

**MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA**  
**Companhia Energética de Minas**  
**Gerais (CEMIG) – 69,96kWp**

**Escola Municipal Virgílio Alves**  
**Pereira**

**UNIDADE CONSUMIDORA (UC): 3007117815**



Monalisa Poliana Felipe

CREA: 1420301489/MG

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REFERÊNCIAS NORMATIVAS</b> .....	<b>1</b>
2.1	<b>LEGISLAÇÃO - ANEEL</b> .....	1
2.2	<b>NORMAS BRASILEIRAS</b> .....	1
2.3	<b>NORMAS TÉCNICAS DA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA</b> .....	1
<b>3</b>	<b>QUADRO DE CARGAS</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>CENTRAL GERADORA</b> .....	<b>3</b>
4.1	<b>UNIDADE CONSUMIDORA</b> .....	3
4.2	<b>UNIDADE GERADORA</b> .....	4
<b>5</b>	<b>EQUIPAMENTOS</b> .....	<b>5</b>
5.1	<b>PAINEL SOLAR 530 W – MODELO JKM530M-72HL4 FABRICANTE: JINKO</b> .....	5
5.2	<b>INVERSOR DE CORRENTE – MODELO SOLIS 50K FABRICANTE: SOLIS</b> .....	5
<b>6</b>	<b>PONTO DE CONEXÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA</b> .....	<b>6</b>
<b>8</b>	<b>PROTEÇÕES ELÉTRICAS</b> .....	<b>7</b>
8.1	<b>PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITO</b> .....	7
8.2	<b>QUEDA DE TENSÃO</b> .....	8
8.3	<b>ATERRAMENTO</b> .....	8
8.4	<b>PROTEÇÕES INCORPORADAS E INTEGRANTES AO INVERSOR EMPREGADO</b> .....	8
8.5	<b>REQUISITOS DE PROTEÇÃO PARA A CONEXÃO</b> .....	8
8.5.1	<b>AJUSTES</b> .....	9
8.5.2	<b>REQUISITOS DE QUALIDADE</b> .....	10
8.5.3	<b>FATOR DE POTÊNCIA</b> .....	10
8.5.4	<b>HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA</b> .....	11
<b>9</b>	<b>PREVISÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA</b> .....	<b>12</b>
<b>10</b>	<b>PLANTA DE SITUAÇÃO COM INDICAÇÃO DO PADRÃO DE ENTRADA DE ENERGIA</b> .....	<b>12</b>

## **1 OBJETIVO**

O projeto em questão tem como objetivo a conexão de uma microgeração distribuída que utiliza como fonte a energia solar ao sistema elétrico da concessionária local. Adotando as condições de acesso e critérios técnicos, operacionais e requisitos de projetos aplicáveis à conexão de micro geração e mini geração distribuída à concessionária, de forma a garantir que ambos os sistemas, após a conexão, operem com segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade.

## **2 REFERÊNCIAS NORMATIVAS**

### **2.1 LEGISLAÇÃO - ANEEL**

Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010 - Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica;

Resolução Normativa Nº 482 e 517 e 687 - Acesso de microgeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica;

PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.

### **2.2 NORMAS BRASILEIRAS**

NBR 5410, Instalações Elétricas de Baixa Tensão;

### **2.3 NORMAS TÉCNICAS DA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA**

ND 5.1 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária – Rede de Distribuição Aérea Edificações Individuais;

ND 5.30 – Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição CEMIG – Conexão em Baixa Tensão.

### 3 QUADRO DE CARGAS

No quadro abaixo estão contempladas as cargas instaladas no estabelecimento.

Tabela 1: Quadro de Cargas

<b>Demanda</b>	<b>Total k(W)</b>
Consumo atual	2814
Consumo da carga à ser instalada (Total de 29 ar condicionado, foi utilizado o fator de demanda 0,37 da Tabela 14 da ND5.1)	3311,5
<b>Potência total (kW)</b>	6125,50

O consumo total da UC é de 6125,50kW, será adicionado a potência total 1374,50kW prevendo possíveis cargas futuras e para suprir as necessidades.

