



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS-RN
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

HEWERTNH MARQUES ALVES

**ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE GERADORES FOTOVOLTAICOS
PARA UMA RESIDÊNCIA FAMILIAR**

Pau dos Ferros - RN

Agosto- 2019

HEWERTNH MARQUES ALVES

**ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE GERADORES FOTOVOLTAICOS
PARA UMA RESIDÊNCIA FAMILIAR**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Esp. Messias Fernandes Neto – UFERSA

Coorientador: Professor Dr Ernano Arrais Junior – UFERSA

Pau dos Ferros - RN

Agosto - 2019

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (s) autor (s), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (s) respectivo (s) autor (s) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

MAIve Marques Alves, Hewertnh.
aa ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE GERADORES
FOTOVOLTAICOS PARA UMA RESIDÊNCIA FAMILIAR /
Hewertnh Marques Alves. - 2019.
76 f. : il.

Orientador: Messias Fernandez Neto.
Coorientador: Ernano Arrais Junior.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, Curso de Engenharia Civil,
2019.

1. Energia Renovável. 2. Módulos Fotovoltaicos.
3. Geração Distribuída. I. Fernandez Neto, Messias
, orient. II. Arrais Junior, Ernano , co-orient.
III. Título.

HEWERTNH MARQUES ALVES

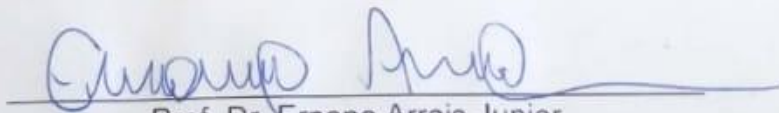
**ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE GERADORES
FOTOVOLTÁICOS PARA UMA RESIDÊNCIA FAMILIAR.**

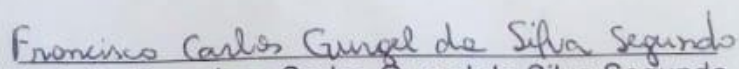
Relatório final, apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi
Árido, como parte das exigências para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Pau dos Ferros, 5 de agosto de 2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Esp. Messias Fernandes Neto
(Orientador - UFERSA – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros)


Prof. Dr. Ernano Arrais Junior
(Coorientador - UFERSA – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros)


Prof. Dr. Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo
(UFERSA – Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros)

A **Jose Alves do Nascimento** (in memoriam) meu querido avô guardo as melhores lembranças obrigado por ter feito parte da minha vida

Ao meu pai, **Paulo Oliveira Alves**.

A minha mãe, **Sandra Nunes Marques Alves**.

Ao meu irmão, **Saulo Marques Alves**.

A minha namorada, **Roberta Tereza Menezes dos Santos**.

Ao meu orientador, **Professor Esp. Messias Fernandes Neto**.

Ao meu coorientador, **Professor Dr Ernano Arrais Junior**.

E a todos que me ajudaram durante a minha caminhada o meu muito obrigado!

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre ter iluminado os meus passos nessa trajetória.

Aos meus pais, Paulo Oliveira Alves e Santa Nunes Marques Alves por sempre acreditarem que eu chegaria até aqui e não mediram esforços para me ajudar.

A todos os meus amigos que sempre estiveram somando forças.

A minha namorada, Roberta Menezes que sempre motivou, ajudou e evidenciou que era possível chegar até aqui.

Ao meu Orientador, Professor Bel Messias Fernandes Neto, pelas orientações, auxílios e conselhos.

Ao meu Coorientador, Professor Dr Ernano Arrais Junior, pelas orientações, auxílios e conselhos.

O meu muito obrigado!

RESUMO

O Sol é a fonte de energia responsável pela origem da maioria das fontes de energia renováveis, neste cenário destaca-se o Brasil, especialmente na região Nordeste, o estado do Rio Grande do Norte, que possui elevada disponibilidade de recurso solar durante o ano inteiro. Nesse sentido os projetos habitacionais devem estar focados na busca de soluções para evitar ou minimizar os gastos com condicionamento ambiental, fornece alternativas ao uso do chuveiro elétrico com aquecimento de água e diminuir gastos energéticos com equipamentos. A partir do exposto acima o objetivo deste trabalho é abordar a partir de um estudo de caso o dimensionamento de um sistema de geração fotovoltaico conectado à rede elétrica de residências localizadas na cidade de Tenente Ananias - RN. As metodologias empregadas para sua realização foram pesquisas bibliográficas e documentais aliadas a um estudo de caso onde foi elaborado um modelo para uma residência familiar, selecionando os equipamentos e estimando a potência diária necessária para ser gerada para garantir o funcionamento de todos os equipamentos seguindo orientações técnicas da ABNT NBR 5410/2004 e a norma da concessionária local, A Cosern. Com o resultado conclui-se que será necessário um total 24 módulos. O custo total da implantação do sistema calculado foi de R\$ 32.767,28, que comparado com valores de simuladores mostrou-se coerente. Por fim, o payback apresentou que são necessários 47 meses para obter o retorno do investimento.

Palavras-chave: Energia Renovável; Módulos Fotovoltaicos ; Geração Distribuída.

ABSTRACT

The sun is the source of energy and is responsible for the origin of most renewable energy sources and even those do not directly use solar radiation have their origin in it. In this scenario, Brazil stands out, especially in the Northeast region, the state of Rio Grande do Norte, which has high availability of solar resources throughout the year. In this sense, housing projects should be focused on finding solutions to avoid or minimize expenses while environmental conditions provide alternatives to the use of electric shower with water heating and reduce energy expenditure on equipment. From the above the objective of this work is to approach to the grid of residences located in the city of Tenente Ananias RN. The methodology used for its accomplishment were bibliography and documentary researches allied to a case study where a model was elaborated for a family residence, selecting the equipments and estimating the daily power a model was elaborated for a to be generated to guarantee the equipments and estimating the daily power needed to be generated to guarantee the functioning of all the equipments following the technical guidelines. ABNT NBR 5410 AND THE LOCAL CONCESSIONAIRE's standard, Cosern. With the result it is concluded that a total of 24 modules will be required. The total cost of implementing the calculated system was R \$ 32.767,28 which compared to simulator values was consistent. Finally the payback showed that it will take 47 months to get the return on investment.

