



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

RODRIGO GUIMARÃES DA SILVA

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso

Análise da Viabilidade Técnica e Econômica de Implantação de uma Usina Solar em Solo: Estudo de Caso

CAMPINA GRANDE - PB
NOVEMBRO DE 2023

RODRIGO GUIMARÃES DA SILVA

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO
DE UMA USINA SOLAR EM SOLO: ESTUDO DE CASO

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Pablo Bezerra Vilar.

Professor Orientador

RODRIGO GUIMARÃES DA SILVA

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO
DE UMA USINA SOLAR EM SOLO: ESTUDO DE CASO

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em 20/11/2023.

Roberto Silva de Siqueira

Universidade Federal de Campina Grande

Professor Convidado

Pablo Bezerra Vilar, D.Sc

Universidade Federal de Campina Grande

Professor Orientador

Dedico este trabalho à Deus, minha família, amigos, professores e a todos que contribuíram de forma direta e indireta para essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Aderaldo e Vera pela educação que me deram e apoio incondicional em todas as situações e pelo amor e carinho dedicado.

À minha irmã, Jéssica, por todo o apoio e incentivo que me foi dado, como também todo restante da família.

À minha namorada Nicole, por estar sempre ao meu lado me apoiando e incentivando nos momentos difíceis e decisivos em minha vida.

A todos os meus amigos, em especial àqueles que estiveram juntos comigo ao decorrer do curso, em especial o Samuel Vinícius pela amizade e parceria de sempre nos estudos, no trabalho e na vida, ao Pedro Henrique, Daniel Costa e Elison Araújo por todo o apoio e amizade ao longo de todos esses anos. A jornada foi longa e muito prazerosa, o apoio de todos vocês foram fundamentais para mim.

A SollarEco Energia por ter me proporcionado grandes experiências dentro da empresa e ao qual tenho orgulho em fazer parte, além de ter contribuído e que vem continuamente contribuindo pelo meu crescimento tanto pessoal como profissional.

Ao professor Pablo Bezerra Vilar pela disponibilidade e incentivo à realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica pela presteza e carinho dedicados aos alunos.

Finalmente, a todos que direta ou indiretamente participam da minha vida. Minha vida foi construída com ajuda de todos que já passaram por mim. Colho cada experiência com muito carinho.

*“Sorte é o que acontece quando a
preparação encontra a oportunidade”.*

Sêneca

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema fotovoltaico em solo de 117,70 kWp conectado à rede de distribuição da concessionária local, com o objetivo de amortizar 14 contas de energia do proprietário. A usina fica localizada no município de Pilar-PB. Para tanto, foi analisado todo o processo de construção da usina desde a análise de viabilidade de instalação no local, bem como na montagem de uma subestação de 75 KVA até o processo de ligação com a concessionária local. Foi analisado o acompanhamento da geração de energia e amortização nas contas de energia dos empreendimentos do proprietário, de forma a possibilitar análise comparativa dos cenários de consumo, geração, compensação, redução mensal no faturamento e tempo de retorno do investimento. Além de reduzir custos e de apresentar viabilidade econômica e financeira para os empreendimentos analisados, a energia solar gerará benefícios também ao meio ambiente, pois é uma fonte limpa e sustentável.

Palavras-chave: Viabilidade técnica e econômica, Energia Solar, Geração de Energia.

ABSTRACT

The present work aims to analyze the technical and economic feasibility of implementing a 117.70 kWp ground photovoltaic system connected to the local utility's distribution network, with the aim of amortizing the owner's 14 energy bills. The plant is located in the municipality of Pilar-PB. To this end, the entire construction process of the plant was analyzed, from the feasibility analysis of installation on site, as well as the assembly of a 75 KVA substation to the connection process with the local concessionaire. The monitoring of energy generation and amortization in the energy bills of the owner's projects was analyzed, in order to enable comparative analysis of consumption scenarios, generation, compensation, monthly reduction in billing and return on investment time. In addition to reducing costs and presenting economic and financial viability for the projects analyzed, solar energy will also generate benefits for the environment, as it is a clean and sustainable source.

Keywords: Technical and economic viability, Solar Energy, Energy Generation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Matriz Elétrica Brasileira em 2021.	16
Figura 2: Demonstração de um Sistema Fotovoltaico Off-grid.	18
Figura 3: Demonstração de um Sistema Fotovoltaico Híbrido	19
Figura 4: Demonstração de um Sistema Fotovoltaico On-grid	20
Figura 5: Módulo Monocristalino e Policristalino.	22
Figura 6: Caixa de Inversor Trifásico Solis 5G 380V 75 kW.	24
Figura 7: Diagrama de Montagem.....	24
Figura 8: <i>String Box</i> CC Clamper Solar SB 3E/3S.	26
Figura 9: <i>String Box</i> CA Trifásica.....	26
Figura 10: Área para Implementação da Usina.	29
Figura 11: Área Escolhida Bastante Acidentada	29
Figura 12: Vista do local pelo <i>Google Maps</i>	31
Figura 13: Irradiação Média em Pilar-PB	32
Figura 14: Lista de Unidades Consumidoras Beneficiárias.	33
Figura 15: Estimativa de Consumo vs. Geração mês a mês.	35
Figura 16: Ficha Técnica do Inversor Solis 75 KW 5G 380V.	38
Figura 17: Monitoramento da Geração de um Sistema Fotovoltaico.	39
Figura 18: Curvas de potência de um inversor fotovoltaico com e sem <i>oversizing</i>	40
Figura 19: Estrutura de Fixação em Solo.	41
Figura 20: Estrutura de Fixação em Solo.	41
Figura 21: Estrutura de fixação em Solo.	42
Figura 22: Regulagem da Angulação da Estrutura de Fixação em Solo.	42
Figura 23: Processo de Terraplanagem da Área Escolhida.	43
Figura 24: Terraplanagem Concluída.	44
Figura 25: Desenho do Projeto da Subestação de 75 KVA.....	45
Figura 26: Montagem Subestação 75 KVA.....	46
Figura 27: Montagem Subestação 75 KVA.....	46
Figura 28: Preparação da Barreira de Contenção da Usina.	47
Figura 29: Pontos de Escoamento da Usina.	48
Figura 30: Manilhas para Passagem do Maior Fluxo de Água.....	48
Figura 31: Construção de Abrigo do Inversor e Fundações.	49

Figura 32: Preparo das Fundações.....	50
Figura 33: Mapa de Distribuição das Mesas e <i>Strings</i> no Terreno.....	51
Figura 34: Alinhamento de Mesas.....	52
Figura 35: Passagem de Eletrodutos nas Caixas de Passagem.....	52
Figura 36: Percurso da Calha e Distribuição das Caixas de Passagem	53
Figura 37: Inclinação de 15° para as Mesas.	54
Figura 38: Alocação das Hastes de Aterramento.	55
Figura 39: Teste de Resistência de Aterramento do Solo.....	56
Figura 40: Separação do cabeamento <i>CC</i> das <i>Strings</i>	56
Figura 41: Fechamento dos Circuitos no Inversor.	57
Figura 42: Marcação dos Circuitos.	58
Figura 43: Fechamento do Quadro <i>CA</i>	59
Figura 44: Vedação do Quadro <i>CA</i>	59
Figura 45: Espuma Expansiva para Vedação.	60
Figura 46: Ligação da Usina.	61
Figura 47: Abrigo do Inversor Concluído	61
Figura 48: Imagem Aérea da Usina.....	62
Figura 49: Detalhes da Usina.	62
Figura 50: Monitoramento da Geração em Julho de 2023.	63
Figura 51: Loja 1 Antes da GD	64
Figura 52: Loja 1 Depois da GD.	65
Figura 53: Loja 2 Antes da GD	66
Figura 54: Loja 2 Depois da GD.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custo da Geração de Energia por Fonte (R\$/MWh).....	17
Tabela 2: Marcas de Módulos Fotovoltaicos.....	22
Tabela 3: Fabricantes de Inversores.	25
Tabela 4: Kit Fotovoltaico 117,70 kWp.	36
Tabela 5: Parâmetros dos Módulos.....	36
Tabela 6: Parâmetros do Inversor.	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

FV – Fotovoltaico (a)

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

UC – Unidade Consumidora

GD – Geração Distribuída

DPS – Dispositivos de Proteção Contra Surtos

MPPT – *Maximum Power Tracking*

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

GN – Geração Necessária

CD – Custo de Disponibilidade

PFB – Parafuso Fendido Bimetálico

NDU – Norma de Distribuição Unificada

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Objetivos.....	14
1.2	Estrutura do Trabalho	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Energia Solar Fotovoltaica.....	16
2.2	Sistemas Fotovoltaico Interligado à Rede.....	19
2.3	Módulo Fotovoltaico.....	20
2.4	Inversor Fotovoltaico	23
2.5	<i>String Box</i>	25
2.6	Resolução 482 ANEEL.....	26
2.7	Resolução Normativa N° 687/2015	27
3	USINA FV 117,70 KWP EM PILAR-PB	28
3.1	Análise de Viabilidade Técnica do Local	28
3.2	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico	30
3.3	Início da Montagem da Usina FV de 117,70 kWp	43
3.4	Finalização da Montagem da Usina FV de 117,70 kWp	56
3.5	Comparativo Econômico Antes e Depois da Usina FV.....	63
4	CONCLUSÃO.....	68
	REFERÊNCIAS	69

.....

1 INTRODUÇÃO

A radiação solar são ondas eletromagnéticas emitidas pelo sol, na qual o sol emite ondas em várias frequências, mas a maior parte é encontrada em uma faixa de luz que é visível a olho nu, especificamente a ultravioleta. A importância do estudo da radiação solar em superfície terrestre mostra como podemos aproveitar de maneira correta. O Brasil é um país que tem em abundância a fonte de energia solar, principalmente no Nordeste, podendo ser a solução para o futuro no aumento da demanda de energia do país. Uma das grandes possibilidades é a exploração e implantação de energia elétrica fotovoltaica, que vem crescendo em grande escala nos últimos anos, vindo que é uma fonte de energia limpa e renovável, assim substituindo as fontes poluentes. Hoje já se ver falar muito sobre as micro e mini gerações distribuídas de energia, na qual a energia fotovoltaica se encaixa muito bem, onde em sua residência o cidadão pode gerar a sua própria energia, como uma maneira de solucionar o problema energético com uma fonte de energia limpa e renovável. O sol é abundante no Brasil e, segundo Nakabayashi (2015), as condições para o desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos estão cada vez mais favoráveis, visto que os custos da energia solar fotovoltaica estão caindo, ao passo que os custos da energia elétrica convencional estão aumentando. Desta maneira, esse trabalho, propõem-se um estudo e análise de viabilidade para implantação de uma usina solar fotovoltaica, localizada em uma fazenda no município de Pilar, na Paraíba. Tendo como base a construção de uma usina fotovoltaica em solo de 117,70 kWp de potência para este estudo. A usina tem sua produção estimada por ano em 182.000 KW/h, essa produção gera cerca de R\$ 140 mil médio em economia anual para o cliente.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade de implantação de uma usina solar na região rural do município de Pilar-PB.

Os objetivos específicos e de caráter técnico são:

- Realizar estudo comparativo de antes e após a implementação da usina;
- Mostrar processo de montagem da subestação própria de 75 KVA para a usina;
- Apresentar o nível de inclinação das placas solares nos ambientes de aplicação referentes na região para uma maior captação dos raios;
- Mostrar processo de montagem da usina até sua distribuição;
- Parametrização do inversor *on-grid*;

- Comparativo econômico antes e depois da usina FV.

1.2 Estrutura do Trabalho

No capítulo 1 apresenta-se uma breve introdução sobre o panorama da energia solar no Brasil, sobre os objetivos desejados e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 será apresentada a fundamentação teórica e os conceitos importantes para o entendimento do trabalho.

No capítulo 3 serão descritas o estudo de caso e a análise técnica e econômica da usina fotovoltaica de 117,70 kWp em Pilar-PB.

Por fim, no capítulo 4 serão feitas as conclusões sobre o trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

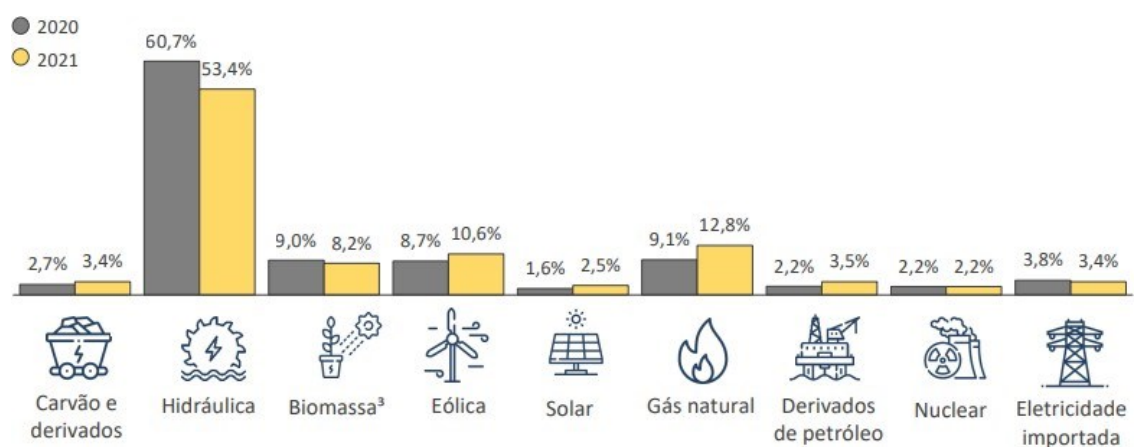
Neste capítulo serão abordados tópicos fundamentais para o entendimento do sistema de energia solar, seus componentes e normas reguladoras.

2.1 Energia Solar Fotovoltaica

O desenvolvimento da sociedade sempre esteve atrelado a fontes de energia, as quais, contemporaneamente nos trazem recorrentes preocupações. O constante aumento populacional ocasiona uma demanda maior de consumo energético, necessitando desta forma de novas fontes geradoras.

No Brasil, segundo o último Balanço Energético Nacional (BEN), publicado pelo Ministério de Minas e Energias do Governo Federal (2022), conforme Figura 1, 53,4% da energia elétrica é produzida por hidroelétricas. Estas, por sua vez, sofrem interferência direta de fatores climáticos, como ocorrido em 2021, quando foi necessário o racionamento de energia devido à falta de chuvas, bem como insuficiente em horários de pico. Tal sistema frequentemente é complementado por usinas termoeletricas, as quais além de serem altamente onerosas também gera mais poluição, conforme pode-se observar por meio do custo de geração. (Tabela 1)

Figura 1: Matriz Elétrica Brasileira em 2021.



Fonte: BEN, 2022.

Tabela 1: Custo da Geração de Energia por Fonte (R\$/MWh).

	Custo Energia Entregue (R\$/MWh)									
	UHE	PCH/CGH	Eólica	Solar	Nuclear	Gás/GNL	Óleo	Diesel	Carvão	Biomassa
2013	168,02	246,00	278,98		218,66	351,70	822,48	946,66	330,30	359,92
2014	172,27	206,11	326,01		212,77	523,88	544,22	896,59	244,30	347,42
2015	215,82	210,95	269,74		227,72	535,08	565,54	1.322,45	240,92	324,91
2016	201,59	260,00	242,26		232,29	483,22	841,75	11.639,70	253,79	314,56
2017	138,30	212,22	226,90		253,17	410,74	908,58	24.807,49	257,93	317,67
2018	157,19	133,13	224,65	403,78	265,52	479,38	2.680,53	24.666,54	371,59	335,48
2019	177,56	231,78	213,42	363,07	240,06	492,07	1.176,30	15.391,16	477,04	330,32
Média	175,82	214,31	254,57	383,43	235,74	468,01	1.077,06	11.381,51	310,84	332,90

Fonte: <https://www.static.poder360.com.br/2021/06/custo-geracao-energia-ABRAPCH-fev2021.pdf>.

Não obstante, grande parte da produção de energia elétrica brasileira advir de fontes renováveis, devido ao aumento populacional e ao grande custo e complexidade da construção de novas hidroelétricas.

Além disso, a poluição causada pelas termoelétricas, a crescente demanda por energia elétrica contraposta a manutenção da oferta, havendo a necessidade de planejamento para o controle nas estimativas de oferta e procura e como sabemos, quando a procura é maior que a oferta a elevação dos preços é a consequência (FRITSCH, 1996).

A produção de energia solar no Brasil, principalmente em regiões de difícil acesso é favorecida pelo seu elevado índice de insolação. É ainda muito vantajoso para o ambiente, tendo em vista que o sol, funcionando como um reator à fusão fornece ao planeta diariamente uma capacidade energética consideravelmente alta e inigualável a qualquer outro sistema, sendo a fonte essencial e imprescindível para quase a totalidade dos sistemas energéticos comumente utilizados pelo homem (MACEDO, 2006).