#### **4 CENTRAL GERADORA**

Central geradora de energia elétrica, com potência instalada de 69,96 kWp utilizando como fonte de geração a energia solar, conectada na rede de baixa tensão de distribuição por meio de instalações da unidade consumidora. A unidade trifásica em 220 V<sub>ff</sub>.

##### **4.1 UNIDADE CONSUMIDORA**

**Denominação** : Escola municipal Virgílio Alves Pereira

**Proprietário** : Prefeitura Municipal de Olímpio Noronha

**Endereço**: Rua Oito de Maio, Centro. Olímpio Noronha, Minas Gerais, CEP 37488-000

**CNPJ**: 18.188.276/0001-00

**Telefone**: (86) 3274-1160

**Finalidade**: Micro geração solar escolar de 69,96kWp

**Número do cliente**: 7005353471

**Unidade consumidora (UC)**: 3007117815

**Nº do medidor**: AHY047003577

**Rede**: Trifásica 3P+N+T, individual, baixa tensão, aérea

**Tensão de fornecimento**: 220V<sub>ff</sub>

A unidade consumidora possui o padrão de entrada com a caixa CM2 e em boas condições.



*Figura 1 – Disjuntor Geral 120A*

O disjuntor tripolar geral com corrente de 120A não atende ao

consumo da carga atual com a carga a ser instalada, tendo que ser solicitado o aumento de carga com o padrão de energia com disjuntor de 200A e condutor de 95m<sup>2</sup> (Conforme ND.1 Tabela 19, item3).



Figura 2 – Disjuntor Geral 120A

## 4.2 UNIDADE GERADORA

A Energia gerada por grupo de módulos fotovoltaicos é conectada à rede por meio de inversor, de acordo com a Tabela 2 Quadro de Geração Instalado:

Tabela 2: Quadro de Geração Instalado

UG/String	Módulos por String	Área do Arranjo (m <sup>2</sup> )	Inversor (kW)	Fabricante
01/01	3x11	22	5830W	Solis 30Kw Trifásico
02/01	3x11	22	5830W	
03/01	3x11	22	5830W	
04/01	3x11	22	5830W	
05/01	3 x11	22	5830W	
06/01	3x11	22	5830W	
01/02	3x11	22	5830W	Solis 30Kw Trifásico
02/02	3x11	22	5830W	
03/02	3x11	22	5830W	
04/02	3x11	22	5830W	
05/02	3 x11	22	5830W	
06/02	3x11	22	5830W	
<b>Total</b>	132	264	69960W	

Os módulos serão instalados sobre o telhado da Unidade Consumidora,

utilizando a suportação do telhado existente e serão orientados preferencialmente para o norte geográfico, a fim de obter maior exposição   radiação solar.

## 5 EQUIPAMENTOS

### 5.1 PAINEL SOLAR 530 W – MODELO JKM530M-72HL4 FABRICANTE: JINKO

Número do registro do certificado no INMETRO: 005877/2021

Concess : 10/09/2021

Tabela 3: Ficha técnica de módulos fotovoltaicos

<b>FICHA TECNICA PAINEL SOLAR JKM530M-72HL4</b>	
Máxima Potência - Pmax (Wp):	530
Máxima Tensão - Vmp (V):	40,56
Máxima Corrente - Imp (A):	13,07
Tensão de Circuito Aberto - Voc (V):	49,26
Corrente de curto circuito - Isc (A):	13,71
Eficiência do módulo (%):	20,55
Dimensões (LxAxP)mm:	2274x1134x35
Temperatura de Operação (�C):	-40 � +85

### 5.2 INVERSOR DE CORRENTE – MODELO SOLIS-30K-LV FABRICANTE: SOLIS

Em laboratórios vinculados ao Inmetro, onde são realizados os testes, os modelos testados tem potência máxima de 10Kw, por isso os inversores centrais para maiores potências não possuem registro no Inmetro.

