

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**

LEONARDO CAMPOS VIEIRA DE SOUZA

**MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA *GROUND-
MOUNTED* NA CIDADE DE APUCARANA-PR**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA - PR

2019

LEONARDO CAMPOS VIEIRA DE SOUZA

**MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA *GROUND-
MOUNTED* NA CIDADE DE APUCARANA-PR**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA - PR

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

Leonardo Campos Vieira de Souza

MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA *GROUND-MOUNTED* NA CIDADE DE APUCARANA-PR

Esta Monografia de Especialização foi apresentada no dia 08 de outubro de 2019, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O Leonardo Campos Vieira de Souza foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Marcelo Rodrigues
Coordenador de Curso de Especialização em Energias Renováveis

Prof. Me. Romildo Alves dos Prazeres
Chefe do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Rodrigues
Orientador - UTFPR

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior
UTFPR

Prof. Esp. Carlos Henrique Caram Salata
UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

RESUMO

Souza, Leonardo Campos Vieira de. **MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA *GROUND-MOUNTED* NA CIDADE DE APUCARANA**. 2019. 74 f. Monografia – Curso de Especialização em Energias Renováveis, Departamento acadêmico de Eletrotécnica (DAELT), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2019.

Este trabalho trata de um estudo de caso, sobre a possibilidade e capacidade de geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos em um lote de terra sem uso, de tamanho padrão na cidade de Apucarana, Paraná. Devido a muitas indústrias ou mesmo empreendedores que possuem várias unidades consumidoras, não terem espaço suficiente para instalar a geração necessária para suprir o consumo de energia elétrica das mesmas, viu-se a necessidade do estudo de uma possibilidade para suprir tais situações. Foram utilizados os dados da localização, como irradiação, posicionamento do terreno e nivelamento do terreno, sendo eles necessários para verificar a viabilidade técnica do projeto, visando a máxima utilização da área do terreno para ocasionar a maior eficiência e potencial geração de energia. Dimensionado o projeto, estima-se a quantidade de energia gerada, é cotado o valor de investimento inicial. Posteriormente é analisada a viabilidade econômica e calculado o *payback* do mesmo, constatando que o projeto é viável teoricamente, levando um tempo de aproximadamente 6 anos para o retorno financeiro.

Palavras-chave: Painéis Fotovoltaicos. Geração de Energia. Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

Souza, Leonardo Campos Vieira de. **MICROGENERATION OF SOLAR FOTOVOLTAIC ENERGY GROUND-MOUNTED IN THE CITY OF APUCARANA.** 2019. 74 f. Monography – Specialization Course in Renewable Energies, Academic Department of Electrotechnology (DAELT), Federal Technological University of Paraná (UTFPR). Curitiba, 2019.

This work is all about a study case, about the possibility and capability of electric energy generation through photovoltaic panels in a property without use with a custom size in the city of Apucarana, Paraná. Due to a lot of industries or entrepreneurs that own multiple consumers units, do not have enough space to install the required generation to supply the electric energy consumption of themselves, a need of a study of a possibility to supply this situation. The data of the location, like irradiation, property positioning and property levelling was used, being itself necessary to check the technical feasibility of the project, aiming the maximum area application of the property to lead to the greater efficiency and potential energy generation. Sizing the project, it is estimated the amount of generated energy, it is quoted the initial investment value. Subsequently it's analysed the economic feasibility and calculated the payback of itself, consisting of that the project it's theoretically viable, taking around 6 years to have the financial feedback.

Keywords: Photovoltaic Panels. Energy Generation. Economic Feasibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma do Projeto	17
Figura 2: Modelo de Aquecedor de água através da energia solar	20
Figura 3: Modelo de geração de energia elétrica através da energia solar	21
Figura 4: Comparativo de irradiação solar, Brasil x Alemanha.....	22
Figura 5: Exemplos de Módulos Fotovoltaicos	24
Figura 6: Materiais utilizados na montagem dos módulos fotovoltaicos	26
Figura 7: Exemplo de inversor solar <i>on-grid</i>	27
Figura 8: Exemplo de um micro inversor	28
Figura 9: Bateria Estacionária Chumbo-Ácido.....	29
Figura 10: Chave Seccionadora	30
Figura 11: MiniDisjuntor Termomagn	30
Figura 12: Modelo de <i>String Box</i> utilizado	31
Figura 13: Exemplo de estrutura para fixação em solo	32
Figura 14: Exemplo de estrutura para fixação em telhado	33
Figura 15: Sistema fotovoltaico autônomo (<i>off-grid</i>).....	34
Figura 16: Sisitema fotovoltaico conectado à rede (<i>on-grid</i>)	35
Figura 17: Local do terreno de estudo.....	36
Figura 18: Valores de irradiação solar no local do estudo.....	37
Figura 19: Irradiação no Local.....	38
Figura 20: Dados fornecidos para o Radasol	40
Figura 21: Desvio azimutal do norte.....	40
Figura 22: Configurações Radasol	42
Figura 23: Disponibilidade dos módulos.....	43
Figura 24: Dados elétricos do módulo.....	44
Figura 25: Cálculo de potência.....	45
Figura 26: Dados elétricos inversor.....	46
Figura 27: Fórmula dimensionamento de condutores	48
Figura 28: Capacidade de corrente cabos Nexans	50
Figura 29:Fórmula de distância mínima de fonte de sombreamento.....	51
Figura 30: Previsão de irradiação.....	52
Figura 31: Sombreamento outono e inverno	53

Figura 32: Sombreamento primavera verão	54
Figura 33: Fórmula geração de energia	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação de valores de irradiação solar	38
Quadro 2: Comparação de desvio azimutal	41
Quadro 3: Irradiação média anual	42
Quadro 4: Dimensionamento condutor CC	48
Quadro 5: Dimensionamento condutor CA.....	49
Quadro 6: Custo	55
Quadro 7: Previsão de geração.....	56
Quadro 8: Previsão de economia	58
Quadro 9: Retorno do investimento.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Ampère
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CF	Fluxo de Caixa
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt hora (Medida de consumo)
kWh/m ² .dia	Quilowatt hora por metro quadrado ao dia (Medida de irradiação)
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracker</i> (Rastreador de Ponto de Potência Máxima)
m	Metro
m ²	Metro quadrado
mm ²	Milímetro quadrado
PR	<i>Performance Ratio</i>
SFVCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFVI	Sistema Fotovoltaico Isolado
TIR	Taxa de Retorno Interno
V	Volts
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
W	Watt

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESEPR	Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos
E	Energia
H_{TOT}	Irradiação solar incidente no plano do painel fotovoltaico
I_{sc}	Corrente de curto circuito
m-Si	Silício Monocristalino
NBR	Norma Técnica
p-Si	Silício Policristalino
P_{FV}	Potência Fotovoltaica
$V_{m\acute{a}x}$	Tensão máxima
V_{oc}	Tensão de circuito aberto

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito
EVA	<i>Ethylene-vinyl acetate</i> (Acetato-vinilo de etileno)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	TEMA.....	15
1.1.1	Delimitação do Tema.....	15
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	15
1.3	OBJETIVO.....	16
1.3.1	Objetivo Geral.....	16
1.3.2	Objetivos Específicos	16
1.4	JUSTIFICATIVA.....	16
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	ENERGIA SOLAR	19
2.2	IRRADIAÇÃO SOLAR	21
2.3	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	22
2.4	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	23
2.4.1	Módulos no Mercado	23
2.4.2	Componentes Básicos.....	25
2.4.2.1	Módulo fotovoltaico.....	25
2.4.2.2	Inversores.....	26
2.4.2.3	Baterias	28
2.4.2.4	Componentes de Proteção	29
2.4.2.5	Componentes estruturais.....	31
2.4.3	Sistemas Desligados da Rede ou Isolados – SFI.....	33
2.4.4	Sistemas conectados à rede – SFCR.....	34
3	ESTUDO DO TERRENO.....	36
3.1	LOCAL DE ESTUDO	36
3.2	IRRADIAÇÃO SOLAR NO LOCAL	37
3.3	ÁREA DISPONÍVEL	39
3.4	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	39
3.4.1	Radiasol.....	39
3.4.2	Desvio Azimutal.....	40
3.4.3	Inclinação	41

3.4.4	Configuração do Radiasol	42
3.4.5	Área utilizada para geração	42
3.4.6	Escolha dos Módulos.....	44
3.4.7	Escolha do inversor	45
3.4.8	Separação das <i>Strings</i>	46
3.4.9	Dimensionamento de condutores	47
3.4.9.1	Condutores CC	48
3.4.9.2	Dimensionamento de condutores CA	48
3.4.10	Proteção CC e Proteção CA	50
3.5	SOMBREAMENTO.....	51
3.6	CUSTO TOTAL.....	55
3.7	PREVISÃO DE GERAÇÃO	55
3.8	ANÁLISE DE <i>PAYBACK</i> DO SISTEMA.....	57
4	CONCLUSÃO.....	60
	REFERÊNCIAS.....	62
	ANEXO A – DATASHEET TRINA SOLAR 400W TALLMAX	64
	ANEXO B – DATASHEET SUNNY TRIPOWER CORE1	66
	ANEXO C – DATASHEET ESTRUTURA SOLAR ROMAGNOLE	68
	ANEXO D – DATASHEET TRANSFORMADOR TRIFÁSICO MINUZZI	69
	ANEXO E – ITENS COMPOSTOS PELO KIT DE ENERGIA SOLAR	70
	ANEXO F – ALTERAÇÃO TARIFÁRIA DA COPEL DESDE 2009	71
	APÊNDICE A - ÁREA DE UTILIZAÇÃO DO TERRENO	72
	APÊNDICE B – VISTA LATERAL DE FIXAÇÃO DOS MÓDULOS	73
	APÊNDICE C – DIAGRAMA UNIFILIAR GERADOR SOLAR 43,2 KWP.....	74

1 INTRODUÇÃO

Após Benjamin Franklin ter descoberto a energia elétrica, a humanidade vem se tornando cada vez mais dependente da mesma. Nos dias de hoje já pode-se dizer que não se vive mais sem a energia elétrica. Ela é quem fornece “vida” para praticamente todos os equipamentos que são utilizados hoje em dia, como celulares, computadores, ferramentas para trabalho braçal, equipamentos para higiene e principalmente a internet que é um dos meios de comunicação e divulgação mais utilizados atualmente.

Com toda essa dependência sobre a energia elétrica o mundo vem aprimorando as formas de gera-la. Cientistas, estudiosos, indústrias e profissionais de desenvolvimento vem criando e diversificando os meios de gerar energia elétrica para suprir a demanda atual, a qual vem aumentando a cada dia que passa. Com isso viu-se a necessidade de explorar outras formas de geração de energia, porém com o passar do tempo foi necessário priorizar a sustentabilidade, ou seja, gerar energia sem prejudicar o meio ambiente ou emitir gases que provocam o efeito estufa, os quais alteram as características da natureza, do clima e do meio ambiente em que se vive no planeta Terra. As quais podem ser obtidas principalmente a partir do vento, das águas e do sol.

As energias citadas, que podem ser chamadas de renováveis e sustentáveis, tem como principal característica de não agredirem e não poluírem o meio ambiente, trabalhando em harmonia com a natureza. Elas se tornaram uma alternativa as fontes tradicionais de geração de energia elétrica, tornando a matriz energética mundial cada vez mais diversificada e equalizada, podendo um dia chegarem ao equilíbrio com as tradicionais fontes e em um futuro ultrapassarem e se tornarem as principais fontes de energia e tornando a utilização das “antigas” fontes apenas em casos de emergência.

Segundo Nascimento (2017) a energia solar pode ser usada tanto para aquecimento de água, iluminação de ambientes, geração de energia elétrica, energia mecânica e energia térmica. Sendo o foco dessa monografia a geração de energia elétrica para a compensação nas unidades consumidoras.

É encontrado em sites de notícias, blogs e fóruns sobre energia solar fotovoltaica, que a mesma vem ganhando seu espaço no mercado, devido as suas vantagens e um dos principais motivos é o aumento constante da tarifa de energia elétrica cobrada pelas concessionárias de energia dos estados.

Com um histórico de altos juros e preços exorbitantes nas tarifas de energia, o Brasil vem crescendo rapidamente no mercado de energia solar fotovoltaica, ganhando destaque entre outros países que já possuem a tecnologia a muito mais tempo.

A irradiação solar no Brasil é melhor que em muitos locais onde a energia solar fotovoltaica é amplamente utilizada e aproveitada, em comparação com a Alemanha que é entre 900 e 1250 Wh/m², França 900 e 1650Wh/m² e Espanha 1200 e 1850 Wh/m², nota-se uma grande vantagem em relação a esse ponto (NASCIMENTO, 2017).

Apesar do seu alto custo de aquisição, a energia solar fotovoltaica tem um papel importante na matriz energética Brasileira, que é diminuir a dependência de hidrelétricas e diminuir o custo das tarifas para a população, que paga caro em épocas de seca no país.

1.1 TEMA

O tema se refere ao estudo e projeto de um sistema de energia solar fotovoltaico realizado para prever a geração de energia elétrica a partir de um lote na cidade de Apucarana no estado do Paraná.

1.1.1 Delimitação do Tema

Será realizado o projeto, através de programas computacionais, de um sistema de micro geração de energia solar fotovoltaica, na cidade de Apucarana, o qual seja capaz de gerar energia suficiente para atender unidades consumidoras de energia elétrica. Pelo alto valor das tarifas e valores cobrados pela concessionária de energia, viu-se necessário o investimento em tal tecnologia e estudo das possibilidades de geração.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Por ser uma tecnologia relativamente nova no Brasil, ela tem um alto valor de investimento inicial. É necessário estudar o terreno, a direção e a inclinação dos módulos fotovoltaicos. Porém com as variações do valor da tarifa de energia elétrica subindo frequentemente, é necessário se pensar como diminuir esse custo nas contas de energia elétrica todo mês?

Assim será feito um estudo utilizando a geração de energia a partir de um projeto de energia solar fotovoltaico para prever a capacidade de geração de energia e suprir o consumo de unidades consumidoras de energia elétrica podendo ser residenciais, comerciais ou industriais.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um projeto de energia solar fotovoltaico para prever quantidade de energia que pode ser gerada através de um sistema dimensionado para a instalação em um lote de terra disponível na cidade.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar o lote de terra disponível para a realização do projeto;
- Analisar as características de irradiação solar do local;
- Dimensionar o sistema de micro geração *ground-mounted*;
- Calcular a previsão de geração de energia elétrica;
- Calcular a economia mensal e anual gerada.
- Analisar o custo-benefício do empreendimento;

1.4 JUSTIFICATIVA

Este projeto será realizado com o intuito de estudar novas alternativas para pequenas gerações de energia elétrica, através dos sistemas de energia solar fotovoltaicos, utilizando lote de um município. Pois a tarifa de energia elétrica dos estados continua aumentando frequentemente.

Este trabalho tem o intuito de fornecer uma alternativa viável, principalmente, para quem possui mais de uma conta de energia em seu CPF ou CNPJ, podendo assim abater o consumo das unidades consumidoras, sendo elas comércios, indústria, conjunto de residências ou rural.

Podendo também ser uma hipótese para alguns condomínios, a fim de diminuir o consumo utilizando um lote no próprio local.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

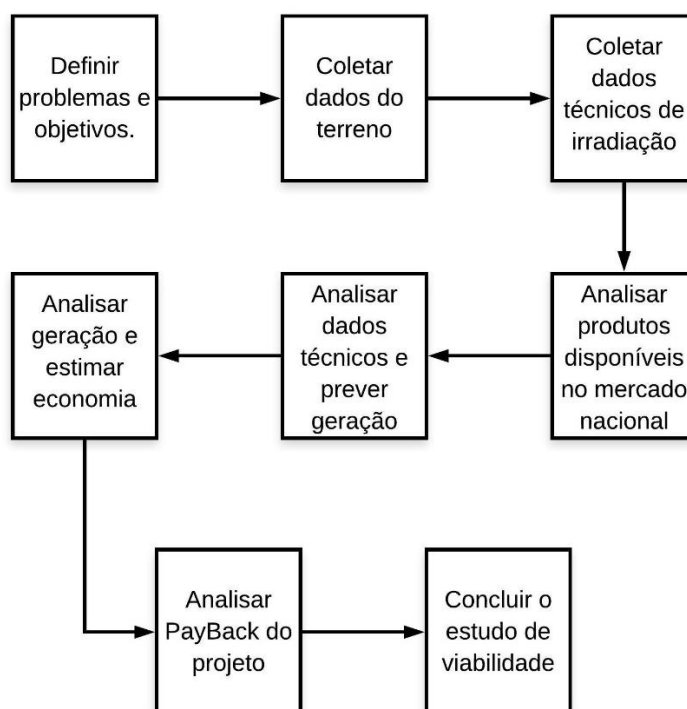
Será feito um estudo de caso para prever a quantidade de energia que pode ser gerada a partir de um sistema fotovoltaico instalado no solo, no espaço disponível de um lote de terra na cidade com estruturas adequadas para angulação correta de melhor desempenho. É feita uma média de geração mensal a partir de base de dados e programas computacionais para disponibilizar um sistema eficaz e bem dimensionado.

Serão utilizados programas como Radiasol, *Google Earth* e o site do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná como base de dados para os cálculos de irradiação solar, latitude e longitude. Será realizado um estudo de sombreamento para constatar se o mesmo afetará a geração de energia.

Todos os equipamentos e estruturas serão dimensionados, como módulos, proteção C.A, proteção C.C, inversores, cabos e estruturas.

Serão levados em conta o investimento inicial, valores de instalação e possível manutenção, tempo de retorno do investimento no projeto.

Figura 1: Fluxograma do Projeto



Fonte: Autor (2019)

Na figura 1 constam as etapas do estudo realizado, dando sequência e seguindo a ordem das flechas como etapa 1, 2, 3 e assim em diante.

A etapa 1 consiste em definir os problemas a serem superados e objetivos a serem alcançados a fim de se obter sucesso no projeto.

Em sequência as etapas 2 e 3, são as etapas que são feitas as coletas de dados para a análise posterior, como conta de energia, histórico de consumo, dimensões do lote de terra, nivelamento do terreno, orientação do lote e dados de irradiação no local do projeto.

Na etapa 4 foi feita uma pesquisa de mercado com alguns fornecedores a fim de analisar os produtos disponíveis no mercado atual, os valores e a disponibilidade dos mesmos.

Na etapa, 5 e 6 foram feitas diversas análises, dentre elas análise dos dados de irradiação, consumo de energia, espaço disponível, localização do lote, entre outros, os quais foram utilizados para elaborar o projeto e estimar o tamanho adequado para o mesmo, a fim de proporcionar o melhor custo-benefício para o sistema.

A etapa 7 consistiu em organizar e analisar o tempo de *payback* do sistema, prevendo a rentabilidade e a economia gerado mês a mês, disponibilizando valores aproximados para a futura apresentação ao cliente.

Concluindo com a etapa 8, foi exibido o resultado do projeto, mostrando o tempo de retorno do investimento, avaliando se o mesmo é viável ou inviável para ser realizado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No capítulo que se segue serão apresentados os conceitos básicos e teóricos sobre energia solar e energia elétrica gerada a partir da energia fotovoltaica.

Com estes conceitos é possível ter-se uma base para as análises realizadas para a estruturação do projeto. Serão vistos tópicos de como a energia solar pode ser aproveitada, níveis de irradiação solar no Brasil e o como sistema de geração distribuída funciona. Em continuação serão apresentados os equipamentos utilizados nos sistemas fotovoltaicos e em quais modelos de sistemas são utilizados, apresentando os produtos mais comuns no mercado.