Keywords: Renewable energy, Photovoltaic Modules, Alternative energy sources.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CRESESB	Centro de Referência para Energia Eólica e Solar Sérgio Brito
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
NBR	Norma Brasileira
REN	<i>Renewable Energy Policy Network</i>
RN	Rio Grande do Norte
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 –	Coeficiente de variação da tensão de circuito aberto (β) com a temperatura	30
Equação 2 –	Tensão de circuito aberto (V_{oc})	30
Equação 3	Coeficiente (α) de variação da corrente de curto-circuito com a temperatura da corrente de curto-circuito com a temperatura	31
Equação 4	Coeficiente (γ) de variação da potência máxima (potência de pico) do módulo com a temperatura	31
Equação 5 -	Ponto de máxima potência (P_m)	31
Equação 6 –	Coeficiente de Variação da potência máxima do módulo com a temperatura	31
Equação 7	Cálculo da temperatura de operação de um módulo fotovoltaico (T_{mod})	32
Equação 8	Coeficiente Térmico para os módulos	32
Equação 9	Potência do gerador (P_m)	34
Equação 10	Energia Necessária diariamente	35
Equação 11	Horas de sol pleno	35
Equação 12	Intervalo para a potência máxima DC	35
Equação 13	Número máximo de módulos que é possível ligar em série	36
Equação 14	A tensão de circuito aberto à temperatura de -10%	36
Equação 15	Número mínimo de módulos ligados em série	37
Equação 16	Tensão máxima de módulo à temperatura de 70 °C	37
Equação 17	Número máximo e mínimo de módulos ligados em série	38
Equação 18	Número máximo de fileiras ligadas em paralelo	38
Equação 19	Intensidade da corrente	38
Equação 20	Tempo de payback	39
Equação 21	Rentabilidade	39
Equação 22	Custo Total dos módulos	39
Equação 23	Consumo médio mensal	39
Equação 24	Valor da Economia em reais por ano	40
Equação 25	Número de painéis	50
Equação 26	Corrente nominal do disjuntor	53
Equação 27	Custo total dos painéis	56
Equação 28	Produção média mensal	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das etapas para construção do projeto fotovoltaico	18
Figura 2 - Matriz Energética Brasileira	20
Figura 3 - Esquema de Funcionamento do Aquecedor Solar	22
Figura 4 - Sistema Conectado à Rede	23
Figura 5 - Sistema de Captadores de Energia.....	23
Figura 6 - Esquema de Funcionamento de uma célula fotovoltaica	26
Figura 7- Localização das instalações e obtenção das coordenadas geográficas ...	41
Figura 8 - Energia diária em vários planos de Inclinação	42
Figura 9 - Valor da irradiação obtido no Global Atlas Solar.	43
Figura 10 - Médio das temperaturas diárias anuais.....	48
Figura 11 - Resultado do sistema obtido na plataforma NeoSolar	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potência dos equipamentos.	44
Tabela 2 - Potência de iluminação.	45
Tabela 3 - Características elétricas e térmicas do módulo.	46
Tabela 4 - Inversor Selecionado.....	51
Tabela 5 - Dispositivos de proteção.	55
Tabela 6 - Suporte Painel Selecionado	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. OBJETIVOS.....	16
1.1.1. Objetivo Geral	16
1.1.2. Objetivos Específicos.....	16
1.2. METODOLOGIA	17
 2. REVISÃO TEÓRICA.....	 19
2.1. BREVE HISTÓRICO.....	19
2.2. A MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL	20
2.3. RADIAÇÃO SOLAR.....	24
2.4. A CÉLULA FOTOVOLTAICA.....	24
2.5. O EFEITO FOTOVOLTAICO.....	25
2.6. COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	26
2.7. VANTAGENS DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	28
2.8. CONEXÕES	30
2.9. EFEITO DA TEMPERATURA NO MÓDULO.....	30
2.10. PAYBACK	32
 3. MEMÓRIA DE CÁLCULO.....	 33
3.1. ETAPAS INICIAIS DO PROJETO DO SISTEMA.....	34
3.2. INTERVALO DE POTÊNCIA PARA A ESCOLHA DO INVERSOR.....	35
3.3. NÚMERO MÁXIMO DE MÓDULOS POR FILEIRA	36
3.4. NÚMERO MÍNIMO DE MÓDULOS POR FILEIRA.	36
3.5. NÚMERO DE FILEIRAS EM PARALELO	38
3.6. PAYBACK	38
 4. RESULTADOS.....	 40
4.1. LEVANTAMENTO DO RECURSO SOLAR.....	40
4.2. LEVANTAMENTO DE CARGAS COM BASE NAS NORMAS	43
5.1. CÁLCULO DA TEMPERATURA DO MÓDULO.....	47

5.2. CÁLCULO DA CORREÇÃO DA POTÊNCIA	49
5.3. CÁLCULO DA QUANTIDADE TOTAL DE MÓDULOS.....	49
5.4. CÁLCULO PARA A ESCOLHA DO INVERSOR.....	51
5.5. STRING BOX.....	54
5.6. FIXADORES DA PLACA.....	55
5.7. CÁLCULO DO CUSTO DO SISTEMA (PAYBACK)	56
5.8. ANÁLISE DE RESULTADOS	58
 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
 REFERÊNCIA	60
 APENDICE 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTÁICOS	66
 ANEXO: 1 PLANTA DE LAYOUT DA EDIFICAÇÃO	67
 ANEXO 2 PLANTA DO TELHADO DA EDIFICAÇÃO	69
 ANEXO 3 – PREVISÃO DE CARGA PARA APARELHOS DE USO ESPECÍFICOS DE ACORDO COM A COSERN.....	70
 ANEXO 5 – DATASHEET DO MÓDULO SOLAR CANADIAN.....	72
 ANEXO 6 – DATASHEET DO INVERSOR.....	74
 ANEXO 7 – DATASHEET DO DISJUNTOR.....	76
 ANEXO 8 – DATASHEET DO DPS.....	76
 ANEXO 9 – DATASHEET DO PORTA FUSÍVEL	77

1. INTRODUÇÃO

O Sol é a fonte de energia e responsável pela origem da maioria das fontes de energia renováveis e (LAMARCA JUNIOR, 2012) Diante disso nota-se que o Sol emite uma grande quantidade de energia, sendo considerada uma fonte inesgotável na escala de vida humana, já que estudos afirmam que ainda possui bilhões de ano de vida.

Os gradativos impactos sob o meio ambiente e o aumento na demanda de energia têm estimulado o desenvolvimento e implantação de fontes alternativas de energia renovável, sendo uma delas a Energia Solar Fotovoltaica. Neste cenário, destaca-se no Brasil, especialmente na região Nordeste destaca-se o estado do Rio Grande do Norte que possui elevada disponibilidade de recurso solar durante o ano inteiro.

Segundo Pereira et al. (2009) o aproveitamento da energia solar é vantajoso em todo o território, mesmo nas regiões menos favorecidas pela irradiação solar. Desta forma, Abiko et al. (2010, p.12) sustenta que os projetos habitacionais devem estar focados na busca de soluções para evitar ou minimizar os gastos com condicionamento ambiental, fornece alternativas ao uso do chuveiro elétrico com aquecimento de água e diminuir gastos energéticos com equipamentos.

De acordo com a Resolução Normativa Aneel nº 687/2015 foi definido o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, onde o mesmo possibilita que os consumidores requeiram às concessionárias de distribuição de energia elétrica acesso para programar sistemas de micro geração distribuído.

A partir das oportunidades oferecidas pelo normativo citado anteriormente, são abertas as oportunidades para implantação do sistema em residências. Este trabalho tem como objetivo abordar a partir de um estudo de caso o dimensionamento de um sistema de geração fotovoltaico conectado à rede elétrica de residências populares localizadas na cidade de Tenente Ananias - RN.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Dimensionar um sistema de Geração fotovoltaica conectado à rede elétrica para residências da cidade de Tenente Ananias - RN.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Estimular a utilização de fontes de energia alternativas e renováveis, enfatizando a energia solar fotovoltaica;
- Contribuir para minimizar os gastos energéticos das residências da cidade de Tenente Ananias – RN;
- Dimensionar os elementos do sistema de Geração e elaborar o orçamento do sistema;
- Colaborar na preservação do meio ambiente;

1.2. METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de um estudo de caso, pesquisa documental e pesquisas bibliográficas, tendo abordagem quantitativa.

