

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA SOLAR OFF GRID EM UMA RESIDÊNCIA RURAL

Data de aceite: 03/07/2023

Elielton Christiano de Oliveira Metz

Faculdade Uniamérica Descomplica
Foz do Iguaçu – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/9176061167363501>

Julio Correia

Faculdade Uniamérica Descomplica
Foz do Iguaçu – Paraná

Luciana Paro Scarin Freitas

Faculdade Uniamérica Descomplica
Foz do Iguaçu – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/2554057558293125>

RESUMO: Os sistemas off-grid são comumente utilizados em áreas remotas, rurais ou em locais onde o acesso à rede elétrica é limitado ou inviável. Eles podem ser usados para fornecer eletricidade em residências, fazendas, escolas, hospitais, estações de telecomunicações e outras instalações que requerem energia. Sistema de armazenamento de energia: Normalmente, são utilizadas baterias para armazenar o excesso de energia gerada durante os períodos de alta geração (como durante o dia, em caso de energia solar) e fornecer eletricidade durante os períodos de baixa geração (como à noite ou em

dias nublados). As baterias garantem um fornecimento contínuo de energia quando a geração não é suficiente. Demonstrar a viabilidade da aplicação de um sistema de aterramento em uma residência. Apresentar um projeto de dimensionamento de instalação de aterramento seguindo a demanda de consumo do cliente. Desenvolver o projeto de instalações, elaborar um memorial de cálculo para determinar a demanda, aterramento e os cabos que serão utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema solar, Off Grid, Aterramento

IMPLEMENTATION OF NA OFF GRID SOLAR SYSTEM IN A RURAL RESIDENCE

ABSTRACT: Off-grid systems are commonly used in remote, rural areas or in places where access to the electrical grid is limited or unfeasible. They can be used to supply electricity in homes, farms, schools, hospitals, telecommunications stations and other facilities that require power. Energy storage system: Typically, batteries are used to store excess energy generated during peak generation periods (such as during the day in the case of solar power) and to supply electricity during low

generation periods (such as at night or on cloudy days). Batteries ensure a continuous supply of energy when generation is not enough. Demonstrate the feasibility of applying a grounding system in a residence. Present a grounding installation sizing project following the customer's consumption demand.

Develop the installation project, prepare a calculation memorial to determine the demand, grounding and cables that will be used.

KEYWORDS: Solar system, Off Grid, Grounding.

INTRODUÇÃO

Primordialmente, o aterramento é um sistema que consiste no direcionamento de possíveis correntes de fuga para a terra. Tal direcionamento é feito através da conexão das instalações elétricas a um componente condutor. Este, por sua vez, é responsável por dispersar a corrente para a Terra.

A energia solar fotovoltaica é obtida por meio da conversão direta da luz em eletricidade, causada pelo “efeito fotovoltaico”, fenômeno descoberto por Edmond Becquerel em 1839, o qual é definido como sendo o estabelecimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor quando exposto à luz visível. O sistema responsável por essa conversão é denominado de “célula fotovoltaica”. Para aumentar os níveis de tensão e corrente, várias células fotovoltaicas são conectadas em associações série-paralelo, constituindo um conjunto denominado de “módulo fotovoltaico”. A associação de vários módulos resulta no “painel fotovoltaico”, que constitui a unidade fundamental de um sistema fotovoltaico (CRESESB-CEPEL, 2014).

Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFVI): também denominados de sistemas *off-grid*, caracterizam-se por não se conectarem à rede elétrica, sendo geralmente construídos com um propósito local e particular, visando atender um consumo de energia elétrica específico. Em vista disso, a estimativa da demanda energética deve ser bem estimada (CRESESB-CEPEL, 2014).

Os SFVI típicos são constituídos pelo bloco gerador, que contém os módulos fotovoltaicos, o cabeamento elétrico que os interliga e a estrutura de suporte; bloco de condicionamento de potência, que contém o inversor, o controlador de carga e os dispositivos de proteção/supervisão/controlar; bloco de armazenamento, constituído pelos acumuladores elétricos e/ou outras formas de armazenamento. Esse bloco é imprescindível, visto que é responsável por atender a demanda de energia elétrica nos períodos quando a geração é nula ou insuficiente. Apesar da larga oferta no mercado, a bateria eletroquímica ainda é o dispositivo mais utilizado.

Para os cálculos e levantamentos pertinentes ao projeto foi utilizado as informações técnicas dos equipamentos e as informações referente ao seu local de aplicação. Através dessas informações é possível calcular de forma precisa os equipamentos necessários para o desenvolvimento do projeto geração de energia a partir de placas fotovoltaicas em

modo OFF-GRID.