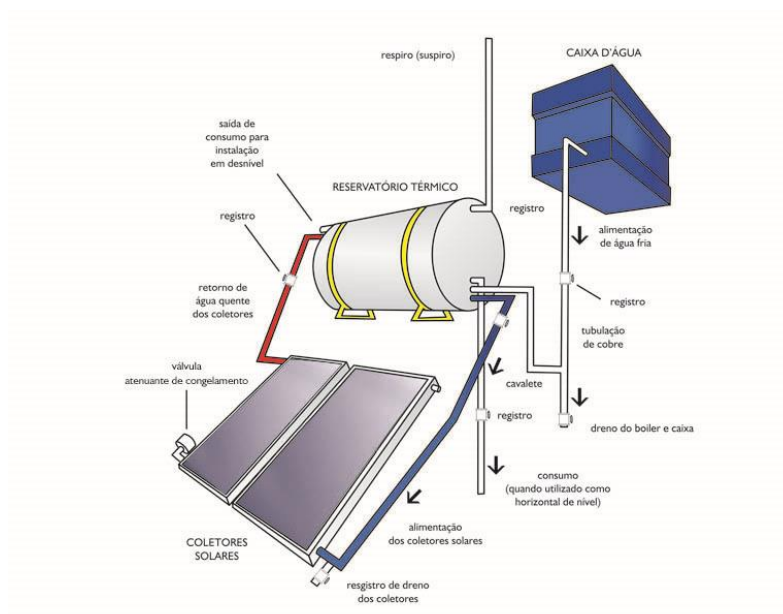
Contudo este capítulo tem como objetivo informar os conceitos básicos, atuais e que podem ser utilizados para a elaboração de um sistema de energia solar fotovoltaico

2.1 ENERGIA SOLAR

Como o próprio nome já diz, a energia solar é uma energia provinda do sol. Ela chega na Terra de uma forma tão abundante durante todo dia que é capaz de suprir a demanda energética diária mundial em pelo menos 10.000 vezes.

A energia solar pode ser aproveitada de diversas maneiras, através de várias formas de se gerar energia ou pelo menos economizá-la. Um dos exemplos mais práticos e atualmente muito utilizados em residências é para o aquecimento de água em torneiras e chuveiros, conforme a figura 2, possibilitando tomar um banho quente ou lavar a louça com água quente sem utilizar a energia elétrica para aquecer a mesma, diminuindo assim o uso da energia elétrica e gerando economia.

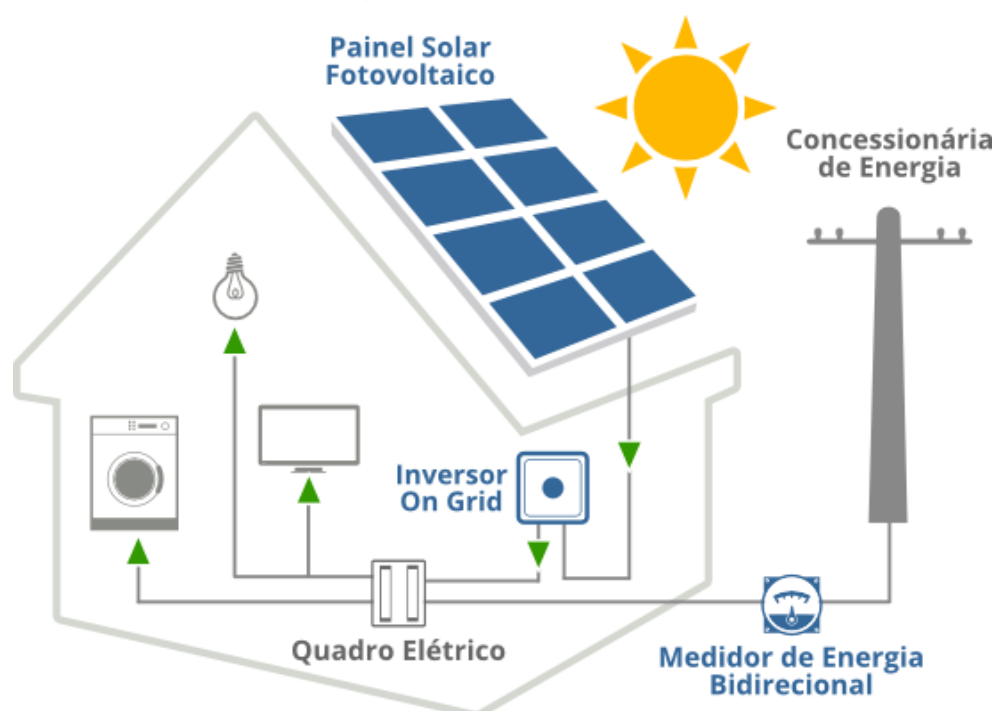
Figura 2: Modelo de Aquecedor de água através da energia solar



Fonte: <https://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/imagens/aquecedor-solar-esquema-termossifao.jpg>

É utilizada também para gerar energia elétrica através do efeito fotovoltaico nos módulos fotovoltaicos, podendo ser visto um exemplo na figura 3. O módulo é composto por células de silício cristalino, sendo estas responsáveis por realizar a transformação da energia solar em energia elétrica em corrente contínua, a qual é transformada em corrente alternada através dos inversores solares que serão abordados mais adiante (SILVA, 2015).

Figura 3: Modelo de geração de energia elétrica através da energia solar



Fonte: <https://solartrade.com.br/>

Portanto com a energia gerada e injetada na rede da concessionária, são descontados na sua conta de energia no final do mês os kWh gerados, ou mesmo utilizados durante o dia conforme algumas cargas que possam eventualmente serem ligadas durante o decorrer do dia, como qualquer aparelho ligado dentro da unidade consumidora.

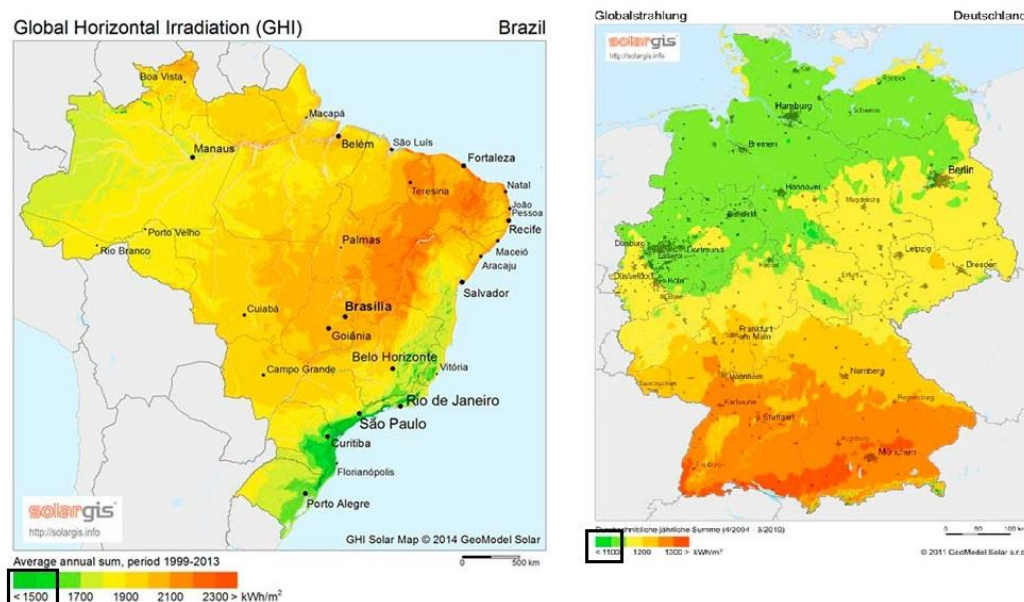
2.2 IRRADIAÇÃO SOLAR

O Brasil está em um local privilegiado no globo terrestre que recebe uma quantidade boa de radiação solar, sendo ele um dos melhores países para que a energia solar seja aproveitada. Na figura 4 podemos ver que conforme pesquisas e dados apontam, os menores índices de radiação no Brasil são mais altos que os maiores índices da Alemanha, mesmo assim a Alemanha está em uma grande escala a frente do Brasil em relação ao mercado de energia fotovoltaica e ao uso da mesma para suprir a demanda energética das residências, comércios e indústrias.

Quanto à energia fotovoltaica, no país, ainda não possui uma participação expressiva, isso se deve, em grande parte, ao elevado preço tecnológico, mas os avanços no setor criam boas estimativas para o mercado.

De acordo com a Bloomberg (2012) o Brasil é um dos países que atingiram o “grid parity” (paridade de rede), o que permite afirmar que em alguns casos a instalação de módulos solares em substituição a compra de eletricidade da rede já é um investimento vantajoso (CABRAL; TORRES; SENNA, 2013, p.7).

Figura 4: Comparativo de irradiação solar, Brasil x Alemanha



Fonte: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/SolarGIS-Solar-map-Brazil-en.png>> <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/SolarGIS-Solar-map-Germany-en.png>>

Com todo esse potencial disponível no Brasil, o mesmo ainda se encontra atrás no ranking de geração de energia solar em relação a países com potenciais muito menores, tornando-se assim um país que se tem muito a investir e aproveitar o potencial que possui.

2.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, publicou a Resolução Normativa nº 482 em 17 de abril de 2012, a qual regulamentou as condições para o acesso da geração distribuída no sistema de distribuição de energia elétrica das concessionárias, tanto microgeração como minigeração. Com a utilização de fontes de energias renováveis, uma unidade geradora possa se conectar ao sistema de energia elétrica e ter direito ao sistema de compensação de energia (SANTOS, 2016)

Esta resolução define o Sistema de Compensação, também conhecido pelo termo em inglês *net metering*, onde o consumidor de energia elétrica seja produtor e consumidor em sua unidade (ex.: utilização de painéis solares fotovoltaicos ou pequenas turbinas eólicas). Quando a geração for maior que o consumo, o saldo positivo de energia poderá ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário, desde que pertença ao mesmo CPF do produtor ou CNPJ associado, ou em faturas subsequentes, com validade de 60 meses (SANTOS, 2016).

Mesmo gerando sua própria energia, é necessário pagar a taxa de uso da rede de distribuição de energia elétrica da concessionária, que no caso seria um consumo mínimo para cada grupo de unidade consumidora. No caso do grupo B, que são os consumidores de baixa tensão, os consumos mínimos são 30kWh para ligações monofásicas, 50kWh para ligações bifásicas e 100kWh para ligações trifásicas. No caso do grupo A, que são consumidores de alta tensão o consumo mínimo se baseia na quantidade de demanda contratada.

Uma das maiores vantagens da utilização de energia solar fotovoltaica para conexão em geração distribuída, é que as concessionárias não precisam investir em longas linhas de transmissão como nas das hidrelétricas, sendo assim a geração de energia é instalada junto a unidade consumidora final.

2.4 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Há três alternativas de sistemas fotovoltaicos que podem ser instalados, os sistemas conectados à rede (*on-grid*), os sistemas isolados ou autônomos (*off-grid*) e os sistemas híbridos.

2.4.1 Módulos no Mercado

Hoje em dia o mercado da energia solar fotovoltaica está se atualizando rapidamente, a cada período de tempo curto as empresas internacionais fabricantes de módulos fotovoltaicos conseguem aumentar a eficiência dos mesmos, disponibilizando módulos cada vez mais potentes.

Contudo atualmente as tecnologias mais conhecidas e utilizadas no mercado são os módulos de silício policristalino e monocristalino, vistos na figura 5, ambos possuem células de silício para realizar a absorção e transformação da energia solar

provinda do sol. Estes possuem eficiência entre 17% e 24% sendo os mais eficientes os módulos de silício monocristalino, porém o seu preço é mais elevado.

Os módulos mais comuns disponíveis para aquisição são:

- Silício Policristalino
- Silício Monocristalino

Figura 5: Exemplos de Módulos Fotovoltaicos



Fonte: <<https://s3.us-east-2.amazonaws.com/legacy.portalsolar.com.br/Content/EditorImages/images/painel-solar-fotovoltaico-policristalino.jpg>><<https://s3.us-east-2.amazonaws.com/legacy.portalsolar.com.br/Content/EditorImages/images/Painel-Solar-Fotovoltaico-Monocristalino.jpg>>

Pesquisas são realizadas com outros componentes além do silício utilizado atualmente. Segundo a Sociedade de Engenharia do Rio Grande do Sul (2019), cientistas de empresas na Inglaterra, Oxford PV, e nos Estados Unidos, Swift Solar, estão desenvolvendo uma célula que se chama *perovskita*, ela utiliza chumbo híbrido orgânico-inorgânico ou um material a base de haleto de estanho, realizando a função da célula de silício que conhecidas atualmente. Podem atingir chegar a níveis de 34% de eficiência.

2.4.2 Componentes Básicos

Os projetos realizados de energia solar fotovoltaica não contam apenas com os módulos e fiação para ligá-los a rede elétrica, eles trabalham em conjunto com vários componentes e equipamentos para poder “adequar” a energia gerada, para que possa ser utilizada pelo proprietário.

Serão descritos alguns equipamentos e componentes essenciais para o projeto funcionar adequadamente.

2.4.2.1 Módulo fotovoltaico

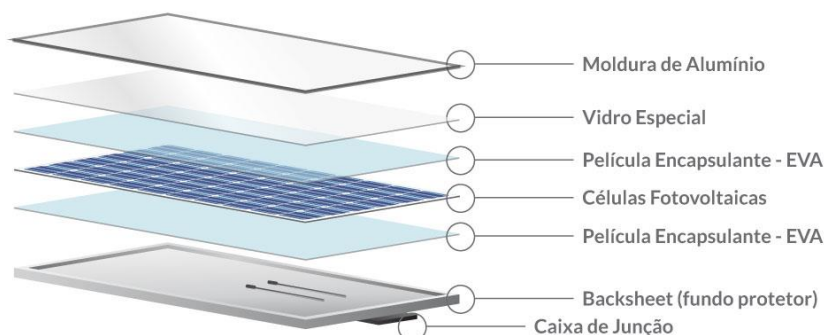
Segundo Fontes (2018), os módulos são os responsáveis por absorver a energia proveniente do sol e transformá-la em energia elétrica, sendo possível através das células que o compõem. Nas células é onde ocorre o efeito fotovoltaico, o qual foi descoberto por Edmond Becquerel em 1839.

Os módulos são compostos por vários produtos, conforme pode ser visto na figura 6, os quais fornecem proteção, resistência e segurança para quem for manuseá-los.

Os módulos são compostos por tais materiais:

- Moldura de Alumínio
- Vidro temperado com baixo teor de ferro
- Película Encapsulante – EVA
- Células Fotovoltaicas
- Película encapsulante – EVA
- *Backsheet* ou Fundo Protetor
- Caixa de Junção

Figura 6: Materiais utilizados na montagem dos módulos fotovoltaicos



Fonte: <https://blog.bluesol.com.br/wp-content/uploads/2018/05/m%C3%B3dulo-fotovoltaico-composi%C3%A7%C3%A3o-dos-m%C3%B3dulos-fotovoltaicos.jpg>

Os fatores que mais influenciam na performance dos módulos são a intensidade da radiação solar, a temperatura das células e a orientação dos mesmos. Quanto maior a radiação, maior a corrente gerada pelos módulos, contudo conforme a temperatura aumenta nas células a sua eficiência vai diminuindo, alterando o ponto de máxima geração (CALAIA, 2011).

A orientação é um ponto importante para a melhor performance do sistema, é indicado que utilize a inclinação igual a latitude do local a ser instalado, assim a média incidente sobre o módulo durante o ano é melhorada (CALAIA, 2011).

Dependendo da localização, é necessário orienta-los para a direção em que o sol “anda” o dia todo, se estiver no hemisfério norte é necessário orienta-los para o sul e se for localizado no hemisfério sul é necessário orienta-los para o norte.

2.4.2.2 Inversores

O inversor é um equipamento tanto de segurança como também para adequação da energia. Ele é responsável por fornecer energia em corrente alternada (C.A) provinda de uma fonte de energia em corrente contínua (C.C), como por exemplo baterias e módulos fotovoltaicos. A corrente de saída do inversor (C.A) deve estar semelhante a utilizada pelos equipamentos e da rede da concessionária (PINHO e GALDINO, 2014).

Nos sistemas fotovoltaicos existem quatro tipos de inversores que podem ser utilizados. Primeiramente o mais comum é o inversor utilizado em sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) como pode ser visto na figura 7, por segundo vem os modelos utilizados em sistemas fotovoltaicos isolados (SFI), os inversores híbridos que são os últimos lançamentos.

Figura 7: Exemplo de inversor solar *on-grid*



Fonte: https://www.fronius.com/~/_protected-media/imported-media/07/12/m-71238.png?q=70&iw=216&ih=216&crop=1

Por último, na figura 8, existem os micro inversores, com suas particularidades eles proporcionam uma vantagem em relação a eficiência e aproveitamento da energia gerada. Eles reduzem as perdas ocasionadas na maioria das vezes por sombreamento em apenas um módulo. Nos inversores que dividem o painel solar em *strings*, quando se tem sombreamento em um módulo, todos os módulos conectados na mesma *string* irão perder a mesma porcentagem de eficiência daquele módulo que está tendo sombreamento, já com a utilização de micro inversores, apenas o módulo sombreado terá perda de geração de energia.

Figura 8: Exemplo de um micro inversor



Fonte: <https://csolar.com.br/QS1.jpg>

Cada modelo de inversor possui as suas vantagens e desvantagens, sendo que, para cada projeto é preciso estudar as alternativas e escolher a que possui mais vantagens e proporciona o melhor custo benefício para o sistema.

2.4.2.3 Baterias

As baterias como a maioria da população já sabe, tem a função de armazenar energia para utilização posterior, como por exemplo nos *smartphones*, bateria de automóveis, entre outros. Na energia solar não é diferente, elas podem ser chamadas de acumuladores e são apenas utilizadas em sistemas *off-grid*, fornecendo energia durante os períodos em que não há irradiação solar, ou seja, períodos noturnos.

Existem dois tipos de baterias as primárias e secundárias, existindo dentro de cada categoria diversos modelos de acumuladores.

Segundo BRAGA (2008. P.32), as baterias primárias não possuem a capacidade de se regenerar, ou seja, capacidade de ser recarregada tendo assim que serem descartadas após o uso. As baterias secundárias já possuem a capacidade de serem recarregadas, aplicando-se uma corrente elétrica nos terminais revertendo as reações da geração de energia elétrica. Portanto acumuladores secundários são utilizados nos sistemas fotovoltaicos isolados (*off-grid*).

Na figura 9 é possível ver uma opção de bateria para a utilização em sistemas fotovoltaicos.

Figura 9: Bateria Estacionária Chumbo-Ácido



Fonte:

https://www.neosolar.com.br/loja/media/catalog/product/cache/1/image/800x800/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/b/a/bateria_freedom_df4001_estacionaria_foto_01_2.jpeg

Contudo, as baterias são as responsáveis pela inviabilização dos sistemas *off-grid* quando se tem a disponibilidade da rede de energia elétrica da concessionária, pois a vida útil não acompanha a vida útil dos outros equipamentos e o preço por não ser baixo, acaba inviabilizando o uso deste modelo de projeto, tornando uma opção apenas em locais remotos, os quais a rede de energia elétrica não chega.

2.4.2.4 Componentes de Proteção

O dimensionamento e a utilização adequada destes componentes são tão importantes quanto qualquer outro equipamento do sistema. Com eles corretamente instalados o risco de ocorrer falhas ou surtos é quase nula.

Com o avanço da tecnologia muitos dos equipamentos já vem com proteções instaladas, como por exemplo os inversores já virem com sistema anti-ilhamento, o qual não deixa que os módulos injetem energia na rede elétrica quando há a falta da mesma. Porém ainda assim é necessária a instalação de proteções fora as já existentes, como DPS CC, chave seccionadora, conforme a figura 10, DPS CA,

fusíveis, disjuntores que pode ser visto na figura 11, sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramento adequado (PINHO e GALDINO, 2014).

Figura 10: Chave Seccionadora



Fonte: https://cdn.productimages.abb.com/9IBA041295_400x400.jpg

A melhor maneira de instalar estes equipamentos é colocando eles dentro da *string box*, que pode ser visto um modelo na figura 12, a qual é uma caixa com proteções IP65, que significa que ela possui proteção contra poeira e jatos de água. A *string box* é a melhor maneira de se organizar os equipamentos, ficando eles alinhados e protegidos contra intemperes sendo necessário identifica-los corretamente, para que o cliente saiba qual é qual.