Tabela 5: Ficha técnica do inversor

<b>FICHA TÉCNICA INVERSOR DE SOLIS-30K-LV</b>			
<b>Entrada em Corrente Contínua</b>		<b>Saída em Corrente Alternada</b>	
Entrada de tensão (Vcc):	600	Conexão com a rede:	Trifásica
Entrada Máx. de Potência (W):	45000	Potência (máx) (W):	35000
N� Strings em Paralelo / MPPT	2/6	Tensão (V):	220
Faixa de tensão MPPT / Potência Máxima (V):	200 – 850	Máxima Corrente de Saída (A):	65,6

Máxima Corrente de Entrada (A):	45,5	Frequência (Hz):	60
		Fator de Potência:	0.99
		THD total (%):	< 3
<b>Proteções</b>		<b>Outros</b>	
Inversão de polaridade CC	Sim	Grau de Proteção:	IP 65
Contra curto-circuito	Sim	Altitude	4000m
Sobrecorrente de saída	Sim	Topologia	Sem transformador
Contra sobretensão	Sim	Dimensões (AxLxP) (mm):	630x700x357
Monitoramento de rede	Sim	Peso (kg):	63
Ilhamento	Sim	Eficiência (%):	97,8
Temperatura	Sim	Consumo a vazio (W):	<1
Interruptor CC integrado	Opcional	Temperatura de Operação:	-25 a +60 °C
		On Grid :	Sim
		Umidade Relativa	0-100%
		Conceito de refrigeração	Ventilação reduntante inteligente
Certificados de padrão de conexão da rede NBR 16149, NBR 16150, IEC 62116, IEC 61000-3-4/-5, IEC 61000-3-11/-12 Padrão de segurança / EMC IEC 62109-1/-2, IEC62116, EN 61000-6-1/-2/-3/-4			

## 6 PONTO DE CONEXÃO

O ponto de conexão com a rede é o local onde a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos é transformada pelo inversor. E será injetada na rede seu posicionamento é de grande importância para que possamos acompanhar o sentido da corrente e direcionar a energia gerada da melhor maneira.

O ponto de injeção da energia gerada será diretamente na fase localizada no quadro de distribuição principal.

## 7 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

Junto ao padrão de entrada de energia, próximo a caixa de medição e proteção será instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: “CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”. A placa foi confeccionada em PVC conforme orientações normativas contidas na norma NDU-013, seguindo como exemplo a imagem abaixo.





## 8 PROTEÇÕES ELÉTRICAS

Este item fornece informações e considerações para a operação segura e correta dos sistemas de geração distribuída conectados à rede elétrica.

### 8.1 PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITO

O sistema de geração distribuída possui dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, a fim de limitar e interromper o fornecimento de energia, bem como proporcionar proteção à rede da Concessionária de Energia contra eventuais defeitos no sistema de geração distribuída.

O sistema possui dois disjuntores termomagnético curva C de 70A de corrente nominal de acordo com a potência do inversor a ser instalada. Esse elemento será responsável pela proteção de curto circuito e sobrecargas que por ventura venham a ocorrer nesse trecho do ramal.

### 8.2 PROTEÇÃO CONTRA SURTO DE TENSÃO

O sistema de geração distribuída possui dispositivo de proteção contra surto de tensão devido a possíveis descargas elétrica, a fim de limitar e interromper o fornecimento de energia, bem como proporcionar proteção à rede da Concessionária de Energia contra eventuais defeitos no sistema de geração distribuída.

O sistema possui dispositivo de proteção contra surto de tensão nas fases com 45kA de corrente de interrupção, tensão 275V<sub>AC</sub> e classe II. Esse elemento será responsável pela proteção contra descargas atmosféricas que por ventura venham a ocorrer nesse trecho do ramal.