Para a elaboração do projeto em 3D foi utilizado a plataforma online “Solar Edge”.

O presente projeto tem como o objetivo principal solucionar o problema de falta de energia elétrica sofrido pelos integrantes da família em uma residência.

REVISÃO DE LITERATURA

Ao planejar um sistema off-grid, é necessário dimensionar corretamente a capacidade dos componentes de geração, armazenamento e controle para atender às demandas de energia da instalação. É importante considerar o consumo de energia, a disponibilidade e confiabilidade das fontes de energia renováveis, bem como as características de carga específicas do local

Fatura de seu consumo mensal.

Histórico de Consumo e Pagamento			
Mês	kWh	Dt.Pgto.	Valor
10/2021	1149	16/11/2021	784,66
09/2021	1616	13/10/2021	1.061,40
08/2021	1134	13/09/2021	704,17
07/2021	1004	13/08/2021	589,95
06/2021	1030	13/07/2021	511,89
05/2021	879	14/06/2021	416,56
04/2021	757	13/05/2021	346,09
03/2021	456	13/04/2021	210,44
02/2021	467	15/03/2021	216,41
01/2021	484	17/02/2021	235,55
12/2020	556	13/01/2021	270,70
11/2020	533	14/12/2020	236,14

FIGURA 1 (índice de consumo dos 12 meses)

Taxa de eficiência de irradiação solar

ÂNGULO	INCLINAÇÃO	IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MÉDIA MENSAL (kWh/m ² .dia)													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Med	Delta
Plano Horizontal	0° N	6,2	5,75	5,17	4,19	3,26	2,87	3,09	4,09	4,31	5,23	6,02	6,41	4,72	3,54
Ângulo igual a latitude	25° N	5,56	5,49	5,38	4,84	4,11	3,79	4	4,94	4,63	5,13	5,49	5,65	4,92	1,87
Maior média anual	20° N	5,75	5,6	5,4	4,76	3,99	3,64	3,86	4,82	4,62	5,2	5,65	5,86	4,93	2,22
Maior mínimo mensal	45° N	4,6	4,78	5,01	4,86	4,37	4,13	4,31	5,11	4,43	4,56	4,6	436	4,61	0,98

Figura 2 (Irradiação solar diária média mensal da UFCG)

Considerando que o local de instalação é uma área rural, as placas fotovoltaicas irão ficar em campo aberto aproveitando o máximo da luz solar diária sem intervenção de sombras.

DIMENSIONAMENTO DAS PLACAS

Para o dimensionamento das placas fotovoltaicas foi considerado que o sistema será totalmente autônomo, ou seja, não será conectado à rede da concessionária.

Foi levado em conta somente os três últimos meses a pedido do cliente pois antes não havia consumo real.

Consumo:

$$Demanda = \frac{ConsumoMes\ 8 + ConsumoMes9 + ConsumoMes10}{3}$$

$$Demanda = \frac{1134 + 1616 + 1149}{3}$$

$$Demanda = 1299,66 = 1300\text{kWh/mês}$$

Para este consumo foi realizado um memorial de cálculo da seguinte maneira.

Potência da placa = 550W

Irradiação média = 4.93

Perca = 20%

$$CalcDia = 550 * 4.93 * 0.8 = 2.16\text{kWh} / dia$$

$$CalcMes = 2.1692 * 30 = 65,07\text{kW} / \text{mês}$$

$$Total\ de\ placas = \frac{Consumo}{CalcMes}$$

$$ttpl = \frac{1300000}{65076} = 19,97 = 20\ placas$$

Para o sistema seria necessárias 20 placas para suprir a demanda anual e uma redução considerável na conta de energia elétrica, porém o sistema solicitado pelo cliente é um sistema que é desintegrado da rede assim tendo que considerar o mês que menos gera energia ser superior a media dos 03 meses calculados somando com o carregamento das baterias no período diurno.

Considerando o pior mês foi dimensionado 30 placas fotovoltaicas de 550W cada uma.

Potência da placa = 550W

Irradiação média = 3.64

Perca = 20%

$$CalcDia = 550 * 3.64 * 0.8 = 1,60\text{kWh} / dia$$

$$CalcMes = 2.1692 * 30 = 48,04\text{kW} / \text{mês}$$

$$Geração = 30 * 48,04 = 1441,4\text{kWh} / \text{mês}$$

Então contudo foi dimensionado 30 Placas fotovoltaicas de 550w

As ligações das placas foram da seguinte maneira:

4 Agrupamentos sendo:

1 e 3: 9 painéis ligados, 3 placas em serie ligadas com 3 ramificações em paralelo, totalizando 120VCC e 39 A.