Figura 11: MiniDisjuntor Termomagn



FONTE: static.weg.net/medias/images/h29/h5e/WDC_Minidisjuntor_MDW_1P_515Wx515H.jpg

“Outro componente obrigatório na instalação é a presença de aterramento que, conectado aos equipamentos, disponibiliza proteção ao choque elétrico e fornece a referência de terra aos dispositivos eletrônicos. ” (CREPLIVE, 2018, p.43).

Figura 12: Modelo de *String Box* utilizado



Fonte: http://ecosolys.com.br/wp-content/uploads/2018/09/ecosttringbox_1-2018-300x229.png

Sem estes equipamentos abordados, não é recomendado a instalação do sistema, pois a segurança sempre vem em primeiro lugar. Aconselhando-se sempre utilizar equipamentos de boa qualidade nesta seção, pois produtos de qualidade possuem uma maior garantia que irão funcionar se forem necessários.

2.4.2.5 Componentes estruturais

As estruturas precisam ser bem resistentes as intemperes, pois, as mesmas vão ficar expostas ao tempo. Um exemplo pode ser visto na figura 13.

Figura 13: Exemplo de estrutura para fixação em solo



Fonte: [https://s3.us-east-](https://s3.us-east-2.amazonaws.com/legacy.portalsolar.com.br/Content/EditorImages/images/Estrutura-de-fixa%C3%A7%C3%A3o-para-painel-solar-montado-sobre-o-solo(1).jpg)

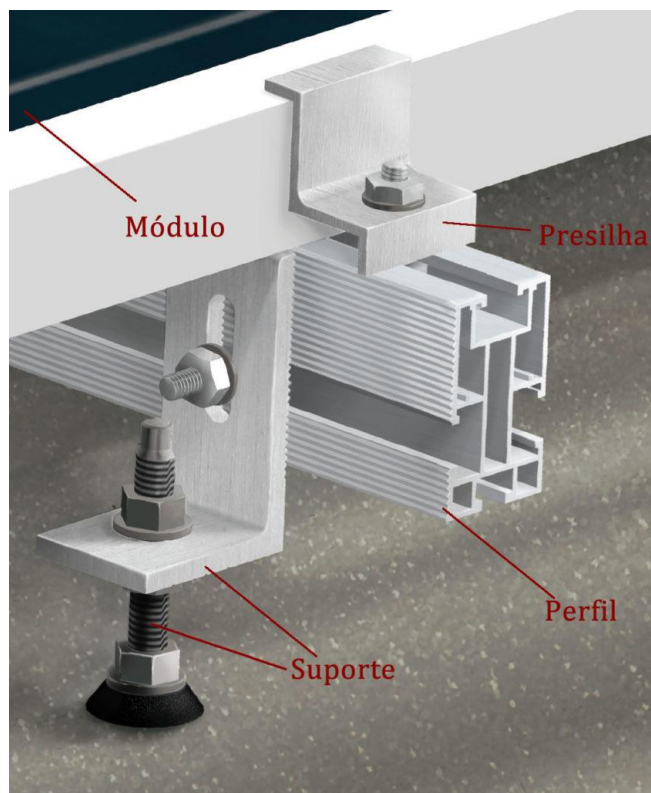
[2.amazonaws.com/legacy.portalsolar.com.br/Content/EditorImages/images/Estrutura-de-fixa%C3%A7%C3%A3o-para-painel-solar-montado-sobre-o-solo\(1\).jpg](https://s3.us-east-2.amazonaws.com/legacy.portalsolar.com.br/Content/EditorImages/images/Estrutura-de-fixa%C3%A7%C3%A3o-para-painel-solar-montado-sobre-o-solo(1).jpg)

Segundo Oliveira (2019), as estruturas mais utilizadas em parques fotovoltaicos são de aço, pois apresentam características ideais para as atividades que irão ser tomadas e o peso do material não influenciar tanto no projeto. O aço se deforma muito menos e tem um grau de elasticidade menor em relação ao alumínio, por isso é amplamente utilizado nos parques, sendo necessário finca-lo no solo, sendo que o alumínio na maioria das vezes não resiste ao esforço exigido pela força que a estrutura precisa ter.

O alumínio é utilizado em grande escala em projeto que irão ser fixados sobre os telhados, devido ao fato da limitação de peso, para não forçar a estrutura do telhado podendo o mesmo vir a cair. A densidade do aço e do alumínio são respectivamente $7,85\text{g/cm}^3$ e $2,7\text{g/cm}^3$ (OLIVEIRA,2019).

Na figura 14 podemos ver em detalhes um dos modelos de estrutura para fixação em telhados.

Figura 14: Exemplo de estrutura para fixação em telhado



Fonte: <https://alu-cek.com.br/web/wp-content/uploads/2017/05/perfil-35x58-cantoneira-1-400x484.jpg>

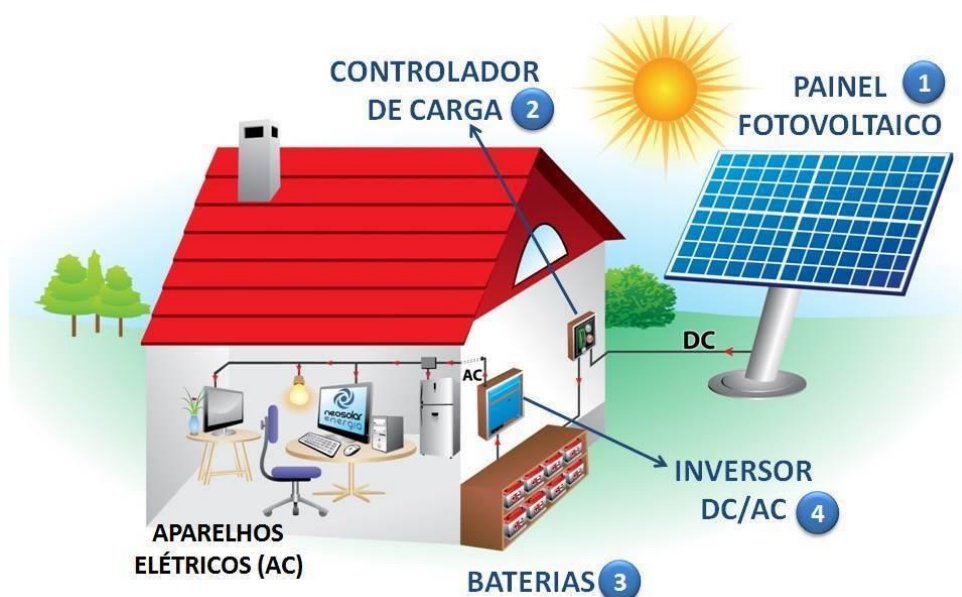
Conforme visto na figura 14, é possível observar o perfil, a presilha, o suporte e os parafusos.

2.4.3 Sistemas Desligados da Rede ou Isolados – SFI

Os sistemas fotovoltaicos desligados da rede, ou mais conhecidos como *Off-Grid*, como na figura 15 são os que não necessitam de conexão com a rede de energia elétrica da concessionária do estado.

Estes necessitam de baterias para o armazenamento da energia, controlador de carga, para não sobrecarregar a bateria e controlar o nível de descarga da mesma e um inversor apropriado para tal sistema.

Figura 15: Sistema fotovoltaico autônomo (*off-grid*)



Fonte: https://www.neosolar.com.br/images/saiba-mais/energia_solar_fotovoltaica-off-grid.jpg

São utilizados em sua maioria somente onde não há a possibilidade de conexão com a rede elétrica, locais remotos e com difícil acesso para a concessionária. Poucos casos são instalados em cidades ou locais com a rede disponível para o cliente, pois o alto custo e vida útil curta das baterias muitas vezes torna o projeto inviável para ser mantido.

2.4.4 Sistemas conectados à rede – SFCR

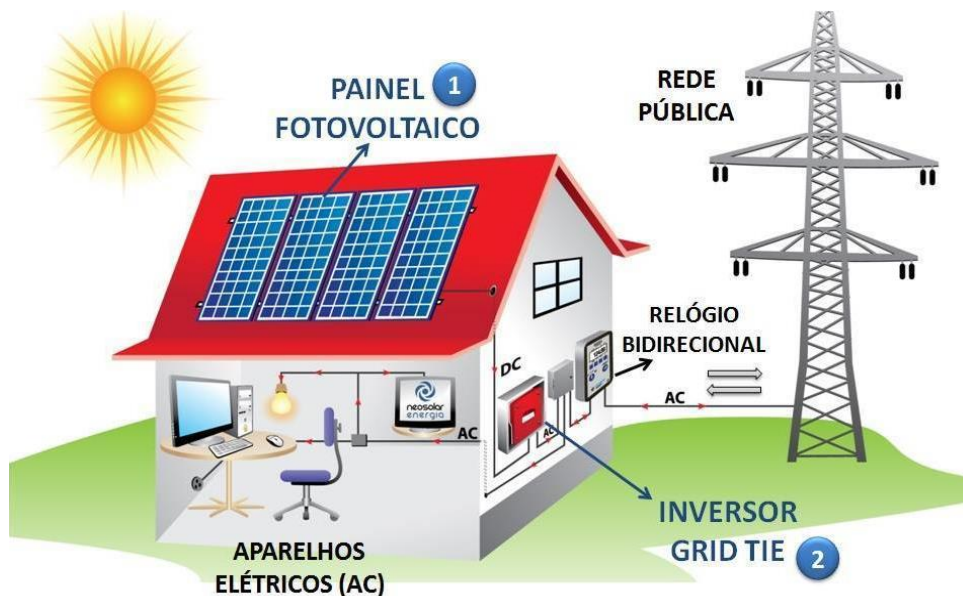
O sistema conectado à rede, conforme a figura 16 possui uma conexão elétrica entre a rede de distribuição de energia e a unidade consumidora.

São compostos pelos módulos fotovoltaicos, por um inversor adequado para sistemas *on-grid*, caixa de junção, contendo equipamentos para proteção CC e CA e para a desconexão do sistema com a rede e um medidor (relógio medidor).

Os inversores para tal opção devem ser apropriados, pois caso falte energia que vem da rede, o mesmo não pode deixar que o sistema injete energia na rede elétrica, para que evite acidentes com quem possa estar fazendo alguma manutenção ou mesmo reparo nos equipamentos da concessionária.

Pelo fato destes sistemas dispensarem a utilização de baterias e controladores de carga, eles se tornam viáveis e uma opção de investimento, pois o mesmo se paga com a economia gerada dentro da vida útil do equipamento.

Figura 16: Sistema fotovoltaico conectado à rede (*on-grid*)



Fonte: <https://www.neosolar.com.br/images/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica-grid-tie.jpg>

Os sistemas conectados à rede são a melhor alternativa quando se tem a rede elétrica a disposição da unidade consumidora, pois a mesma torna-se em uma forma de armazenamento da energia gerada e não utilizada, podendo ela ser “guardada” durante um período de tempo.

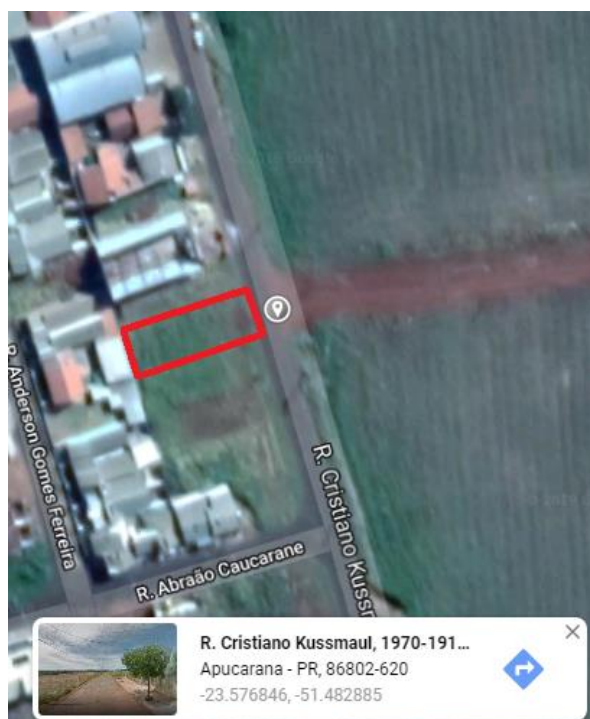
3 ESTUDO DO TERRENO

O estudo atual visa prever quanto de energia é possível gerar, instalando um sistema *ground-mounted* em um terreno tamanho padrão comum na cidade citada, o qual é de 360m², proporcionando energia tanto para residências como para comércios e indústrias.

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo selecionado para o projeto está localizado na cidade de Apucarana, no Paraná, no bairro Interlagos, conforme visto na figura 17.

Figura 17: Local do terreno de estudo



Fonte: Google Maps adaptada pelo autor (2019)

Presume-se que não será um local propício à construção de prédios ou edificações que possam ocasionar sombra nos módulos por ser afastado do centro da cidade. As coordenadas geográficas são:

- Latitude: 23,5768° S
- Longitude: 51,4828° O

3.2 IRRADIAÇÃO SOLAR NO LOCAL

A irradiação pode ser adquirida em várias bases de dados, como por exemplo o CRESESB *Sundata* ou o Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná. A fim de obter uma maior precisão foi feita uma comparação entre os dados de ambas as fontes de informação, para garantir a qualidade e precisão do projeto.

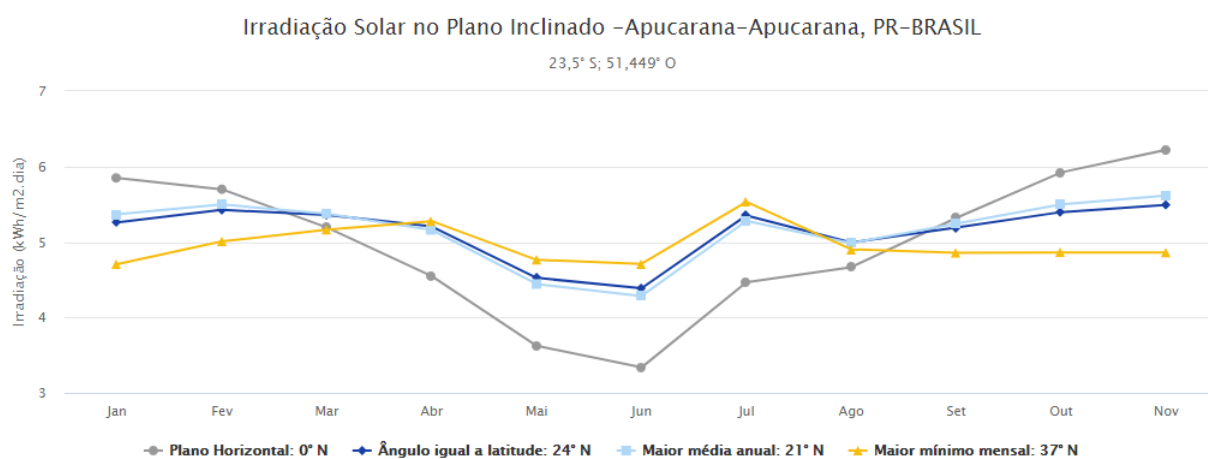
Ambos os sites fornecem informações no plano horizontal e ângulo igual da latitude, porém como esses valores serão alterados posteriormente devido a inclinação e desvio azimutal dos painéis solares, ambos foram comparados os dados como se os módulos estivessem no plano horizontal.

A figura 18 mostra que, segundo o CRESESB, o mês com a menor irradiação solar diária é o mês de junho e o com a maior é o mês de dezembro.

Figura 18: Valores de irradiação solar no local do estudo

Estação: Apucarana
Município: Apucarana, PR - BRASIL
Latitude: 23,5° S
Longitude: 51,449° O
Distância do ponto de ref. (23,67° S; 51,48° O) : 8,4 km

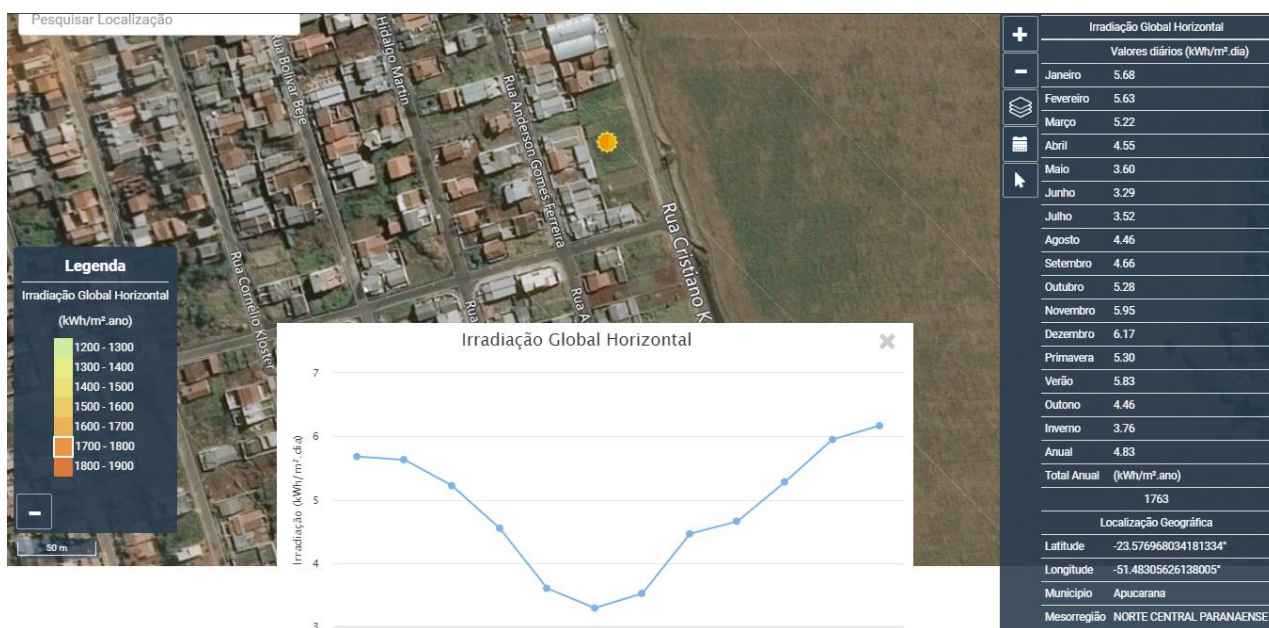
#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,85	5,70	5,19	4,55	3,62	3,34	3,52	4,47	4,67	5,32	5,92	6,22	4,86	2,89
✓	Ângulo igual a latitude	24° N	5,26	5,43	5,36	5,21	4,52	4,39	4,54	5,35	4,99	5,19	5,40	5,49	5,09	1,11
✓	Maior média anual	21° N	5,37	5,50	5,38	5,16	4,44	4,28	4,44	5,28	4,99	5,24	5,50	5,62	5,10	1,33
✓	Maior mínimo mensal	37° N	4,71	5,01	5,16	5,28	4,76	4,71	4,83	5,53	4,90	4,86	4,86	4,86	4,96	,83



Fonte: CRESESB Sundata (2019)

A figura 19 mostra que, segundo o Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná, os meses com a melhor e pior irradiação, são os mesmos meses do CRESESB, junho e dezembro.

Figura 19: Irradiação no Local



Fonte: Atlas Solar do Paraná adaptado pelo autor (2019)

O quadro 1 apresenta os valores de irradiação do CRESESB e do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná. É possível visualizar que a diferença é mínima entre as duas fontes de dados. As maiores diferenças são nos meses de janeiro e fevereiro, mostrando que o CRESESB tem índices maiores em relação ao Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná, com diferença de 0,17 e 0,07 kWh/m².dia.