Os métodos utilizados foram a revisão bibliográfica com base na leitura de artigos, monografias, teses e revistas técnicas encontradas no Google acadêmico e a pesquisa de campo com base na observação e coleta de informações, onde ocorrerá um levantamento de campo para obtenção da localização geográfica da residência e a suas dimensões, posteriormente os dados da área de estudo com o uso do software Autodesk AutoCAD 2018 na versão educacional.

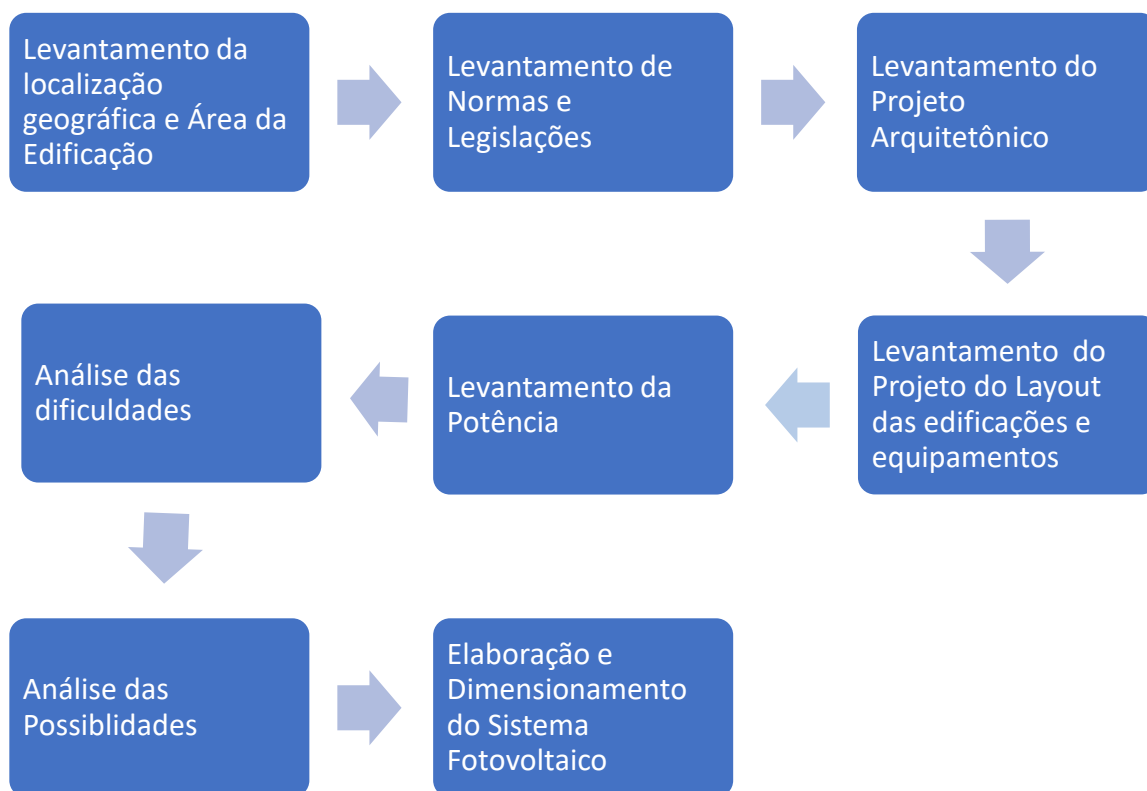
Para subsidiar este trabalho, a análise do contexto e implantação de projetos de sistemas fotovoltaicos em casas residenciais apresenta-se como elemento importante para compreensão e apreensão da dimensão projetual do objeto de estudo.

Esse processo servirá como base para o desenvolvimento algumas etapas até a consolidação final do projeto, a exemplo menciona-se:

- Levantamento da localização geográfica e Área da Edificação
- Levantamento de Normas e Legislações
- Levantamento do Projeto Arquitetônico
- Levantamento do Projeto do Layout das edificações e equipamentos
- Levantamento da Potência
- Análise das dificuldades
- Análise das Possibilidades
- Elaboração e Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Para a realização deste projeto é importante seguir um passo a passo (metodologia), no qual sua elaboração possa ser dividida em fases e etapas, pois nos dá direcionamentos a serem seguidos e com isso nos confere uma maior economia de tempo na confecção da pesquisa, maior organização e por fim, uma elaboração com qualidade e credibilidade. A Figura 6 apresenta sinteticamente cada uma das etapas seguidas até a consolidação do projeto final.

Figura 1 - Fluxograma das etapas para construção do projeto fotovoltaico



Fonte: Autor, 2019.

O levantamento da localização geográfica foi obtido a partir do software Google Earth, onde podemos identificar geograficamente o local da pesquisa e o AutoCAD 2018 na versão educacional para a leitura do projeto de layout e obtenção das áreas de cada cômodo, além da previsão dos equipamentos da edificação. Em relação as normas para o projeto e dimensionamento das instalações elétricas tivemos como base a NBR 5410 e a norma da concessionária local.

Para a elaboração das planilhas no processo de levantamento da potência dos equipamentos e o custo do sistema fotovoltaico durante o desenvolvimento do projeto utilizou-se o software Excel 2017.

Através do Anexo 1 analisa-se a planta baixa da edificação que será o objeto norteador para a previsão da carga instalada da edificação, localizada no município de Tenente Ananias q no Estado do Rio Grande do Norte, a cerca de 411 quilômetros da capital Natal, na mesorregião do Oeste Potiguar. De acordo com dados do IBGE, em 2017 o município apresentava uma área total de 223,671 km², com população estimada em 2018 de 10715 habitantes.

Já no Anexo 2 verificar a planta de cobertura da edificação onde de acordo com o estudo sobre a localização geográfica, a identificação do norte geográfico onde poderá ser instalados os módulos fotovoltaicos.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. BREVE HISTÓRICO

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz (VALLÊRA, 2006).

Mais tarde, em 1877, dois inventores norte-americanos, W. G. Adams e R. E. Day utilizaram as propriedades fotocondutoras do selênio para desenvolver o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição à luz (GREEN, 2005).

Em 1905 Albert Einstein explicou o efeito fotoelétrico, contribuindo para o avanço da história. Em 1954 Calvin Fuller, um químico do Bell Laboratories, desenvolveu o processo de dopagem do silício em barra e seu colega Gerald Pearson mergulhou a barra num banho quente de lítio, obtendo um campo elétrico permanente e verificou que produzia corrente elétrica quando exposto à luz, criando assim a primeira célula solar de silício. A Bell Telephone Laboratories, uma empresa de pesquisa e desenvolvimento para tecnologias revolucionárias, e seus pesquisadores enfrentaram diversas dificuldades, até que Calvin Fuller conseguiu a eficiência recorde na época, de 6%. Em outubro de 1955 houve a primeira aplicação das células solares, em Americus, no estado da Geórgia, para alimentar uma rede telefônica local (BRITO; VALLÊRA; 2006).