2 e 4: 6 painéis ligados, 3 placas em serie ligadas com 2 ramificações em paralelo, totalizando 80V e 26 A.

Para este projeto foi dimensionado 04 controladores MPPT's de 40 A ajustado em 48V

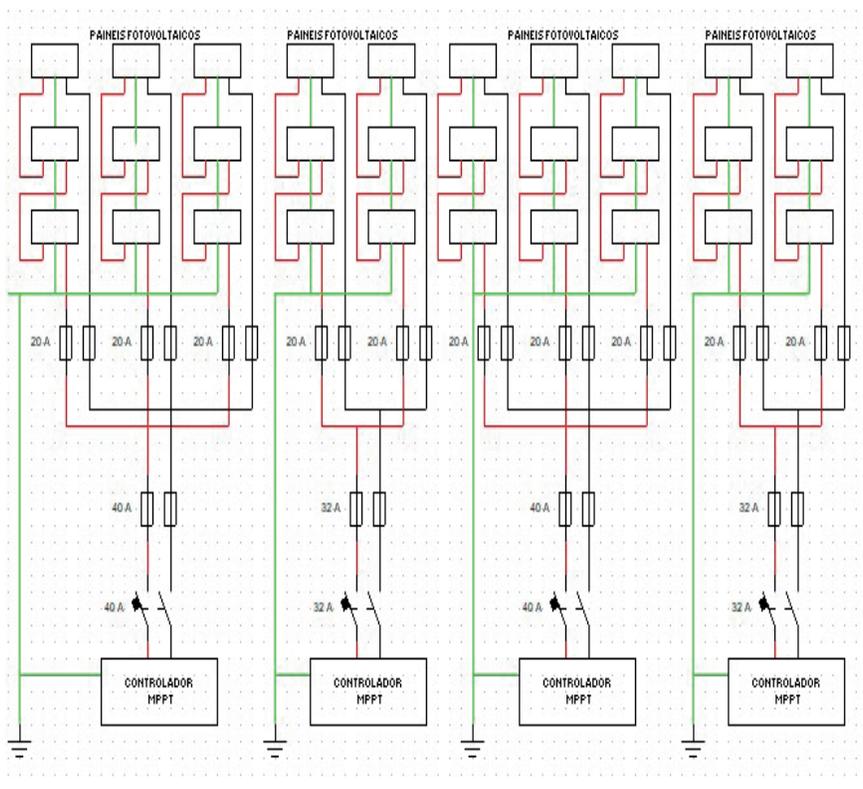


FIGURA 3 (painéis fotovoltaicos CadeSimu)

DIMENSIONAMENTO DAS BATERIAS E INVERSORES

Para esse sistema foi dimensionado um banco de baterias com autonomia de 12 horas.

$$\text{Consumo Diário} = \frac{1300 (\text{consumo mensal})}{30 (\text{dias})} = 43,33\text{kW}$$

$$\text{Consumo em kWp} = \frac{43,33 (\text{consumo diario})}{4,93 (\text{Irrad média}) * 0.8 (\text{percas})} = 10,99\text{kWp}$$

$$\text{Corrente no controlador} = \frac{10,99(\text{kWp})}{48 (\text{tensão do banco de baterias})} = 228\text{A}$$

$$\text{Corrente total dos bancos} = \left(\frac{228}{0,7(\text{descarga profunda})} \right) * 12\text{h} = 3909\text{A}$$

$$\text{Total de baterias} = \frac{3909}{220\text{Ah} (\text{modelo da bateria})} = 18 \text{ baterias}$$

Para que seja possível a instalação de 5 bancos de baterias é necessária o acréscimo de 02 baterias extras para fazer as ligações e cada banco ter 48v.

$$It = 20 * 220 = 4400\text{Ah}$$

Dimensionado 5 bancos de baterias com 04 baterias em serie em cada totalizando 48V e 220A