Quadro 1: Comparação de valores de irradiação solar

Mês Ref.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média Anual
CRESESB	5,85	5,7	5,19	4,55	3,62	3,34	3,52	4,47	4,67	5,32	5,92	6,22	4,864
AESEPR	5,68	5,63	5,22	4,55	3,6	3,29	3,52	4,46	4,66	5,28	5,95	6,17	4,834
Diferença	0,17	0,07	-0,03	0	0,02	0,05	0	0,01	0,01	0,04	-0,03	0,05	0,03

Fonte: Autor (2019)

Na média anual a diferença foi de apenas 0,03 kWh/m².dia, portanto escolheu-se a fonte de dados do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná, no valor de 4,836 kWh/m².dia, por um método de aleatoriedade, pois ambas instituições apresentam valores muito aproximados e confiáveis.

3.3 ÁREA DISPONÍVEL

A área disponível como já foi dita é de 360m², o tamanho de um lote residencial na cidade de Apucarana. De acordo com a Prefeitura Municipal de Apucarana o terreno pode ser utilizado em sua área total para geração de energia, salvo que a mesma informou que só será permitido a instalação do sistema com a aprovação do projeto junto ao município.

A mesma já se encontra em boas condições de nivelamento de solo, não necessitando de ajustes.

Conforme o ANEXO D pode-se ver a área útil para utilização do terreno.

3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

O projeto será dimensionado com base no programa RadiaSol, desenvolvido pelo Laboratório de energia solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

É fornecido para o programa os valores médios diários de irradiação no local escolhido, conforme dito foram utilizados os valores do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná no plano horizontal, pois o programa faz os cálculos necessários para as perdas conforme ângulo de inclinação e desvio azimutal em relação ao norte dos módulos instalados.

3.4.1 Radiasol

Foi dado o nome de Monografia para a estação e nela foram adicionados os valores de irradiação solar que constam na figura 20.

Após adicionado os valores e salvo a estação, ela fica disponível para ser aberta e realizar as configurações angulares do projeto, sendo possível adicionar outras estações de outros projetos e fazer os mesmos procedimentos para obtenção de valores mais precisos para cada um.

Figura 20: Dados fornecidos para o Radiasol

Selecione um país e uma estação

País: **Brazil**

Estação: **MONOGRAFIA**

Latitude: **23,50** N/S: **s** Longitude: **51,00** E/W: **W**

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
5,68	5,63	5,22	4,55	3,60	3,29	3,52	4,46	4,66	5,28	5,95	6,17

Radiação em kWh/m²

Selecione um país e uma estação

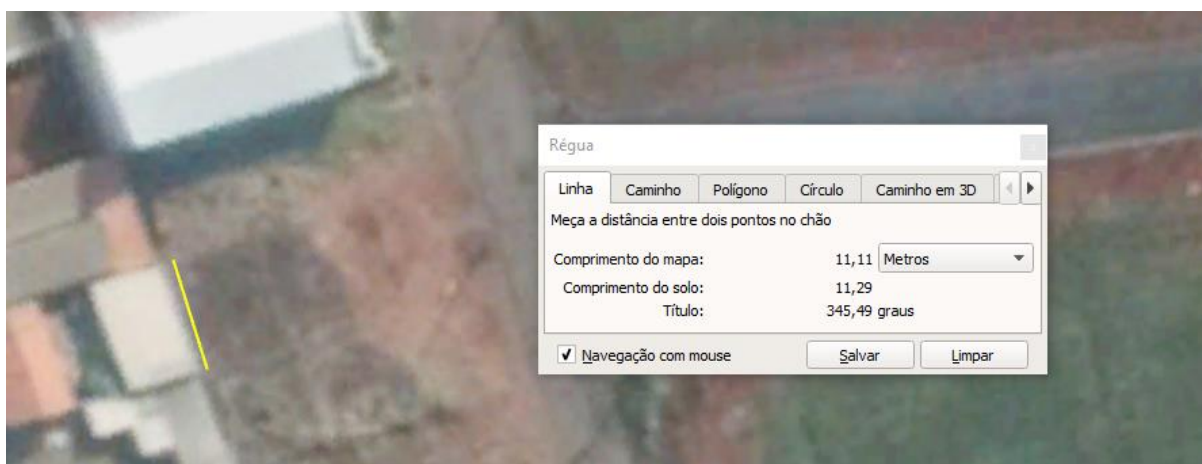
Fonte: Radiasol adaptado pelo autor (2019)

As características ideais para um sistema de energia solar conforme discorrido na fundamentação teórica na p.21, localizado no hemisfério sul do globo terrestre, os módulos foram fixados orientados para mais ao norte possível e com a inclinação igual a latitude do local, a fim de obter a melhor performance disponível na situação.

3.4.2 Desvio Azimutal

Conforme a figura 21, obtida pelo programa Google Earth, foi observado que o terreno possui um desvio azimutal de 15° para Oeste em relação ao norte.

Figura 21: Desvio azimutal do norte



Fonte: Google Earth adaptado pelo autor (2019)

O desvio azimutal é tão importante quanto qualquer outro fator, pois em alguns casos a instalação unindo todos os fatores se torna inviável e não ocorre o retorno financeiro adequado.

3.4.3 Inclinação

Após fornecidos os valores de irradiação no local do terreno, foi aberta a estação no programa e configurado as características do sistema.

Foram realizados teste de ângulos com variação de 5°, tanto acima como abaixo da latitude do local, ou seja, até 28° e 18°, todos com o desvio azimutal de 15° para oeste em relação ao norte.

Conforme mostra o quadro 2, o ângulo de 23° é o qual ocorre a melhor irradiação para o sistema, assim como as teorias indicam. Com um total médio de 5,071 kWh/m².dia

Quadro 2: Comparação de desvio azimutal

Ângulo	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
18°	5,586	5,648	5,433	4,964	4,043	3,814	,4065	5,018	4,933	5,374	5,863	6,004	5,062
19°	5,571	5,639	5,435	4,980	4,062	3,836	4,088	5,040	4,939	5,370	5,847	5,981	5,066
20°	5,555	5,628	5,437	4,991	4,080	3,858	4,110	5,060	4,944	5,367	5,831	5,960	5,068
21°	5,537	5,618	5,434	5,002	4,096	3,877	4,132	5,081	4,948	5,359	5,815	5,939	5,070
22°	5,518	5,606	5,433	5,013	4,113	3,897	4,153	5,100	4,952	5,350	5,797	5,913	5,070
23°	5,500	5,593	5,431	5,026	4,127	3,917	4,172	5,118	4,956	5,344	5,776	5,890	5,071
24°	5,479	5,579	5,428	5,036	4,142	3,936	4,192	5,132	4,954	5,333	5,756	5,863	5,069
25°	5,458	5,565	5,423	5,039	4,154	3,953	4,208	5,149	4,958	5,324	5,733	5,837	5,067
26°	5,438	5,549	5,416	5,048	4,166	3,968	4,226	5,164	4,957	5,313	5,713	5,807	5,064
27°	5,414	5,532	5,411	5,054	4,176	3,985	4,243	5,176	4,954	5,300	5,688	5,780	5,059
28°	5,392	5,514	5,401	5,060	4,189	4,000	4,258	5,189	4,954	5,288	5,666	5,749	5,055

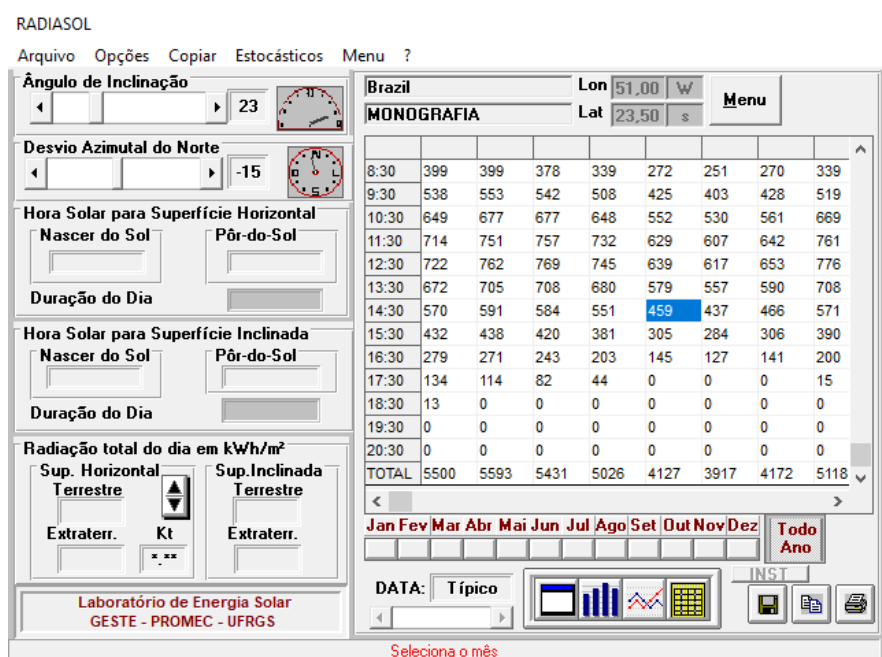
Fonte: Autor (2019)

O melhor ângulo para a fixação dos módulos é igual a latitude do local do projeto, no caso 23°.

3.4.4 Configuração do Radiasol

Sabendo disso, o Radiasol foi configurado com a alteração dos dois ângulos, módulos fixados com uma inclinação de 23° em relação ao solo e com orientação com um desvio azimutal de 15° para oeste em relação ao norte, conforme a figura 22.

Figura 22: Configurações Radiasol



Fonte: Radiasol adaptado pelo autor (2019)

Utilizando a configuração correta, obteve-se os seguintes valores de irradiação no quadro 3:

Quadro 3: Irradiação média anual

Ângulo	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	JUN.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
23°	5,5	5,593	5,431	5,026	4,127	3,917	4,172	5,118	4,956	5,344	5,776	5,89	5,071

Fonte: Autor (2019)

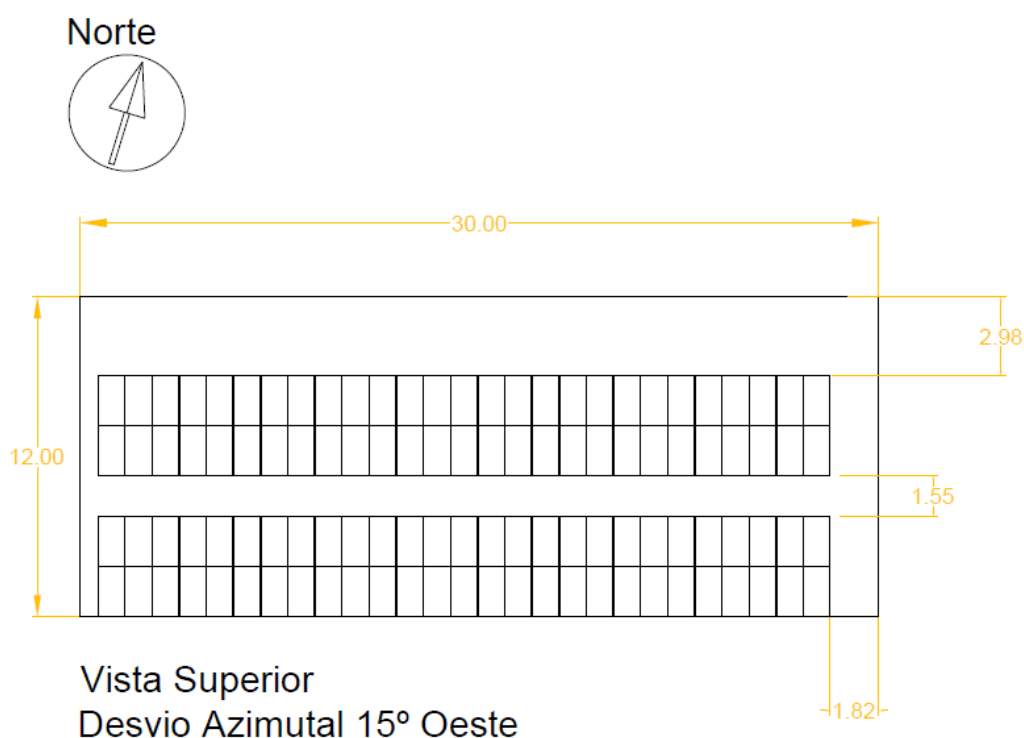
3.4.5 Área utilizada para geração

Com a área já disponível para o dimensionamento do sistema, é possível realizar a disposição dos painéis solares e a quantidade de módulos que constaram em cada um através do AutoCad, um programa amplamente utilizado para a realização de projetos de diversas áreas.

Existem fórmulas para tal necessidade, mas preferiu-se utilizar o programa para realizar desenhos e discutir sobre as possibilidades de instalação dos módulos, visando o melhor desempenho, evitando a ocorrência de sombreamento e disponibilizando espaço suficiente para circulação de técnicos livremente sem dificuldades dentro do espaço, para manutenção, como limpeza ou troca de componentes danificados.

Após algumas possibilidades definiu-se o desenho final indicado na figura 23:

Figura 23: Disponibilidade dos módulos



Fonte: Autor (2019)

Com esta configuração chegou-se ao número de 108 módulos. Priorizou-se o espaçamento no lado mais ao norte do terreno e espaçamento de 1,55m entre os painéis solares tanto para circulação livre como para evitar o sombreamento entre os mesmos em horários de início e final do dia, pois são os horários com a maior possibilidade de sombreamento.

3.4.6 Escolha dos Módulos

Há a disponibilidade de dois produtos diferentes para o projeto, o primeiro é o módulo Mono Perc da Q-antum, com potência de 365W por módulos e eficiência de 18,8% com células monocristalinas, a segunda opção são os módulos da TrinaSolar, chamados de TallMax com potência de 400W por módulo e eficiência de 19,7% com células monocristalinas.

O tamanho dos módulos também foi considerado, porém a diferença é mínima, tendo o Q-antum um tamanho de 1.996mm de comprimento, 991mm de largura e 35mm de altura, enquanto o TallMax tem 2.024mm de comprimento, 1.004mm de largura e 35mm de altura, ambos já considerando a estrutura de alumínio.

Optou-se pelo módulo da TrinaSolar modelo TallMax, devido a sua maior potência, desempenho e um tamanho maior considerado mínimo em relação ao concorrente. Por ter-se área suficientemente grande no terreno, a diferença de tamanho dos módulos não foi um problema para se optar pelo maior módulo.

Segue na figura 24 especificações do módulo e no ANEXO A contém demais informações pertinentes ao equipamento.

Figura 24: Dados elétricos do módulo

DADOS ELÉTRICOS (STC)

Potência máxima em watts- P_{MAX} (Wp)*	390	395	400	405	410
Tolerância de saída de energia- P_{MAX} (W)			0 ~ +5		
Potência máxima de tensão- V_{MPP} (V)	40,0	40,1	40,3	40,5	40,7
Corrente máxima de potência- I_{MPP} (A)	9,75	9,86	9,92	10,00	10,07
Voltagem de circuito aberto- V_{OC} (V)	48,5	48,7	49,0	49,2	49,4
Corrente de curto-circuito- I_{SC} (A)	10,30	10,37	10,45	10,52	10,59
Eficiência do módulo η_m (%)	19,2	19,4	19,7	19,9	20,2

Condição de teste padrão (STC): irradiância 1000 W/m², temperatura celular de 25 °C, massa de ar AM1,5.
* Tolerância de medição: ± 3%.

Fonte: Catálogo TrinaSolar adaptado pelo autor (2019)

Com a informação da área disponível e a escolha do módulo feita, foi possível realizar as contas e determinar a potência do sistema, através da equação da figura 25:

Figura 25: Cálculo de potência

$$P_{proj} = P_{mod} * N^{o}mod$$

$$P_{proj} = 400W * 108$$

$$P_{proj} = 43.200Wp$$

Fonte: Autor (2019)

Com um total de 43.200Wp ou 43,2kWp, agora é possível realizar a escolha do inversor.

3.4.7 Escolha do inversor

Será utilizado o inversor da SMA, modelo *Sunny Tripower Core-1 STP 50-40*. Ele possui uma potência máxima de entrada de 75kW, porém a potência máxima de saída dele é de 50kW, ou seja, ele consegue entregar apenas a potência de saída, não importando se na entrada ultrapasse essa potência de saída. No projeto não teve problemas com isso pois a potência do mesmo é de 43,2 kWp.

Foi escolhido este inversor mesmo tendo uma potência sobredimensionada sob os módulos, pois o preço era praticamente o mesmo comparado a utilização de outros inversores que ficavam na potência praticamente igual ao dos módulos. Portanto caso após a execução do projeto obter espaço e condições adequadas, é possível haver a ampliação do sistema.

O inversor tem saída trifásica 380V e será conectado à rede através de um padrão de entrada exigido pela Copel, concessionária de energia do estado do Paraná, que tem vigência na cidade de Apucarana.

Na figura 26 seguem dados elétricos do inversor e no ANEXO B podem ser vistas características e informações completas.

Figura 26: Dados elétricos inversor

Dados técnicos	Sunny Tripower CORE1
Entrada (CC)	
Potência máx. do gerador fotovoltaico	75000 Wp STC
Tensão máx. de entrada	1000 V
Intervalo de tensão MPP / Tensão atribuída de entrada	500 V a 800 V / 670 V
Tensão mín. de entrada / Tensão de entrada inicial	150 V / 188 V
Corrente máx. de entrada / por MPPT	120 A / 20 A
Corrente de curto-circuito máx. por MPPT / por entrada de string	30 A / 30 A
Número de entradas MPPT independentes / strings por entrada MPPT	6 / 2
Saída (CA)	
Potência atribuída (com 230 V, 50 Hz)	50000 W
Potência aparente CA máx.	50000 VA
Tensão nominal CA	220 V / 380 V 230 V / 400 V 240 V / 415 V

Fonte: Datasheet SMA adaptado pelo autor (2019)

Após a escolha do inversor foi preciso escolher um transformador, pois a tensão de saída do inversor não é a mesma que da rede de distribuição da concessionária, assim foi escolhido um autotransformador que transforma a tensão de 380V para 220V, tornando adequada a conexão com o sistema de distribuição.

O autotransformador pode ser visto no anexo D com todas as informações necessárias para o dimensionamento de cabos CA na saída do mesmo, o qual possui uma corrente de saída de 144,34A e também pode ser visto no diagrama unifilar do projeto localizado no apêndice C.

3.4.8 Separação das *Strings*

Com os módulos e inversor escolhidos e sabendo de seus dados elétricos, é necessário arranja-los da forma que possa se obter o melhor desempenho possível.

O inversor possui 6 MPPT's e em cada uma é possível ligar 2 *strings*, totalizando 12 *strings*.

O arranjo ficara 12 módulos série em cada *string*. 2 Paralelos em 3 dos 6 MPPT's disponíveis, somando um total de 9 *strings* ficando 3 unidades disponíveis para possível futura expansão.

MPPTs 1,2 e 3

String 1

- $V_{oc} - 12 \cdot 49 \text{ V} = 588 \text{ V}$
- $V_{mpp} - 12 \cdot 40,3 \text{ V} = 483,6 \text{ V}$
- $I_{sc} - 2 \cdot 10,45 \text{ A} = 20,9 \text{ A}$
- $I_{mpp} - 2 \cdot 9,92 = 19,84 \text{ A}$
- $P_{string} - 12 \cdot 400 \text{ W} = 4.800 \text{ Wp}$

String 2

- $V_{oc} - 12 \cdot 49 \text{ V} = 588 \text{ V}$
- $V_{mpp} - 12 \cdot 40,3 \text{ V} = 483,6 \text{ V}$
- $I_{sc} - 2 \cdot 10,45 \text{ A} = 20,9 \text{ A}$
- $I_{mpp} - 2 \cdot 9,92 \text{ A} = 19,84 \text{ A}$
- $P_{string} - 12 \cdot 400 \text{ W} = 4.800 \text{ Wp}$

MPPT 4,5 e 6

String 1

- $V_{oc} - 12 \cdot 49 \text{ V} = 588 \text{ V}$
- $V_{mpp} - 12 \cdot 40,3 \text{ V} = 483,6 \text{ V}$
- $I_{sc} - 1 \cdot 10,45 \text{ A} = 10,45 \text{ A}$
- $I_{mpp} - 1 \cdot 9,92 = 9,92 \text{ A}$
- $P_{string} - 12 \cdot 400 \text{ W} = 4.800 \text{ Wp}$

O total são 9 *strings* de 4.800Wp cada, ou seja, o total correto dimensionado de 43.200Wp do sistema inteiro.