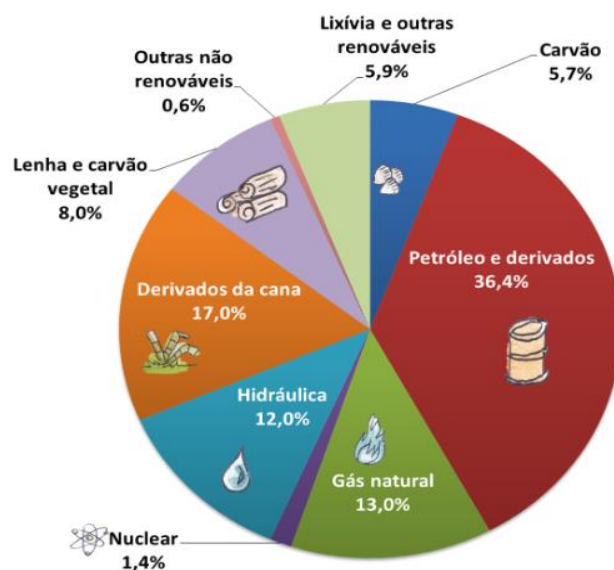
Em estudos, Nascimento (2004) relata que um fator impulsionador para a utilização do efeito fotoelétrico foi à crise do petróleo em 1973, que atraiu a atenção do governo, levando a um súbito investimento em pesquisas que visavam reduzir o custo, já que havia a possibilidade de esgotamento das reservas petrolíferas.

Outro grande incentivo foram a aplicação dos conhecidos telhados solares em países como a Alemanha em 1990 e no Japão em 1993, desencadeando a compra e venda de placas solares (RODRIGUES, 2015).

2.2. A MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL

A matriz energética do Brasil, composta de 39,4 % de energia renovável na demanda total (com uma expressiva participação hidráulica e biomassa), é considerada uma das mais limpas. Os nossos indicadores de emissão de CO₂ são bem menores do que a média mundial (MME, 2015, p.5). A Figura 2 apresenta a matriz energética brasileira.

Figura 2 - Matriz Energética Brasileira



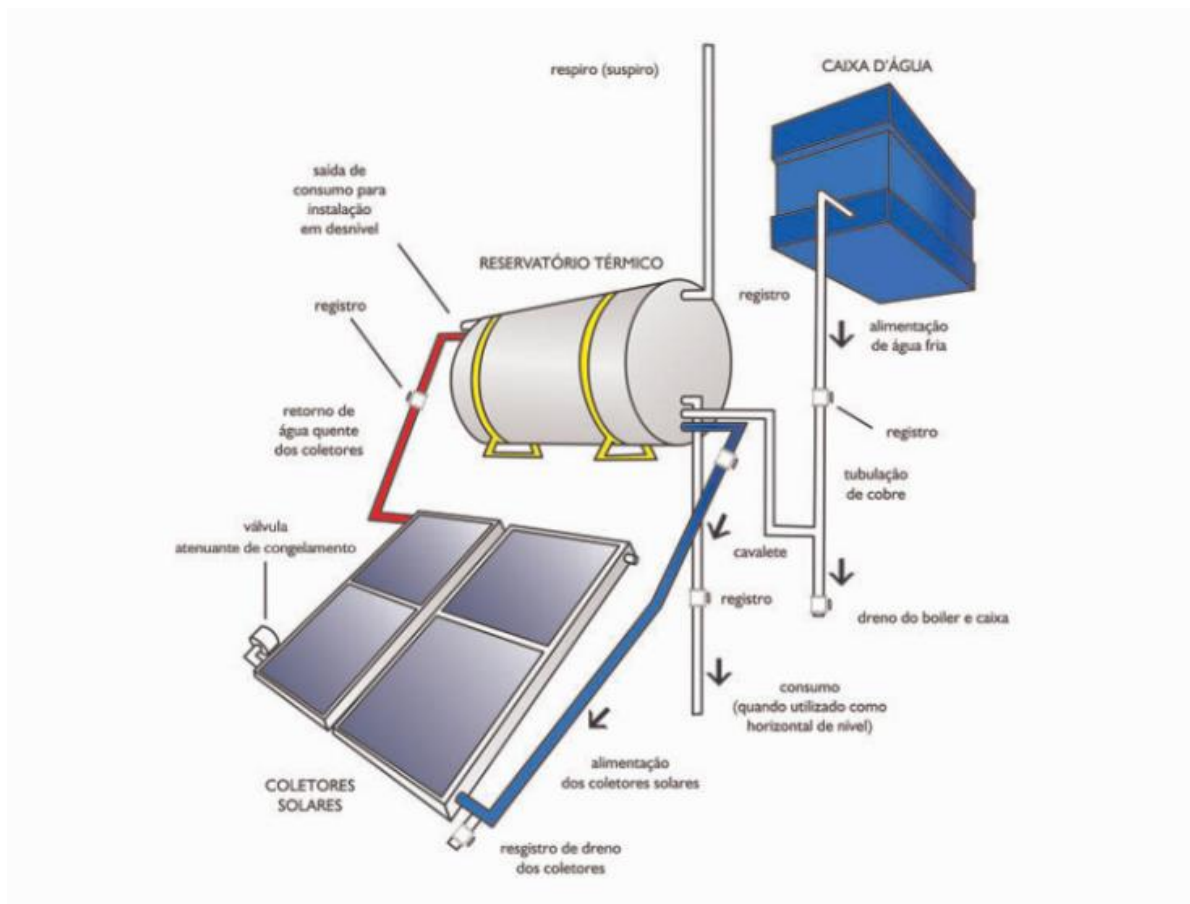
Fonte: EPE, 2017.

Segundo a ANEEL (2002), programas oficiais para expansão das fontes renováveis de energia, focando as fontes hidráulicas e de biomassa, não apresentaram significativo potencial de expansão.

Assim, as pesquisas e aplicações favoreceram o grupo chamado fontes alternativas de energia ou simplesmente outras fontes: energia eólica, solar, marítima, geotérmica, esgoto, lixo, grupo biogás entre outros. Sendo que a fonte fotovoltaica representa 0,9 % da produção total e aproximadamente 4 % da produção de eletricidade por fonte renovável, já as outras fontes alternativas representam 22,8 % de toda a produção de eletricidade no mundo (REN, 2015).

De acordo com a EPE (2015), a energia solar é uma energia abundante, limpa e renovável. Existem três formas de fazer a sua conversão: painéis fotovoltaicos, coletores térmicos e captadores de energia. O Brasil possui um enorme potencial solar devido à intensidade do sol e a sua extensão territorial. A Figura 3 apresenta o funcionamento de um aquecedor solar onde ocorre processo de conversão da Energia Luminosa em Energia Térmica.

Figura 3 - Esquema de Funcionamento do Aquecedor Solar



Fonte: Soletrol, 2019.

Na Figura 4 ilustra um sistema conectado de geração fotovoltaica do tipo conectado à rede elétrica que possui a conversão de energia luminosa em energia elétrica através das placas solares.

Figura 4 - Sistema Conectado à Rede



Fonte: Bluesol, 2017.

Na Figura 5 temos um sistema onde a energia luminosa através de espelhos é direcionada para um ponto fixo que aquecerá um líquido gerando vapor e alimentando uma turbina elétrica a vapor.

Figura 5 - Sistema de Captadores de Energia



Fonte: Portal Solar, 2019.

Em estudos o *Intergovernmental Painel on Cilmate Change* (IPCC) (2014), relata que as tecnologias renováveis podem prover até 80 % das necessidades de energia do planeta até a metade do século 21 e que metade dos investimentos atuais em geração de eletricidade no mundo são voltadas para as fontes renováveis.

2.3. RADIAÇÃO SOLAR

De acordo com Lutgens (2012), o Sol está em média, a uma distância de 150.000.000 km da Terra, embora haja variações durante o ano. As radiações emitidas pelo mesmo atingem a camada externa da atmosfera terrestre com intensidade que depende da distância do Sol a Terra. A intensidade de radiação média, conhecida como “constante solar”, é de 1360 W/m².