### **8.3 QUEDA DE TENSÃO**

A instalação projetada atende a norma da Concessionária, que recomenda que o valor máximo de queda de tensão verificado entre o ponto de instalação do sistema de geração distribuída e o padrão de entrada da unidade consumidora seja de até 3%. Cálculo de queda de tensão realizado conforme 6.2.7. NBR 5410.

### **8.4 ATERRAMENTO**

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

### **8.5 PROTEÇÕES INCORPORADAS E INTEGRANTES AO INVERSOR EMPREGADO**

O equipamento proposta, conforme a folha de dados possui proteções incorporadas, sendo:

- Proteção contra inversão de polaridade CC

- Proteção contra curto-circuito

- Proteção de sobrecorrente de saída

- Proteção contra sobretensão

- Proteção de ilhamento

- Proteção de temperatura

- Monitorização de Strings

O inversor possui certificado de padrão de conexão à rede conforme NBR 16149, NBR 16150, IEC 62116, IEC 61000-3-4/-5, IEC 61000-3-11/-12 e padrão de segurança /EMC IEC 62109-1/-2, IEC62116, EN 61000-6-1/-2/-3/-4.

Devido o INMETRO realizar os testes em inversor com a potência maior que 10kW, o inversor que será utilizado não possui certificado no INMETRO.

### **8.6 REQUISITOS DE PROTEÇÃO PARA A CONEXÃO**

É de responsabilidade do **ACESSANTE** a proteção de seus equipamentos para microgeração de energia. Os requisitos de proteção exigidos na norma (apresentados na Tabela 6), para as unidades consumidoras que façam a adesão ao sistema de compensação e se conectem à rede de baixa tensão, seguem as determinações contidas no PRODIST, Módulo 3, Seção 3.7 [3] e

também se baseiam na norma ABNT NBR 16149:2013 [4].

Tabela 6 – Requisitos de Proteção do sistema de microgeração

Requisito de Proteção – Potência até 75 kW
Elemento de Desconexão <sup>(A)</sup> - DSV
Elemento de interrupção automático acionado por proteção
Proteção de sub e sobretensão <sup>(B)</sup>
Proteção de sub e sobrefrequência <sup>(B)</sup>
Proteção de sobrecorrente
Relé de sincronismo
Anti-ilhamento <sup>(B)</sup>
Proteção de injeção de componente c.c. na rede elétrica <sup>(B)(C)</sup>

**NOTAS:**

- (A) CHAVE SECCIONADORA VISÍVEL E ACESSÍVEL QUE A ELETROBRAS DISTRIBUIDORA USA PARA GARANTIR A DESCONEXÃO DA CENTRAL GERADORA DURANTE MANUTENÇÃO EM SEU SISTEMA.
- (B) NO CASO DE INVERSORES, NÃO É NECESSÁRIO RELÉ DE PROTEÇÃO ESPECÍFICO, MAS UM SISTEMA ELETROELETRÔNICO QUE DETECTE AS ANOMALIAS E QUE PRODUZA UMA SAÍDA CAPAZ DE OPERAR NA LÓGICA DE ATUAÇÃO DO ELEMENTO DE INTERRUPTOR.
- (C) QUANDO HOUVER DISPOSITIVO DE CONVERSÃO CC/CA SEM TRANSFORMADOR DE ACOPLAMENTO.

### 8.6.1 AJUSTES

As funções de proteção da conexão deverão ter parametrização que permita uma adequada coordenação com as demais funções de proteção da rede. Os ajustes recomendados das proteções estabelecidas nesta norma são apresentados na Tabela 7. A parametrização dos ajustes de proteção do ACESSANTE deverá ser submetida à aprovação da Eletrobras Distribuidora. Ajustes diferentes dos recomendados deverão ser avaliados para aprovação pela Eletrobras Distribuidora, desde que tecnicamente justificados.