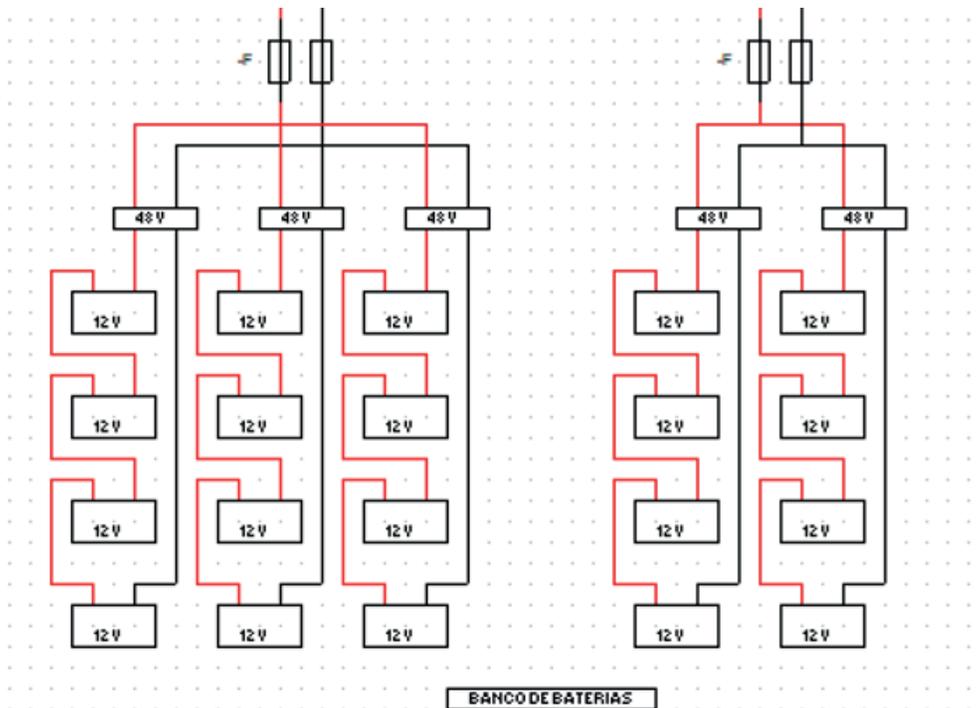


FIGURA 4 (banco de baterias CadeSimu)

Para o dimensionamento dos inversores foi multiplicado a potência das placas pela quantidade assim foi dimensionado 02 inversores de 10KVA cada.

6.7 Sistema de armazenamento. Para estimar a quantidade de energia a ser armazenada e o número de baterias que irá compor o banco, informações quanto ao consumo de energia em Ah/mês e capacidade do banco de baterias são requeridas, as quais foram obtidos considerando as especificações abaixo

Tipo de bateria a ser utilizado:	chumbo-ácido;
Eficiência da bateria:	90%;
Profundidade de descarga diária:	50%;
Autonomia do sistema sem recarga:	12 horas;
Quantidade de energia fornecida:	650 kWh/mês;
Temperatura média local:	30°C;
Tensão do banco de baterias:	48 V.

CIRCUITO COMPLETO DO SISTEMA

Circuito começa pela geração nas placas fotovoltaicas que ligadas em ramais, passando pelas strings de proteção, mandam tensão para os controladores que se encarregam de estabilizar a tensão em 48V

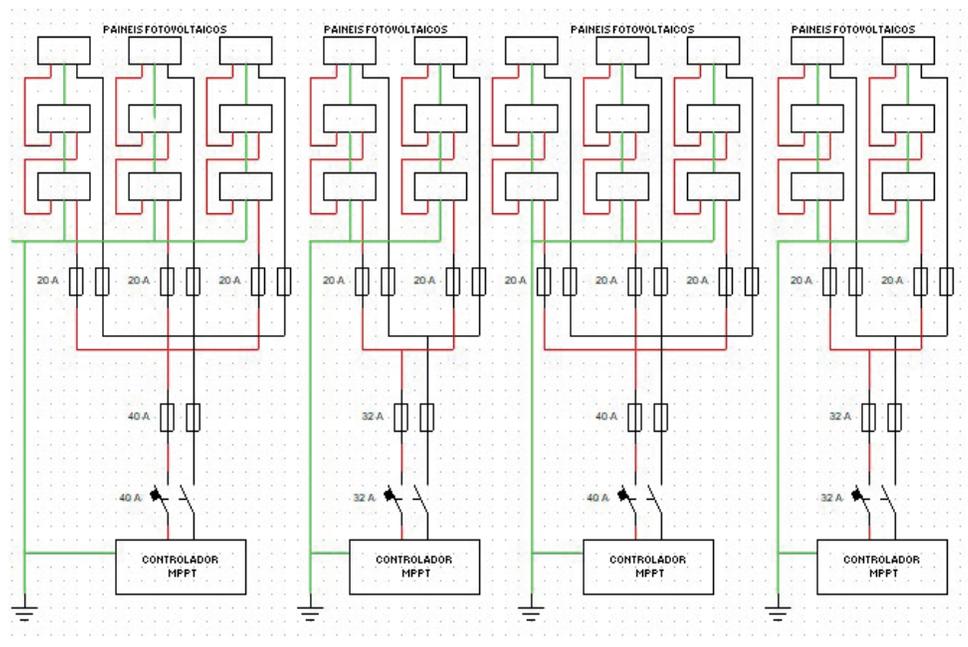


FIGURA 5 (painéis fotovoltaicos CadeSimu)

Já os bancos de bateria são ligados em paralelo com as placas para a garantia de fornecimento em horários de não-geração.