Em estudos Lutgens (2012, p. 50) afirma que cerca de 30 % da radiação é refletida de volta ao espaço, sendo que 5% refletida diretamente pela atmosfera, 20 % pelas nuvens e 5 % pelo próprio planeta (efeito albedo). Somados a isso, mais 20 % da radiação é absorvida pelas nuvens e atmosfera, sendo assim, os 50 % restantes, atingem a crosta terrestre e permanecem ali sem serem refletidos.

2.4. A CÉLULA FOTOVOLTAICA

A célula fotovoltaica é a menor unidade de conversão de energia luminosa, proveniente do Sol, em energia elétrica e possui alguns tipos segundo a caracterização quanto ao material semicondutor. Praticamente todas as células fotovoltaicas são fabricadas utilizando o silício (CRESESB, 2006).

As células fotovoltaicas, elemento básico dos sistemas fotovoltaicos, são constituídas por um material semicondutor, geralmente silício (CASTRO, 2002). Nas células ocorre o efeito fotovoltaico, ou seja, a conversão da radiação solar em energia elétrica pela utilização do material componente das células como elemento transformador (CASTRO, 2002).

Existem três tecnologias aplicadas para a produção de células FV, classificadas em três gerações de acordo com seu material e suas características. A primeira geração é composta por silício cristalino (c-Si), que se subdivide em silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), representando 85% do mercado, por ser uma tecnologia de melhor eficiência, consolidação e confiança. Já a segunda geração, também chamada de filmes finos, é dividida em três cadeias: silício amorfo

(a-Si), disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). (CEPEL & CRESESB, 2004).

Segundo dados de 2007 divulgados pelo CETEM, as células de silício monocristalino apresentam maior eficiência de conversão fotovoltaica, em torno de 12- 15 %, sendo que o valor máximo encontrado encontrar células no mercado com eficiência de até 22,7 %. As células de silício policristalino têm entre 11 e 14 % de eficiência, enquanto as de silício amorfo têm entre 6 e 7 % (MORI et al, 2007).

Segundo Severino e Oliveira (2010), o efeito fotovoltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor. Complementando esta informação, Nascimento (2014, p.14) afirma que “Uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela”. Este fenômeno é denominado “Efeito Fotovoltaico”.

2.5. O EFEITO FOTOVOLTAICO

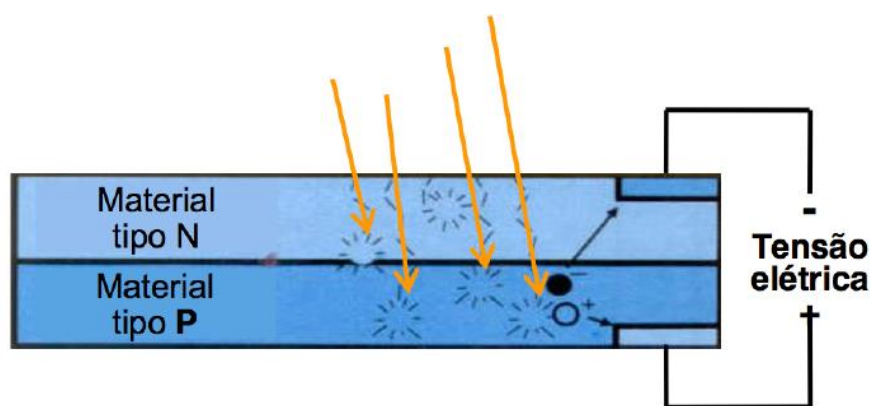
A possibilidade de gerar energia elétrica através do sol chama-se efeito fotovoltaico. Esse fenômeno ocorre quando a luz, ou a radiação eletromagnética do sol, incide sobre uma célula composta de materiais semicondutores com propriedades específicas (VILLALVA, 2015).

Observa-se que o Efeito fotovoltaico é um fenômeno interno ao material e é descrito para semicondutores. Além disso, é necessário entender o funcionamento de dopagem de materiais como o silício, elemento da família 4A (elementos que tem quatro elétrons na última camada), com elementos da família 5A (elementos que tem cinco elétrons na última camada) e 3A (elementos que tem três elétrons na última camada) da tabela periódica (SOUZA, 2016, p. 47).

De acordo com D' avila (2017), ocorre a dopagem do semicondutor do tipo P e do tipo N, no processo de formação da célula fotovoltaica ocorre a união dos dois tipos de semicondutores onde acontecerá a migração dos elétrons livres do semicondutor tipo N para o semicondutor tipo P, para o preenchimento das regiões onde tem falta

de elétron, a partir da formação de um campo elétrico, porém essa migração cessa, pois, forma-se um campo elétrico na área de junção que impede que os elétrons continuem fluindo. Assim quando há a incidência de luz sobre o painel fotovoltaico, os fótons chocam-se com os elétrons da estrutura do semiconductor energizando-os, porém, os mesmos não conseguem fluir entre as camadas N e P. Por este motivo ligamos a camada negativa e a positiva por meio de um condutor externo, facilitando a passagem dos elétrons, gerando uma corrente e tensão elétrica enquanto houver incidência de luz. A Figura 5 apresenta a produção de corrente elétrica na junção do material tipo N e tipo P no momento do contato com a fonte luminosa

Figura 6 - Esquema de Funcionamento de uma célula fotovoltaica



Fonte: Adaptado de D'Avila,2017.

2.6. COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Kannan e Vakeesan (2016) mencionam que os sistemas fotovoltaicos consistem de muitos componentes, como células, módulos e matrizes para a geração de energia elétrica. Além disso, vários meios de regulação, dispositivos eletrônicos, ligações elétricas e dispositivos mecânicos são utilizados para melhorar a eficiência operacional.

Segundo Ricardo (2005) a célula fotovoltaica constitui o elemento unitário do processo de conversão de energia solar em energia elétrica. Ela é formada por material semicondutor e realiza a conversão através do efeito fotoelétrico.

Segundo Pinho e Galdino (2014) O módulo fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente suficientes para a utilização prática da energia, ao mesmo tempo em que se promove a proteção das células.

A NBR 10899 (2013), relata que o módulo fotovoltaico se trata de uma unidade básica de um sistema fotovoltaico, sendo formado por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar energia elétrica

Segundo Varella (2009) o inversor é o dispositivo eletrônico que converte a energia elétrica de corrente contínua (12 V) para corrente alternada (110/220 V), de forma a permitir a utilização de eletrodomésticos convencionais. Os cabos e periféricos são os responsáveis por transmitir a energia, conectar os componentes que fazem parte do sistema e fornecer sustentação física aos módulos.

Para Besso (2017) os inversores são equipamentos eletrônicos utilizados para converter a Corrente Contínua (CC) em Corrente Alternada (CA). O fluxo de elétrons na corrente contínua se movimenta de maneira uniforme. Já na corrente alternada, o fluxo de elétrons troca de sentido várias vezes por segundo, exibindo perfil senoidal. Os inversores são construídos com auxílio de dispositivos semicondutores de potência, que compõem chaves eletrônicas controláveis. Uma chave ideal possui as seguintes características: bloqueia elevadas tensões; conduz elevadas correntes, com mínima queda de tensão (baixa resistência); muda instantaneamente do estado de condução para bloqueio ou vice-versa; e requer baixa potência para o sinal de controle.