3.4.9 Dimensionamento de condutores

Para dimensionamento dos condutores, tanto corrente contínua como corrente alternada, foi utilizado uma fórmula disponibilizada no curso de especialização em energias renováveis, nas aulas de energia solar fotovoltaica, ministradas pelo professor Jair Urbanetz Junior.

3.4.9.1 Condutores CC

Os cálculos resultaram em um condutor de seção mínima de 0,3mm² para cada *String*. Foram realizados os cálculos a partir da fórmula da figura 27 e que no quadro 4 consta todos os valores do projeto para condutores CC.

Figura 27: Fórmula dimensionamento de condutores

$$S_{cond} = \left(\frac{2 \cdot I \cdot P \cdot 0,0178}{V^2 \cdot \Delta V} \right) \cdot 100 = \left(\frac{2 \cdot I \cdot I \cdot 0,0178}{V \cdot \Delta V} \right) \cdot 100$$

Fonte: Autor (2019)

Contudo serão utilizados cabos que já compõem os módulos fotovoltaicos e já vem compondo o kit de energia solar que será adquirido, os quais possuem a seção de 6mm², não proporcionando problemas em relação à corrente.

Quadro 4: Dimensionamento condutor CC

	Área da seção transversal dos condutores de CC (mm ²)
13	Comprimento do condutor de CC (m)
4800	Potência total do Painel FV (Wp)
483,6	Tensão do barramento CC (V)
3	Queda de tensão admitida (%)
0,3	mm ²
10,45	Corrente total do circuito (A)
0,3	mm ²

Fonte: Autor (2019)

3.4.9.2 Dimensionamento de condutores CA

Utilizando a mesma fórmula da figura 26, os cálculos resultaram em condutores de 8,2mm² para cada fase, conforme o quadro 6, contudo é necessário levar em consideração a capacidade de corrente em cada situação.

Quadro 5: Dimensionamento condutor CA

	Área da seção transversal dos condutores de CA (mm ²)
20	Comprimento do condutor de CA (m)
50000	Potência do inversor (W)
380	Tensão do barramento CA (V)
3	Queda de tensão admitida (%)
8,2	mm ²
72,5	Corrente total do circuito (A)
4,5	mm ²

Fonte: Autor (2019)

Foi utilizada a tabela da figura 28 para adquirir as informações de capacidade de corrente conforme a instalação que foi colocada da forma C com 3 condutores carregados que são as fases que saem do inversor e entram no transformador, os quais estarão colocados um ao lado do outro na mesma fixação.

É possível visualizar circulado em verde na figura 28 que a capacidade de corrente é de 76A sendo que na saída do inversor, as fases saem com 72,5A, mostrando assim que os cabos não sofrerão danos.

Figura 28: Capacidade de corrente cabos Nexans

Tabela 3 – Maneiras de instalar definidas na tabela 2.

Capacidade de condução de corrente, em ampères, para as maneiras de instalar A, B, C e D da tabela 2.

- Condutores e cabos com isolamento de PVC, cobre: 2 e 3 condutores carregados;
- Valores reproduzidos da NBR 5410;
- Temperatura no condutor: 70°C
- Temperatura ambiente: 30°C para instalação não enterrada e 20°C para instalação enterrada com resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W e profundidade de 0,70 m.

Seção nominal mm ²	Maneiras de instalar definidas na tabela 2											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445

Fonte: https://www.nexans.com.br/Brazil/2015/Tabelas_de_capacidade_de_corrente.pdf

Outro tipo de cabo necessário será na saída do transformador, que cada fase sai com 144,34A. Na figura 28 é possível visualizar circulado em preto e conforme a instalação dos mesmos será utilizado o método D para escolha do cabo, ou seja, escolhendo o cabo de 70mm² que possui uma capacidade de corrente de 151A com 3 condutores carregados conforme a figura 28.

3.4.10 Proteção CC e Proteção CA

Conforme mostrado no apêndice C, pode-se notar os valores dimensionados para chaves seccionadoras CC, fusíveis CC, DPS CC, disjuntores CA e DPS CA.

- Chave seccionadora CC: WEG 16A e 25A a 1000V DC
- Fusíveis CC: 12A e 25A
- DPS CC: WEG 45kA
- Disjuntor CA: Weg 80A
- DPS CA: WEG 45kA

3.5 SOMBREAMENTO

Segundo Pinho e Galdino (2014. P.364) é necessário deixar um espaço suficiente para que não ocorra sombreamento sobre os módulos fotovoltaicos principalmente nos horários de melhor irradiância do dia que é entre as 9:00 e 15:00. Com isso foi utilizada a fórmula da figura 29.

Figura 29:Fórmula de distância mínima de fonte de sombreamento

$$d = Fe(h_{ob} - h_i)$$

onde:

d - distância mínima a ser mantida entre o gerador fotovoltaico e o obstáculo (m);

Fe - fator de espaçamento obtido pela curva da Figura 7.4;

h_{ob} - altura do obstáculo (m);

h_i - altura de instalação do gerador fotovoltaico (m).

Fonte: Pinho e Galdino (2014. P.364)

Foram analisados e utilizadas alturas diferentes para os painéis para que o melhor aproveitamento sem sombreamento fosse priorizado, nos horários de melhor irradiância, com isso o painel mais ao norte ficou com 5cm de altura do seu ponto mais baixo em relação ao solo e 1,67m o seu ponto mais alto, enquanto o painel atrás o seu ponto mais baixo ficou a 1m de altura em relação ao solo e o mais alto 2,59m.

Utilizando a fórmula de distância mínima para evitar sombreamento da figura 29, encontrou-se o valor de 1,55m entre os painéis para que não houvesse sombreamento entre os painéis fotovoltaicos, tais distâncias e informações podem ser

vistas no apêndice B, sendo que foram utilizados todos os valores que estão disponíveis para chegar a tal resultado.

No Apêndice B é possível visualizar como os painéis ficaram dispostos no projeto, tanto as suas alturas como espaçamentos entre os mesmos, frisando que no programa computacional *SketchUp* foi respeitado e configurado com as mesmas distâncias para se obter o sombreamento correto entre os painéis nos horários mais relevantes.

Na figura 30 é disponibilizado a tabela do Radiasol a qual mostra as irradiações em horários e meses, podendo comparar com os estudos de sombreamento, analisando se o sombreamento iria afetar o sistema.

Nas figuras 31 e 32 são mostradas as previsões de sombreamento realizada nas estações de outono, inverno, primavera e verão respectivamente.

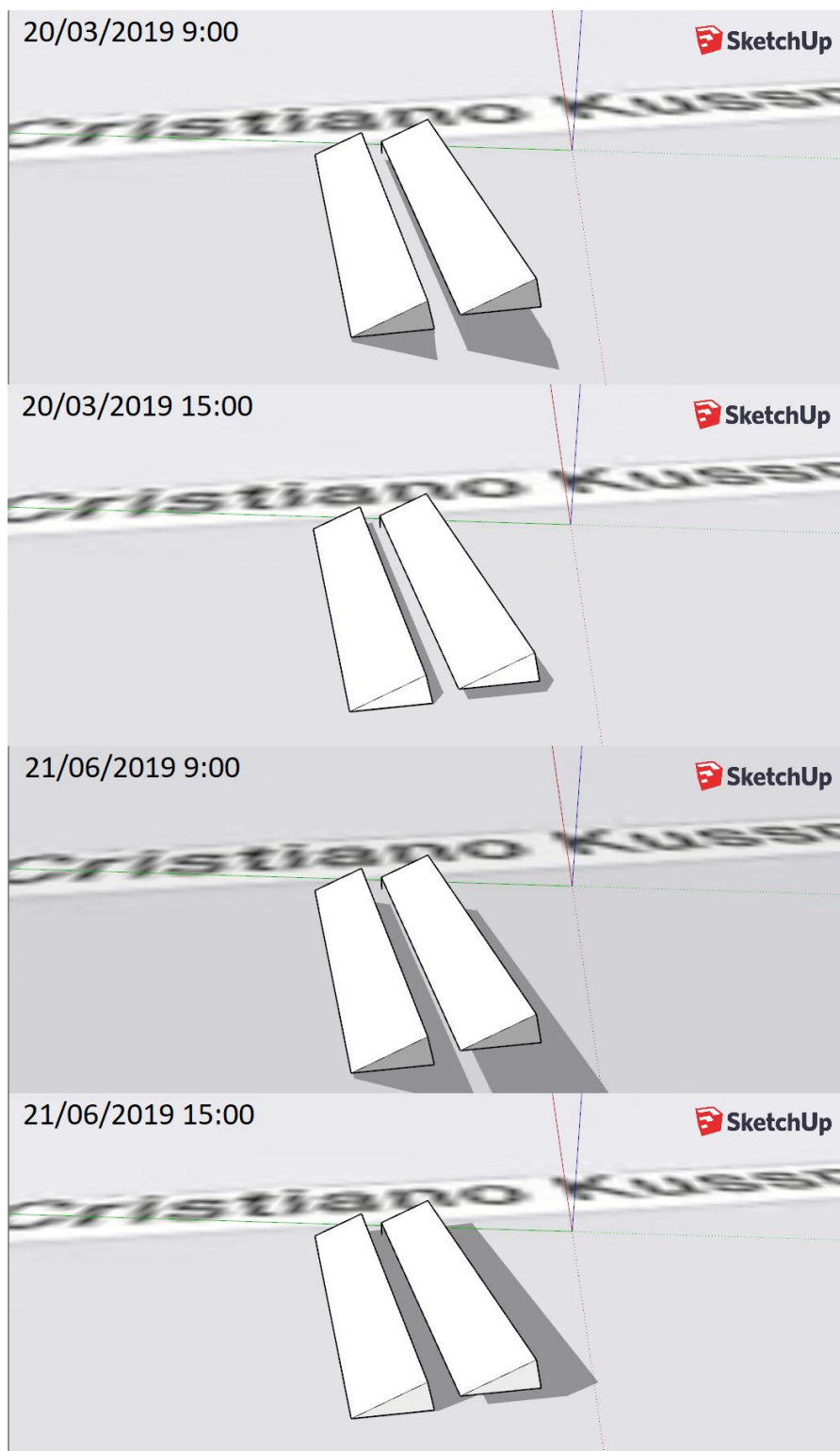
Figura 30: Previsão de irradiação

Radiação Solar Horária Estação: MONOGRAFIA Unidade: Wh/m ² Ângulo de Inclinação: 23 graus Latitude: 23,50 s Longitude: 51,00 W Desvio Azimutal do Norte: -15 graus modelo: Perez / Albedo: 0,2												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
04:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:30	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	19
06:30	114	93	61	25	0	0	0	9	42	78	109	123
07:30	251	239	210	170	122	104	115	161	183	221	255	268
08:30	399	399	378	339	272	251	270	339	342	379	414	423
09:30	538	553	542	508	425	403	428	519	499	531	566	571
10:30	649	677	677	648	552	530	561	669	628	655	688	690
11:30	714	751	757	732	629	607	642	761	705	729	761	760
12:30	722	762	769	745	639	617	653	776	716	739	772	770
13:30	672	705	708	680	579	557	590	708	656	682	718	718
14:30	570	591	584	551	459	437	466	571	536	568	606	611
15:30	432	438	420	381	305	284	306	390	378	415	456	465
16:30	279	271	243	203	145	127	141	200	211	250	290	304
17:30	134	114	82	44	0	0	0	15	60	97	133	149
18:30	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	19
19:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	5500	5593	5431	5026	4127	3917	4172	5118	4956	5344	5776	5890

Fonte: Radiasol adaptado pelo autor (2019)

Na figura 31 é visualizado o sombreamento entre as fileiras durante a data de 20 de março de 2019 e 21 de junho de 2019, ambas nos horários de melhor irradiância que são as 9:00 e 15:00, que simula o sombreamento durante a estações do outono e inverno.

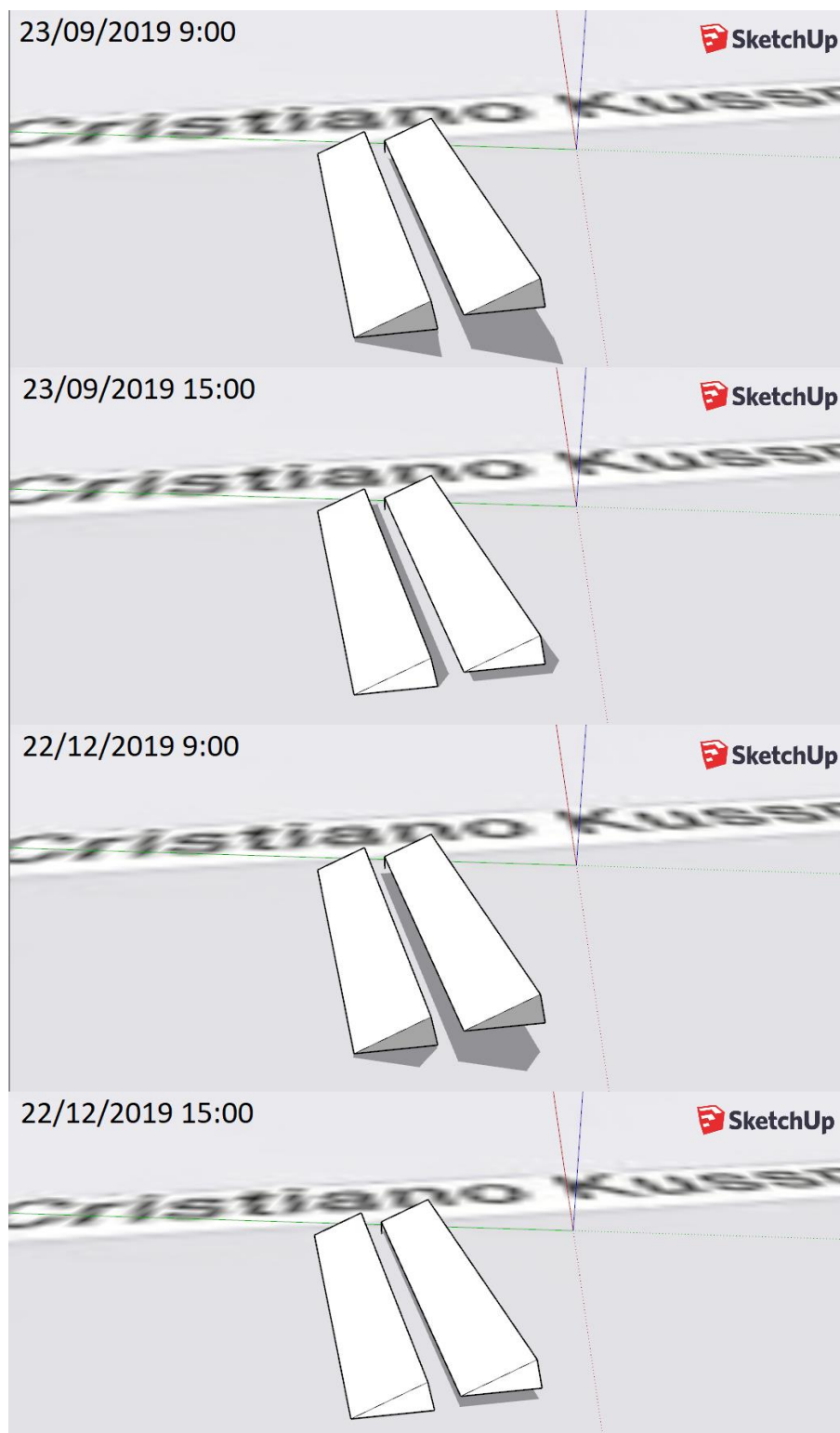
Figura 31: Sombreamento outono e inverno



Fonte: SketchUp elaborado pelo autor (2019)

Na figura 32 é visualizado o sombreamento entre as fileiras durante a data de 23 de setembro de 2019 e 22 de dezembro de 2019, ambas nos horários de melhor irradiância que são as 9:00 e 15:00, que simula o sombreamento durante a estações da primavera verão.

Figura 32: Sombreamento primavera verão



Fonte: SketchUp elaborado pelo autor (2019)

3.6 CUSTO TOTAL

No quadro 6 segue a descrição dos produtos, quantidades e custos de cada item.

Quadro 6: Custo

Produto	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Kit Energia Solar	1	R\$ 146.899,00	R\$ 146.899,00
Mão de obra	1	R\$ 18.000,00	R\$ 18.000,00
<i>String</i> Box CC	9	R\$ 752,00	R\$ 6.768,00
<i>String</i> Box CA	1	R\$ 399,00	R\$ 399,00
Padrão de entrada	1	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
Cabo 16mm 40m	2	R\$ 300,00	R\$ 600,00
Terreno estimado	1	R\$ 80.000,00	R\$ 80.000,00
Tubulação 4"	80	R\$ 5,79	R\$ 463,20
Grade para cerca	100	R\$ 42,56	R\$ 4.256,00
Mão de obra cerca	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
Transformador	1	R\$ 8.069,00	R\$ 8.069,00
Cabo 70mm ² 18m	2	R\$ 662,00	R\$ 1.324,00
Cabo 35mm ² 10m	1	R\$ 130,00	R\$ 130,00
Eletroduto 4" 10m	1	R\$ 80,00	R\$ 80,00
Disjuntor 3x150A	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00
			R\$ 269.538,20

Fonte: Autor (2019)

Somando um total de R\$ 269.538,20, com todos os itens necessários inclusos no orçamento.

No produto Kit Energia Solar, já está composto por vários itens que podem ser vistos no ANEXO F.

As *strings* boxes já possuem os equipamentos de proteção inclusos no valor.

O valor da mão de obra para a instalação do sistema, foi fornecido pela empresa Company Energia, situada na mesma cidade do projeto.

3.7 PREVISÃO DE GERAÇÃO

A partir dos dados obtidos com o Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná e o programa Radiasol, é possível prever uma estimativa da quantidade de energia elétrica gerada mês a mês, utilizando a fórmula mostrada na figura 33 e utilizada no

quadro 7, mostrando os valores no gráfico 1 simultaneamente, para a geração dos resultados estimados, sendo ela necessária para posteriormente realizar a análise de custo benefício do projeto, fornecendo o *payback* do sistema.

Figura 33: Fórmula geração de energia

$$E = \frac{P_{FV} \cdot H_{TOT} \cdot PR}{G}$$

Fonte: Autor (2019)

Quadro 7: Previsão de geração

43,2	P _{FV} - Potencia do painel FV (kW)						
4,83	H _{TOT} - irradiação solar incidente no plano dos módulos FV (kWh/m ² .dia)						
0,77	PR - Performance Ratio (ex: 0,75)						
E =	160,67	kWh/dia					
E =	4819,95	kWh/mês					
E =	58,64	MWh/ano					
	jan	fev	mar	abr	maio	jun	
H _{TOT} =	5,500	5,593	5,431	5,026	4,127	3,917	
	jan	fev	mar	abr	maio	jun	
E =	5.671,51	5.209,28	5.600,36	5.015,55	4.255,70	3.908,85	
	jul	ago	set	out	nov	dez	
H _{TOT} =	4,172	5,118	4,956	5,344	5,776	5,890	kWh/m ² .dia
	jul	ago	set	out	nov	dez	
E =	4.302,10	5.277,60	4.945,69	5.510,65	5.763,99	6.073,67	kWh/mês

Fonte: Autor (2019)

Através do quadro 7 é possível extrair algumas informações:

- Energia média gerada por dia: 160,67kWh
- Energia média gerado por mês: 4.819,95kWh
- Energia média gerada por ano: 58,64 MWh
- Maior geração mensal: Dezembro – 6.073,67 kWh
- Menor geração mensal: Junho – 3.908,85 kWh

Gráfico 1: Previsão de Geração Mensal (kWh)



Fonte: Autor (2019)

Para este sistema foi considerado um *Performance Ratio* (PR) de 0,77, o qual leva em consideração a porcentagem de rendimento de todos os equipamentos e de sombreamento.