Assim seguindo do controlador e já estabilizado a tensão é destinada aos inversores no nosso caso são 02 de 10KVA que se encarrega de fornecer energia elétrica para a residência.

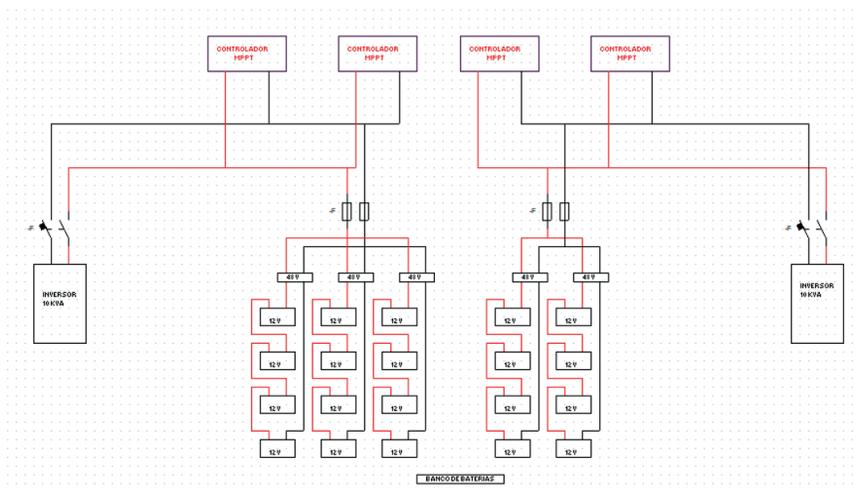


FIGURA 6 (banco de baterias CadeSimu)

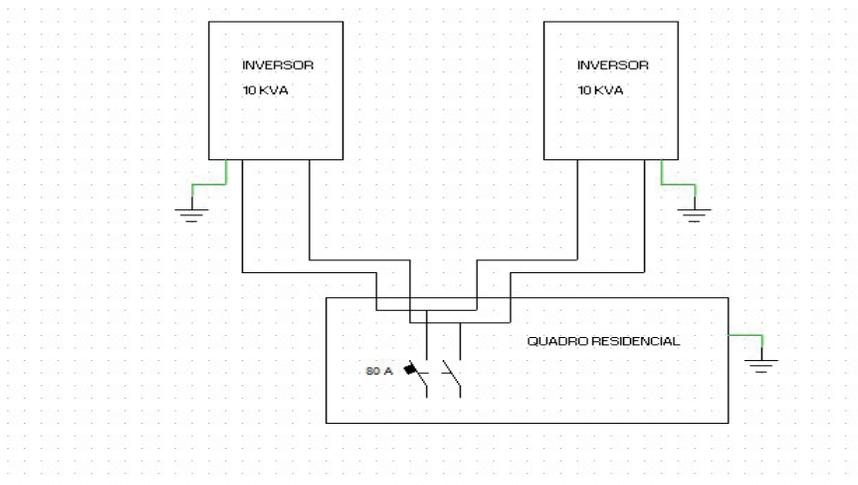


FIGURA 7 (quadro de carga CadeSimu)

LISTA DE MATERIAIS

MATERIAL	QUANTIDADE	PREÇO EM REAIS
Inversor 10Kva SPF10KTHVM	02	23.956,77
CONTROLADOR MPPT 40A 48V	04	4.396,00
PLACAS SOLARES 550W sunova	30	29.940,00
BATERIA 12V 220Ah MOURA	20	33.180,00
PAR CONECTOR MC4 TIPO Y 3VIAS	02	141,98
INVERSOR DE FREQUENCIA DANFOSS VLT HVAC BASIC DRIVE FC 101	17	423,30
CABO FLEXIVEL 6mm ² PRETO	150M	1.093,50
CABO FLEXIVEL 6mm ² VERMELHO	50M	364,50
CABO FLEXIVEL 10mm ² PRETO	50M	349,00
CABO FLEXIVEL 10mm ² VERMELHO	50M	349,00
CABO FLEXIVEL 6mm ² AZUL	100M	546,75
CABO FLEXIVEL 16mm ² VERDE	100M	546,75
ESTRUTURA SOLO 6 MODULOS -3,45mm	2	5.845,00
ESTRUTURA SOLO 9 MODULOS -3,45mm	2	8.767,50
KIT CONTRAVAMENTOS ESTRUTURA SOLO	2	424,60
TOTAL = R\$ 110.324,65		

RETORNO FINANCEIRO

Por se tratar de um sistema off grid o retorno financeiro é baseado no valor total do projeto dividido pela média mensal de custo que o cliente desembolsava todos os meses pagando energia + taxas para concessionaria.