Assim, é um potencial riquíssimo e que somente nos últimos anos passou a ser explorado, notadamente após a criação do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (Resolução 482/2012 da Aneel) a instituição da Resolução Normativa 687/2015, que, entre outros benefícios, fomenta a compra e a instalação de painéis e outros componentes para micro e miniusinas fotovoltaicas residenciais.

Desta forma, observa-se o grande potencial brasileiro para a produção de energia elétrica através do sistema fotovoltaico, e, considerando o atual panorama, cujos principais aspectos estão destacados como o (a):

Elevados preços da energia elétrica, a perspectiva de incentivos governamentais, a crescente demanda populacional ou industrial, por meio do qual será demonstrado os tipos de sistemas de energia solar, sua instalação, estimativas de custo, retorno, emissão de carbono e sua viabilidade econômica.

Os sistemas de energia solar fotovoltaica, são classificados em 3 diferentes tipos e descritos brevemente abaixo:

- Sistema fotovoltaico interligado à rede – *on-grid*;
- Sistema fotovoltaico isolado à rede – *off-grid*;
- Sistema fotovoltaico com bateria conectado à rede – híbrido;

Sistema fotovoltaico interligado à rede (*on-grid*) são aqueles em que operam paralelamente à rede elétrica, de forma que a mesma possa fornecer energia elétrica quando a geração for inferior ao consumo, como por exemplo durante à noite. Já o sistema fotovoltaico *off-grid*, isolado da rede, como o próprio nome já diz, são sistemas que funcionam de forma autônoma e não conectados à rede elétrica. Estes sistemas armazenam a energia gerada excedente em baterias, a fim de ser utilizada durante à noite ou quando não houver geração, conforme esquema na Figura 2.

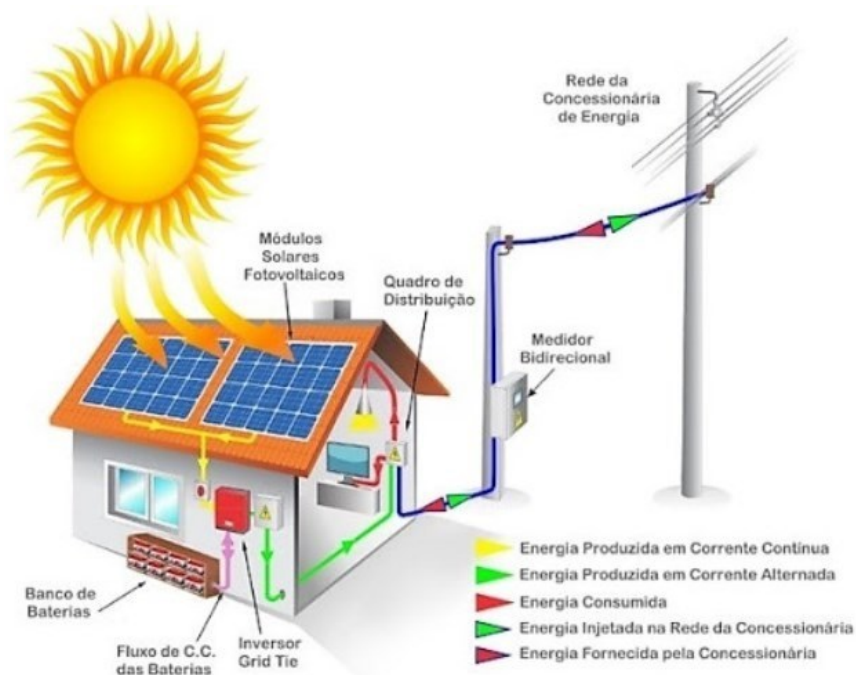
Figura 2: Demonstração de um Sistema Fotovoltaico Off-grid.



Fonte: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>.

Já para o sistema fotovoltaico com bateria conectado à rede (híbrido) consiste na junção desses dos dois modelos (*on-grid* e *off-grid*), o que permite um modelo de geração de energia solar conectado à rede elétrica e ao mesmo tempo integrado a um sistema de armazenamento de energia, o qual pode ser representado conforme Figura 3.

Figura 3: Demonstração de um Sistema Fotovoltaico Híbrido.



Fonte: <https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/sistema-fotovoltaico-hibrido-entenda-o-que-e/>.

Para o estudo analisado deste trabalho, foi trabalhado apenas o caso de sistemas fotovoltaicos interligados à rede da concessionária, cujos componentes essenciais de uma instalação solar fotovoltaica serão detalhados nas próximas seções.

2.2 Sistemas Fotovoltaico Interligado à Rede

O sistema de energia solar *on-grid*, ou sistema fotovoltaico interligado à rede, é o sistema que permanece conectado à rede de distribuição, assim, em momentos em que não há produção de energia, é possível utilizá-la da distribuidora e, em casos de excesso de produção, recebem-se créditos de energia, em que esses créditos podem ser repassados para outras residências no nome do titular ou ficarem guardados para consumo posterior.

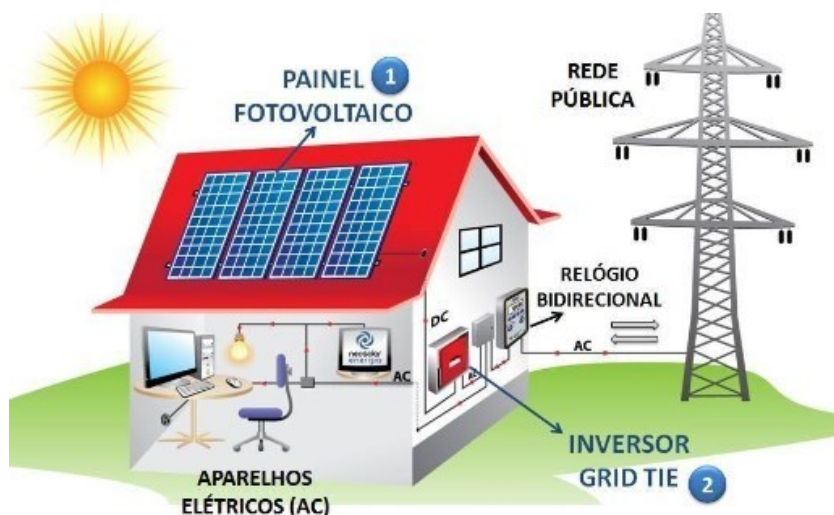
A grande diferença do sistema *on-grid* para o *off-grid* é o que acontece com a energia gerada em excesso: enquanto o sistema *off-grid* armazena a energia em baterias solares, o

sistema on-grid transfere para a rede elétrica, gerando créditos de energia para serem usados posteriormente.

No método de compensação de energia, inerente aos sistemas conectados à rede, são utilizados medidores eletrônicos que contabilizam a quantidade de energia transferida pela instalação à rede de energia.

Logo, com a geração de energia, os consumidores próximos atendidos a mesma concessionária local de geração, podem ser atendidos com a energia excedente, evitando o investimento em infraestrutura na rede (BENEDITO, 2019). A Figura 4 mostra como é feita a configuração da instalação nesse sistema:

Figura 4: Demonstração de um Sistema Fotovoltaico On-grid.



Fonte: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>.

Os sistemas conectados à rede são classificados de acordo com a sua potência instalada, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

- Microgeração: central geradora com potência instalada até 75 kW;
- Minigeração: central geradora com potência instalada acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW.

2.3 Módulo Fotovoltaico

Os módulos fotovoltaicos (FV) são os responsáveis pela captação da radiação solar e transformação em energia elétrica. São considerados o coração do sistema fotovoltaico *On-Grid*. De antemão, eles são dimensionados conforme o consumo de energia do usuário.

Existem no mercado inúmeras variações tecnológicas destes equipamentos, mas o mais utilizado é o de silício cristalino. A parte mais importante em um módulo FV são as células fotovoltaicas. Elas são dispositivos semicondutores, compostas por silício (Si) dopado com fósforo (P) e boro (B), capazes de transformar a radiação solar diretamente em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. (BENEDITO, 2019)

Atualmente no mercado brasileiro, os tipos de módulos mais comuns comercializados são os que possuem células monocristalinas e os que possuem células policristalinas. Ambas possuem como matéria prima o silício (Si); no entanto, a principal diferença é o método de fabricação e manipulação do silício. Os módulos policristalinos são feitos a partir de vários pequenos cristais de silício. Assim estes vários cristais são fundidos e dão origem a grandes blocos e a partir destes blocos são produzidas as células fotovoltaicas. Já os módulos monocristalinos são formados por um bloco único cristalino, mais puro.

De fato, os módulos policristalinos são formados por vários pequenos cristais, as fronteiras presentes entre estes cristais dificultam a passagem de corrente elétrica. Além disso, os módulos policristalinos tender a ter uma eficiência relativamente menor, quando comparados aos módulos policristalinos, devido a menor pureza do polisilício.

De aparência física, os módulos monocristalinos se diferem por terem uma cor homogênea e cantos tipicamente arredondados. Por isso, para muitos, são considerados esteticamente mais agradáveis. Em contrapartida, os policristalinos são geralmente azulados e não tão homogêneos. Na Figura 5 é possível observar a diferença entre a aparência do módulo policristalino (à direita) com 400 W de potência e monocristalino (à esquerda) com 550W de potência.

Figura 5: Módulo Monocristalino e Policristalino.



Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 2 é demonstrada algumas das marcas de módulos fotovoltaicos mais ofertadas pelos fornecedores de equipamentos fotovoltaicos atualmente no mercado brasileiro.

Tabela 2: Marcas de Módulos Fotovoltaicos.

MARCAS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS OFERTADAS POR FORNECEDORES NO MERCADO BRASILEIRO				
MARCA	TIPO	POTÊNCIA (W)	DIMENSÃO (m)	DESCRIÇÃO
JINKO SOLAR	Monocristalina	550	2,27 x 1,13	1
CANADIAN SOLAR	Monocristalina	550	2,26 x 1,13	2
JA SOLAR	Monocristalina	550	2,28 x 1,13	3
RISEN SOLAR	Monocristalina	500	2,22 x 1,10	4
BELENERGY	Monocristalina	550	2,28 x 1,13	5
TRINA SOLAR	Monocristalina	500	2,17 x 1,09	6
SUNERGY	Monocristalina	550	2,28 x 1,13	7

Fonte: Autoria própria.

2.4 Inversor Fotovoltaico

Para converter a energia gerada pelos módulos de corrente contínua para corrente alternada, garantir a segurança do sistema e acompanhar a energia produzida pelos painéis solares utilizamos os inversores.

Os inversores são especificados conforme o tipo de operação, possibilitando assim, a interconexão do sistema fotovoltaico à rede elétrica. Para tal é necessário atender aos requisitos da norma ABNT NBR 16149:2013 (ABNT, 2013b), a qual estabelece parâmetros como: faixa de variação de tensão e frequência, THD, proteção contra ilhamento, fator de potência e entre outros.

Diante disso, a função do inversor de energia é justamente adaptar a energia fotovoltaica a energia da rede e assim integrá-la ao sistema de distribuição. O inversor também tem outras finalidades. Ele regula a tensão e a frequência do sistema, e ainda garante a segurança e o fluxo regular de eletricidade.

Frequentemente, no mercado encontra-se diversos modelos de inversores, os quais devem possuir certificação para serem homologados. Por exemplo, uma das obrigatórias é que este apresente o sistema de ANTI ILHAMENTO, que desliga automaticamente o inversor quando há interrupção no fornecimento de energia da concessionária. Essa característica é fundamental, pois evita que acidentes aconteçam e garante a segurança dos equipamentos e pessoas em geral.

Outra característica importante dos inversores utilizados nos sistemas fotovoltaicos, são a sua componente que auxilia no melhor aproveitamento da energia produzida, o MPPT • *Maximum Power Point Tracking*.

Na Figura 6 é demonstrado a caixa do inversor trifásico Solis 5G 380V de 75 kW.

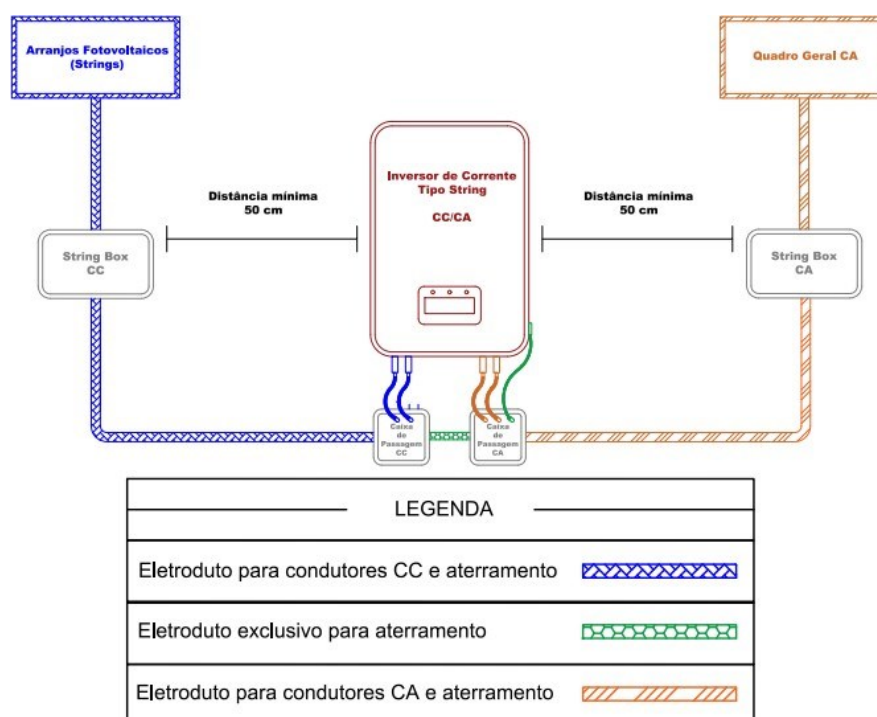
Figura 6: Caixa de Inversor Trifásico Solis 5G 380V 75 kW.



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 7 segue uma demonstração do esquema de ligação das conexões entre inversor fotovoltaico de corrente com os arranjos dos módulos fotovoltaicos e suas proteções, bem como sua alimentação pelo lado de corrente alternada da rede da concessionária.

Figura 7: Diagrama de Montagem.



Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 3 é demonstrada as marcas de inversores fotovoltaicos mais ofertadas por fornecedores de equipamentos fotovoltaicos atualmente no mercado.

Tabela 3: Fabricantes de Inversores.

MARCAS DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS MAIS OFERTADAS POR FORNECEDORES NO MERCADO BRASILEIRO	
FABRICANTE	ORIGEM
SOLIS	CHINA
DEYE	CHINA
GROWATT	CHINA
WEG	BRASIL
FRONIUS	ÁUSTRIA
SOFAR	CHINA
INTELBRAS	BRASIL

Fonte: Autoria própria.

2.5 *String Box*

A *string box* é um equipamento que faz a proteção da parte CC (corrente contínua) da usina e é conectada entre os módulos fotovoltaicos e o inversor. Esse equipamento isola o sistema de produção de energia fotovoltaica, com o propósito de impedir o risco de propagação de acidentes elétricos, como os curtos-circuitos e os surtos elétricos.

Dessa forma, a *String Box* atua sacrificando seus componentes e abre o circuito elétrico em que ela está instalada. Analogamente, ela funciona como os disjuntores de energia dentro do seu quadro de distribuição de circuitos (QDC).

Já os dispositivos de proteção para corrente alternada (CA), ficam entre a saída do inversor e a conexão com o quadro elétrico da unidade consumidora.

Na *string box* CC ficam:

- Proteção de sobrecorrente (fusível ou disjuntor);
- Proteção de sobretensão (DPS específico para energia solar);
- Chave seccionadora (utilizada quando não há outro dispositivo interruptor).

Na *string box* CA temos também:

- Proteção de sobrecorrente (fusível ou disjuntor);
- Proteção de sobretensão (DPS);
- Chave seccionadora (utilizada quando não há outro dispositivo interruptor).

Logo, todos estes elementos devem estar de acordo com as recomendações da NBR 16.690, certificando que os dispositivos CC têm finalidade específica para CC e correspondentemente, àqueles para CA.