3.8 ANÁLISE DE *PAYBACK* DO SISTEMA

Para todo sistema de energia solar fotovoltaico é necessário realizar uma análise de retorno financeiro.

No quadro 8 foi feita uma previsão de economia baseados nos valores de geração de energia do quadro 8, com base nesses dados é possível observar que o sistema é capaz de gerar uma economia de R\$48.194,34 ao ano. Neste caso foi considerado a taxa de disponibilidade do sistema, que por ser uma entrada trifásica, é cobrado um consumo mínimo de 100kWh. Foi considerado o custo atual da tarifa de energia que é de R\$0,79878 por kWh consumido, custando mensalmente R\$ 79,88.

Quadro 8: Previsão de economia

Tarifa	0,79878					
Taxa de Disponibilidade	100	R\$ 79,88				
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
Valor	R\$ 4.450,41	R\$ 4.081,19	R\$ 4.393,58	R\$ 3.926,44	R\$ 3.319,49	R\$ 3.042,44
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
	R\$ 3.356,55	R\$ 4.135,76	R\$ 3.870,64	R\$ 4.321,92	R\$ 4.524,28	R\$ 4.771,65
Economia Anual	R\$ 48.194,34					

Fonte: Autor

O estudo de viabilidade econômica deste projeto utilizará os métodos de período de *Payback* descontado, taxa interna de retorno e valor presente líquido. O método de *Payback* descontado considera o tempo necessário para que os benefícios do projeto, desconto na conta de energia elétrica, totalizem o investimento total realizado considerando uma taxa de retorno do investimento no tempo gasto. O valor presente líquido é a diferença entre o valor presente do projeto e o custo do projeto na data atual, resumidamente se o valor do VPL for positivo haverá lucro no projeto em um determinado espaço de tempo. A taxa interna de retorno é o valor de retorno anual composta que a cliente obterá, se aplicar recursos em um projeto e receber as entradas de caixa previstas (CREPILEVE, 2018, P.80).

No quadro 9, foi utilizado o método do *payback* descontado. Considerou-se uma variação no valor da tarifa de energia de 6,87% ao ano, feito a média com as variações dos últimos 10 anos, que podem serem vistas no anexo F e consultadas no site da Copel.

Foi considerado um funcionamento de 10 anos para os equipamentos que compõe o sistema. Neste projeto não foi considerado a perda de eficiência dos módulos.

Quadro 9: Retorno do investimento

Payback				
Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente (VP)	Saldo
0	2019	-R\$ 270.000,00	-R\$ 269.538,20	
1	2020	R\$ 48.194,34	R\$ 45.041,44	-R\$ 224.496,76
2	2021	R\$ 51.505,29	R\$ 44.986,72	-R\$ 179.510,04
3	2022	R\$ 55.043,70	R\$ 44.932,06	-R\$ 134.577,99
4	2023	R\$ 58.825,21	R\$ 44.877,47	-R\$ 89.700,52
5	2024	R\$ 62.866,50	R\$ 44.822,94	-R\$ 44.877,57
6	2025	R\$ 67.185,43	R\$ 44.768,49	-R\$ 109,08
7	2026	R\$ 71.801,07	R\$ 44.714,10	R\$ 44.605,01
8	2027	R\$ 76.733,80	R\$ 44.659,77	R\$ 89.264,78
9	2028	R\$ 82.005,41	R\$ 44.605,51	R\$ 133.870,29
10	2029	R\$ 87.639,18	R\$ 44.551,32	R\$ 178.421,61
	Custo	R\$ 269.538,20	Taxa de Retorno	7,00%
	VPL	R\$ 178.421,61	Alteração Tarifária	6,87%
			TIR	18,21%

Fonte: Autor (2019)

É possível verificar que o sistema irá se pagar após 6 anos de funcionamento, considerando o pleno funcionamento, com as manutenções e limpeza feitas corretamente a cada 6 meses. Após os 6 anos até os 10 anos de funcionamento do sistema, ou seja, 4 anos a mais se prevê uma economia de R\$178.421,61, tornando assim o projeto viável e uma opção de investimento nos dias de hoje.

4 CONCLUSÃO

Com o aumento frequente, tanto da tarifa de energia como do consumo de energia elétrica no país como um todo, é necessário investir em outras fontes de energia elétrica para suprir toda essa demanda sem afetar a população do país, os quais são os consumidores finais. Levando isso em consideração, a geração de energia elétrica através da energia solar vem ganhando espaço no mercado nacional como uma excelente alternativa, sendo que é considerada uma fonte sustentável e não agride o meio ambiente e a natureza, como por exemplo quando as termoeletricas são acionadas para suprir a demanda.

A energia solar fotovoltaica traz consigo enormes vantagens para o país, como geração de empregos, diminuição na emissão de CO² na atmosfera, alívio para os sistemas de distribuição das concessionárias, entre muitos outros. É necessário levar todas essas vantagens em consideração quando cogitar investir em formas diversificadas de geração de energia.

O Brasil é um dos países com melhores índices de irradiação solar no mundo, tendo em comparação a Alemanha que é referência na utilização de energia solar para geração de energia, o pior índice de irradiação no Brasil é um dos melhores índices na Alemanha. Este fator torna a utilização da energia solar fotovoltaica uma ótima forma de investimento, visando o mesmo extinguir um dos principais “vilões” nas contas de empresas que é a conta de energia elétrica, sendo que na maioria das vezes é o maior custo operacional que as indústrias possuem.

O presente trabalho teve como propósito estudar uma possibilidade para as indústrias ou empreendedores com diversas unidades consumidoras, produzirem a sua própria energia, levando em consideração que muitas não possuem o espaço necessário para instalar o tamanho ideal de um sistema para suprir seu total consumo de energia ou muitas vezes os locais disponíveis não proporcionam a melhor geração de energia elétrica, por vezes tendo muito sombreamento ou mal posicionamento.

Com a busca de equipamentos foi notada que a viabilidade técnica é possível devido a disponibilidade dos equipamentos em território nacional e terem o selo do Inmetro o qual comprova a eficiência e confiabilidade dos mesmos. A viabilidade financeira foi analisada e constatada, mostrando-se viável com um período aproximado de retorno financeiro de 6 anos. Com uma capacidade de geração de

energia elétrica mensal média de 4.694,76 kWh e com uma economia mensal média no valor de R\$3.909,80.

Foi deixado uma “folga” na potência do inversor para que caso após a instalação constate que é viável a ampliação do sistema, a mesma se torne mais fácil e ágil para ser realizada.

Os equipamentos são considerados com uma vida útil de 25 anos, sabendo-se disso e do tempo de retorno do investimento, é possível realizar a economia durante o período de vida útil e fazer a substituição do mesmo com o saldo positivo do investimento.

O sistema foi dimensionado em uma região em que a irradiação é considerada ótima para o estado do Paraná e média a nível do país, tornando o estudo e a implantação de sistemas em locais com maior irradiação muito mais viáveis e prósperos.

REFERÊNCIAS

BRAGA, R.P. **Energia solar fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Elétrica. Rio de Janeiro. 2008

CABRAL, S.I.; TORRES, C.A.; SENNA, R.P. **Energia solar – Análise comparativa entre Brasil e Alemanha**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador, BA. 2013.

CALAIA, F.J.S. **Estudo comparativo de três tecnologias fotovoltaicas. Estudo experimental com transposição para um nível macro**. 2011. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Lisboa. Universidade Técnica de Lisboa. 2011.

CREPLIVE, E.R. **Estudo da viabilidade técnica e econômica para geração de energia elétrica utilizando painéis fotovoltaicos em um condomínio na cidade de Curitiba**. Monografia de Especialização. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2018.

COPEL. COPEL Alterações Tarifárias. <http://www.copel.com>, 2018. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F04afb43850ca33c503257488005939b7>>. Acesso em: 14 de setembro de 2019.

FONTES, R. **As 5 principais questões sobre o módulo fotovoltaico respondidas para que você não erre mais na escolha do seu gerador solar**. 03. Mai. 2018. Disponível em: < <https://blog.bluesol.com.br/modulo-fotovoltaico/>>. Acessado em: 12 ago. 2019.

MARIANO, J.D.; URBANETZ JUNIOR, J. **A GERAÇÃO FOTOVOLTAICA E SUA CONTRIBUIÇÃO ENERGÉTICA E DESLOCAMENTO DA DEMANDA NA SEDE CENTRO DA UTFPR FIEC** - Federação das Indústrias do Estado do Ceará. 2017

NASCIMENTO, R.L; **Energia solar no Brasil: Situações e perspectivas**. Câmara dos Deputados, Brasília, 2017.

OLIVEIRA, A.S.M.C. **Soluções otimizadas de estruturas metálicas em aço leve para parques fotovoltaicos**. Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2018/2019 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2019.

PINHO, J.T; GALDINO, M.A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Edição revisada e atualizada**. CEPEL, CRESESB. Rio de Janeiro, 2014.

REBELO, C.V.D. **Análise de viabilidade e dimensionamento de um estacionamento solar fotovoltaico para o campus da UFSC em Joinville**. Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville. 2019.

SANTOS, M.A.D. **Dimensionamento e retorno de investimento de geração de energia solar residencial**: Um estudo de caso no município de Lagoa Santa – MG. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2016.

SERGS. **Cientistas criam uma nova tecnologia solar que vai revolucionar a energia renovável**. 16. jan. 2019. Disponível em: <<http://sociedadeengenheiros.com.br/2019/01/16/cientistas-criam-uma-nova-tecnologia-solar-que-vai-revolucionar-a-energia-renovavel/>>. Acessado em: 06 set. 2019.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 3 de fevereiro de 2015.

TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONCALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R. "**Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná**". 1ª Edição. Curitiba: UTFPR, 2017.

URBANETZ JUNIOR, J. TIEPOLO, G. M. CASAGRANDE JUNIOR, E. F. TONIN, F. S. MARIANO, J. D. **Geração Distribuída Fotovoltaica: O Caso dos Sistemas Fotovoltaicos da UTFPR em Curitiba**. X Congresso Brasileiro De Planejamento Energético. Gramado-RS. 26 a 28 de setembro de 2016.

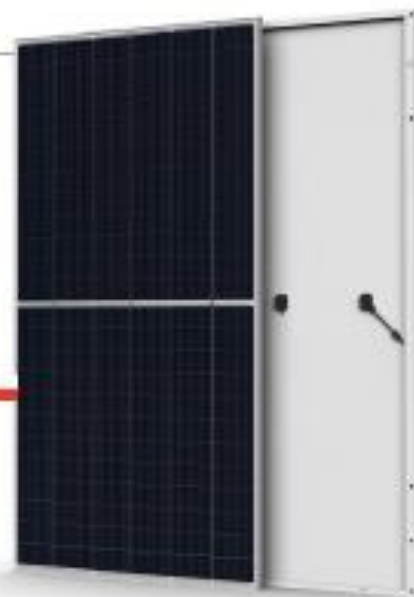
ANEXO A – DATASHEET TRINA SOLAR 400W TALLMAX

Mono Multi Solutions

0

TALLMAX^M

MODULO DE LAYOUT MOLDADO 72



72 LAYOUT
MÓDULO MONOCRISTALINO

390-410W
GAMA DE SAÍDA DE POTÊNCIA

20,2%
MÁXIMA EFICIÊNCIA

0~+5W
TOLERÂNCIA DE POTÊNCIA POSITIVA

PRODUTOS
TALLMAX (M)

GAMA DE POTÊNCIA
390-410W



Saída de alta potência

- Combinado com a tecnologia MBS, máximo de 410W
- Reduzir o custo de balance do sistema com contator de maior capacidade de energia e tensão do sistema de 1500V



O design de meia-célula traz maior eficiência

- Layout de meia célula (144 monocristalinos)
- Baixos coeficientes térmicos para maior produção de energia em alta temperatura de operação
- Baixa perda de energia na conexão da célula devido ao layout de meia célula (144 monocristalinos)



Altamente confiável devido ao rigoroso controle de qualidade

- Mais de 30 testes internos (UV, TC, HF, etc)
- Requisito de teste interno da Trina mais rigoroso do que a autoridade de certificação



Certificado para suportar as condições ambientais mais desafiadoras

- Carga negativa de 2400 Pa
- Carga positiva de 5400 Pa
- 2400/5400 é a carga medida e o fator de segurança é 1,5 vezes

Fundada em 1997, a Trina Solar é líder mundial em fornecimento de soluções geras para energia solar. Com presença local em todo o mundo, a Trina Solar é capaz de fornecer um serviço excepcional a cada cliente e em cada mercado, assim entregando nossos produtos inovadores e confiáveis com o apoio da Trina como uma marca forte e confiável. A Trina Solar agora distribui seus produtos fotovoltaicos para mais de 100 países em todo o mundo. Estamos comprometidos em construir colaborações estratégicas e mutuamente benéficas com instaladores, desenvolvedores, distribuidores e outros parceiros para impulsionar a energia solar.

Produtos abrangentes e certificados de sistema

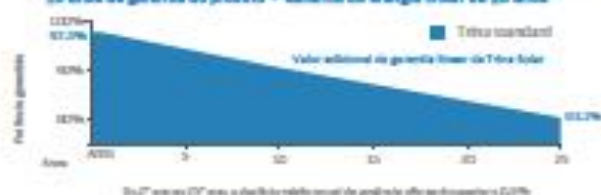
ISO 9001 / ISO 14001 / ISO 45001 / ISO 17025 / ISO 17027
ISO 14001: Sistema de Gestão de Qualidade ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental
ISO 14001: Verificação de Emissões de Gases de Efeito Estufa
ISO 45001: Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional



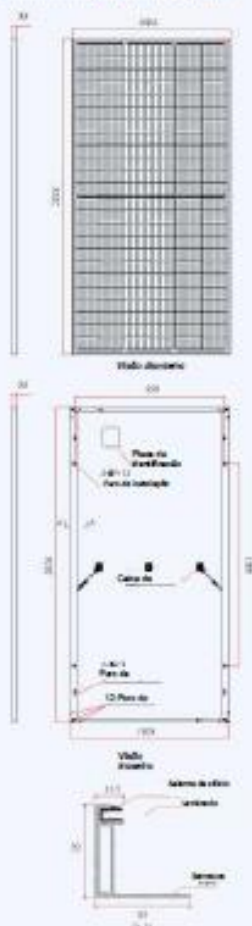
Trinasolar

GARANTIA DE DESEMPENHO LINEAR

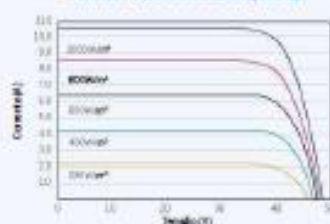
50 anos de garantia do produto + Garantia de energia linear de 25 anos



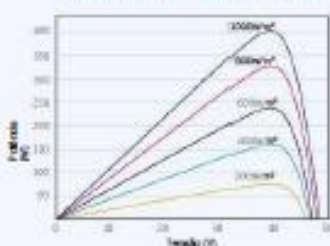
DIMENSÕES DO MÓDULO PV (mm)



CURVAS I-V DO MÓDULO PV (405W)



CURVAS DE P-V DO MÓDULO PV (405W)



DADOS ELÉTRICOS (STC)

Potência máxima em watts- P_{max} (W) [*]	390	395	400	405	410
Tolerância de saída de energia- P_{max} (W)	0 - +5				
Potência máxima de tensão- V_{oc} (V)	40,0	40,1	40,3	40,5	40,7
Corrente máxima de potência- I_{mp} (A)	9,75	9,85	9,92	10,00	10,07
Voltagem de circuito aberto- V_{oc} (V)	48,5	48,7	49,0	49,2	49,4
Corrente de curto-circuito- I_{sc} (A)	10,30	10,37	10,45	10,52	10,59
Eficiência do módulo η (%)	19,2	19,4	19,7	19,9	20,2

Condição de teste padrão (STC): irradiância 1000 W/m², temperatura celular de 25°C, massa de ar AMSL.
* Tolerância de medição: ± 0,5%

DADOS ELÉTRICOS (NMOT)

Potência máxima- P_{max} (Wp)	294	298	301	305	309
Potência máxima de tensão- V_{oc} (V)	37,6	37,7	37,9	38,1	38,3
Corrente máxima de potência- I_{mp} (A)	7,83	7,91	7,95	8,02	8,06
Voltagem de circuito aberto- V_{oc} (V)	45,5	45,5	45,1	45,3	45,5
Corrente de curto-circuito- I_{sc} (A)	8,30	8,35	8,43	8,48	8,54

NMOT: irradiância a 800W/m², temperatura ambiente de 20°C, velocidade do vento 3m/s.

DADOS MECÂNICOS

Células solares	Monocristalino
Orientação celular	144 células (6 x 24)
Dimensões do módulo	2024 x 1004 x 35 mm (79,69 x 39,53 x 1,38 polegadas)
Peso	22,5 kg (50,3 lb)
Vidro	3,2 mm (0,13 polegadas), alta transmissão, vidro reforçado com revestimento térmico
Material encapsulante	EVA
Backsheet	Branco
Estrutura	35 mm (polegadas) de liga de alumínio anodizado
J-Box	IP 68 avaliado
Cabo	Cabo de tecnologia fotovoltaica de 4,0mm ² (0,006 polegadas ²), Retrato: N 140 mm / P 285 mm (5,51 / 11,22 polegadas) Paisagem: N 1400 mm / P 1400 mm (55,12 / 55,12 polegadas)
Conector	TS4 / MC4EVO2

CLASSIFICAÇÕES DE TEMPERATURA

NMOT (temperatura operacional de início mínimo)	41 °C (E 3°C)
Coefficiente de temperatura de P_{max}	-0,37% / °C
Coefficiente de temperatura de V_{oc}	-0,29%/°C
Coefficiente de temperatura de I_{sc}	0,05%/°C

(NÃO conecte o fusível na saída do controlador sem consultar mais com o fabricante primeiro)

CLASSIFICAÇÕES MÁXIMAS

Temperatura operacional	-40~+85C
Tensão máxima do sistema	1500V DC (IEC)
Classificação do fusível de série máxima	20A

GARANTIA

10 anos de garantia de fabricação de produtos
Garantia de energia linear de 25 anos

(Por favor, consulte a garantia do produto para mais detalhes)

CONFIGURAÇÃO DE EMBALAGENS

Módulos por caixa: 30 peças
Módulos por contêiner de 40': 660 peças



ANEXO B – DATASHEET SUNNY TRIPOWER CORE1

SUNNY TRIPOWER CORE1
STP 50-40



Económico

- Aparelho autónomo de montagem simples
- Não são necessárias fusíveis CC
- Seccionador de CC integrado

Coerentemente integrado

- Acesso WiFi integrado com qualquer dispositivo móvel
- 12 entradas de string directas reduzem a necessidade de material e trabalho
- Protecção contra sobretensões CA/CC (opcional)

Instalação mais rápida

- Ligação mais rápida à rede graças à simples configuração e colocação em serviço do inversor
- Acesso ideal à área de ligação

Alta rendimento

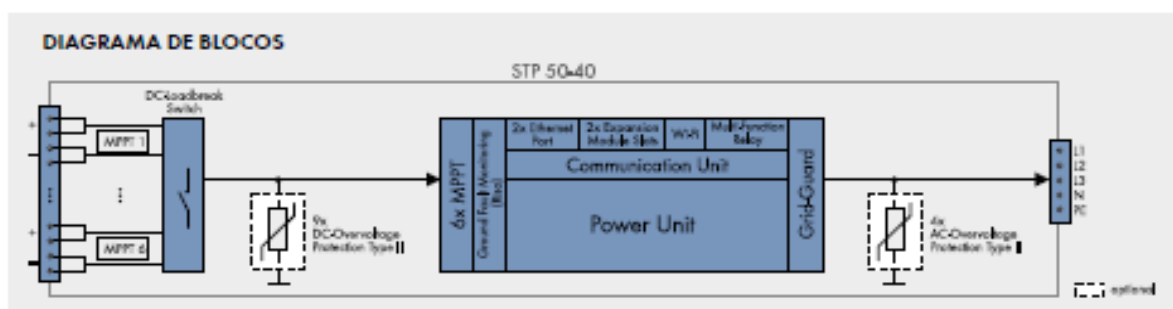
- Até 1,50% de sobredimensionamento do gerador fotovoltaico
- 6 rastreadores MPP independentes asseguram a produção ideal de energia, mesmo com encobramento

SUNNY TRIPOWER CORE1

Stands on its own

O Sunny Tripower CORE1 é o primeiro inversor de string autoportante para sistemas descentralizados de telhados, solo ou estacionamentos cobertos. O CORE1 é a 3ª geração da bem-sucedida família de produtos Sunny Tripower, com o seu conceito inovador, vem revolucionar o mundo dos inversores comerciais. O objetivo dos engenheiros da SMA foi combinar um design excepcional com um método de instalação inovador, conseguindo assim uma maior rapidez de instalação e uma rentabilidade ideal do investimento para todos os grupos-alvo.