Segundo Pinho e Galdino (2014) o número de células conectadas em um módulo e seu arranjo, que pode ser série e/ou paralelo, depende da tensão de utilização e da corrente elétrica desejada. É importante ter cuidado com a seleção de células e serem reunidas no momento da fabricação do módulo, devido a suas características elétricas. A incompatibilidade destas características leva a módulos de

baixa qualidade, devido ao efeito mismatch (descasamento), pelo qual as células de menor fotocorrente limitam o desempenho do conjunto e, em consequência, a eficiência global do módulo fotovoltaico é reduzida.

2.7. VANTAGENS DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

A Energia Solar apresenta inúmeras vantagens, entre os benefícios podemos citar: é uma energia limpa, não polui, não consome combustível, a instalação é simples e sua manutenção mínima, a vida útil dos painéis é comprovadamente de 25 anos, permite a autossuficiência energética (CUORE, 2009).

Conforme Absolar (2016) No momento que se opta por uma fonte solar várias bem feitorias são recebidas, temos do ponto de vista ambiental a diminuição do uso de água no processo de geração de energia elétrica, redução da emissão de gases do efeito estufa e materiais particulados e colaboração na arrecadação além do aumento de investimentos. Do ponto de vista elétrico terá-se mais segurança no processo de fornecimento, redução de perdas e alívio de transformadores e alimentadores.

Em estudos a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2015) nos diz que devido à redução nos custos e programas de incentivos da última década, houve crescimento dos sistemas conectados à rede, que passaram a representar aproximadamente 99 % da potência acumulada total em 2012. Grande parte dessa geração é descentralizada. Ou seja, existe enorme possibilidade de aplicação para atendimento domiciliar, mostrando-se a principal alternativa para a geração de eletricidade para autoconsumo, no horizonte de 2050.

Para a Elecktsolar (2018) apesar de ser considerada um tipo de energia dependente de alto investimento, os sistemas fotovoltaicos são capazes de gerar uma economia considerável por mês, além de possuir baixo custo de manutenção, não gerar ruídos e resíduos, serem autossuficientes e renovável, com a recuperação do investimento entre 4 e 8 anos, dependendo do valor da tarifa paga por kWh e da quantidade de radiação solar do local de instalação.

Nesse sentido, a eficiência energética consiste em reduzir perdas e eliminar desperdícios, o que é, atualmente, uma questão crucial para a humanidade, pois as atuais fontes de energia disponíveis são insustentáveis para os padrões de uso atuais, de forma que a eficiência energética crescente, pautada em fontes energéticas ditas renováveis, pode contribuir com a mitigação dos efeitos decorrentes do uso “compulsivo” e “despreocupado” historicamente empregado ao uso da energia pela sociedade desde o início da era industrial (GELLER, 2003, p.299; GARCIA, 2008, p.186).

Segundo o site da Bluesol (2018) O processo de montagem do sistema fotovoltaico acontece de forma simples. Onde na maioria dos casos as estruturas da edificação como o madeiramento e alvenaria são empregadas para a fixação das placas solares e do inversor sendo que as vezes é necessário realiza apenas algumas adaptações como a fixação de eletrodutos e quadros elétricos. Na parte do funcionamento o sistema também acontece de forma simples após o processo de averiguação dos componentes onde o inversor é ligado configurado e já irá começar a gerar energia elétrica.

Apesar de ser considerada um tipo de energia dependente de alto investimento, os sistemas fotovoltaicos são capazes de gerar uma economia considerável por mês, além de possuir baixo custo de manutenção, não gerar ruídos e resíduos, serem autossuficientes e renovável, com a recuperação do investimento entre 4 e 8 anos, dependendo do valor da tarifa paga por kWh e da quantidade de radiação solar do local de instalação (ELECKTSOLAR, 2018).

De acordo com Abiko (2010) Deve se dar prioridade a o uso de energias renováveis na matriz energética fazer mais geração com menos gasto além de gerar mais empregos e riquezas para as nações empresas e a sociedade. Diminuir os atos do homem no planeta impedindo a ocorrência de danos maiores ao planeta e a sociedade.

Portanto, espera-se que as famílias que passem a utilizar energia solar obtenham ganho líquido de renda. Este ganho afetaria direta e indiretamente seu padrão de consumo. O aumento da oferta de energia por fontes renováveis é ainda benéfico ao promover segurança e diversidade da matriz elétrica, além dos ganhos

ambientais, principalmente em relação à redução das emissões de gases de efeito estufa provenientes da geração de eletricidade por fontes poluentes (CARVALHO, 2017).

2.8. CONEXÕES

D' Ávila et al (2017) verifica-se que as conexões entre módulos fotovoltaicos são interligadas em paralelo ou em série, como ocorre nos demais equipamentos elétricos. Por isso, é de suma importância o correto arranjo dos módulos, para que o valor da tensão de entrada do inversor seja atingido. Um ponto importante é a escolha do inversor tendo em vista que irá determinar a tensão de entrada e as demais conexões, sendo que cada um dos tipos citados anteriormente possui vantagens e desvantagens.

As conexões em paralelo possuem a vantagem de evitar o problema do sombreamento uma vez que a sombra que incide em um módulo afeta na geração apenas do mesmo, porém faz-se necessário um maior diâmetro dos cabos. Já as conexões em série são melhores do dimensionamento dos cabos e possuem a desvantagem do sombreamento.

2.9. EFEITO DA TEMPERATURA NO MÓDULO

Segundo Pinho e Galdino (2014) para a obtenção do efeito na temperatura serão necessários resolver os seguintes procedimentos:

- Coeficiente (β) de variação da tensão de circuito aberto com a temperatura

$$\beta = \frac{\Delta V_{oc}}{\Delta T} \quad (1)$$

Onde:

$$V_{oc}(T) = V_{oc(stc)} \cdot (1 + \beta \cdot (T + 25)) \quad (2)$$

- Coeficiente (α) de variação da corrente de curto-circuito aberto com a temperatura

$$\alpha = \frac{I_{sc}}{\Delta T} \quad (3)$$

•

- Coeficiente (γ) de variação da potência máxima (potência de pico) do módulo com a temperatura:

$$\gamma = \frac{\Delta P_{mp}}{\Delta T} \quad (4)$$

•

Para a definição do ponto de máxima potência (P_{mp}) é descrita a expressão abaixo, objetivando sua variação com a temperatura, a partir das variações de (I_{mp}) e (V_{mp}). Portanto o coeficiente de temperatura (α) para (I_{sc}) e para (I_{mp}) são iguais, e que o coeficiente de temperatura do (V_{mp}) é (β_{vmp}). Logo :

$$\begin{aligned} P_{mp(T)} &= V_{mp(T)} \cdot I_{mp(T)} \\ &= V_{mpstc} \cdot (1 + \beta_{vmp} \cdot \Delta T) \cdot I_{mpstc} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \end{aligned}$$

$$P_{mp(T)} = V_{mpstc} \cdot I_{mpstc} (1 + (\alpha + \beta_{vmp}) \cdot \Delta T) \quad (5)$$

Já o coeficiente de variação da potência máxima do módulo com a temperatura, será:

$$\gamma = \alpha + \beta_{vmp} \quad (6)$$

A Equação 7 será usada para simplificar a o cálculo da temperatura de operação de um módulo fotovoltaico em condições ambientais, sendo bastante usual na literatura:

(7)

$$T_{mod} = T_{amb} + K_t \cdot G$$

Onde:

T_{mod} → temperatura do módulo, em (°C)