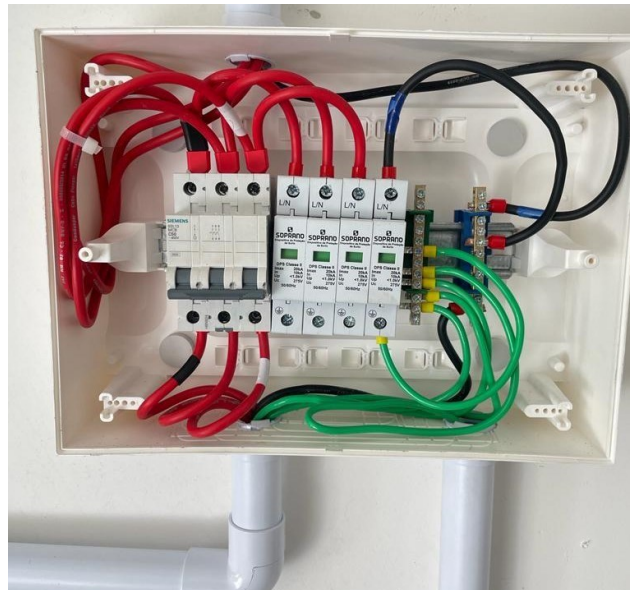
A Figura 8 mostra uma *stringbox* CC e na Figura 9, um outro de CA.

Figura 8: *String Box* CC Clamper Solar SB 3E/3S.



Fonte: Loja Clamper, 2022.

Figura 9: *String Box* CA Trifásica.



Fonte: Autoria própria.

2.6 Resolução 482 ANEEL

Em abril 2012 a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) publicou a REN 482, desde então é permitido que pessoas, física ou jurídica, que tenham uma unidade consumidora de energia elétrica, produzissem sua própria energia a partir de uma micro ou mini usina de

geração. Essa REN foi modificada 3 anos após sua publicação, em novembro de 2015, sendo denominada REN 687, entrando em vigor apenas 4 meses após sua publicação, sendo suas principais mudanças:

- Prazo de aprovação do acesso ao sistema de compensação de energia passou de 82 dias para 34 dias;
- Micro geração antes com um limite de potência instalada inferior ou igual a 100 kW para uma potência instalada inferior ou igual a 75 kW;
- Mini geração antes com um limite potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para uma potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a menor ou igual a 5 MW.
- Possibilitou a criação de consórcios ou cooperativas entre inúmeras unidades consumidoras.

Essas alterações observadas na REN 687 fizeram com que o processo de geração da própria energia se tornasse mais simples e atrativo para o consumidor. Os projetos apresentados neste trabalho apresentam de modo detalhado a viabilidade de um sistema de micro geração, *on-grid*, conectado à rede convencional com energia solar fotovoltaica, baseando-se na REN 482 e sua alteração REN 687.

2.7 Resolução Normativa N° 687/2015

A Resolução Normativa 687/2015 da ANEEL modifica e aprimora o estabelecido na resolução 482 de 2012, que criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, permitindo e regulamentando a instalação de pequenas usinas geradoras de energia elétrica.

Assim, criando incentivos importantes no setor de geração de energia renovável como a possibilidade de gerar créditos, quando quantidade de energia gerada for superior à quantidade de energia consumida, que poderão ser compensados em até sessenta meses, deduzindo da fatura esses créditos quando o consumo for maior do que a geração e caso o consumidor tenha outra instalação em seu nome, também poderá usá-los, esta modalidade de compensação é denominada autoconsumo remoto.

Outra importante medida foi o convênio ICMS 16/2015, que autoriza os estados a isentarem o ICMS sobre a energia produzida conforme as resoluções 482/12 e 687/15 da ANEEL e a Lei 13.169/2015, que trata de isenção de PIS/CONFINS. Estes impostos eram pagos pelo consumidor tanto na energia consumida da rede quanto na energia produzida.

3 USINA FV 117,70 KWP EM PILAR-PB

Neste capítulo serão abordados os tópicos a respeito do estudo de caso na análise de viabilidade técnica e econômica na implantação de uma usina fotovoltaica de 117,70 kWp localizada no município de Pilar, na Paraíba.

3.1 Análise de Viabilidade Técnica do Local

Em primeira análise, o proprietário apresentou o seu interesse em uma usina fotovoltaica que possuísse uma geração de energia que fosse suficiente para compensar toda a energia em 14 unidades consumidoras (UC's) do mesmo e ainda ter uma folga para aumento futuro do consumo. O proprietário possui diversas lojas de sua empresa, localizadas em João Pessoa-PB, além de diversos pontos alugados, porém, com pouca área disponível entre elas para serem implementados um sistema fotovoltaico de maior capacidade para atender à sua necessidade. Dessa forma, o proprietário informou que possuía uma fazenda localizada no município de Pilar, na Paraíba e demonstrou o seu interesse em implantar uma usina FV em seu terreno.

Uma das vantagens foi a praticidade da manutenção da limpeza dos módulos, por ser em solo. Porém, conforme escolha do mesmo para a área disponível a ser implantado o sistema, ela possuía um terreno bastante acidentado, havendo a necessidade de uma terraplanagem, retirando um pouco de terra de uma parte mais alta do terreno e depositada na parte mais baixa, tornando-a plana. Na Figura 10 abaixo vemos as medidas de área do local sendo tiradas e na Figura 11 conseguimos observar o nível a qual o terreno se encontrava.

Figura 10: Área para Implementação da Usina.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 11: Área Escolhida Bastante Acidentada.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após, as análises de terreno, foi verificado o melhor local para a implementação da subestação de energia, visto que, além do proprietário ser atendido por um transformador monofásico em sua fazenda, haveria a necessidade de uma subestação própria na rede trifásica para a potência designada à tal geração de energia.

3.2 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Inicialmente, após análise da necessidade do cliente e conhecendo o seu modelo de negócio e estimativas futuras, foi desenvolvido o seu dimensionamento após análise de viabilidade técnica para instalação, como, área do terreno e disposição dos módulos na orientação do norte geográfico, pela praticidade por ser instalado em solo e por fim, o tipo de ligação existente. No Brasil, a melhor direção para instalação de painéis solares é o norte – como o sol nasce no Leste, sobe se inclinando ao Norte e se põe no Oeste, reduzindo assim as perdas de eficiência de geração.

Além disso, com base em sua estimativa de consumo atual e futuro, foram colhidos alguns dados para que fosse possível dimensionar o seu sistema fotovoltaico que melhor atendesse a sua necessidade atual e futura.

Os principais dados analisados fora o consumo mensal dos últimos 12 meses em sua fazenda ao qual seria implementado o sistema fotovoltaico, além das contas a serem compensadas em sua residência e lojas em João Pessoa, além do potencial elétrico de geração solar a ser aproveitado na região. Na Figura 12 é possível observar o local da residência do proprietário na fazenda, bem ao lado a área designada para a implantação da usina fotovoltaica, bem como sua imagem de satélite no *Google Maps* durante visita técnica para análise de viabilidade da instalação do sistema, com coordenadas geográficas de latitude $7^{\circ}13'41.9''S$ e longitude $35^{\circ}16'32.1''O$.

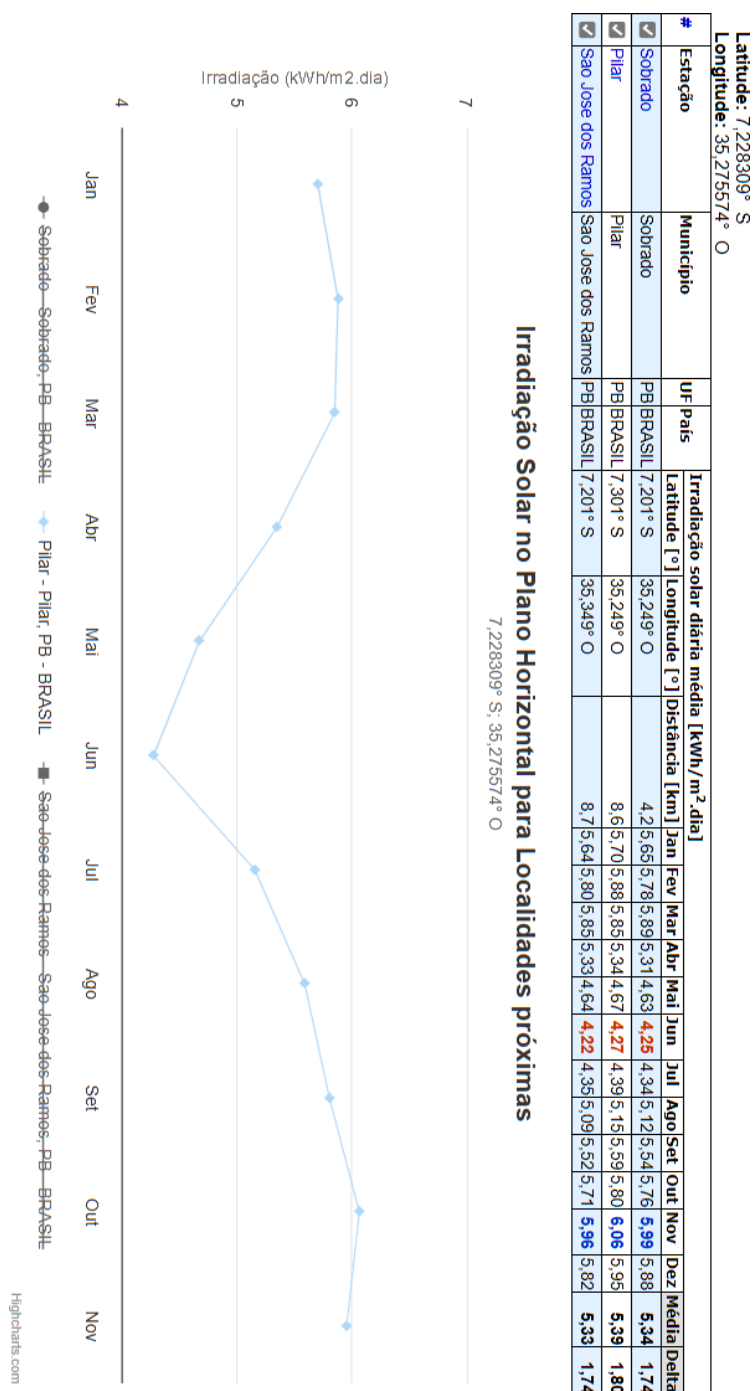
Figura 12: Vista do local pelo *Google Maps*



Fonte: *Google Maps*.

Conforme Figura 13, podemos analisar os dados do índice de radiação solar do local, obtida por meio do site da CRESESB, em que a partir das coordenadas de latitude e longitude do local, saberemos a irradiação solar diária média durante todas as estações do ano.

Figura 13: Irradiação Média em Pilar-PB.



Fonte: CRESESB, 2023.

Outro detalhe é que todas estas informações podem ser obtidas na fatura de energia elétrica da unidade consumidora (UC).

Assim, para ser realizado inicialmente o dimensionado o projeto, é necessário calcular a soma dos consumos médios de cada unidade consumidora e subtrair o custo de disponibilidade (CD) de cada uma delas para encontrarmos o valor para a geração necessária (GN) inicialmente,

dessa forma, é analisado inicialmente o consumo médio mensal da UC que será instalado o sistema fotovoltaico, cuja média mensal é de 900 kWh, com ligação trifásica, referente a um custo de disponibilidade (CD) igual a 100 kWh. Na Figura 14 pode-se observar a tabela de unidade consumidoras beneficiárias do projeto, bem como o percentual destinado a cada unidade a partir do consumo médio de cada uma delas.

Figura 14: Lista de Unidades Consumidoras Beneficiárias.

LISTA PARA CADASTRO DE UNIDADES CONSUMIDORAS BENEFICIARIAS					
1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC					
Código da UC:	220XXXX			Classe:	RURAL
Titular da UC:	XXX				
Logradouro:	SITIO SAMAMBAIA				
Nº	0	Bairro:	AREA RURAL	Cidade:	PILAR
E-mail:	projetos@sollarecoenergia.com		UF: PB	CEP:	58338-000
Telefone:				Celular:	XXX
CNPJ/CPF:	XXX.XXX.XXX.XX				
UC	NOME DO TITULAR	CPF/CNPJ	ENDEREÇO	PERCENTIL (%)	CONSUMO MÉDIO
XXX	XXX	XXX	RUA MAL. ALMEIDA BARRETO, 528, CENTRO, CEP: 58013-460, JOÃO PESSOA-PB	3,24	402
XXX	XXX	XXX	RUA FRANCISCO CLAUDINO PEREIRA, 1589, SL 01, MANAÍRA, CEP: 58038-431, JOÃO PESSOA-PB	4,84	600
XXX	XXX	XXX	RUA GARIBALDI TEIXEIRA DE CARVALHO, 180, APTO 902, JD OCEANIA, CEP: 58037-615, JOÃO PESSOA-PB	3,63	450
XXX	XXX	XXX	RUA IRAMIR FARIAS DALLAS BARBA, 65, CEP: 58075-668 JOÃO PESSOA-PB	3,23	400
XXX	XXX	XXX	RUA ALUIÍSIO FRANÇA, S/N, MANAÍRA, JOÃO PESSOA-PB	3,23	400
XXX	XXX	XXX	AV. MONTEIRO DA FRANÇA, 1589, SL 101, MANAÍRA, CEP: 58038-323, JOÃO PESSOA - PB	5,65	700
XXX	XXX	XXX	AV. SEN. RUY CARNEIRO, 218, LJ 01, MANAÍRA, CEP: 58039-180, JOÃO PESSOA-PB	25,81	3200
XXX	XXX	XXX	AV. SEN. RUY CARNEIRO, 218, LJ 02, MANAÍRA, CEP: 58039-180, JOÃO PESSOA-PB	29,44	3650
XXX	XXX	XXX	RUA MAL. ALMEIDA BARRETO, 40, CENTRO, CEP: 58000-000, JOÃO PESSOA-PB	3,23	400
XXX	XXX	XXX	RUA BEZERRA REIS, S/N, ESTACIONAMENTO MANAÍRA, CEP: 58038-010, JOÃO PESSOA-PB	2,42	300
XXX	XXX	XXX	RUA MAL. ALMEIDA BARRETO, 436, CME 151, CENTRO, CEP: 58013-460, JOÃO PESSOA-PB	3,23	400
XXX	XXX	XXX	RUA MAL. ALMEIDA BARRETO, 60, CENTRO, CEP: 58013-460, JOÃO PESSOA-PB	3,21	398
XXX	XXX	XXX	RUA GARIBALDI TEIXEIRA DE CARVALHO, 180, APTO 1001, JD OCEANIA, CEP: 58037-615, JOÃO PESSOA-PB	4,03	500
XXX	XXX	XXX	AV. GAL. EDSON RAMALHO, 975, LJ B, MANAÍRA, CEP: 58000-000, JOÃO PESSOA	4,84	600
TOTAL				100,00	12400

Fonte: Sollareco Energia LTDA, 2022.

Além disso, as demais unidades consumidoras a serem compensadas listadas na Figura 14, sendo todas as unidades atendidas no padrão de entrada Trifásico da concessionária (100 kWh). Dessa forma, foi calculada a geração necessária (GN) como na Equação (1) abaixo:

$$GN = [900 + 402 + 600 + 450 + 400 + 400 + 700 + 3.200 + 3650 + 400 + 300 + 400 + 398 + 500 + 600] kWh = 13.300 kWh - [100 * 14 (14 UC's Compensadas) + 100 (Geradora)] kWh = 11.800 kWh/mês \quad (1)$$

Para o cálculo da potência teórica do sistema fotovoltaico é dado pela seguinte equação (RAIMUNDO, 2021):

$$P_{FV} = \frac{GN}{I_{rr}F} \quad (2)$$

Em que:

- P_{FV} é a Potência do sistema (kWp);
- GN é a geração necessária;
- Irr é a radiação solar local (kWh/m²/ano);
- F é o fator de performance do sistema.

Portanto, conforme o cálculo da potência teórica na Equação (2), temos:

$$P_{FV} = \frac{GN}{I_{rr}F} = \frac{11.800/30}{5,39*0,8} = 91,21 \text{ kWp} \quad (3)$$

Porém, como foi destacado, o proprietário solicitou uma geração de energia com folga para um aumento futuro de seu consumo, que ficou definido em 15.200 kWh médio por mês, sendo assim:

$$P_{FV} = \frac{GN}{I_{rr}F} = \frac{15.200/30}{5,39*0,8} = 117,50 \text{ kWp} \quad (4)$$

Para sabermos a quantidade de módulos fotovoltaicos, por sua vez, ela é determinada de modo a atender a potência do sistema calculada na Equação (4). Na Equação (5) está presente o cálculo da quantidade de painéis fotovoltaicos a serem utilizados no projeto.