Sendo assim o custo efetivo do projeto ficou em:

R\$ 122.054,65 / 850,07 (valor médio 3 meses) = 143,58 \approx 144 meses = 12 Anos

Mas levando em consideração os benefícios por ele instalado, terá um retorno além de financeiro e econômico, também um conforto pessoal.

Considerando um período de manutenção dos equipamentos comece dentro dos primeiros 15 anos até o cliente pagar o projeto não terá de se preocupar com gastos programados de manutenção do sistema.

Ao fim desse prazo terá somente gasto com manutenção, não obtendo mais dívidas, com consumo de energia da companhia responsável

ANÁLISE DE PERDAS

Para esse sistema foi analisado uma estimativa de perda de captação de reflexo solar.

levando em consideração os fatores:

Sombreamento: O sombreamento afeta o desempenho dos sistemas fotovoltaicos em vários aspectos. Módulos parcialmente sombreados são propícios para formação de pontos quentes, devido à iluminação não uniforme sobre as células, onde a potência gerada acaba sendo dissipada nas células sombreadas, por onde flui uma corrente reversa relativamente alta, causando aquecimento do módulo de forma que o material da célula possa se danificar

Curvas de corrente versus tensão de módulos fotovoltaicos sem sombreamento (esquerda) e com sombreamento parcial (direita)

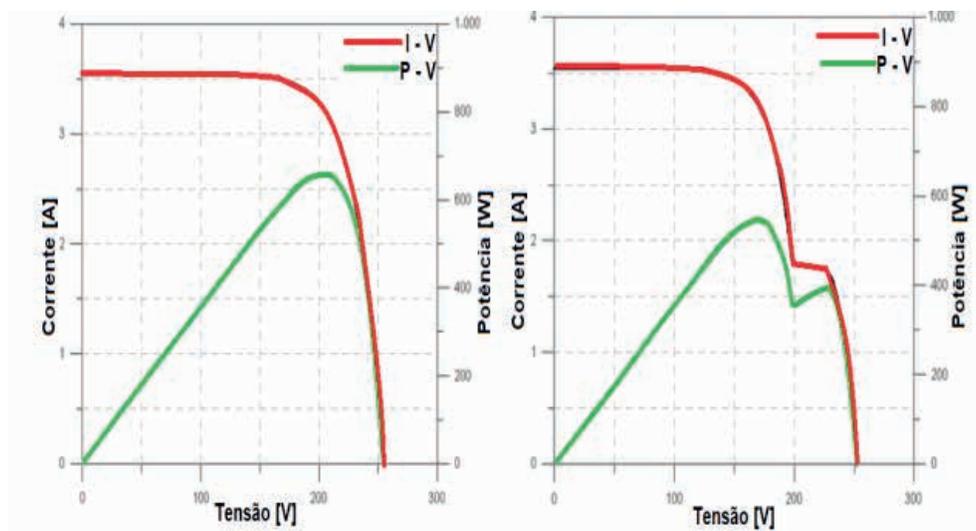


FIGURA 8 (gráfico de efeito da temperatura)

Temperatura: A temperatura do módulo é um parâmetro que tem grande influência no comportamento de um sistema fotovoltaico, pois altera a eficiência do sistema e a energia gerada.