T_{amb} → temperatura ambiente, em (°C)

G → irradiância incidente sobre o módulo, em (W/m²)

K_t → irradiância incidente sobre o módulo, em coeficiente térmico para o módulo, em (°C/W.m²)

Segundo Pinho e Galdinho (2014) quando as condições padrão de ensaio (STC) não representam as características reais, as normas definem uma temperatura nominal para a operação das células nos módulos, nas quais, as características elétricas podem se aproximar do que se tem na realidade. Cada módulo apresenta uma temperatura nominal para suas células, sendo essa temperatura obtida a partir de quando o módulo é exposto a uma irradiação de 800 W/m² em um ambiente com temperatura do ar de 20° C e com a ação do vento no valor de 1 m/s. Logo tem-se a Equação 8:

$$K_t = \frac{N_{oct} - 20}{800} \quad (8)$$

Em que:

N_{oct} → temperatura nominal de operação da célula

2.10. PAYBACK

Payback é definido por Gitman (2002) como o período de tempo necessário para recuperar o capital investido, ou seja, é o período de tempo necessário para que os lucros de um investimento consigam cobrir o capital empregado.

Logo, será importante fazer essa análise para sabermos o emprego do sistema fotovoltaico e a sua rentabilidade para as famílias que desejarem empregá-lo. Desse modo, o software Excel terá importante utilização para efetuar o cálculo do Payback e assim podermos verificar a viabilidade do emprego.

Kuhner e Bauer (1996) afirmam que a melhor alternativa de investimento é aquela que apresenta o menor período de retorno do investimento. Por conseguinte, torna-se indispensável apurar o tempo para que um investimento cubra os gastos iniciais, isto é, o tempo de recuperação do que foi empregado e apenas depois que o valor dos lucros se nivelarem ao inicial e assim é que se pode saber se a iniciativa surtiu efeito.

Portanto, *Payback* é o tempo andado entre o investimento inicial e o período no qual o lucro líquido concentrado se coincide ao valor desse investimento, assim quanto menor for o tempo de recuperação, igualmente sugestivo se torna o empreendimento.

Silva (2019), nos diz que o período de retorno apresentado no seu trabalho foi de aproximadamente entre 7 a 8 anos, o que se apresenta bem próximo do obtido nesta pesquisa. Já Costa et al., (2018) relatam que para este projeto estima-se que o retorno do custo com a implantação gira em torno de 6 anos, tendo em vista que o tempo de vida útil de um sistema residencial fotovoltaico gira em torno de 25 anos.

D' Avila; Ribeiro; Seike (2017) relatam que, mesmo considerando-se uma tarifa fixa durante 30 anos (o que é praticamente impossível de ocorrer) é muito considerável. Levando em consideração o aumento da tarifa anualmente essa economia é ainda mais visível e impactante.

3. MEMÓRIA DE CÁLCULO

Uma atividade de suma importância para tornar mais fácil a análise do dimensionamento relativo as especificações do sistema e também auxiliar o cálculo é elaborar uma ficha de registros de dados. Nesta ficha podemos colocar as variáveis de orientação, inclinação, área disponível e acessibilidade aos materiais nacionais.

Dessa forma tem-se no momento do dimensionamento as suas características explicadas de forma mais planejada.

Desse modo a seguir serão apresentados todos os passos e cálculos necessários para a elaboração do projeto do sistema solar.

3.1. ETAPAS INICIAIS DO PROJETO DO SISTEMA

Pinho e Galdino (2014) que para o dimensionamento do sistema gerador (módulo fotovoltaico) calcular a potência do sistema gerador P_m (ou potência máxima (nominal) do gerador), nesse sentido, Pinho e Galdino (2014) definem na Equação 9 como:

$$P_m = \frac{L}{HSP \cdot Red_1 \cdot Red_2} \quad (9)$$

$L \rightarrow$ Quantidade de energia consumida diária mente mês (h/dia)

$HSP \rightarrow$ Horas de sol pleno no plano do painel fotovoltaico no mês em (h/dia)

$Red_1 \rightarrow$ fator de redução da potência dos módulos fotovoltaicos em (%)

$Red_2 \rightarrow$ fator de redução da potência devido as perdas no sistema em (%)

Desse modo vemos que a equação da potência do gerador apresenta algumas variáveis até então desconhecidas, nesse sentido, Pinho e Galdino (2014) as definem como: a primeira delas refere-se a energia ativa necessária diariamente (L) que leva em conta o tipo de carga do sistema de corrente alternada e em corrente contínua e, bem como, nos sistemas que utilizam armazenamento a sua eficiência. Nesse sentido, define-se a energia ativa necessária como:

$$L = \frac{L_{cc}}{n_{bat}} + \frac{L_{ca}}{n_{inv}} \quad (10)$$

Onde:

Em seguida a variável HSP que se tratar do número de horas em que a irradiância solar deve permanecer constante e igual a 1 kW/m² (ou 1000 W/m²) de maneira que a energia gerada seja de efeitos de caçulos equivalente à energia disponibilizado pelo Sol no lugar que instala-se o sistema solar. Por isso , a HSP é um fator que necessita da localização geográfica do sistema, e nesse caso , a variável pela Equação 3

$$HSP = \frac{E}{G} \quad (11)$$

Onde:

$E \rightarrow$ Energia de Irradiação global incidente (Wh/m^2)

$G \rightarrow$ Radiação Solar em Condições de Referência

3.2. INTERVALO DE POTÊNCIA PARA A ESCOLHA DO INVERSOR

Segundo Carneiro (2009) para o cálculo da potência do inversor existe um intervalo de potência que dependem da potência máxima (nominal) do gerador. Nesse sentido, é definido a potência máxima DC do inversor para o seguinte intervalo a partir da Equação 12.

$$0,7 \cdot P_{fv} < P_{max}^{inv} < 1,2 \cdot P_{fv} \quad (12)$$

Trata-se como um dos pontos mais importantes no dimensionamento de um sistema esta etapa.

3.3. NÚMERO MÁXIMO DE MÓDULOS POR FILEIRA

Outra importante etapa no dimensionamento do sistema está no valor da tensão de trabalho que o inversor exerce. De acordo com Carneiro (2009), ela resulta do somatório das tensões individuais dos módulos que estão ligados em série numa fileira e, devem seguir um critério para o número máximo de módulos que podem ser conectados em série no arranjo escolhido.

Leva-se em consideração que a potência máxima de um gerador fotovoltaico varia com as condições ambientais, designadamente com a temperatura e radiação solar (PINHO; GALDINO, 2014).

Portanto, o número máximo de módulos que é possível ligar em série, N_s é adquirido conforme a equação descrita por Carneiro (2009), representada a Equação 13 :

$$N_s \leq \frac{V_{max}^{inv}}{V_{ca(módulo a - 10^\circ C)}} \quad (13)$$

$$V_{ca(módulo a - 10^\circ C)} = \left(1 - \frac{35^\circ C \Delta V_{(\% / ^\circ C)}}{100} \right) \cdot V_{ca(stc)} \quad (14)$$

3.4. NÚMERO MÍNIMO DE MÓDULOS POR FILEIRA.

De forma equivalente ao que foi mostrado antes, há um método que faz com que possamos determinar o número mínimo de módulos ligados em série.