Tabela 7- Ajustes recomendados das proteções

Requisito de Proteção para Potência ≤ 75 kW	Ajustes	Tempo máximo de atuação <sup>(A)</sup>	
		Geração <u>com</u> inversor	Geração <u>sem</u> inversor
Proteção de subtensão	0,8 p.u.	0,4 s	1 s
Proteção de sobretensão	1,1 p.u.	0,2 s	1 s
Proteção de subfrequência	57,5 Hz	0,2 s	1 s
Proteção de sobrefrequência	62,0 Hz	0,2 s	1 s
Proteção de sobrecorrente	Conforme projeto ou parecer de acesso.		

Relé de sincronismo	10° 10 % tensão 0,3 Hz	Não Aplicável	
Proteção de injeção de componente c.c. ( $I_{cc}$ ) na rede elétrica (sistemas de microgeração com inversores sem transformador para separação galvânica)	Se $I_{cc} > 0,5.I_N$ <sup>(B)</sup>	1 s	Não Aplicável
Anti-ilhamento <sup>(C)</sup> (itens 5.2 e 5.3)		Após perda da rede, 2 s para desconexão.  Após normalização da rede, de 20 a 300 s para reconexão	

**NOTAS:**

- (A) TEMPO MÁXIMO DE ATUAÇÃO REFERE-SE AO TEMPO ENTRE O EVENTO ANORMAL DE GRANDEZA E A ATUAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO DA GERAÇÃO (CESSAR O FORNECIMENTO DE ENERGIA PARA A REDE). SISTEMAS COM INVERSORES PERMANECEM CONECTADOS À REDE, A FIM DE MONITORAR OS PARÂMETROS DA REDE E PERMITIR A “RECONEXÃO” DO SISTEMA QUANDO AS CONDIÇÕES NORMAIS SÃO RESTABELECIDAS.
- (B)  $I_N$ : CORRENTE NOMINAL DO SISTEMA DE MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA.
- (C) O ILHAMENTO NÃO É PERMITIDO, SOB QUALQUER CIRCUNSTÂNCIA.

### 8.6.2 REQUISITOS DE QUALIDADE

A qualidade da energia fornecida pelo sistema de microgeração com potência de 69,96kWp distribuída às cargas locais e à rede elétrica da Eletrobras Distribuidora é regida por práticas e normas referentes à tensão, cintilação, frequência, distorção harmônica e fator de potência.

O desvio dos padrões estabelecidos por essas normas caracteriza uma condição anormal de operação, e o sistema deve ser capaz de identificar esse desvio e cessar o fornecimento de energia à rede da CEMIG. Portanto, 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 os critérios neste documento e demais Resoluções da ANEEL.

### 8.6.3 FATOR DE POTÊNCIA

O sistema de microgeração distribuída deve ser capaz de operar dentro das faixas de fator de potência apresentadas abaixo, quando a potência ativa injetada na rede for superior a 20% da potência nominal do gerador.

O fator de potência no ponto de conexão deve estar compreendido entre 0,92 (noventa e dois centésimos) e 1,00 (um) indutivo ou 1,00 (um) e 0,92

(noventa e dois centésimos) capacitivo, de acordo com Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica, Revisão 06.

Após 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.

O ajuste do FPG para potência nominal da geração superior a 6 kW será indicado no Parecer de Acesso.

#### 8.6.4 HARMÔNICOS E DISTORÇÃO DA FORMA DE ONDA

A distorção harmônica total (DHT) de tensão deve ser inferior a 10 %, na potência nominal do sistema de microgeração distribuída, conforme PRODIST módulo 8 item 4.6.1. Cada harmônica individual deve estar limitada aos valores apresentados na tabela.