Corrente versus tensão de um módulo fotovoltaico para diferentes temperaturas

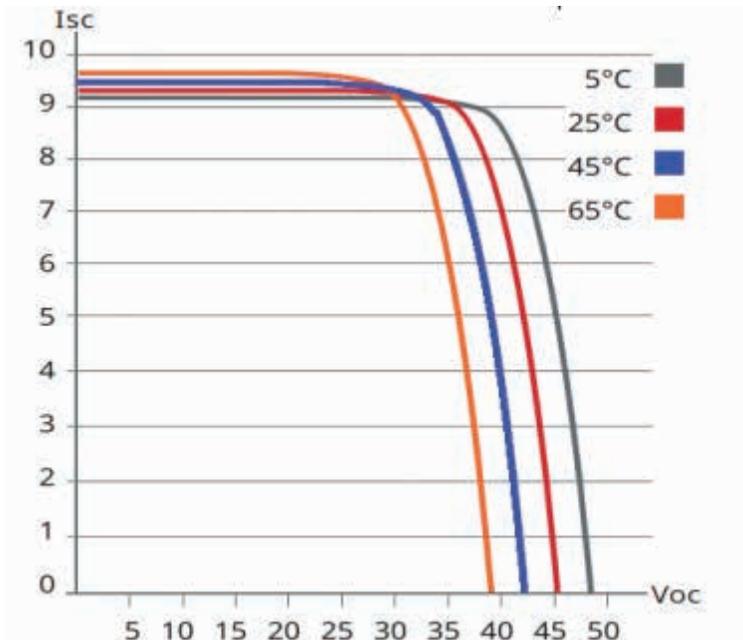


Figura 9 (gráfico efeito temperatura)

Perdas ôhmicas no cabeamento cc: As perdas são geralmente mais altas do lado CC, pelo trajeto geralmente ser mais longo, por serem instaladas conexões, chaves e dispositivos de proteção, contribuindo com o aquecimento e ocorrência do efeito Joule.

Perdas na fiação elétrica por efeito Joule

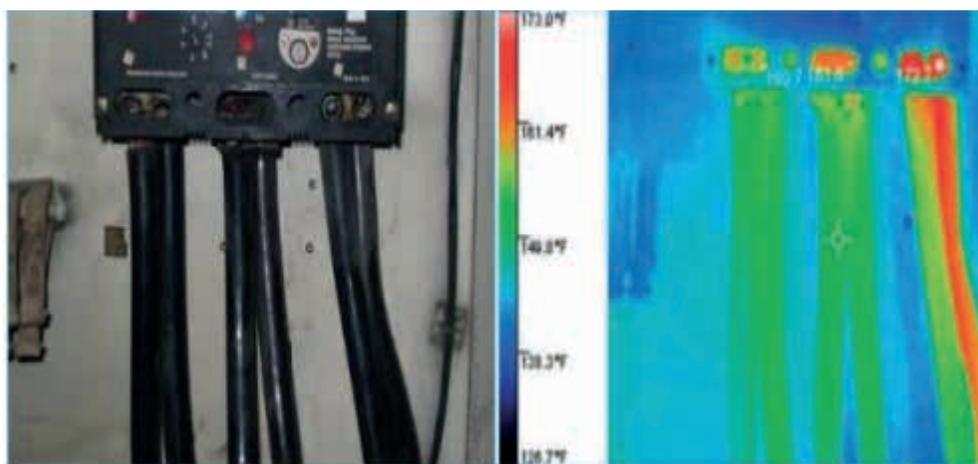


Figura 10 (fonte FLUKE, 2019)

Perdas por eficiência dos inversores: A eficiência de conversão é uma medida das perdas durante a conversão de CC para CA. A eficiência de conversão é definida como a

relação entre o componente fundamental da saída de energia CA do inversor, dividido pela entrada de energia CC.

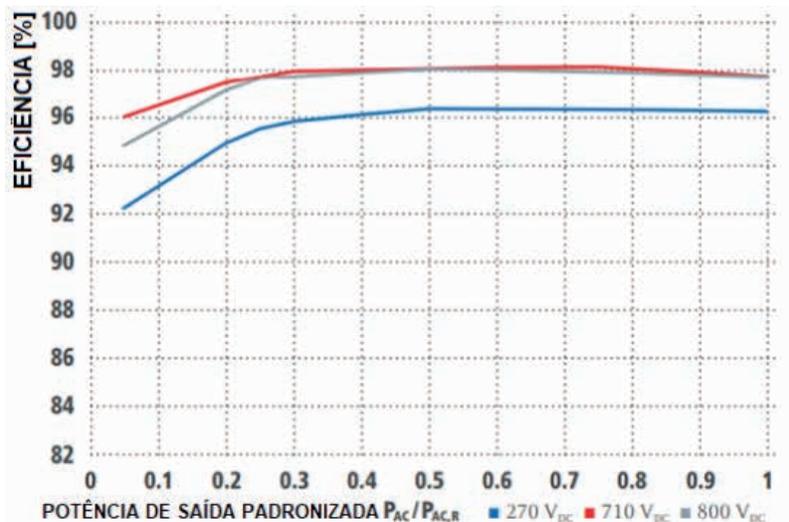


Figura 11 (gráfico efeito temperatura)