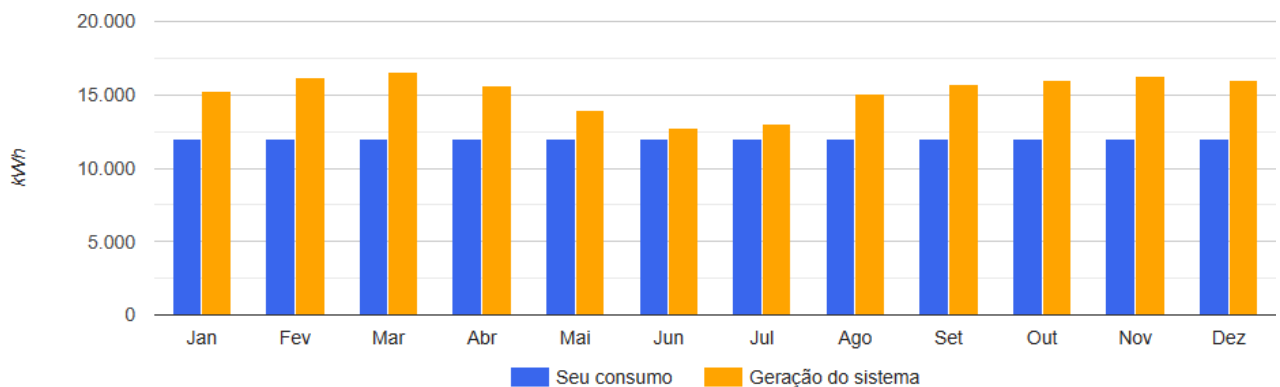
$$N = \frac{P_{FY}}{P_m} = \frac{117,50}{550} = 213,63 = 214 \text{ módulos} \quad (5)$$

Em que N é a quantidade de módulos e P_m é a potência nominal do módulo escolhido.

Para a quantidade de 214 módulos acima, a empresa disponibiliza um gráfico automatizado com relação à média da geração mensal, além da estimativa de consumo médio, conforme Figura 15, em que é feito a partir da irradiação solar ao longo dos 12 meses do ano fornecida pelo *site* da CRESESB para a região definida.

Assim, a partir destes dados, a empresa obtém uma estimativa para a geração média anual ao qual para o respectivo projeto foi de 182.400 kWh.

Figura 15: Estimativa de Consumo vs. Geração mês a mês.



Fonte: *Sollareco Energia LTDA, 2022.*

Após obtidas todas as informações necessárias bem como a potência teórica do sistema fotovoltaico, foi realizado a compra dos equipamentos da usina que serão utilizados no projeto. Na Tabela 4 é possível observar o kit fotovoltaico escolhido do projeto em análise.

Tabela 4: Kit Fotovoltaico 117,70 kWp.

PRODUTOS	FABRICANTE	QUANTIDADE
MÓDULO MONOCRISTALINO 550 W - SUN-72M-H8-550W	SUNERGY SOLAR	214
INVERSOR TRIFÁSICO 9 MPPT 380V 75 KW	SOLIS	1
String Box 3E/3S 1000 V DC	CLAMPER	6
CABO SOLAR AMPHESOLAR 6MM 1800V DC PRETO	AMPHENOL	1300
CABO SOLAR AMPHESOLAR 6MM 1800V DC VERMELHO	AMPHENOL	1300
CONECTOR MC4 MACHO E FEMEA C/2 PARES	STAUBLI	32

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 5 e na Tabela 6, são descritas as principais informações nos *datasheets* dos módulos e do inversor respectivamente.

Tabela 5: Parâmetros dos Módulos.

Módulo Fotovoltaico – SUNERGY 550 W	
Máxima Potência (Pmax)	550 W
Corrente de curto-circuito (Isc)	13,82 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	50,2 V
Máxima corrente de operação (Impp)	12,98 A
Máxima tensão de operação (Vmpp)	42,4 V
Eficiência de geração (%)	21,30

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6: Parâmetros do Inversor.

Inversor SOLIS - 75KW 380V - 5G			
Entrada CC		Saída CA	
Pot. máxima recomendada	126 kW	Pot. Nominal de saída	75 kW
Tensão máx. de entrada	1100 V	Pot. Máx. de saída aparente	75 kVA
Tensão de partida	195 V	Pot. Máx. de saída	75 kW
Intervalo de tensão MPPT	180 – 1000 V	Tensão nominal da rede	3F/N/PE, 380V
Corrente máx. de entrada	9*26 A	Freq. Nominal da rede	50 Hz / 60 Hz
Corrente máx. de curto-circuito	9*40 A	Corrente nominal de saída da rede	114 A
MPPTs	9/18	Corrente máxima de saída	114 A

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foram dimensionadas as *strings* do sistema fotovoltaico. Para tanto, devem ser analisados os dados técnicos nos *datasheets* dos painéis fotovoltaicos e do inversor, conforme Tabela 5 e Tabela 6 acima.

Para definir o arranjo dos painéis fotovoltaicos ao longo da *string*, são levados em consideração os seguintes critérios:

1. Para um arranjo em série, a soma da tensão de circuito aberto de todos os módulos deve ser menor que a tensão máxima de entrada do inversor;
Como $V_{oc} = 52,2 * 16 = 835,2$ V e a tensão máxima de entrada do inversor é de 1.100 V, o critério foi obedecido para a quantidade de módulos máxima por *string* do projeto.
2. A corrente de curto-circuito dos painéis deve ser menor que a corrente máxima de entrada no MPPT;

Como a corrente de curto-circuito do painel é de 13,82 A e a corrente máxima de entrada no MPPT é de 26 A, o critério foi obedecido.

3. Garantir a melhor localização dos painéis no solo com a máxima orientação para o Norte Geográfico, de modo que caibam corretamente e evitando a projeção de sombras sobre os mesmos;

É importante ressaltar que a escolha do inversor com potência instalada de 75 KW foi de escolha de caráter técnico e econômico, em virtude de que, para que o proprietário se mantivesse dentro da Microgeração, é necessário que a potência instalada seja menor ou igual a 75 KW, sendo uma das principais vantagens, ficar de fora do enquadramento do grupo tarifário, chamada Grupo A, ao qual seria necessário se pagar uma demanda contratada para que a usinava fosse atendida, onerando assim, o *payback* do investimento para a real necessidade desejada de geração.

Dessa forma, o inversor de 75 KW 380V dimensionado, iria trabalhar em faixas de sobrecarga, havendo um limite recomendado pelo fabricante, de 126 kWp, conforme pode ser observado na Figura 16 abaixo extraída de seu datasheet:

Figura 16: Ficha Técnica do Inversor Solis 75 KW 5G 380V.

Folha de Dados		Solis-75K-5G	Solis-80K-5G
Entrada CC			
Potência máxima de entrada recomendada		126kW	
Tensão máx de entrada		1100V	
Tensão nominal		600V	
Tensão de partida		195V	
Intervalo de tensão MPPT		180-1000V	
Corrente máx de entrada		9*26A	
Corrente máx. do conector de entrada		13A	
Corrente máx de curto-circuito		9*40A	
MPPTs / Número de Entradas		9/18	
Saída CA			
Potência nominal de saída	75kW		80kW
Potência máx de saída aparente	75kVA		88kVA
Potência máx de saída	75kW		88kW
Tensão nominal da rede	3/N/PE, 220/380V, 230/400V		
Frequência nominal da rede	50/60Hz		
Corrente nominal de saída da rede	114A		121.6A
Corrente máx de saída	114A		133.7A
Fator de potência	> 0.99 (0,8 inicial - 0,8 atrasado)		
Harmônicas (THDI)	<3%		
Eficiência			
Eficiência máxima		98.7%	
Eficiência EU		98.3%	
Proteção			
Proteção contra inversão de polaridade CC		Sim	
Proteção contra curto-circuito		Sim	
Proteção de sobrecorrente de saída		Sim	
Proteção contra sobretensão		CC Tipo II / CA Tipo II	
Monitoramento de rede		Sim	

Fonte: [https://www.ginlong.com/uploads/file/Solis_datasheet_Solis-\(75-80\)K-5G_BRA_V1.7_2020.pdf](https://www.ginlong.com/uploads/file/Solis_datasheet_Solis-(75-80)K-5G_BRA_V1.7_2020.pdf)

Como dito, o inversor de 75 kW irá trabalhar de forma sobredimensionada, também chamada de *oversizing*, (*overpaneling*, *overload*), com um clipping de 57% em relação a potência nominal.

O clipping é um fenômeno decorrente do sobredimensionamento do inversor e consiste basicamente na limitação da potência de saída CA do inversor ao seu valor máximo nominal. Além disso, ao contrário do que se pode imaginar, essa prática pode trazer mais benefícios do

que prejuízos ao sistema desde que respeitados os limites de tensão e corrente especificados pelo fabricante.

Durante o dia o módulo fotovoltaico recebe luz solar e faz a conversão da mesma em corrente elétrica CC, e a isso é associada uma potência CC (relacionada diretamente com a corrente e tensão de operação do mesmo).

É usual o fabricante descrever o módulo como sendo sua principal característica a sua potência de pico, ou seja, a potência máxima que o módulo pode entregar sob condições perfeitas de irradiância solar.

O conceito de potência correlaciona a energia “produzida” por unidade de tempo, logo para calcularmos a energia gerada pelos módulos submetidos à irradiância solar temos que calcular o somatório das potências individuais a cada período de tempo calculando a integral da curva de potência, que também pode ser entendida com a área abaixo da curva.

Na Figura 17 é demonstrado o gráfico de geração de um sistema fotovoltaico no dia 11/09/2023, por meio do aplicativo de monitoramento, *Solarman Business*, em que o sistema teve produção total de energia equivalente à 269,7 kWh.

Figura 17: Monitoramento da Geração de um Sistema Fotovoltaico.

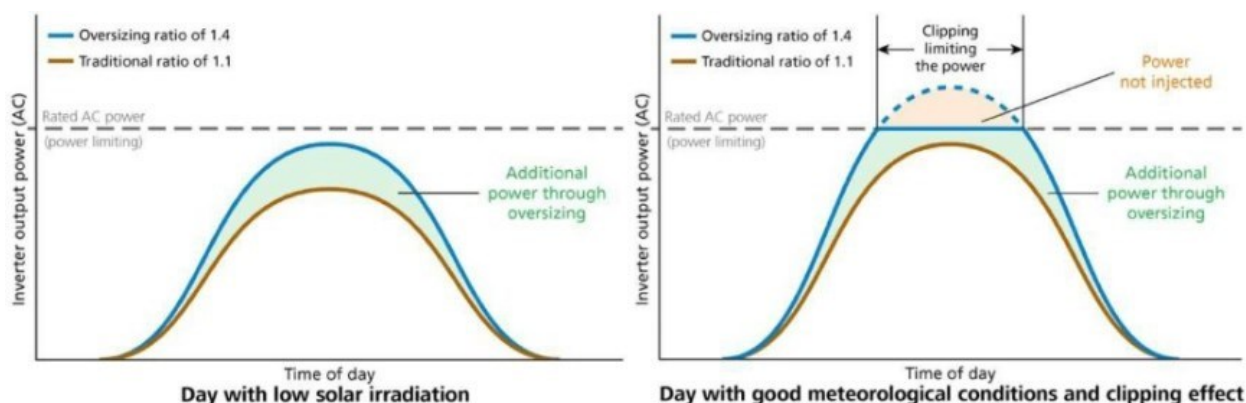


Fonte: *Solarman Business*, 2023.

Nota-se que a curva tem esse comportamento devido ao percurso solar durante o dia que tem seu ápice em horários próximos ao meio-dia, tendo assim uma geração maior.

Ao utilizarmos uma potência de módulos maior, essa curva tende a ser deslocada pra cima, fazendo com que a área sobre a mesma seja cada vez maior e seu sistema produza mais energia. A figura 18 abaixo exemplifica o ganho de energia gerada utilizando um inversor sobre dimensionado.

Figura 18: Curvas de potência de um inversor fotovoltaico com e sem *oversizing*.



Fonte: <<https://canalsolar.com.br/oversizing-e-clipping-nos-sistemas-fotovoltaicos/>>

Analisando a Figura 18, é observado que a área em azul é o que temos de ganho em termos de energia ao sobre dimensionarmos a potência CC do inversor. Um ponto positivo para essa prática é o fato de o inversor trabalhar mais tempo próximo da sua eficiência máxima.








Existe um ponto negativo que é a área em vermelho, que representa a energia que não será gerada devido a clipagem da curva.






Para a escolha da estrutura de fixação em solo da usina, foi escolhida a estrutura - solo monoposte da empresa CCM Solar. Por ter sua qualidade, procedência e resistência, feitas em aço galvanizado à fogo e garantia de 30 anos. Além disso, pela facilidade em regulagem da angulação dos módulos, em que facilita em terrenos acidentados.

Outro benefício é a capacidade em comportar uma linha de módulos abaixo e outra acima, na mesma mesa. Na Figura 19, é demonstrado a lista de composição dos itens da estrutura para a usina e na Figura 20 e 21, seu formato, retirado no datasheet fornecido pela CCM Solar.

Figura 19: Estrutura de Fixação em Solo.

PRODUTO: KIT ESTRUTURA SOLO MONOPOSTE
 QUANTIDADE: 214 PAINÉIS
 MÓDULO: 2279X1134X35MM PESO 29KG

IMAGEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
	SOLO MONOPOSTE	78
	PERFIL H 2 FINI 7.000 M	12
	PERFIL H 2 FINI 4.800 M	80
	PERFIL H 2 FINI 3.600 M	8
	PERFIL H 2 FINI 3.500 M CORTAR DO 7.000 MM	4
	INTERMEDIÁRIO	380
	FIXADOR FINAL	96

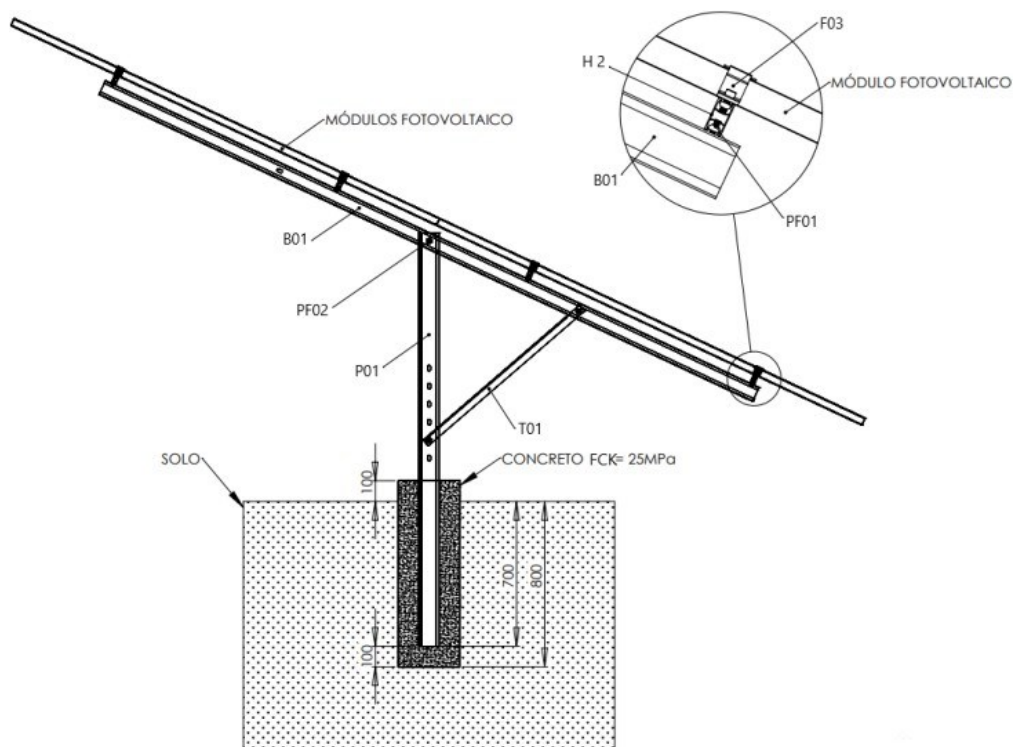
	TALA DE EMENDA	56
	PARAFUSO 1/2 X 1.14	286
	PARAFUSO M8X20 COM PORCA DE ALUMÍNIO	312
	TRAVA 2000MM	13
	JUNÇÃO (PILAR, TRAVA)	28

CCM Solar do Brasil
 Fone 55 41 4107-2008
 Colombo - Paraná - Brasil
 www.ccm-solar-do-brasil.com.br

Supportes Metálicos
 Suportes em Alumínio
 Cálculo estrutural
 Projeto
 Fabricação

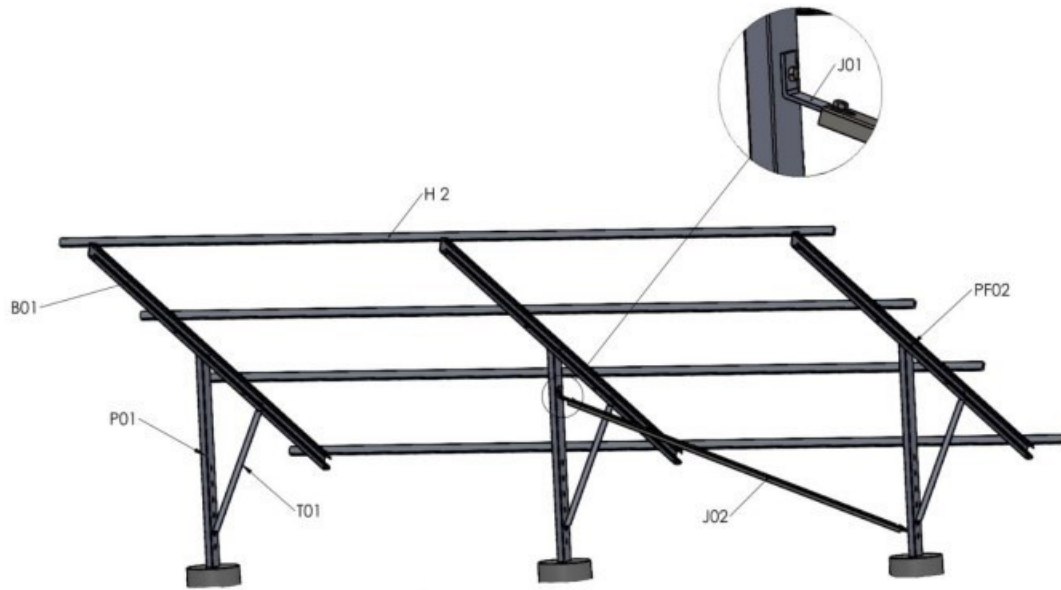
Fonte: Sollareco Energia LTDA, 2022.