Tabela 8 - Níveis de referência para distorções harmônicas individuais de tensão (em percentagem da tensão fundamental)

Ordem Harmônica	Distorção Harmônica Individual de Tensão [%]	
		Vn ≤1 kV
Ímpares não múltiplas de 3	5	7,5
	7	6,5
	11	4,5
	13	4
	17	2,5
	19	2
	23	2
	25	2
	>25	1,5
	Ímpares múltiplas de 3	3
9		2
15		1
21		1
>21		1
Pares	2	2,5
	4	1,5
	6	1
	8	1
	10	1
	12	1
	>12	1

## 9 PREVISÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA

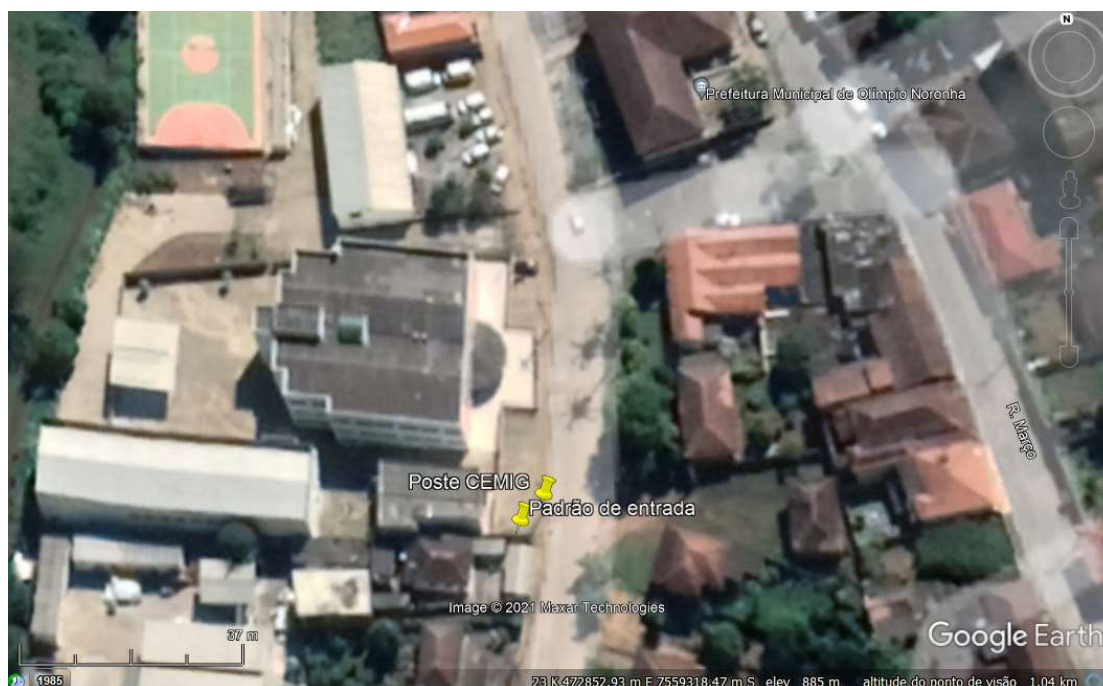
O sistema fotovoltaico com uma potência pico de 69,96kWp funcionará durante todo o dia (do nascer ao pôr do sol). Considerando a irradiação solar (I) de Itajubá como  $I = 4,79 \text{ kWh/m}^2.\text{dia}$  e 25% de perdas, a estimativa da energia gerada será:

**Tabela 1** - Geração de energia do sistema a ser instalado

Geração de energia diária	252,07kwh
Geração de energia mensal	7552 kwh
Geração de energia anual	90626 kwh

## 10 PLANTA DE SITUAÇÃO COM INDICAÇÃO DO PADRÃO DE ENTRADA DE ENERGIA

Segue abaixo a planta de situação com as indicações do poste onde se localiza o padrão de medição de entrada, o poste da CEMIG com as respectivas coordenadas geográficas. E a indicação onde vai ficar a usina de geração que será instalada no telhado.



**Figura 3** - Planta de situação com o ponto do medidor padrão e o poste de derivação da CEMIG.

Coordenadas geográficas em UTM:

### **Poste de derivação CEMIG**

[23k, 472809.54 m E, 7559323.75 m S]

### **Medição do cliente**

[23k, 472805.00 m E, 7559319.00 m S]

Na Figura 4 consta a disposição das 132 placas solares no telhado da Escola Municipal Virgílio Alves Pereira. Os inversores e quadro de rotação AC serão instalados em uma sala com ventilação e próximo ao quadro geral.