Desde o comissionamento, instalação e operação, o Sunny Tripower CORE1 permite uma redução abrangente dos custos de logística, mão-de-obra, material e serviço. Instalar sistemas fotovoltaicos comerciais é agora mais rápido e fácil do que nunca.



Dados técnicos	Sunny Tripower CORE1	Dados técnicos	Sunny Tripower CORE1
Entrada (CC)		Rendimento	
Potência máx. do gerador fotovoltaico	75000 Wp STC	Rendimento máx. / Rendimento Europeu	98,1 % / 97,8 %
Tensão máx. de entrada	1000 V	Dados gerais	
Intervalo de tensão MPPT / Tensão atribuída de entrada	500 V a 800 V/670 V	Dimensões (L/A/P)	621 mm / 733 mm / 569 mm (24.4 in / 28.8 in / 22.4 in)
Tensão mín. de entrada / Tensão de entrada inicial	150 V / 188 V	Peso	84 kg (185 lb)
Corrente máx. de entrada / por MPPT	120 A / 20 A	Faixa de temperatura de operação	-25°C a +60°C (-13°F a +140°F)
Corrente de curto-circuito máx. por MPPT / por entrada de string	30 A / 30 A	Emissões sonoras (típicas)	< 65 dB(A)
Número de entradas MPPT independentes / strings por entrada MPPT	6 / 2	Autoconsumo (notite)	4,8 W
Saída (CA)		Topologia / Princípio de refrigeração	Sem transformador / OptiCool
Potência atribuída (com 230 V, 50 Hz)	50000 W	Classe de proteção (conforme a IEC 60529)	IP65
Potência aparente CA máx.	50000 VA	Classe de condições ambientais (conforme a IEC 60721-3-4)	4K4H
Tensão nominal CA	220 V / 380 V 230 V / 400 V 240 V / 415 V	Valor máximo admissível da humidade relativa (sem condensação)	100 %
Intervalo de tensão CA	202 V a 305 V	Equipamento / Função / Acessórios	
Frequência de rede CA / intervalo	50 Hz / 44 Hz a 55 Hz 60 Hz / 54 Hz a 65 Hz	Ligação CC / Ligação CA	SUNCLIX / Terminal rosado
Frequência de rede atribuída / tensão de rede atribuída	50 Hz / 230 V	Pés de instalação	•
Corrente máx. de saída / corrente de saída atribuída	72,5 A / 72,5 A	Indicador LED (estado / erro / comunicação)	•
Fases de injeção na rede / ligação CA	3 / 3(N)/PE	Interface: Ethernet / WLAN / RS485	• [2 entradas] / • / 0
Fator de potência na potência atribuída / fator de desfasamento ajustável	1 / 0 sobreexcitado a 0 subexcitado	Interface de dados: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire, Webconnect	• / • / •
THD	< 3 %	Relé multifunção / Local de encaixe para módulos de ampliação	• / • [2 entradas]
Dispositivos de proteção		OptiTrac Global Peak / Integrated Plant	• / • / •
Ponto de seccionamento no lado de entrada	•	Control / Q on Demand 24/7	• / •
Monitorização de defeitos à terra / Monitorização da rede	• / •	Capacidade offgrid / Compatível com SMA Fuel Save Controller	• / •
Proteção contra inversão de polaridade CC / Resistência a curto-circuitos CA / Galvanicamente separado	• / • / -	Garantia: 5/10/15/20 anos	• / • / • / •
Unidade de monitorização de corrente residual sensível a todas as correntes	•	Certificados e homologações (mais a pedido)	ANRE 20, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CB 0-14, CB 0-31, EN 50438:2013*, G59-9, IEC 60068-3-4, IEC 61757, IEC 62109-1/2, IEC 62114, IEC 62116, IEC 62117, IEC 62118, IEC 62119-1, IEC 62120-1, IEC 62121-1, IEC 62122-1, IEC 62123-1, IEC 62124-1, IEC 62125-1, IEC 62126-1, IEC 62127-1, IEC 62128-1, IEC 62129-1, IEC 62130-1, IEC 62131-1, IEC 62132-1, IEC 62133-1, IEC 62134-1, IEC 62135-1, IEC 62136-1, IEC 62137-1, IEC 62138-1, IEC 62139-1, IEC 62140-1, IEC 62141-1, IEC 62142-1, IEC 62143-1, IEC 62144-1, IEC 62145-1, IEC 62146-1, IEC 62147-1, IEC 62148-1, IEC 62149-1, IEC 62150-1, IEC 62151-1, IEC 62152-1, IEC 62153-1, IEC 62154-1, IEC 62155-1, IEC 62156-1, IEC 62157-1, IEC 62158-1, IEC 62159-1, IEC 62160-1, IEC 62161-1, IEC 62162-1, IEC 62163-1, IEC 62164-1, IEC 62165-1, IEC 62166-1, IEC 62167-1, IEC 62168-1, IEC 62169-1, IEC 62170-1, IEC 62171-1, IEC 62172-1, IEC 62173-1, IEC 62174-1, IEC 62175-1, IEC 62176-1, IEC 62177-1, IEC 62178-1, IEC 62179-1, IEC 62180-1, IEC 62181-1, IEC 62182-1, IEC 62183-1, IEC 62184-1, IEC 62185-1, IEC 62186-1, IEC 62187-1, IEC 62188-1, IEC 62189-1, IEC 62190-1, IEC 62191-1, IEC 62192-1, IEC 62193-1, IEC 62194-1, IEC 62195-1, IEC 62196-1, IEC 62197-1, IEC 62198-1, IEC 62199-1, IEC 62200-1, IEC 62201-1, IEC 62202-1, IEC 62203-1, IEC 62204-1, IEC 62205-1, IEC 62206-1, IEC 62207-1, IEC 62208-1, IEC 62209-1, IEC 62210-1, IEC 62211-1, IEC 62212-1, IEC 62213-1, IEC 62214-1, IEC 62215-1, IEC 62216-1, IEC 62217-1, IEC 62218-1, IEC 62219-1, IEC 62220-1, IEC 62221-1, IEC 62222-1, IEC 62223-1, IEC 62224-1, IEC 62225-1, IEC 62226-1, IEC 62227-1, IEC 62228-1, IEC 62229-1, IEC 62230-1, IEC 62231-1, IEC 62232-1, IEC 62233-1, IEC 62234-1, IEC 62235-1, IEC 62236-1, IEC 62237-1, IEC 62238-1, IEC 62239-1, IEC 62240-1, IEC 62241-1, IEC 62242-1, IEC 62243-1, IEC 62244-1, IEC 62245-1, IEC 62246-1, IEC 62247-1, IEC 62248-1, IEC 62249-1, IEC 62250-1, IEC 62251-1, IEC 62252-1, IEC 62253-1, IEC 62254-1, IEC 62255-1, IEC 62256-1, IEC 62257-1, IEC 62258-1, IEC 62259-1, IEC 62260-1, IEC 62261-1, IEC 62262-1, IEC 62263-1, IEC 62264-1, IEC 62265-1, IEC 62266-1, IEC 62267-1, IEC 62268-1, IEC 62269-1, IEC 62270-1, IEC 62271-1, IEC 62272-1, IEC 62273-1, IEC 62274-1, IEC 62275-1, IEC 62276-1, IEC 62277-1, IEC 62278-1, IEC 62279-1, IEC 62280-1, IEC 62281-1, IEC 62282-1, IEC 62283-1, IEC 62284-1, IEC 62285-1, IEC 62286-1, IEC 62287-1, IEC 62288-1, IEC 62289-1, IEC 62290-1, IEC 62291-1, IEC 62292-1, IEC 62293-1, IEC 62294-1, IEC 62295-1, IEC 62296-1, IEC 62297-1, IEC 62298-1, IEC 62299-1, IEC 62300-1, IEC 62301-1, IEC 62302-1, IEC 62303-1, IEC 62304-1, IEC 62305-1, IEC 62306-1, IEC 62307-1, IEC 62308-1, IEC 62309-1, IEC 62310-1, IEC 62311-1, IEC 62312-1, IEC 62313-1, IEC 62314-1, IEC 62315-1, IEC 62316-1, IEC 62317-1, IEC 62318-1, IEC 62319-1, IEC 62320-1, IEC 62321-1, IEC 62322-1, IEC 62323-1, IEC 62324-1, IEC 62325-1, IEC 62326-1, IEC 62327-1, IEC 62328-1, IEC 62329-1, IEC 62330-1, IEC 62331-1, IEC 62332-1, IEC 62333-1, IEC 62334-1, IEC 62335-1, IEC 62336-1, IEC 62337-1, IEC 62338-1, IEC 62339-1, IEC 62340-1, IEC 62341-1, IEC 62342-1, IEC 62343-1, IEC 62344-1, IEC 62345-1, IEC 62346-1, IEC 62347-1, IEC 62348-1, IEC 62349-1, IEC 62350-1, IEC 62351-1, IEC 62352-1, IEC 62353-1, IEC 62354-1, IEC 62355-1, IEC 62356-1, IEC 62357-1, IEC 62358-1, IEC 62359-1, IEC 62360-1, IEC 62361-1, IEC 62362-1, IEC 62363-1, IEC 62364-1, IEC 62365-1, IEC 62366-1, IEC 62367-1, IEC 62368-1, IEC 62369-1, IEC 62370-1, IEC 62371-1, IEC 62372-1, IEC 62373-1, IEC 62374-1, IEC 62375-1, IEC 62376-1, IEC 62377-1, IEC 62378-1, IEC 62379-1, IEC 62380-1, IEC 62381-1, IEC 62382-1, IEC 62383-1, IEC 62384-1, IEC 62385-1, IEC 62386-1, IEC 62387-1, IEC 62388-1, IEC 62389-1, IEC 62390-1, IEC 62391-1, IEC 62392-1, IEC 62393-1, IEC 62394-1, IEC 62395-1, IEC 62396-1, IEC 62397-1, IEC 62398-1, IEC 62399-1, IEC 62400-1, IEC 62401-1, IEC 62402-1, IEC 62403-1, IEC 62404-1, IEC 62405-1, IEC 62406-1, IEC 62407-1, IEC 62408-1, IEC 62409-1, IEC 62410-1, IEC 62411-1, IEC 62412-1, IEC 62413-1, IEC 62414-1, IEC 62415-1, IEC 62416-1, IEC 62417-1, IEC 62418-1, IEC 62419-1, IEC 62420-1, IEC 62421-1, IEC 62422-1, IEC 62423-1, IEC 62424-1, IEC 62425-1, IEC 62426-1, IEC 62427-1, IEC 62428-1, IEC 62429-1, IEC 62430-1, IEC 62431-1, IEC 62432-1, IEC 62433-1, IEC 62434-1, IEC 62435-1, IEC 62436-1, IEC 62437-1, IEC 62438-1, IEC 62439-1, IEC 62440-1, IEC 62441-1, IEC 62442-1, IEC 62443-1, IEC 62444-1, IEC 62445-1, IEC 62446-1, IEC 62447-1, IEC 62448-1, IEC 62449-1, IEC 62450-1, IEC 62451-1, IEC 62452-1, IEC 62453-1, IEC 62454-1, IEC 62455-1, IEC 62456-1, IEC 62457-1, IEC 62458-1, IEC 62459-1, IEC 62460-1, IEC 62461-1, IEC 62462-1, IEC 62463-1, IEC 62464-1, IEC 62465-1, IEC 62466-1, IEC 62467-1, IEC 62468-1, IEC 62469-1, IEC 62470-1, IEC 62471-1, IEC 62472-1, IEC 62473-1, IEC 62474-1, IEC 62475-1, IEC 62476-1, IEC 62477-1, IEC 62478-1, IEC 62479-1, IEC 62480-1, IEC 62481-1, IEC 62482-1, IEC 62483-1, IEC 62484-1, IEC 62485-1, IEC 62486-1, IEC 62487-1, IEC 62488-1, IEC 62489-1, IEC 62490-1, IEC 62491-1, IEC 62492-1, IEC 62493-1, IEC 62494-1, IEC 62495-1, IEC 62496-1, IEC 62497-1, IEC 62498-1, IEC 62499-1, IEC 62500-1, IEC 62501-1, IEC 62502-1, IEC 62503-1, IEC 62504-1, IEC 62505-1, IEC 62506-1, IEC 62507-1, IEC 62508-1, IEC 62509-1, IEC 62510-1, IEC 62511-1, IEC 62512-1, IEC 62513-1, IEC 62514-1, IEC 62515-1, IEC 62516-1, IEC 62517-1, IEC 62518-1, IEC 62519-1, IEC 62520-1, IEC 62521-1, IEC 62522-1, IEC 62523-1, IEC 62524-1, IEC 62525-1, IEC 62526-1, IEC 62527-1, IEC 62528-1, IEC 62529-1, IEC 62530-1, IEC 62531-1, IEC 62532-1, IEC 62533-1, IEC 62534-1, IEC 62535-1, IEC 62536-1, IEC 62537-1, IEC 62538-1, IEC 62539-1, IEC 62540-1, IEC 62541-1, IEC 62542-1, IEC 62543-1, IEC 62544-1, IEC 62545-1, IEC 62546-1, IEC 62547-1, IEC 62548-1, IEC 62549-1, IEC 62550-1, IEC 62551-1, IEC 62552-1, IEC 62553-1, IEC 62554-1, IEC 62555-1, IEC 62556-1, IEC 62557-1, IEC 62558-1, IEC 62559-1, IEC 62560-1, IEC 62561-1, IEC 62562-1, IEC 62563-1, IEC 62564-1, IEC 62565-1, IEC 62566-1, IEC 62567-1, IEC 62568-1, IEC 62569-1, IEC 62570-1, IEC 62571-1, IEC 62572-1, IEC 62573-1, IEC 62574-1, IEC 62575-1, IEC 62576-1, IEC 62577-1, IEC 62578-1, IEC 62579-1, IEC 62580-1, IEC 62581-1, IEC 62582-1, IEC 62583-1, IEC 62584-1, IEC 62585-1, IEC 62586-1, IEC 62587-1, IEC 62588-1, IEC 62589-1, IEC 62590-1, IEC 62591-1, IEC 62592-1, IEC 62593-1, IEC 62594-1, IEC 62595-1, IEC 62596-1, IEC 62597-1, IEC 62598-1, IEC 62599-1, IEC 62600-1, IEC 62601-1, IEC 62602-1, IEC 62603-1, IEC 62604-1, IEC 62605-1, IEC 62606-1, IEC 62607-1, IEC 62608-1, IEC 62609-1, IEC 62610-1, IEC 62611-1, IEC 62612-1, IEC 62613-1, IEC 62614-1, IEC 62615-1, IEC 62616-1, IEC 62617-1, IEC 62618-1, IEC 62619-1, IEC 62620-1, IEC 62621-1, IEC 62622-1, IEC 62623-1, IEC 62624-1, IEC 62625-1, IEC 62626-1, IEC 62627-1, IEC 62628-1, IEC 62629-1, IEC 62630-1, IEC 62631-1, IEC 62632-1, IEC 62633-1, IEC 62634-1, IEC 62635-1, IEC 62636-1, IEC 62637-1, IEC 62638-1, IEC 62639-1, IEC 62640-1, IEC 62641-1, IEC 62642-1, IEC 62643-1, IEC 62644-1, IEC 62645-1, IEC 62646-1, IEC 62647-1, IEC 62648-1, IEC 62649-1, IEC 62650-1, IEC 62651-1, IEC 62652-1, IEC 62653-1, IEC 62654-1, IEC 62655-1, IEC 62656-1, IEC 62657-1, IEC 62658-1, IEC 62659-1, IEC 62660-1, IEC 62661-1, IEC 62662-1, IEC 62663-1, IEC 62664-1, IEC 62665-1, IEC 62666-1, IEC 62667-1, IEC 62668-1, IEC 62669-1, IEC 62670-1, IEC 62671-1, IEC 62672-1, IEC 62673-1, IEC 62674-1, IEC 62675-1, IEC 62676-1, IEC 62677-1, IEC 62678-1, IEC 62679-1, IEC 62680-1, IEC 62681-1, IEC 62682-1, IEC 62683-1, IEC 62684-1, IEC 62685-1, IEC 62686-1, IEC 62687-1, IEC 62688-1, IEC 62689-1, IEC 62690-1, IEC 62691-1, IEC 62692-1, IEC 62693-1, IEC 62694-1, IEC 62695-1, IEC 62696-1, IEC 62697-1, IEC 62698-1, IEC 62699-1, IEC 62700-1, IEC 62701-1, IEC 62702-1, IEC 62703-1, IEC 62704-1, IEC 62705-1, IEC 62706-1, IEC 62707-1, IEC 62708-1, IEC 62709-1, IEC 62710-1, IEC 62711-1, IEC 62712-1, IEC 62713-1, IEC 62714-1, IEC 62715-1, IEC 62716-1, IEC 62717-1, IEC 62718-1, IEC 62719-1, IEC 62720-1, IEC 62721-1, IEC 62722-1, IEC 62723-1, IEC 62724-1, IEC 62725-1, IEC 62726-1, IEC 62727-1, IEC 62728-1, IEC 62729-1, IEC 62730-1, IEC 62731-1, IEC 62732-1, IEC 62733-1, IEC 62734-1, IEC 62735-1, IEC 62736-1, IEC 62737-1, IEC 62738-1, IEC 62739-1, IEC 62740-1, IEC 62741-1, IEC 62742-1, IEC 62743-1, IEC 62744-1, IEC 62745-1, IEC 62746-1, IEC 62747-1, IEC 62748-1, IEC 62749-1, IEC 62750-1, IEC 62751-1, IEC 62752-1, IEC 62753-1, IEC 62754-1, IEC 62755-1, IEC 62756-1, IEC 62757-1, IEC 62758-1, IEC 62759-1, IEC 62760-1, IEC 62761-1, IEC 62762-1, IEC 62763-1, IEC 62764-1, IEC 62765-1, IEC 62766-1, IEC 62767-1, IEC 62768-1, IEC 62769-1, IEC 62770-1, IEC 62771-1, IEC 62772-1, IEC 62773-1, IEC 62774-1, IEC 62775-1, IEC 62776-1, IEC 62777-1, IEC 62778-1, IEC 62779-1, IEC 62780-1, IEC 62781-1, IEC 62782-1, IEC 62783-1, IEC 62784-1, IEC 62785-1, IEC 62786-1, IEC 62787-1, IEC 62788-1, IEC 62789-1, IEC 62790-1, IEC 62791-1, IEC 62792-1, IEC 62793-1, IEC 62794-1, IEC 62795-1, IEC 62796-1, IEC 62797-1, IEC 62798-1, IEC 62799-1, IEC 62800-1, IEC 62801-1, IEC 62802-1, IEC 62803-1, IEC 62804-1, IEC 62805-1, IEC 62806-1, IEC 62807-1, IEC 62808-1, IEC 62809-1, IEC 62810-1, IEC 62811-1, IEC 62812-1, IEC 62813-1, IEC 62814-1, IEC 62815-1, IEC 62816-1, IEC 62817-1, IEC 62818-1, IEC 62819-1, IEC 62820-1, IEC 62821-1, IEC 62822-1, IEC 62823-1, IEC 62824-1, IEC 62825-1, IEC 62826-1, IEC 62827-1, IEC 62828-1, IEC 62829-1, IEC 62830-1, IEC 62831-1, IEC 62832-1, IEC 62833-1, IEC 62834-1, IEC 62835-1, IEC 62836-1, IEC 62837-1, IEC 62838-1, IEC 62839-1, IEC 62840-1, IEC 62841-1, IEC 62842-1, IEC 62843-1, IEC 62844-1, IEC 62845-1, IEC 62846-1, IEC 62847-1, IEC 62848-1, IEC 62849-1, IEC 62850-1, IEC 62851-1, IEC 62852-1, IEC 62853-1, IEC 62854-1, IEC 62855-1, IEC 62856-1, IEC 62857-1, IEC 62858-1, IEC 62859-1, IEC 62860-1, IEC 62861-1, IEC 62862-1, IEC 62863-1, IEC 62864-1, IEC 62865-1, IEC 62866-1, IEC 62867-1, IEC 62868-1, IEC 62869-1, IEC 62870-1, IEC 62871-1, IEC 62872-1, IEC 62873-1, IEC 62874-1, IEC 62875-1, IEC 62876-1, IEC 62877-1, IEC 62878-1, IEC 62879-1, IEC 62880-1, IEC 62881-1, IEC 62882-1, IEC 62883-1, IEC 62884-1, IEC 62885-1, IEC 62886-1, IEC 62887-1, IEC 62888-1, IEC 62889-1, IEC 62890-1, IEC 62891-1, IEC 62892-1, IEC 62893-1, IEC 62894-1, IEC 62895-1, IEC 62896-1, IEC 62897-1, IEC 62898-1, IEC 62899-1, IEC 62900-1, IEC 62901-1, IEC 62902-1, IEC 62903-1, IEC 62904-1, IEC 62905-1, IEC 62906-1, IEC 62907-1, IEC 62908-1, IEC 62909-1, IEC 62910-1, IEC 62911-1, IEC 62912-1, IEC 62913-1, IEC 62914-1, IEC 62915-1, IEC 62916-1, IEC 62917-1, IEC 62918-1, IEC 62919-1, IEC 62920-1, IEC 62921-1, IEC 62922-1, IEC 62923-1, IEC 62924-1, IEC 62925-1, IEC 62926-1, IEC 62927-1, IEC 62928-1, IEC 62929-1, IEC 62930-1, IEC 62931-1, IEC 62932-1, IEC 62933-1, IEC 62934-1, IEC 62935-1, IEC 62936-1, IEC 62937-1, IEC 62938-1, IEC 62939-1, IEC 62940-1, IEC 62941-1, IEC 62942-1, IEC 62943-1, IEC 62944-1, IEC 62945-1, IEC 62946-1, IEC 62947-1, IEC 62948-1, IEC 62949-1, IEC 62950-1, IEC 62951-1, IEC 62952-1, IEC 62953-1, IEC 62954-1, IEC 62955-1, IEC 62956-1, IEC 62957-1, IEC 62958-1, IEC 62959-1, IEC 62960-1, IEC 62961-1, IEC 62962-1, IEC 62963-1, IEC 62964-1, IEC 62965-1, IEC 62966-1, IEC 62967-1, IEC 62968-1, IEC 62969-1, IEC 62970-1, IEC 62971-1, IEC 62972-1, IEC 62973-1, IEC 62974-1, IEC 62975-1, IEC 62976-1, IEC 62977-1, IEC 62978-1, IEC 62979-1, IEC 62980-1, IEC 62981-1, IEC 62982-1, IEC 62983-1, IEC 62984-1, IEC 62985-1, IEC 62986-1, IEC 62987-1, IEC 62988-1, IEC 62989-1, IEC 62990-1, IEC 62991-1, IEC 62992-1, IEC 62993-1, IEC 62994-1, IEC 62995-1, IEC 62996-1, IEC 62997-1, IEC 62998-1, IEC 62999-1, IEC 63000-1, IEC 63001-1, IEC 63002-1, IEC 63003-1, IEC 63004-1, IEC 63005-1, IEC 63006-1, IEC 63007-1, IEC 63008-1, IEC 63009-1, IEC 63010-1, IEC 63011-1, IEC 63012-1, IEC 63013-1, IEC 63014-1, IEC 63015-1, IEC 63016-1, IEC 63017-1, IEC 63018-1, IEC 63019-1, IEC 63020-1, IEC 63021-1, IEC 63022-1, IEC 63023-1, IEC 63024-1, IEC 63025-1, IEC 63026-1, IEC 63027-1, IEC 63028-1, IEC 63029-1, IEC 63030-1, IEC 63031-1, IEC 63032-1, IEC 63033-1, IEC 63034-1, IEC 63035-1, IEC 63036-1, IEC 63037-1, IEC 63038-1, IEC 63039-1, IEC 63040-1, IEC 63041-1, IEC 63042-1, IEC 63043-1, IEC 63044-1, IEC 63045-1, IEC 63046-1, IEC 63047-1, IEC 63048-1, IEC 63049-1, IEC 63050-1, IEC 63051-1, IEC 63052-1, IEC 63053-1, IEC 63054-1, IEC 63055-1, IEC 63056-1, IEC 63057-1, IEC 63058-1, IEC 63059-1, IEC 63060