Figura 20: Estrutura de Fixação em Solo.



Fonte: Datasheet CCM Solar, 2022.

Figura 21: Estrutura de fixação em Solo.



Fonte: Datasheet CCM Solar, 2022.

A capacidade de regulagem de cada mesa, é destacada na Figura 22, onde varia entre 5° até 30°.

Figura 22: Regulagem da Angulação da Estrutura de Fixação em Solo.



Fonte: Datasheet CCM Solar, 2022.

3.3 Início da Montagem da Usina FV de 117,70 kWp

O processo de montagem da usina se deu por início a terraplanagem da área, expandindo o máximo possível de maneira a ser feito todo o escoamento futuro e contenção do incremento de terra feito. Para isso, foi utilizada uma Patrol de maneira a conseguir retirar o máximo de incremento da barreira, tendo em vista que, a área possuía um terreno com bastante rochas, o qual dificultou o trabalho da terraplanagem.

Na Figura 23 é observada a máquina Patrol realizando o processo de terraplanagem e na Figura 24 a terraplanagem da área concluída.

Figura 23: Processo de Terraplanagem da Área Escolhida.



Fonte: Aatoria própria, 2022.

Figura 24: Terraplanagem Concluída.

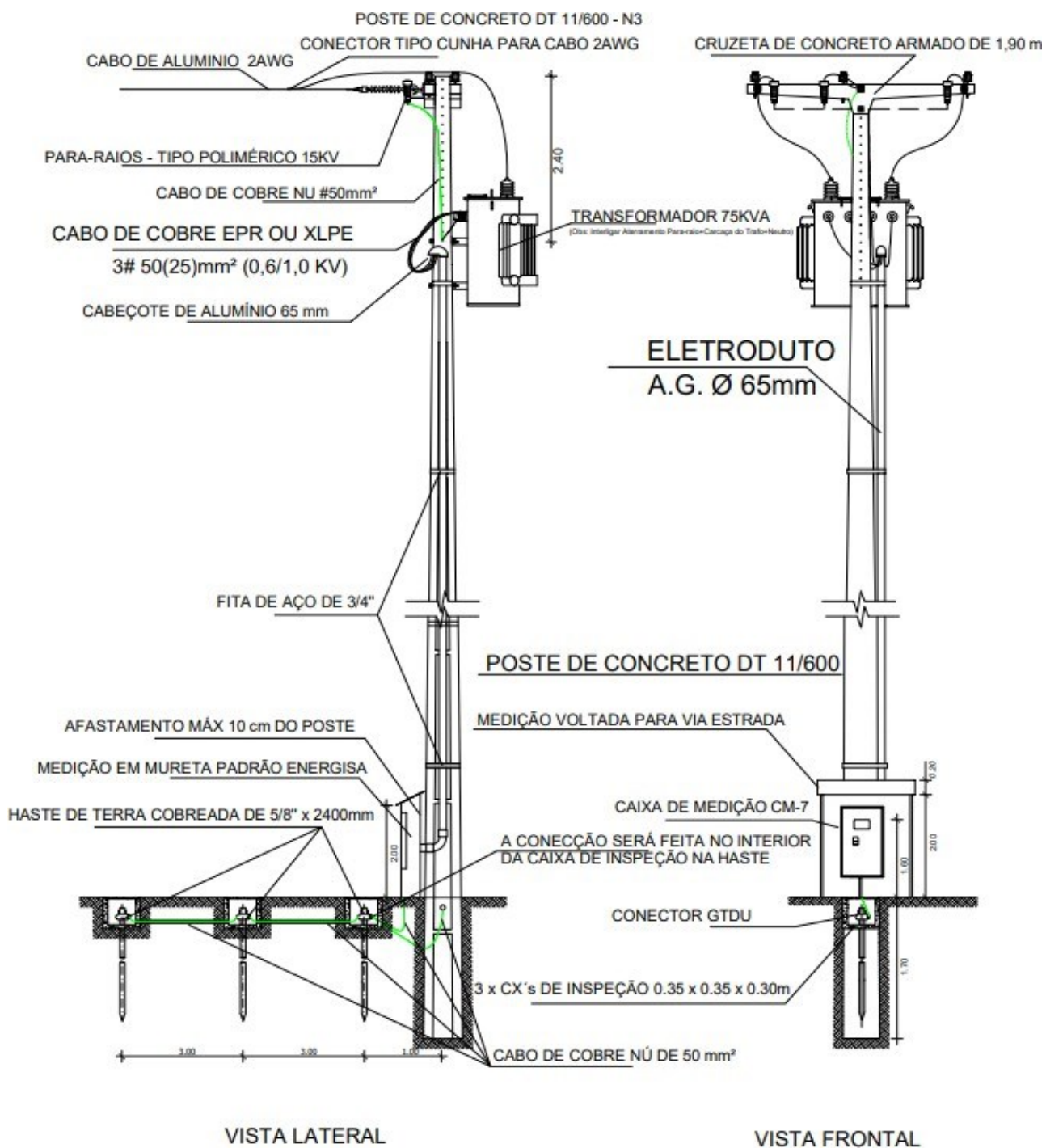


Fonte: Autorial própria, 2022.

Após concluída a terraplanagem, foi dado o início de montagem da subestação de 75 KVA, ao qual o projeto já estava em trâmite na concessionária Energisa PB, aguardando a aprovação para ser realizado o pedido de vistoria da montagem. Vale salientar que, apesar de ser uma subestação própria, o transformador é doado para a concessionária, como forma dela ficar responsável por eventuais manutenções na rede que vai ser atendida.

Na Figura 25, é demonstrado o desenho da vista frontal e lateral do projeto da subestação.

Figura 25: Desenho do Projeto da Subestação de 75 KVA.



Fonte: Sollareco Energia LTDA, 2022.

Na Figura 26 e 27, é observado a montagem e finalização da subestação de 75 KVA da usina.

Figura 26: Montagem Subestação 75 KVA.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 27: Montagem Subestação 75 KVA.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Com a subestação montada e aprovada, se teve o início em paralelo, a preparação da área quanto a construção da mureta de contenção do terreno, conforme Figura 28 e do escoamento hídrico da usina, conforme Figura 29. Apesar da área designada está terraplanada na capacidade ao qual foi possível, toda a água que adentra do terreno acima, vai em direção a usina, sendo assim, havendo a necessidade de se ter um caminho para que a água possa escoar por toda a usina.

Dessa forma, diversos pontos espalhados pela usina para o escoamento da água, foram construídos, concretando todo o percurso ao qual a água irá passar, como visto na Figura 30, o ponto mais crítico com um maior fluxo de água, foram utilizadas manilhas no ponto mais alto de entrada do terreno, para dentro da usina.

Figura 28: Preparação da Barreira de Contenção da Usina.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 29: Pontos de Escoamento da Usina.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 30: Manilhas para Passagem do Maior Fluxo de Água.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após a preparação do terreno ter sido concluída, foi dado início a instalação das fundações para a montagem dos módulos fotovoltaico, da instalação da infraestrutura elétrica e da construção do abrigo para a instalação do inversor, como segue na Figura 31.

Figura 31: Construção de Abrigo do Inversor e Fundações.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Tendo em vista que o terreno possuía uma grande quantidade de pedras, após ter sido realizado o planeamento, houve grande dificuldade em serem feitas as fundações para a estrutura, sendo necessário a utilização de equipamentos pesados, como o martelo demolidor, de *Dewalt*, como visto na Figura 32.

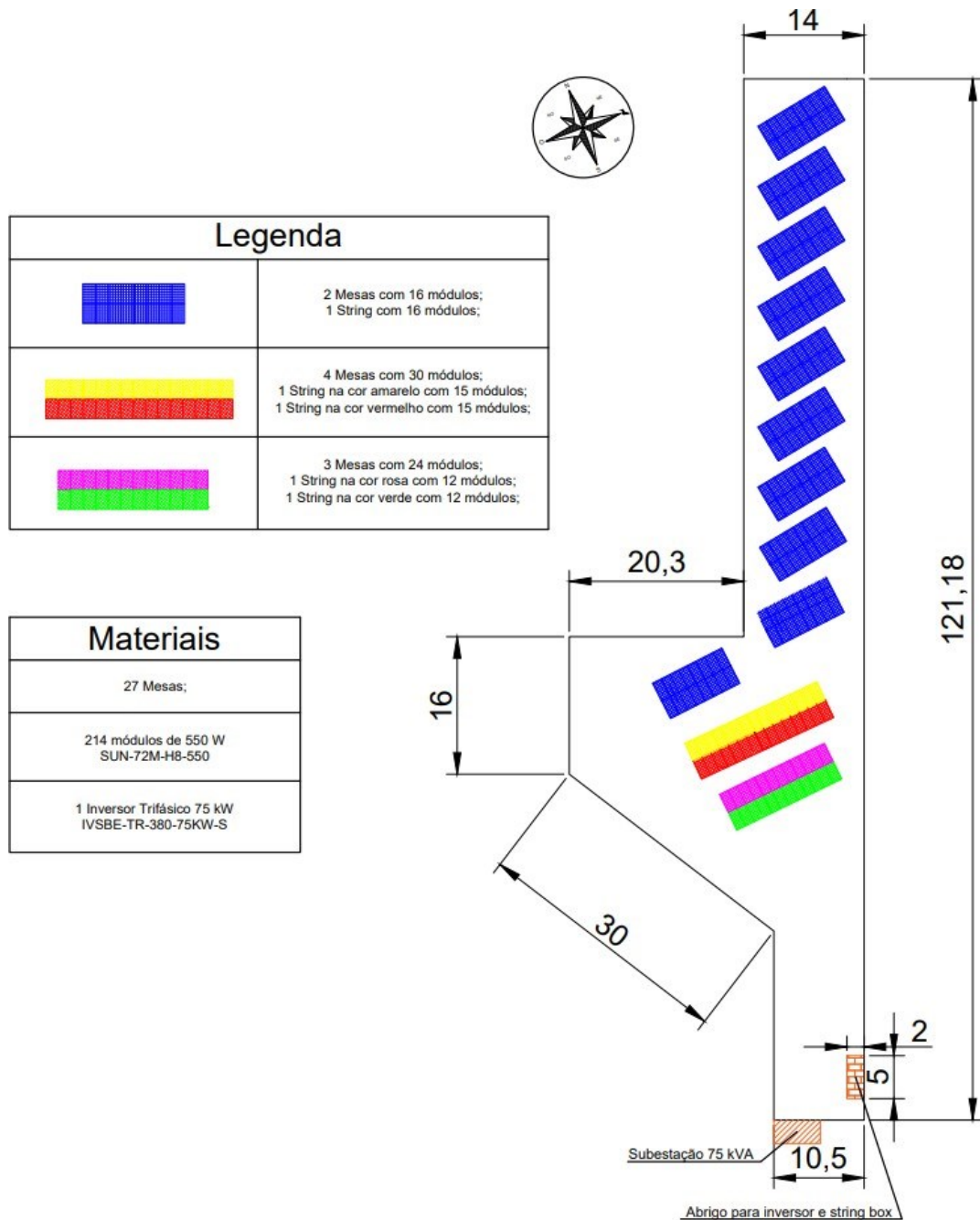
Figura 32: Preparo das Fundações.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Ao total foram 12 linhas de mesas espalhadas pela usina, sendo 10 delas com a mesma capacidade de distribuição de módulos e 2 delas com capacidades diferentes. Na Figura 33 segue o desenho da distribuição das mesas pela usina.

Figura 33: Mapa de Distribuição das Mesas e *Strings* no Terreno.



Fonte: Sollareco Energia LTDA, 2022.

Assim, foi definido o alinhamento para as linhas de mesas. Como a área possuía uma inclinação em relação ao início do terreno, algumas fundações ficaram cavadas em diferentes tamanhos, mas respeitando o alinhamento de cada linha. Na Figura 34 é observado o alinhamento sendo feito tanto na horizontal como na vertical para todo o conjunto de mesas das 9 do total de mesmo alinhamento.

Figura 34: Alinhamento de Mesas.



Fonte: Autoria própria, 2022.

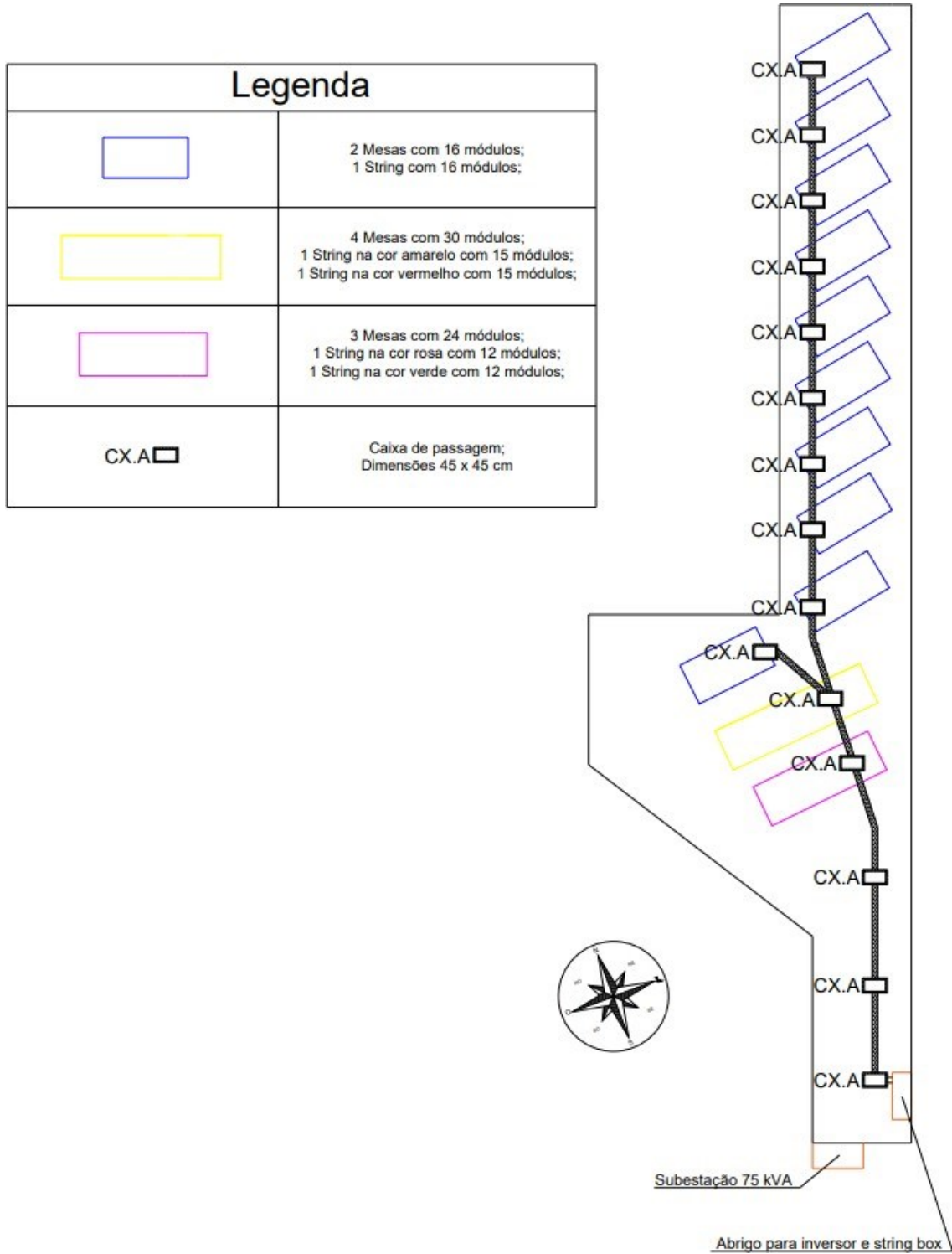
Após realizado o alinhamento das mesas, foram feitas as confecções das caixas de passagem, para a passagem das *strings* ao decorrer do terreno. Na Figura 35 é demonstrado a passagem dos eletrodutos dentro das caixas de passagem e na Figura 36 o desenho do projeto para as caixas de passagem ao longo da usina.