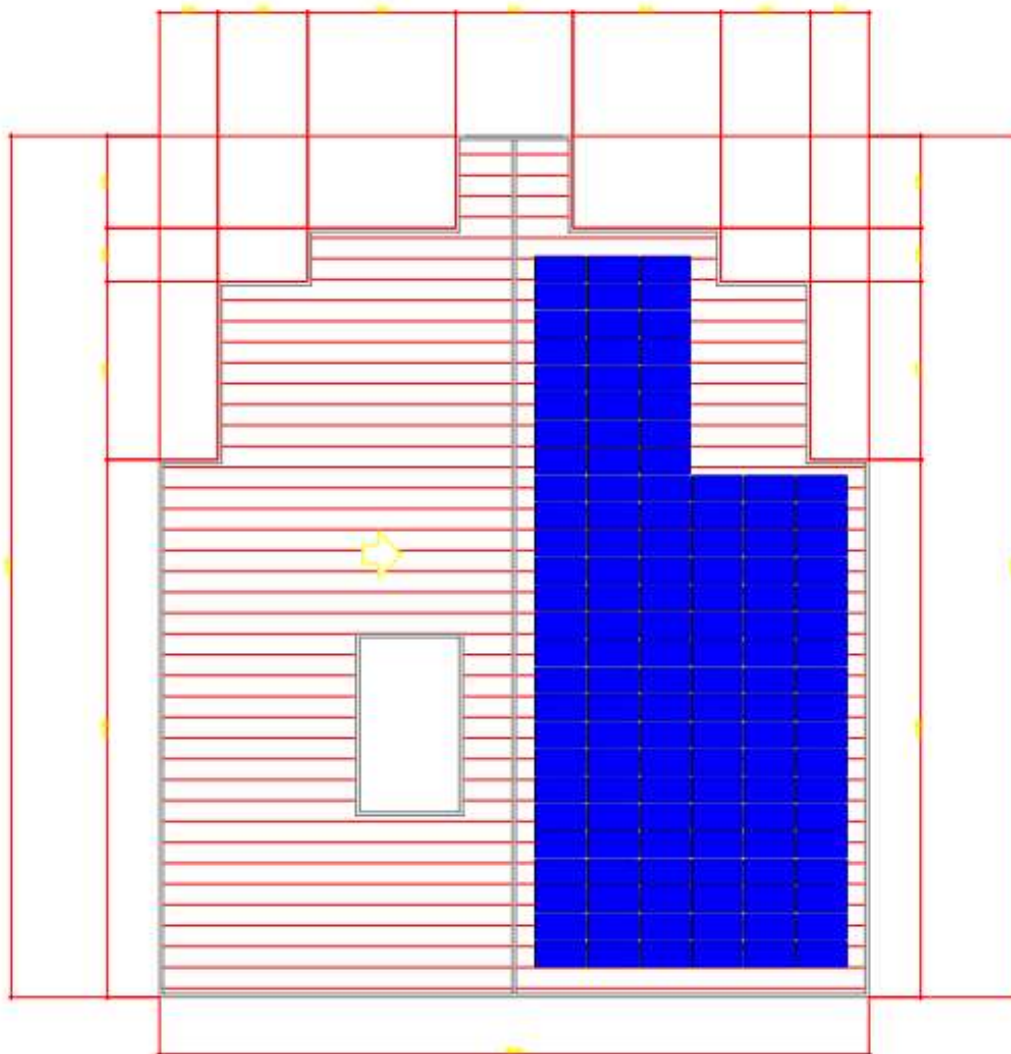


Figura 4 – Disposição das placas

*Monalisa*

Responsável Técnico: Monalisa Poliana Felipe

CREA 1420301489/MG