS PILARES 25 MPA						
P2,P4,P6,P8 e P10						
	BASE (m)	LARGURA (m)	ALTURA (m)	AS $\phi$	ASW/S	CA
FUNDAÇÃO/INFERIOR	0,14	0,14	1,1	4 $\phi$ 3/8"	$\phi$ 5,0 c.12	0,022
INFERIOR/SUPERIOR	0,14	0,14	2,1	4 $\phi$ 3/8"	$\phi$ 5,0 c.12	0,041
SUPERIOR/COBERTURA	0,14	0,14	1,3	4 $\phi$ 3/8"	$\phi$ 5,0 c.12	0,025
TOTAL VOLUME DE CONCRETO ARMADO (m <sup>3</sup> )						0,088

VOLUME TOTAL DE CONCRETO		
PILARES	QUANTIDADE	CA
P1,P3,P5,P7 e P9	5	0,382
P2,P4,P6,P8 e P10	5	0,441
TOTAL DE VOLUME DE		0,823

QUADRO DAS CINTAS INFERIORES 20MPA													
CINTAS INFERIORES	BASE	ALTURA	COMPRIMENTO	ASP	ASNC	AST	ASPE	ASN	ASPC	ASW/S	NTP	QUANT	CA
CI1	0,12	0,15	11,3	2 $\phi$ 6,3				2 $\phi$ 6,3		$\phi$ 5.0 c.15	0	1	0,203
CI2	0,12	0,15	11,3	2 $\phi$ 6,3				2 $\phi$ 6,3		$\phi$ 5.0 c.15	0	1	0,203
CI3 E CI4	0,12	0,15	1,95	2 $\phi$ 6,3				2 $\phi$ 6,3		$\phi$ 5.0 c.15	0	2	0,0702
TOTAL VOLUME DE CONCRETO ARMADO CA (m <sup>3</sup> )													0,477

**QUADRO DAS CINTAS SUPERIOR 20MPA**

CINTAS INFERIORES	BASE	ALTURA	COMPRIMENTO	ASP	ASNC	AST	ASPE	ASN	ASPC	ASW/S	NTP	QUANT	CA
CS1	0,12	0,15	11,3	2ø6,3				2ø6,3		ø5.0 c.15	0	1	0,203
CS2	0,12	0,15	11,3	2ø6,3				2ø6,3		ø5.0 c.15	0	1	0,203
CS3 E CS4	0,12	0,15	1,95	2ø6,3				2ø6,3		ø5.0 c.15	0	2	0,0702
<b>TOTAL VOLUME DE CONCRETO ARMADO CA (m³)</b>													<b>0,477</b>

**QUADRO DOS BLOCOS DE CONCRETO CICLÓPICO**

PILARES	BASE	LARGURA	ALTURA	QUANT.	CC
P1,P3,P5,P7 e P9	0,45	0,45	0,5	5	0,50625
P2,P4,P6,P8 e P10	0,45	0,45	0,5	5	0,50625
<b>TOTAL (m³)</b>					<b>1,0125</b>

**QUADRO DE AÇO**

PILARES	PESO (kg)					
	ø 1/2"	ø 3/8"	ø 5/16"	ø 1/4"	ø 3/16"	ARAME
P1,P3,P5,P7 e P9		47,82			12,01	0,96
P2,P4,P6,P8 e P10		56,13			13,86	1,12
FUNDAÇÃO		20,79			4	0,42
<b>TOTAL</b>		<b>124,74</b>			<b>29,87</b>	<b>2,49</b>

**QUADRO DE AÇO**

CINTA INFERIOR	PESO (kg)					
	ø 1/2"	ø 3/8"	ø 5/16"	ø 1/4"	ø 3/16"	ARAME
CI1				12,43	6,63	0,25
CI2				12,43	6,63	0,25
CI3				2,15	1,14	0,04
CI4				2,15	1,14	0,04
<b>TOTAL</b>				<b>29,16</b>	<b>15,54</b>	<b>0,58</b>

**QUADRO DE AÇO**

CINTA SUPERIOR	PESO (kg)					
	ø 1/2"	ø 3/8"	ø 5/16"	ø 1/4"	ø 3/16"	ARAME
CS1				12,43	6,63	0,25
CS2				12,43	6,63	0,25
CS3				2,15	1,14	0,04
CS4				2,15	1,14	0,04
<b>TOTAL</b>				<b>29,16</b>	<b>15,54</b>	<b>0,58</b>