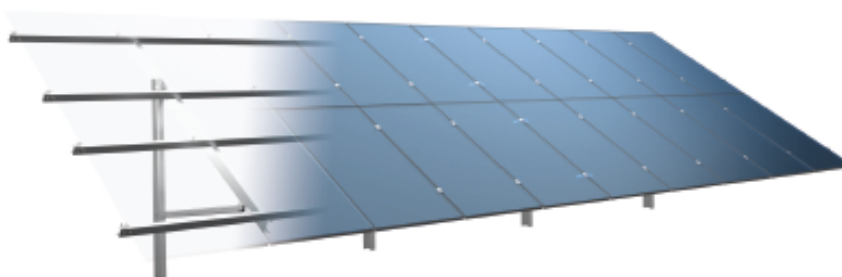
ANEXO C – DATASHEET ESTRUTURA SOLAR ROMAGNOLE



MESA SOLAR MONOPOSTE

GROUND MOUNT SYSTEM SINGLE POLE

MESA SOLAR MONOPOSTE



Peças e Acessórios

Parts and Accessories

Piezas y Accesorios



Perfil "C"
"C" Profile
Perfil "C"



Fixador Final Auto brocante
Tile Screw End Clamp
Fijador Final Auto brocante



Fixador Central Auto brocante
Tile Screw Mid Clamp
Fijador Central Auto brocante

Fundações Foundation Fundaciones



Concreto

Fundação indicada para solo frágil ou sem profundidade de cravação.

Concrete

Foundation indicated for fragile soil or without depth of spike.

Hormigón

La fundación es indicada para el suelo frágil o sin profundidad de clavado.



Estaca

Fundação indicada para solo com maior profundidade de cravação (aproximadamente 2 metros) e estável, sem pedregulhos.

Rammed post

Foundation indicated for the soil with greater peak depth (approx. 2 meters) and stable, without gravel.

Estaca

Fundación indicada para suelo con mayor profundidad de clavado (aproximadamente 2 metros) e estable, sin pedregalicos.

Características Técnicas

Estrutura com menos pontos de cravação, garantindo uma instalação mais rápida.

Technical Characteristics

Structure with fewer attachment points, ensuring faster installation.

Especificaciones Técnicas

Estructura con menos puntos de clavado, garantizando una instalación más rápida.

Esse projeto é desenvolvido com Ângulo reguláveis entre 5° 10° 16° 20° 25° 30°.

This design is developed with adjustable angles between 5° 10° 16° 20° 25° 30°.

Este proyecto se desarrolla con ángulos regulables entre 5° 10° 16° 20° 25° 30°.

Projeto com boa relação custo x benefício.

Project with excellent cost-benefit ratio.

Proyecto con excelente relación costo-beneficio.

Dimensionamento em múltiplos de 10 painéis.

Array in multiplicity of 10 panels.

Dimensionamiento en múltiplos de 10 paneles.

ANEXO D – DATASHEET TRANSFORMADOR TRIFÁSICO MINUZZI



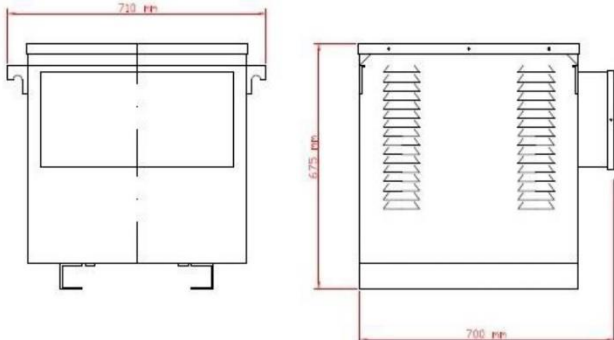
 <p>MINUZZI TRANSFORMADORES</p> <p>TRANSFORMADOR ISOLADOR TRIFÁSICO, A SECO – PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO (TTS) MODELO: 5500TTS003</p>						
DADOS DE CONSTRUÇÃO						
Características		Transformador Isolador Trifásico a Seco – Regime Contínuo				
Potência		55 KVA				
Frequência		60Hz				
Classe de Tensão		1,1kV				
Material Isolante		Classe F (155°C)				
Elevação de Temperatura		Classe F (105°C)				
Normas de Referência		ABNT NBR 5356/5380				
Instalação		Abrigada (IP-23)				
Acabamento		Impregnação em verniz Poliéster, Classe F Pintura Eletrostática na Cor Cinza Munsell N6,5				
Primário		380V – Ligação Estrela com Neutro Acessível				
Secundário		220V – Ligação Estrela com Neutro Acessível				
Grupo de Ligação		YnYn1				
Enrolamento		Em Alumínio Eletrolítico de Alta Pureza				
Núcleo		Em Lâminas de Aço Silício				
Ensaios		De Rotina Conf. ABNT NBR 10295				
Tensão Aplicada		3.000V (HI-POT)				
CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO E RENDIMENTO						
Inom. 380V	Inom. 220V	Perdas Vazio	Perdas Totais	Rendimento	Corrente Excit.	Impedância
83,56A	144,34A	740W	3000W	95,73	2,92%	5,50%
Potência	Código Minuzzi	Dimensões Aproximadas em Milímetros – Tolerância ±5%				Peso
kVA		Altura (A)	Largura (B)	Profundidade (C)	Kg	
55	5500TTS003	675	710	700	±250	
ILUSTRAÇÃO						
						

Foto ilustrativa, medidas sujeitas a mudanças

ANEXO E – ITENS COMPOSTOS PELO KIT DE ENERGIA SOLAR

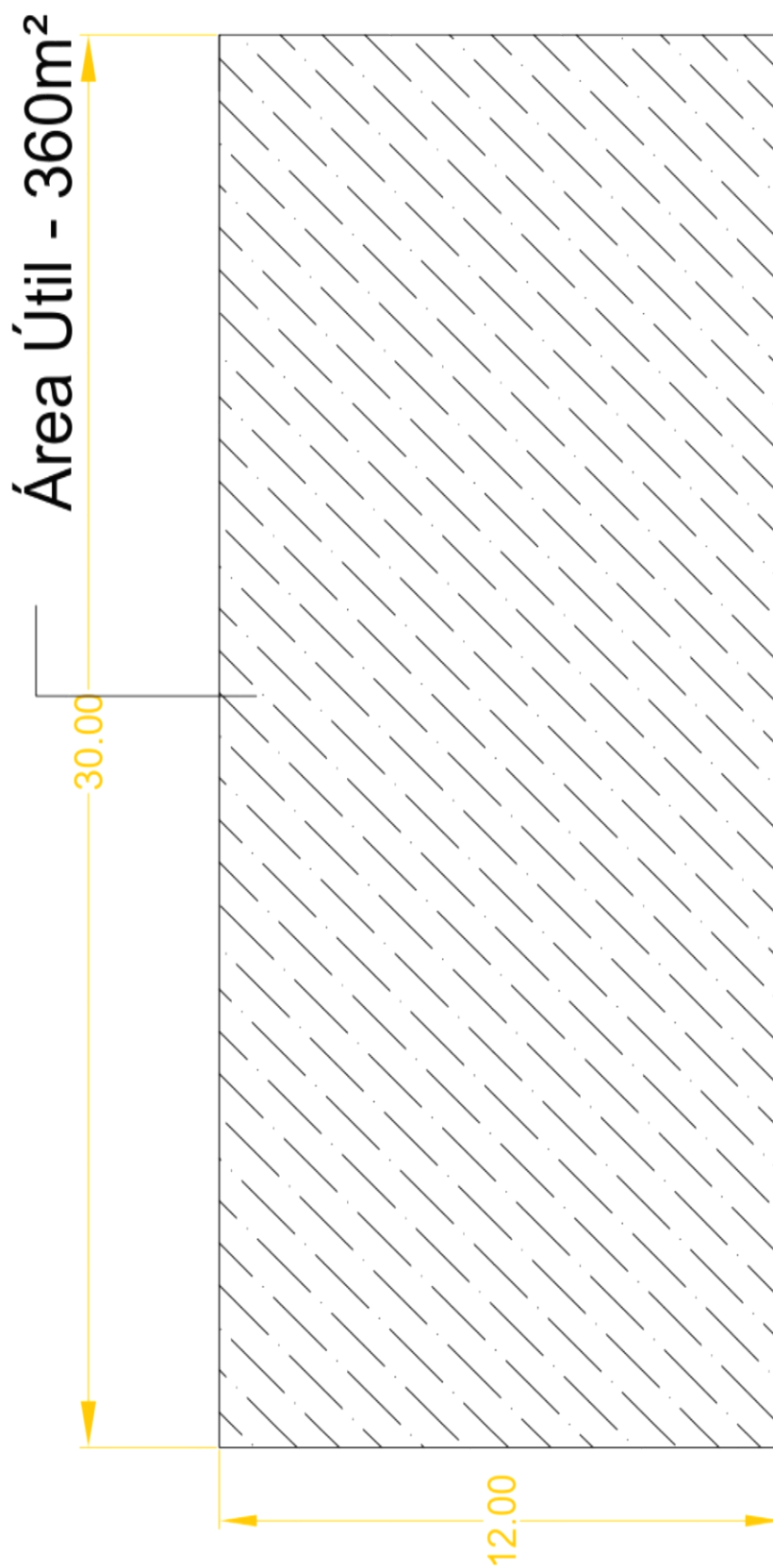
O gerador de energia fotovoltaico de 43,2 kWp é composto por:

20 STAUBLI CONECTOR MC4 320016P0001-UR PV-KBT4/6II-UR ACOPLADOR FEMEA
20 STAUBLI CONECTOR MC4 32.0017P0001-UR PV-KST4/6II-UR ACOPLADOR MACHO
300 CABO SOLAR NEXANS 40023 ENERGYFLEX AFITOX 0,6/1KV 1500V DC PRETO
300 CABO SOLAR NEXANS 47819 ENERGYFLEX AFITOX 0,6/1KV 1500V DC VERMELHO
27 ESTRUTURA ROMAGNOLE 411227 RS-232 4 PAINES SOLO TERRESTRE INCLINACAO 5 A 30 GRAUS
1 INVERSOR SOLAR SMA 03-50-1000-1-40 STP50-40 SUNNY 50KWTRIF380V 6MPPT 12ENT DPS AC DC
1 SMA DPS DC_SPD_KIT4-10 DC OVERVOLTAGE
1 SMA DPS AC_SPD_KIT1-10 AC OVERVOLTAGE
108 PAINEL SOLAR TRINASOLAR TSM-DE15MII-400W TALLMAX 144 CEL. MONO PERC HALF CELL 19,7% EFICIENCIA

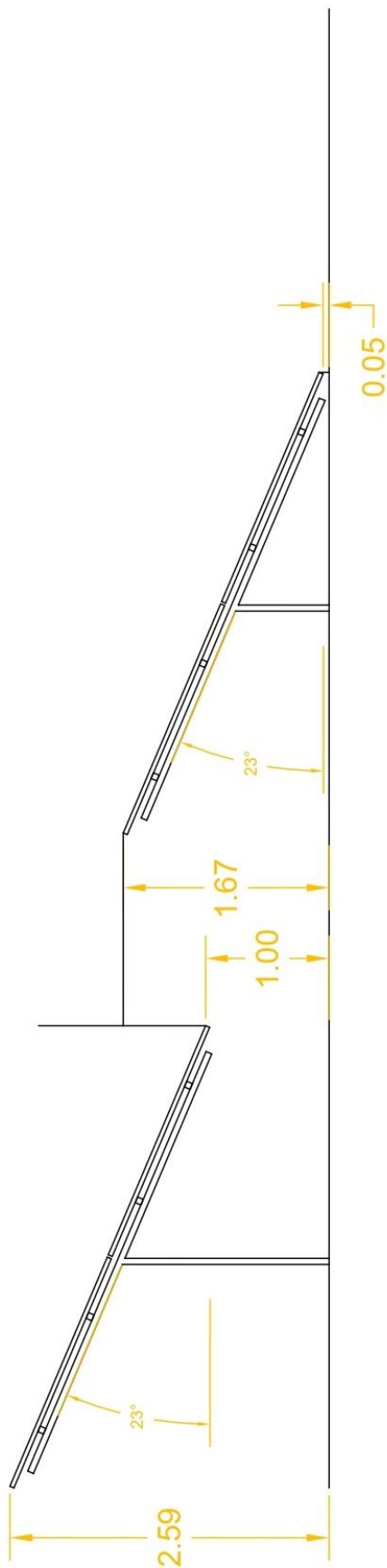
ANEXO F – ALTERAÇÃO TARIFÁRIA DA COPEL DESDE 2009

Portaria / Resolução	Vigência	Varição Percentual
<u>Resolução 2559/2019</u>	24/06/2019	- Reajuste médio aplicado de 3,41%
<u>Resolução 2402/2018</u>	24/06/2018	- Reajuste médio aplicado de 15,99%
<u>Resolução 2255/2017</u>	24/06/2017	- Reajuste médio aplicado de 5,85%
<u>Resolução 2214/2017</u>	01/05/2017	Reversão da previsão do EER de Angra III de -1,17%
<u>Resolução 2096/2016</u>	24/06/2016	- Reajuste médio aplicado de -12,87%
<u>Resolução 1897/2015</u>	24/06/2015	- Reajuste médio aplicado de 15,32%
<u>Resolução 1858/2015</u>	02/03/2015	- Reajuste médio aplicado de 36,79%
<u>Resolução 1763/2014</u>	24/06/2014	- Reajuste médio aplicado de 24,86%
<u>Resolução 1565/2013</u>	24/06/2013	- Reajuste médio aplicado de 9,55%
<u>Resolução 1431/2013</u>	24/01/2013	- Reajuste médio aplicado de -19,28%
<u>Resolução 1296/2012</u>	24/06/2012	- Reajuste médio aplicado de -0,65%
<u>Resolução 1158/2011</u>	24/06/2011	- Reajuste médio aplicado de 2,99%
<u>Resolução 1015/2010</u>	24/06/2010	- Reajuste médio aplicado de 2,46%
<u>Resolução 839/2009</u>	23/06/2009	- Reajuste médio aplicado de 12,98% para consumidores inadimplentes e de 5,00% para consumidores adimplentes

APÊNDICE A - ÁREA DE UTILIZAÇÃO DO TERRENO



APÊNDICE B – VISTA LATERAL DE FIXAÇÃO DOS MÓDULOS



Vista Lateral

APÊNDICE C – DIAGRAMA UNIFILIAR GERADOR SOLAR 43,2 kWp