Figura 35: Passagem de Eletrodutos nas Caixas de Passagem.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 36: Percurso da Calha e Distribuição das Caixas de Passagem.



Fonte: Sollareco Energia LTDA, 2022.

É importante ressaltar que todo o solo da usina, foi compactado e por fim, após concluído todas as fundações, espalhado pó de brita e brita como acabamento.

A inclinação das mesas escolhidas, foi de 15° N, devido a contribuição da própria limpeza natural da chuva e por ser uma angulação próxima da Latitude, como podemos observar com mais detalhes na Figura 37 abaixo.

Figura 37: Inclinação de 15° para as Mesas.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Foram alocadas no total, 10 hastes de aterramento de comprimento 2,40 m em 10 caixas de passagem e entre elas, como pode ser observado na Figura 38, para que pudesse ser testado a resistência do solo a partir do equipamento de medição Terrômetro de marca *Minimpa* e modelo *MTR-1522*.

Figura 38: Alocação das Hastes de Aterramento.



Fonte: Autoria própria, 2022.

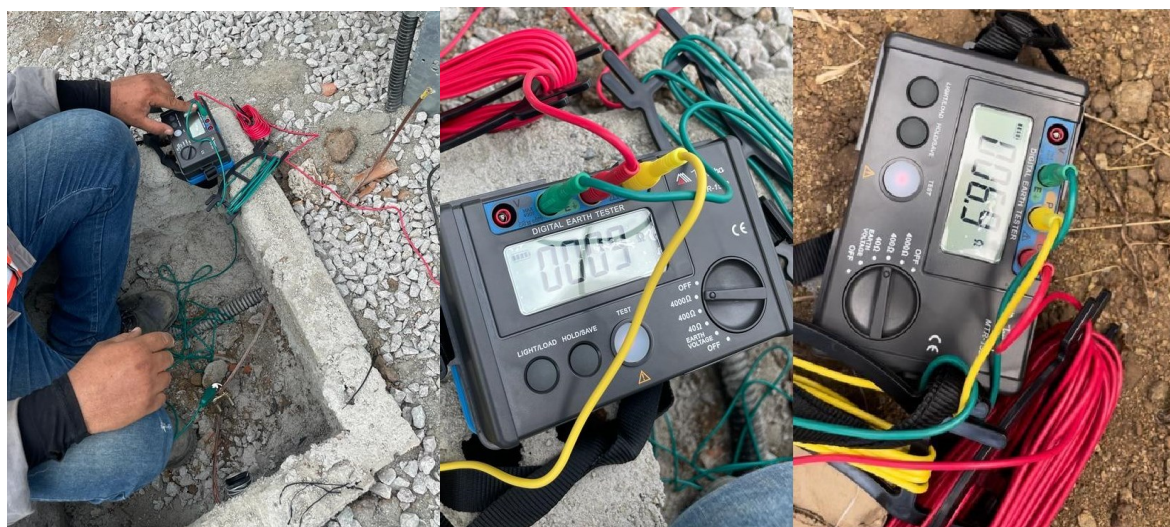
Com isso, toda a estrutura foi conectada no aterramento para que o aterramento em linha fosse testado. As estacas de terra auxiliares e o eletrodo de terra em teste do equipamento foram colocados a uma distância entre 7 até 10 metros entre elas, sendo elevado a uma tensão máxima de 50V, entre uma estaca de terra auxiliar até o eletrodo de terra em teste.

Com base nas medições realizadas, foi obtido um resultado bastante satisfatório em virtude das condições do solo com muita pedra, obtendo assim uma resistência variada entre 6,9 à 9 Ohms, ficando dentro do limite da norma.

Segundo a NBR 5419/1977 – 3.4.5.1– O número de eletrodos de terra depende da característica do solo. A resistência de terra não deve ser superior a 10 ohms, em qualquer época do ano, medida por aparelhos e métodos adequados.

Na Figura 39, podemos observar os testes realizados e os devidos resultados obtidos.

Figura 39: Teste de Resistência de Aterramento do Solo.



Fonte: Autoria própria, 2022.

3.4 Finalização da Montagem da Usina FV de 117,70 kWp

Após a alocação de cerca de 90% dos módulos distribuídos pelas 12 mesas, a separação dos cabamentos *CC* das *Strings* foram feitas em conjunto com a finalização do acabamento do pó de brita e brita ao redor da usina, como segue na Figura 40, para assim seguir com o fechamento dos circuitos em cada mesa, até o abrigo do inversor.

Figura 40: Separação do cabeamento *CC* das *Strings*.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Com o abrigo do inversor concluído e o inversor devidamente fixado na parede, além de todas as *Strings Box CC* bem como o quadro de proteção *CA* alocados, foram passados todos

os circuitos *CC* e *CA* pelas eletrocalhas para começar a ser feito o fechamento de todos os circuitos de alimentação do inversor, como segue na Figura 41.

Figura 41: Fechamento dos Circuitos no Inversor.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Todos os devidos 14 circuitos foram marcados com anilhas de marcação para facilitar a sua identificação quando partem das 5 *Strings Box CC* até o inversor, em sequência do circuito 1 até o circuito 14, da esquerda para a direita, como pode ser visto na Figura 42.

Figura 42: Marcação dos Circuitos.



Fonte: Autoria própria, 2022.

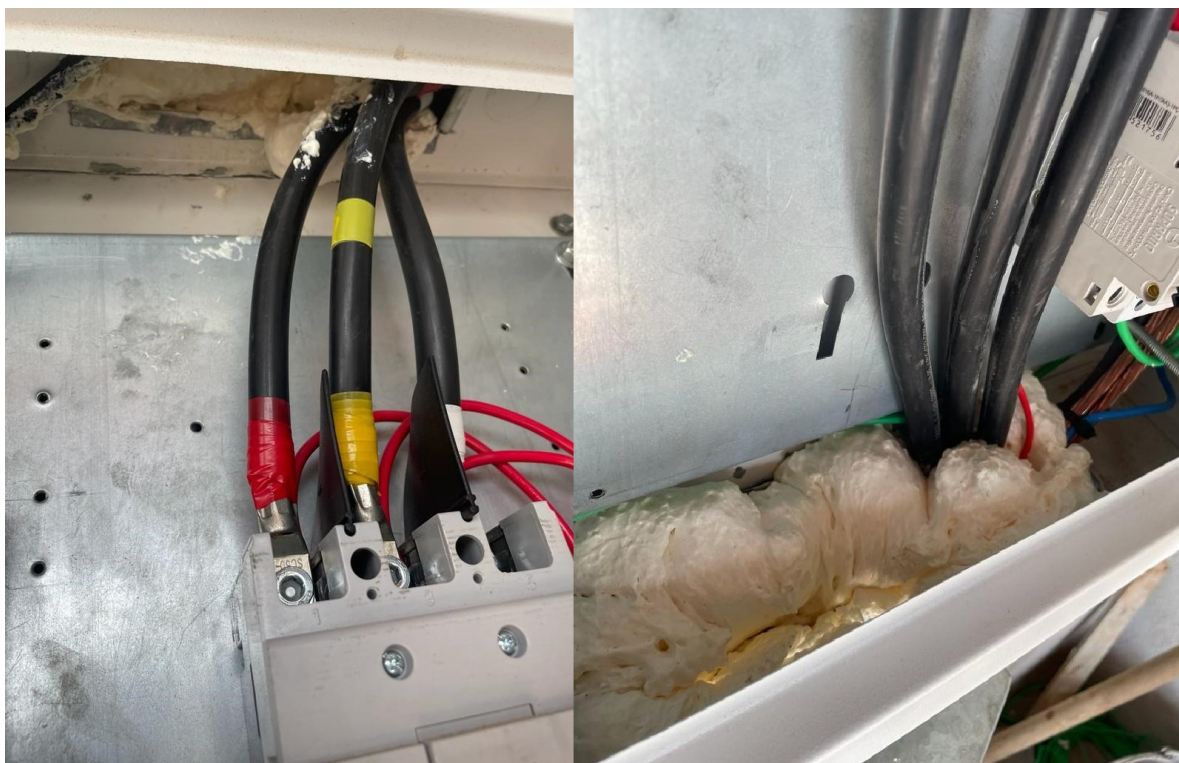
Em fase final de acabamento dos circuitos, foi colocado espuma expansiva na entrada do quadro *CA* de alimentação e proteção do inversor, bem sua devida finalização de fechamento, como pode ser visto na Figura 43 e Figura 44.

Figura 43: Fechamento do Quadro CA.



Fonte: Autoria própria, 2022.

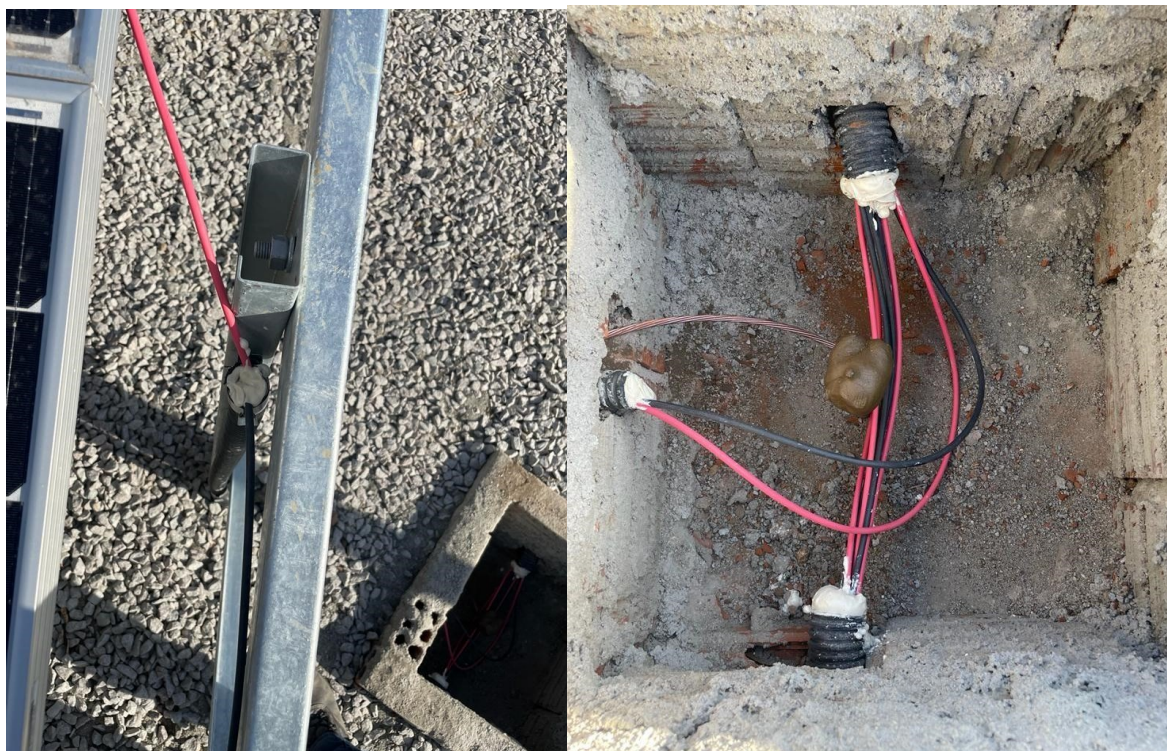
Figura 44: Vedação do Quadro CA.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Além da colocação da espuma expansiva no quadro CA, todos os eletrodutos de descida das mesas ao qual percorre cada circuito e as caixas de passagem, como visto na Figura 45, foram cobertos de espuma expansiva para minimizar e barrar a passagem de roedores para impedir que os condutores sejam danificados e causem uma fuga de corrente nas *Strings*.

Figura 45: Espuma Expansiva para Vedação.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após finalizado toda a instalação dentro do abrigo do inversor, foi realizado o comissionamento do inversor para atender as normas padrão da concessionária local – Energisa Paraíba. Assim, foi feito os testes de comissionamento do inversor para configurar os parâmetros elétricos de atendimento na região (380V/220V), limites de tensão máxima e tensão mínima (242 V e 176 V), frequência máxima e frequência mínima (62 Hz e 57,5 Hz) exigidos pela concessionária Energisa Paraíba.

Além disso, foi executado o teste de ilhamento do inversor, que seria o tempo de ligamento dele a partir de 180 segundos, para que, em casos de falta na rede, o sistema se desconecte da rede da concessionária imediatamente em até 2 segundos, evitando assim, acidentes a algum operador que estiver realizando manutenção na linha. Nas Figuras 46 e 47, é observado a ligação do sistema para os testes e comissionamento, bem como a conclusão do abrigo do inversor.

Figura 46: Ligação da Usina.



Fonte: Aatoria própria, 2022.

Figura 47: Abrigo do Inversor Concluído.



Fonte: Aatoria própria, 2022.

Por fim, nas Figuras 48 e 49 seguem as imagens da conclusão da montagem da usina e finalização do projeto.

Figura 48: Imagem Aérea da Usina.



Fonte: Sollareco Energia, 2022.

Figura 49: Detalhes da Usina.



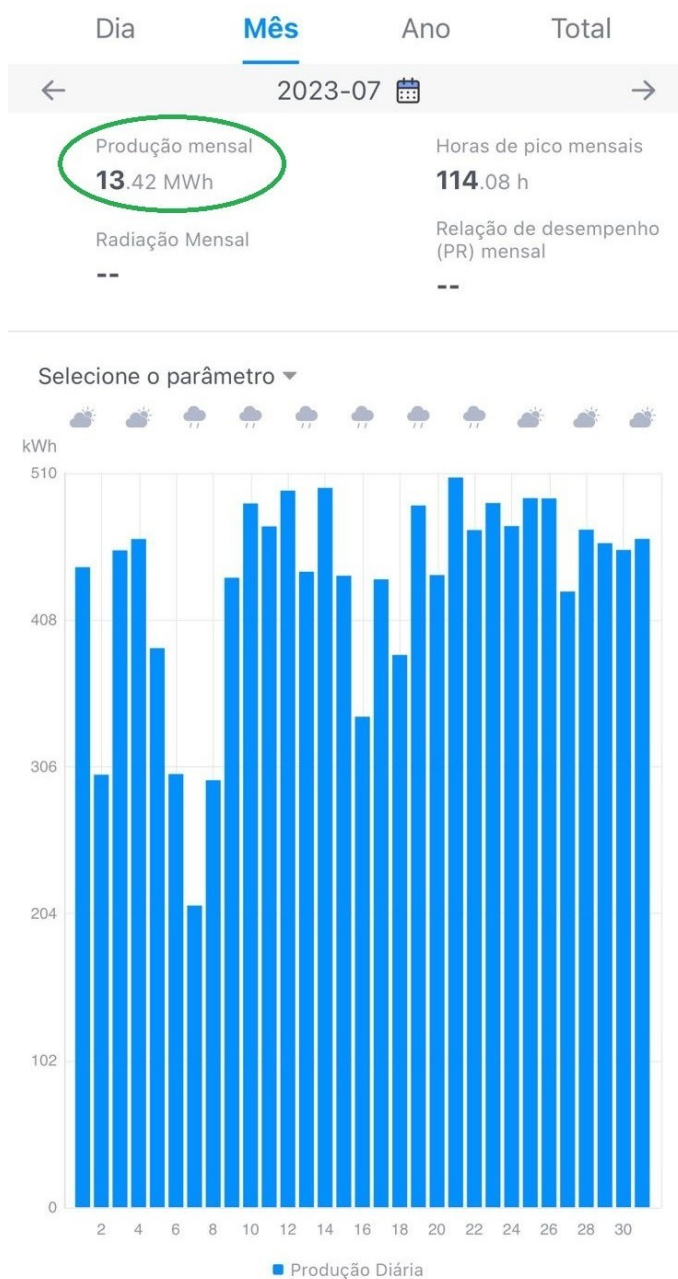
Fonte: Sollareco Energia, 2022.

3.5 Comparativo Econômico Antes e Depois da Usina FV

Analisando a performance da usina no mês de julho de 2023, na Figura 50 é demonstrado o gráfico da geração total diária no mês, por meio do aplicativo de monitoramento, *Solarman Business*, em que o sistema teve produção total de energia equivalente à 13.420 kWh.