INSTALAÇÃO

A instalação do sistema empregado na propriedade do cliente ficaria da seguinte maneira:



Figura 12 (Figura gerada no app SolarEdge)

Para a inclinação orientada foi adotado as seguintes dimensões:

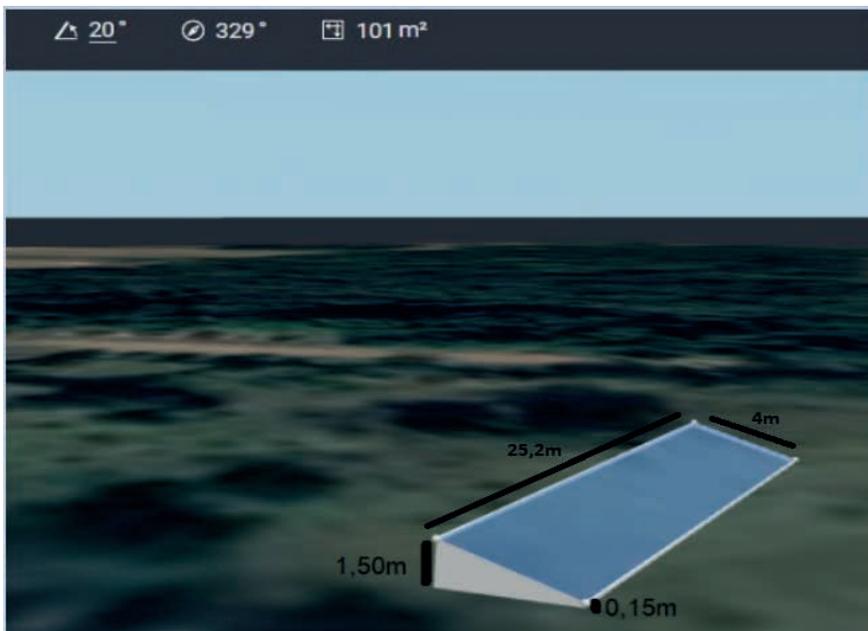


Figura 13 (Figura gerada no app SolarEdge)

Irradiação projetada em amarelo e as 30 Placas Solares

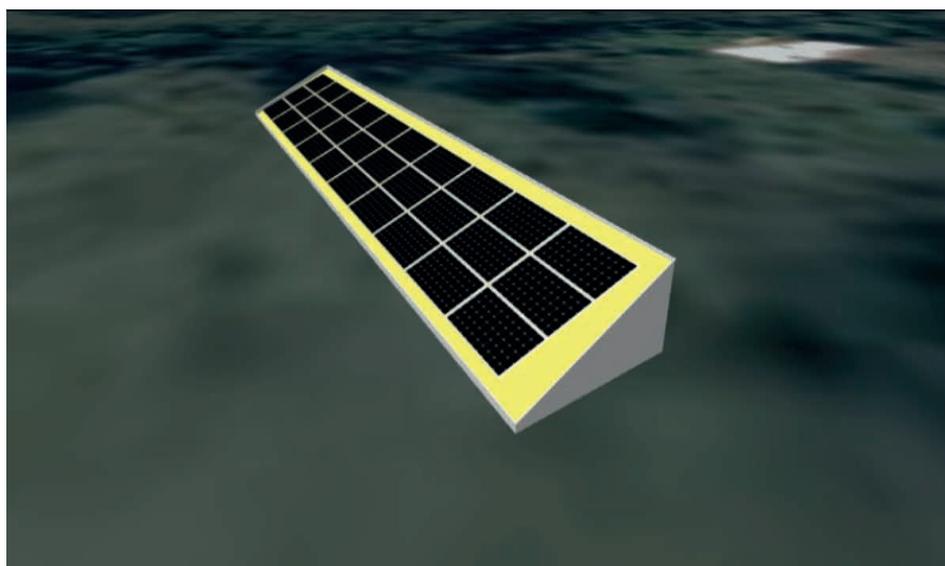


Figura 14 (Figura gerada no app SolarEdge)

CONCLUSÃO

O processo de execução do projeto apresentado neste trabalho demonstrou a importância crescente dos sistemas fotovoltaicos como fonte de geração distribuída, e em particular, a importância da etapa de dimensionamentos para o êxito desse tipo de sistema, seja do ponto de vista técnico ou econômico.

REFERÊNCIAS

CRESESB-CEPEL, 2014. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. Edição Revisada e Atualizada. Rio de Janeiro.

SOLAREEDGE-Technologies Inc., 2022.