Vale ressaltar que o período de julho é um período de inverno com bastante chuva na região, reduzindo assim, a geração durante o mês.

Figura 50: Monitoramento da Geração em Julho de 2023.

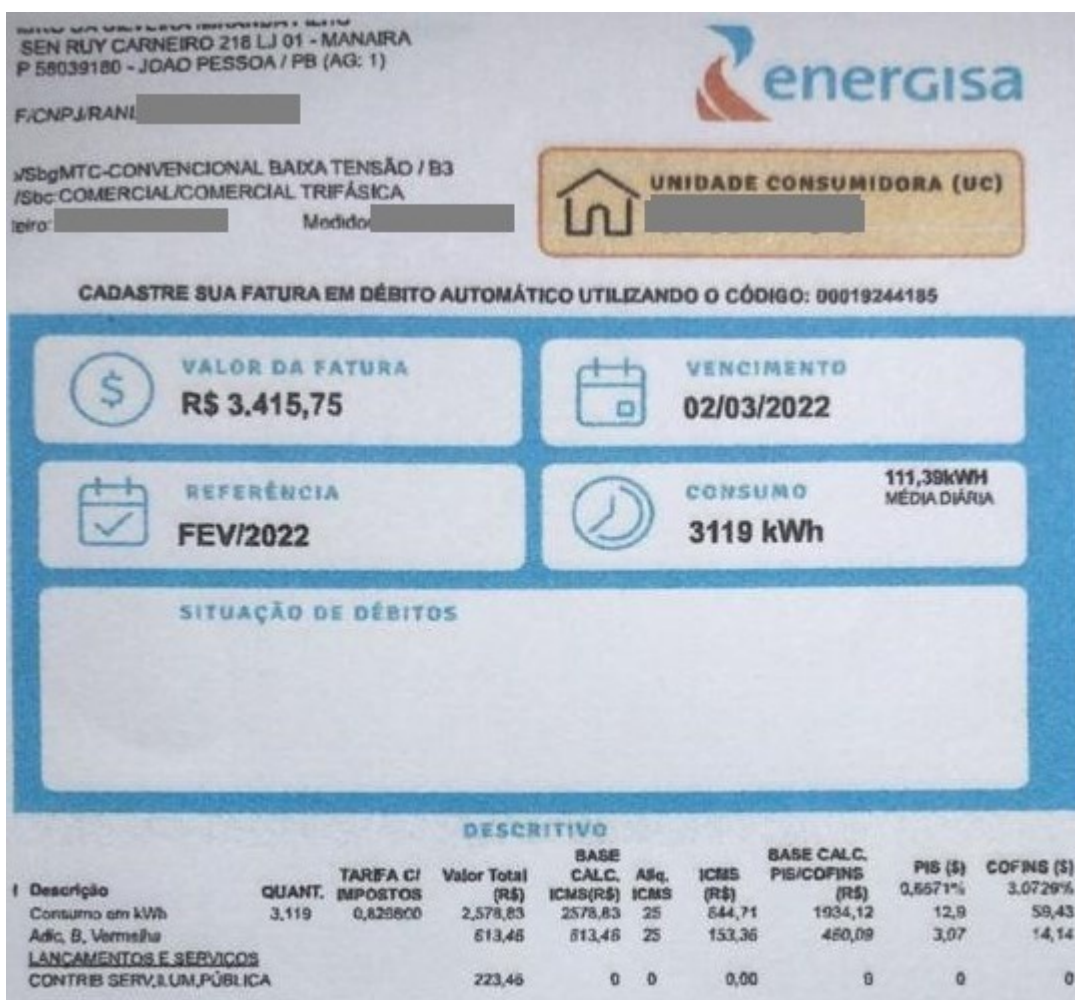


Fonte: *Solarman Business*, 2023.

Para o comparativo do ganho econômico da compensação da geração da usina FV nas contas que foram destinados os créditos, a critério de simplificação, analisemos as contas da loja 1 e loja 2 do proprietário, que são 2 medições no mesmo terreno, ao qual faz parte do agrupamento de quadros coletivos da sua principal loja, localizada na Av. Senador Ruy Carneiro, no bairro Manaíra, em João Pessoa-PB.

Na Figura 51 e 52 segue o comparativo da loja 1 antes e depois da compensação dos créditos de energia gerados pela usina FV do proprietário, assim como analogamente para a Figura 53 e 54 referentes a loja 2.

Figura 51: Loja 1 Antes da GD.



Fonte: Sollareco Energia, 2022.

Figura 52: Loja 1 Depois da GD.

AV SEN RUY CARNEIRO, 218 - LJ 01 58039180 - 58039180			CÓDIGO DO CLIENTE []		[]		[]		[]		
MANAIRA JOAO PESSOA (AG: 1)			CÓDIGO DA INSTALAÇÃO []		[]		[]		[]		
CNPJ/CPF/RANI: [] Insc. Est.: []			[]		[]		[]		[]		
REF: MÊS / ANO			VENCIMENTO		TOTAL A PAGAR						
Maio / 2023			12/06/2023		R\$ 301,37						
[]											
Itens da Fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/COFINS (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	% Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Tarifa Unit (R\$)		
Consumo em kWh		1.683,00	0,777870	1.309,17	65,27	1.309,17	18	235,65	0,599080		
Energia Atv Injetada oUC 5/2023 mPT		1.583,00	0,694520	-1.099,44	-61,39	-498,38	18	-89,71	0,599080		
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS											
CONTRIB SERV.ILUM.PÚBLICA				91,64	0,00	0,00	0	0,00			

Fonte: Sollareco Energia, 2023.

Apesar do menor consumo em relação as médias anteriores da loja 1, vale observar que o propósito de compensar todo o valor do consumo do local, foi obtido com êxito, ao qual a diferença de 100 kWh dos 1.683 kWh para 1.583 kWh referente aos créditos recebidos, é advinda do valor do custo mínimo por ser trifásico, sendo assim 100 kWh.

Considerando o desconto na conta de energia, sem considerar o valor da contribuição de iluminação público, que foi de R\$ 91,64, a economia obtida na loja 2 em junho de 2023 foi de 83,98%, ou seja, o valor abatido de R\$ 1.099,44 advindo dos créditos de geração da usina tiveram essa representatividade do percentual na conta de energia do proprietário.

Caso a mesma conta em questão fosse uma conta convencional, teríamos uma conta no valor de R\$ 1.309,17 + R\$ 91,64 totalizando assim R\$ 1.400,91 a serem pagos à concessionária de energia.

Figura 53: Loja 2 Antes da GD.

SEN RUY CARNEIRO 218 LJ 02 - MANAIRA
P 58039180 - JOAO PESSOA / PB (AG: 1)

F/CNPJ/RANI: [REDACTED]

v/SbgMTC-CONVENCIONAL BAIXA TENSÃO / B3
/Sbc.COMERCIAL/COMERCIAL TRIFÁSICA

Medidor: [REDACTED]

energisa

UNIDADE CONSUMIDORA (UC)

CADASTRE SUA FATURA EM DÉBITO AUTOMÁTICO UTILIZANDO O CÓDIGO: 00019244193

VALOR DA FATURA R\$ 3.861,49	VENCIMENTO 02/03/2022
REFERÊNCIA FEV/2022	CONSUMO 3526 kWh

125,93kWh
MÉDIA DIÁRIA

SITUAÇÃO DE DÉBITOS

DESCRIPTIVO

I Descrição	QUANT.	TARIFA C/ IMPOSTOS	Valor Total (R\$)	BASE CALC. ICMS (R\$)	Alq. ICMS	ICMS (R\$)	BASE CALC. PIS/COFINS (R\$)	PIS (%)	COFINS (%)
Consumo em kWh	3,526	0,626800	2,915,35	2315,35	25	726,83	2185,5	0,5671%	3,0729%
Adic. B. Vermelha			693,52	693,52	25	173,38	520,13	3,47	15,98
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
CONTRIB SERV.ILUM.PÚBLICA			252,62		0	0,00	0	0	0

Fonte: Sollareco Energia, 2022.

Figura 54: Loja 2 Depois da GD.

AV SEN RUY CARNEIRO, 218 - LJ 02 58039180 - 58039180

MANAIRA
JOAO PESSOA (AG: 1)

CNPJ/CPF/RANI: [REDACTED]
Insc. Est.: [REDACTED]

CÓDIGO DO CLIENTE
[REDACTED]

CÓDIGO DA INSTALAÇÃO
[REDACTED]

REF: MÊS / ANO
Maio / 2023

VENCIMENTO
12/06/2023

TOTAL A PAGAR
R\$ 360,62

Itens da Fatura	Unid.	Quant.	Preço unit (R\$) com tributos	Valor (R\$)	PIS/COFINS (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	% Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Tarifa Unit (R\$)
Consumo em kWh		2.113,00	0,777870	1.643,66	81,95	1.643,66	18	295,86	0,599080
Energia Atv Injetada oUC 5/2023 mPT		2.013,00	0,694520	-1.398,09	-78,06	-633,76	18	-114,08	0,599080
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
CONTRIB SERV.ILUM.PÚBLICA				115,05	0,00	0,00	0	0,00	

Fonte: Sollareco Energia, 2023.

Analogamente ao resultado da loja 1, foi obtido uma economia na loja 2, em maio de 2023 de 85,05%, logo, é notável que quanto maior o consumo e o abatimento dos créditos de energia total recebidos, maior deverá ser a economia, pois o preço unitário em reais com tributos do kWh convencional, é de R\$ 0,777870 por kWh na data analisada, sendo assim maior que o da energia ativa injetada recebida pela unidade geradora, de valor R\$ 0,694520 por kWh. Essa diferença se dá em virtude do ICMS sobre os créditos de energia provenientes da micro e minigeração de energia elétrica, ao qual o estado da Paraíba faz parte. Vale salientar que caso o Estado da Paraíba fosse aderido à isenção do ICMS sobre a energia injetada, melhoraria em até 10,71% o retorno financeiro do investimento na geração solar fotovoltaica, sendo importantíssima para o desenvolvimento do mercado.

4 CONCLUSÃO

O levantamento da viabilidade técnica e econômica da implementação da usina fotovoltaica em solo localizada em Pilar-PB foi realizada com êxito. Toda a disponibilidade do potencial elétrico gerado a ser aproveitado foi calculada de forma que o sistema fosse dimensionado da maneira mais realista possível para a entrega da solução ao proprietário. Pois, por se tratar de uma região caracterizada por ter um clima quente, com elevadas temperaturas, baixas amplitudes térmicas e chuvas escassas, muito irregulares, a região possui um vasto potencial elétrico para geração de energia solar, por suas características climáticas favorecerem e serem mais propensas para a sua utilização.

As análises realizadas com dados reais puderam mostrar para que o leitor observe a viabilidade do projeto frente a solicitação do cliente em atingir a capacidade máxima de seu sistema fotovoltaico, bem como, o sequenciamento e viabilidade técnica no local a ser instalado.

A economia média das 14 faturas que foram compensadas pela usina variou em 85% de economia final mensal para o cliente.

O capital total investido em todo o projeto foi de aproximadamente R\$ 500.000,00 com uma economia anual estimada em R\$ 125.000,00 sendo projetada com base na média de 15 mil kWh mês gerados pelo valor atual de R\$ 0,694520 do kWh na concessionária Energisa Paraíba.

Além disso, vale ressaltar que a incidência do ICMS do produtor de geração distribuída, em tese desestimula o setor, sendo ela uma pauta que ainda deve ser bastante discutida pelo setor frente ao Estado. Afinal, Estados vizinhos como o Rio Grande do Norte, não cobram ICMS pela energia injetada dos produtores.

Dessa forma, o trabalho proporcionou a ampliação dos meus conhecimentos na área e contribuiu de forma significativa na minha vida profissional, além também da aprimoração de relações corporativas e interpessoais no trabalho em equipe. Todas essas habilidades me geraram um amadurecimento e uma melhor capacitação dentro do mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

NAKABAYASHI, Renny. Microgeração fotovoltaica no Brasil: viabilidade econômica. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 2015.

BENEDITO, R. S. Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-12082010-142848/pt-br.php>. Acesso em 19 outubro 2022.

MACEDO. W. N. Análise do fator de dimensionamento do inversor aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede. São Paulo, Brasil: Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. Brasil, 2006. 183 p.

Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica e Seus Componentes. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso em 20 maio 2023.

Oversizing e clipping: até que valor pode sobredimensionar um sistema? Disponível em: <https://canalsolar.com.br/oversizing-e-clipping-nos-sistemas-fotovoltaicos/>. Acesso em 10 junho 2023.

RAIMUNDO, T. H. A. Curso Projetando e Dimensionando Sistema Fotovoltaico. Disponível em: [PROJETANDO E DIMENSIONANDO SISTEMA FOTOVOLTAICO \(aett.com.br\)](http://aett.com.br/projetando-e-dimensionando-sistema-fotovoltaico). Acesso em 22 outubro 2022.

BRASIL. ANEEL. Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: Acesso em: [ren2012482.pdf \(aneel.gov.br\)](https://www.aneel.gov.br/ren2012482.pdf). Acesso em 28 outubro 2022

ANEXO A – MEMORIAL TÉCNICO

MEMORIAL DESCRITIVO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA UFV-SOLAR

1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC									
Código da UC:		Classe:	RURAL		CNPJ/CPF:				
Títular da UC:	SÍTIO SAMAMBAIA								
Logradouro:	SÍTIO SAMAMBAIA								
N°:	0	Bairro:	AREA RURAL		Cidade:	PB		CEP:	58338-000
E-mail:									
Telefone:	Celular:		83996746135			N° de fases:	3		
Tipo do Padrão:	Nível de tensão (V)		Potencia Máxima Disponibilizada (kW):						
TRIFÁSICO	220/380		75,00						
Disjuntor geral (A)	Fator de Potencia		Demanda Contratada (kW):		DPS CA (kA)	DISJUNTOR CA	DPS CC (kA)	DISJUNTOR CC	
125	0,92		0						
Modalidade	Potencia Trafo:		Numero de hastes		45	125	40	32	
AUTOCONSUMO REMOTO	75		3						
Coordenadas do padrão de entrada em UTM:			FUSO		X (LONG)		Y (LAT)		
			25K		250467		9196126		
Tipo Tensão:	Cabos por fase:	Potencia De Geração (Kwp):	Bitola Fase:	Bitola Neutro:	Bitola Terra:	Previsão de ligação (Mês):		Zona:	
						Mês:	Ano:		
BAIXA	1	75	50	35	25	JANEIRO	2023	RURAL	
Observações:	MÓDULOS - FABRICANTE: SUNERGY SOLAR, MODELO: SUN-72M-H8-550W INVERSOR - FABRICANTE: BELLENERGY, MODELO: INVSBE-TR-380-75KW-S DISJUNTOR CC: O VALOR DE 32A REFERE-SE AO LIMITE DE CORRENTE DO DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO E SECCIONAMENTO CC, A STRING BOX CC.								

2. CARACTERÍSTICAS DA GERAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

Estrutura dos painéis utilizados na usina:

N°	Qtd.	Fabricante	Modelo dos paineis	Area total do arranjo (M²)	Potência (kW)	Subtotal (kW)
1	214	OUTRO_PAINEL	778 - OUTRO	428	0,55	117,7
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
				Area Total:	428m²	Potencia Total (kW): 117,7

Estrutura do(s) inversor(es) utilizado(s) na usina:

N°	Qtd.	Fabricante	Modelo do(s) inversor(es)	Potência (kW)	Subtotal (kW)
1	1	OUTRO_INVERSOR	734 - OUTRO	75	75
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
				Potencia Total (kW):	75

NECESSITA DE AUTOTRAFO OU DE TRANSFORMADOR DE ACOPLAMENTO?

NÃO

POTÊNCIA:

ATENDIMENTO COM TRAFQ EXCLUSIVO (GRUPO "A" E CONSUMIDORES RURAIS)?

SIM

POTÊNCIA:

75

Assinatura do Projetista

PROCESSO: 12971/22_EPB



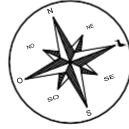
Projeto APROVADO e liberado para a execução com validade 120 (cento e vinte) dias a partir de 23/01/2023 Porém esta aprovação não exime responsabilidade civil do autor da ART do Projeto/Execução.

Após a execução dos serviços, um pedido de vistoria deverá ser solicitada junto a esta concessionária, onde a aprovação do sistema de geração/medição está condicionada a irrestrita observância do projeto original aprovado, devendo os materiais aplicados obedecer às normas da ABNT e dos padrões em vigor das normas desta concessionária.

APROVADO POR: Rayanne Kelly Rosa Araújo

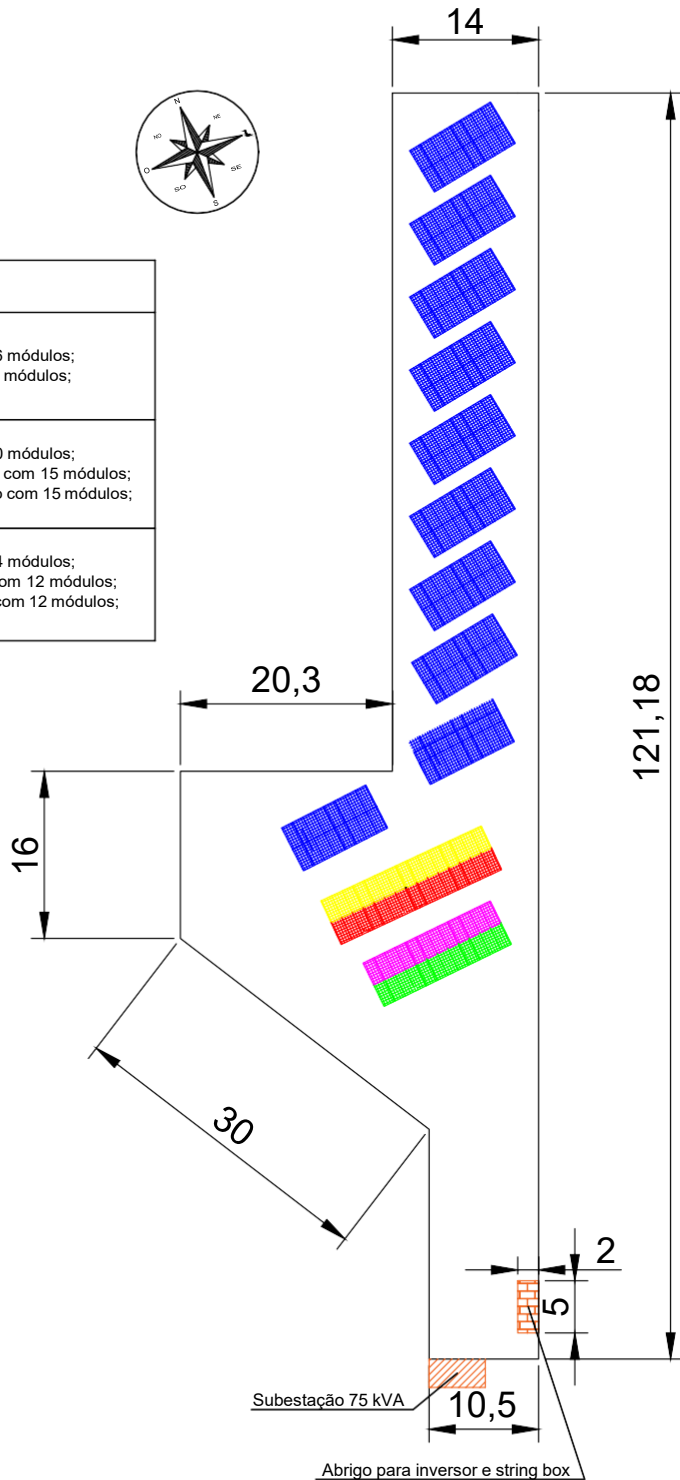
**ANEXO B – PRANCHAS DO PROJETO DA
USINA FOTOVOLTAICA DE 117,70 KWP EM
PILAR-PB**

Mapa de Distribuição das Mesas e Strings no Terreno







Legenda	
	2 Mesas com 16 módulos; 1 String com 16 módulos;
	4 Mesas com 30 módulos; 1 String na cor amarelo com 15 módulos; 1 String na cor vermelho com 15 módulos;
	3 Mesas com 24 módulos; 1 String na cor rosa com 12 módulos; 1 String na cor verde com 12 módulos;

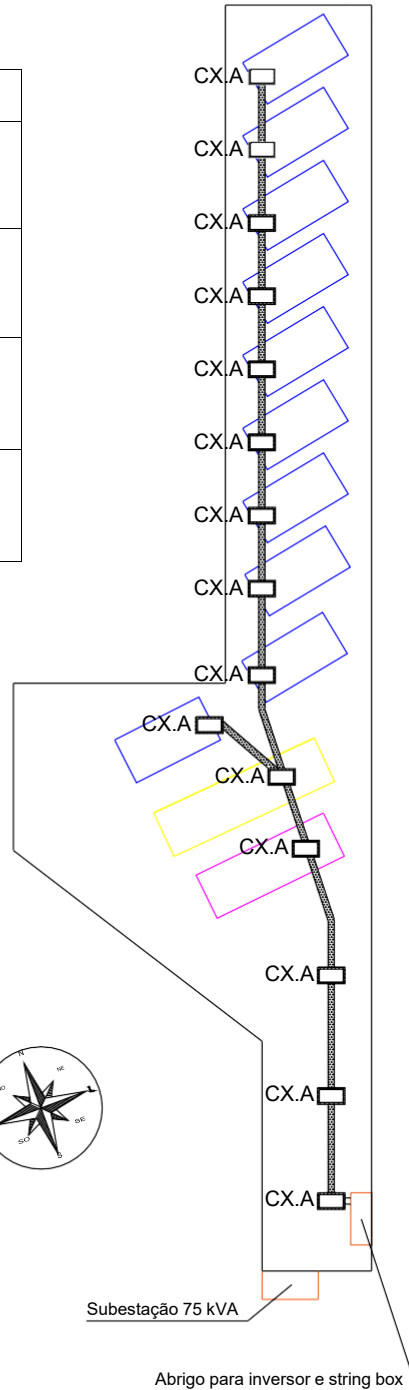
Materiais
27 Mesas;
214 módulos de 550 W SUN-72M-H8-550
1 Inversor Trifásico 75 kW IVSBE-TR-380-75KW-S



PROJETO USINA FOTOVOLTAICA 117,70 kWp	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	YGOR EMMANUEL MARANHÃO ROCHA CFT 05875469480
CLIENTE:	-
DISTRIBUIÇÃO DAS MESAS FOTOVOLTAICAS NO TERRENO	
ESCALA:	COTAS EM METRO
DATA:	23/10/2022

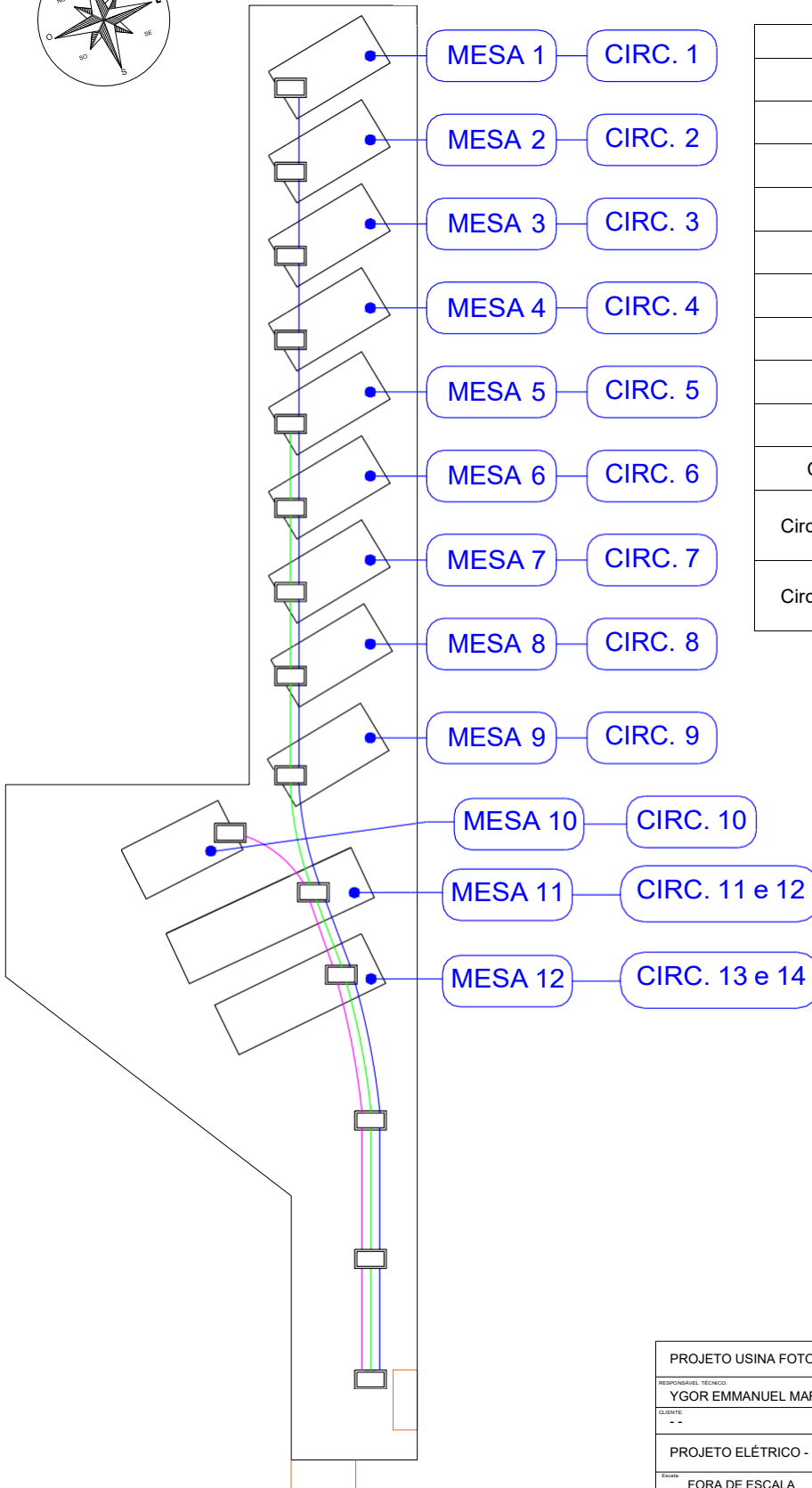
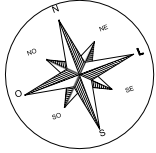
Percuso da calha e distribuição das caixas de passagem

Legenda	
	2 Mesas com 16 módulos; 1 String com 16 módulos;
	4 Mesas com 30 módulos; 1 String na cor amarelo com 15 módulos; 1 String na cor vermelho com 15 módulos;
	3 Mesas com 24 módulos; 1 String na cor rosa com 12 módulos; 1 String na cor verde com 12 módulos;
CX.A 	Caixa de passagem; Dimensões 45 x 45 cm



PROJETO USINA FOTOVOLTAICA 117,70 kWp	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	YGOR EMMANUEL MARANHÃO ROCHA CFT 05875469480
CLIENTE:	--
PERCUSO DA CALHA E DISTRIBUIÇÃO DAS CAIXAS DE PASSAGEM	
Estado:	LIVRE
DATA:	23/10/2022

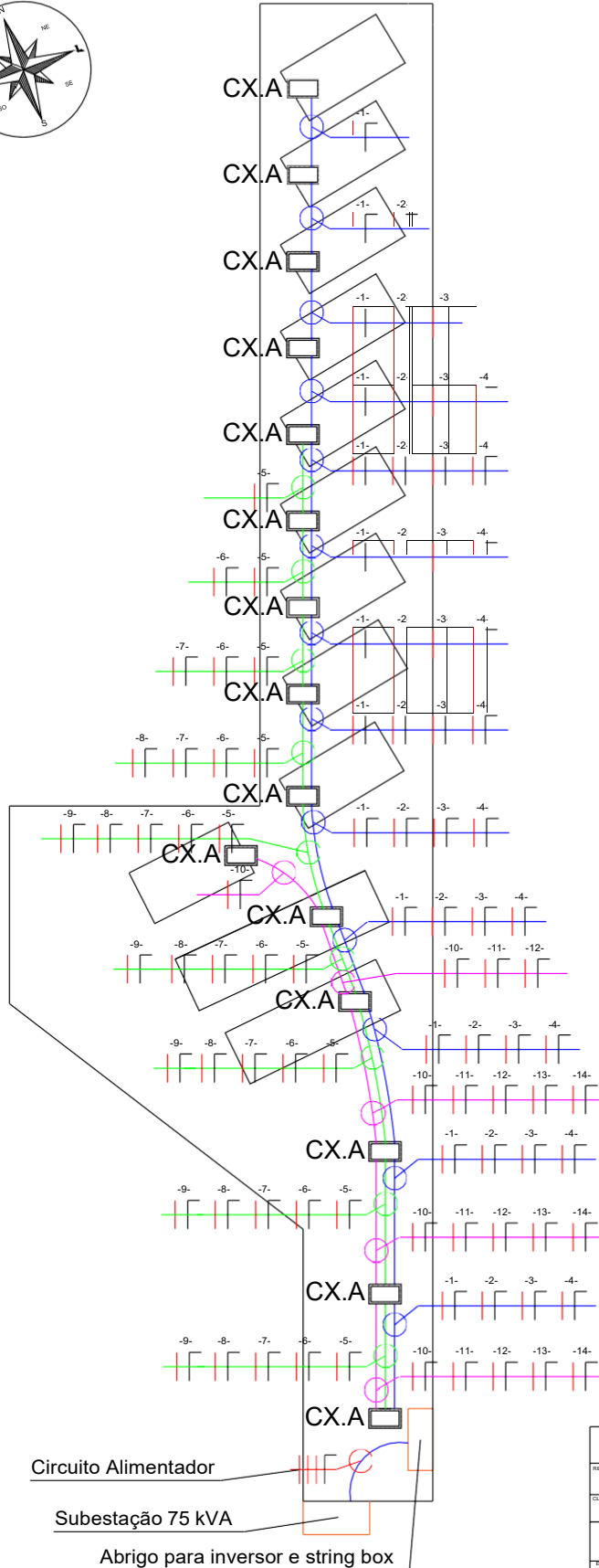
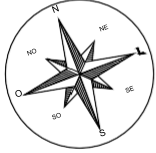
Projeto Elétrico - Identificação das mesas e circuitos



Distribuição dos Circuitos	
Circuito 1	Mesa 1 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 2	Mesa 2 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 3	Mesa 3 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 4	Mesa 4 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 5	Mesa 5 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 6	Mesa 6 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 7	Mesa 7 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 8	Mesa 8 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 9	Mesa 9 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 10	Mesa 10 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuitos 11 e 12	Mesa 11 Circuito 10: os 15 módulos inferiores I = 13,82 A V = 753 V Circuito 11: os 15 módulos superiores I = 13,82 A V = 753 V
Circuitos 13 e 14	Mesa 12 Circuito 13: os 12 módulos inferiores I = 13,82 A V = 602,4 V Circuito 14: os 12 módulos superiores I = 13,82 A V = 602,4 V

PROJETO USINA FOTOVOLTAICA 117,70 kWp	
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	YGOR EMMANUEL MARANHÃO ROCHA CFT 05875469480
CLIENTE:	--
PROJETO ELÉTRICO - IDENTIFICAÇÃO DAS MESAS E CIRCUITOS	
ESCALA:	FORA DE ESCALA
DATA:	06/09/2022

Projeto Elétrico - Condutores, Circuitos e Eletrodutos



Legenda

CX.A	Dimensões: 45 cm x 45 cm
	Condutor DC+ positivo do Circuito Cabo Solar de 6mm ²
└	Condutor DC- negativo do Circuito Cabo Solar de 6mm ²
— (blue)	Eletroduto para os circuitos 1-2-3-4 Diâmetro em polegadas: 2" Comprimento: ~ = 130 m
— (green)	Eletroduto para os circuitos 5-6-7-8-9 Diâmetro em polegadas: 2" Comprimento: ~ = 100 m
— (magenta)	Eletroduto para os circuitos 10-11-12-13-14 Diâmetro em polegadas: 2" Comprimento: ~ = 60 m

Distribuição dos Circuitos

Circuito 1	Mesa 1 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
	Mesa 2 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 3	Mesa 3 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
	Mesa 4 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 5	Mesa 5 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
	Mesa 6 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 7	Mesa 7 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
	Mesa 8 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuito 9	Mesa 9 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
	Mesa 10 I = 13,82 A V = 803,2 V 16 Módulos
Circuitos 11 e 12	Mesa 11 Circuito 10: os 15 módulos inferiores I = 13,82 A V = 753 V Circuito 11: os 15 módulos superiores I = 13,82 A V = 753 V
	Mesa 12 Circuito 13: os 12 módulos inferiores I = 13,82 A V = 602,4 V Circuito 14: os 12 módulos superiores I = 13,82 A V = 602,4 V

Dimensões Circuito Alimentador

Fases	3 x 90 metros de 50 mm ²
Neutro	1x 30 metros de 25 mm ²

PROJETO USINA FOTOVOLTAICA 117,70 kWp

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

YGOR EMMANUEL MARANHÃO ROCHA CFT 05875469480

CLIENTE:

--

PROJETO ELÉTRICO - CONDUTORES, CAIXAS E ELETRODUTOS

ESCALA:

FORA DE ESCALA

DATA:

06/09/2022