Assim, o número mínimo, distinto do que foi exibido no número máximo de módulos ligados em série, é proporcionado para ocasião correspondente a um valor de temperatura máxima de 70 °C. Portanto, pretende-se garantir que a tensão instalada nos módulos não seja inferior a tensão mínima do inversor, V_{mininv} , pois vemos que o aumento na temperatura leva a descida na tensão.

Por este motivo, Carneiro (2009) nos diz que o número mínimo de módulos ligados em série, N_{smin} é representado pela Equação 15 :

$$N_s \leq \frac{V_{min}^{inv}}{V_{ca(módulo a 70\text{ }^{\circ}\text{C})}} \quad (15)$$

Onde:

V_{min}^{inv} apresenta a tensão mínima DC no inversor, depende das especificações do inversor escolhido (apresentados no seu quadro de especificações), e V_{max}^{inv} (*módulo a 70°C*) representa a tensão máxima do módulo à temperatura de 70°C, calculado seguindo a Equação 16:

$$V_{ca(módulo a 70\text{ }^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{35^{\circ}\text{C} \Delta V_{(\%/^{\circ}\text{C})}}{100} \right) \cdot V_{ca(stc)} \quad (16)$$

De maneira análoga, os fabricantes nos proveem dados referentes ao coeficiente $dV_{ca}/dT = \Delta V$, expresso em ($\%^{\circ}\text{C}$) ou em ($mV/^{\circ}\text{C}$). Utilizamos a fórmula que apresenta ΔV em função de ($\%^{\circ}\text{C}$) por ser apresentado com mais frequência na literatura.

Nessa temática, como foram representamos os cálculos para o número máximo e mínimo de módulos ligados em série, representamos desta forma um intervalo. Sendo que no dimensionamento do sistema precisaremos corresponder a quantidade de módulos que estão dentro desta faixa tem-se a Equação 17.

$$\frac{V_{min}^{inv}}{V_{max}(módulo a 70^{\circ}C)} < N_{módulos(série)} \leq \frac{V_{max}^{inv}}{V_{ca}(módulo a -10^{\circ})} \quad (17)$$

3.5. NÚMERO DE FILEIRAS EM PARALELO

Outro importante ponto é ficar atento para o fato de que no arranjo fotovoltaico possuir ligação em paralelo dessas fileiras. A partir disso, Carneiro (2009) nos mostra que para o cálculo do número máximo de fileiras ligadas em paralelo é:

$$N_p < \frac{I_{fv}}{I_{max}} \quad (18)$$

A Equação 19 apresenta variáveis desconhecidas sendo que a primeira delas I_{fv} é a intensidade de corrente que o sistema solar terá que resultar (corrente de entrada do inversor). Pode-se representar por:

$$I_{fv} = \frac{P_{max}^{inv}}{V_{inv}} \quad (19)$$

Onde:

P_{maxinv} é a potência máxima DC do inversor, fornecida no datasheet do inversor. Já a corrente que atravessa cada fileira de módulos I_{max} é tida como igual à corrente máxima de um módulo.

3.6. PAYBACK

O payback menciona-se como sendo o tempo necessário para que o custo de projeto e instalação dos sistemas solares se paguem e deste modo comecem a gerar lucros para o proprietário. A Equação 20 determina o tempo de payback:

$$Payback_{(meses)} = \frac{Investimento_{(RS)}}{EnergiaGerada_{(kWh/mês)} \cdot Valordatarifa_{(RS)}} \quad (20)$$

Conforme Pinho e Galdinho (2014) Outra forma de entender o benefício obtido pela aquisição de um sistema de energia fotovoltaica é através do cálculo da taxa de retorno sobre investimento, que é chamado pela literatura técnica de rentabilidade. Para isso, é necessário calcular qual a taxa de retorno anual associado ao investimento em um sistema de geração solar e a partir disso, basta verificarmos qual a proporção entre a economia alcançada anualmente através do sistema e o investimento realizado. A equação 21 nos evidencia como calcular a rentabilidade do sistema:

$$Rentabilidade = \frac{Economia_{(RS/ano)}}{Investimento} \quad (21)$$

Desta forma, o custo total simplificado do sistema fotovoltaico dimensionado nesta pesquisa através da Equação 22 foi :

$$CT = CT_{painéis} + CT_{inversor} + CT_{string} + CT_{acessórios} \quad (22)$$

. O denominador que corresponde a energia gerada pelo sistema, porém, na literatura técnica encontramos expressões relacionadas a energia consumida dos equipamentos do sistema e é determinada de acordo com a Equação 23 descrita por Pinho e Galdino (2014):

$$C_m = \frac{P_e \cdot N_d \cdot D_m}{1000} \quad (23)$$

Em que:

$C_m \rightarrow$ consumo médio mensal, em $(kWh/mês)$

$P_e \rightarrow$ potência nominal do equipamento, em (W)

$N_d \rightarrow$ número médio de horas diárias de utilização do equipamento, em (h/dia)

$D_m \rightarrow$ número médio de dias de utilização do equipamento, por mês em $(dias/mês)$

Obtém-se a economia do sistema segundo Pinho e Galdinho (2014) a partir da Equação 24 :

$$Economia (R\$/ano) = P_m \cdot Valor da tarifa \cdot QT_{meses} \quad (24)$$

4. RESULTADOS

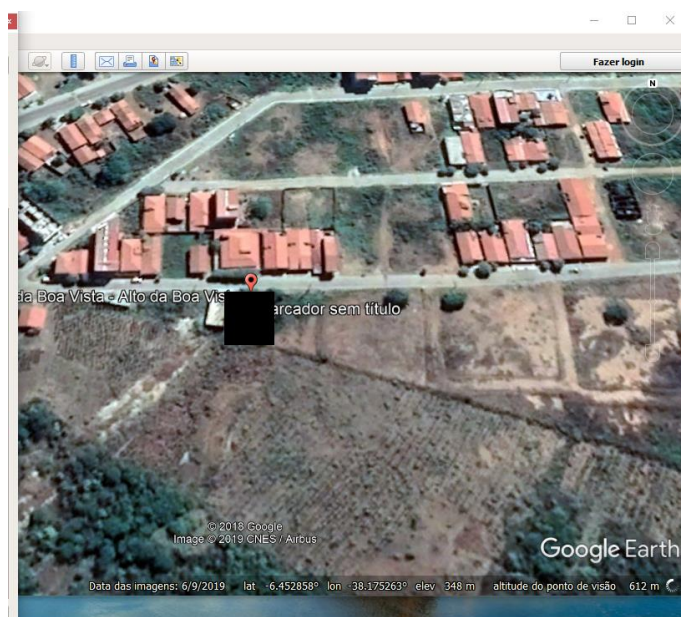
4.1. LEVANTAMENTO DO RECURSO SOLAR

O primeiro a passo a ser realizado é a obtenção do recurso solar do local onde o projeto irá ser instalado. Para isso é necessária a utilização de com os equipamentos de medição específicos, que são: piranometro, pireliometro, actínógrafo, heliógrafo. Porém, devido a indisponibilidade também pela praticidade, existem bancos de dados que fornecem tal informação, o chamado SunData, mantido pela CRESESB (Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito), como também de institutos especializados.

Inicialmente a obtenção dos dados, serão definidos os locais para a instalação dos módulos que se constituirão em telhados de edificação, que possuem uma área de 104 m^2 , sendo compostos de fibrocimento e com uma inclinação de 5% o que resulta em uma inclinação aproximada de $2,86^\circ$.

A Figura 7 apresenta o local exato das instalações dos módulos e com o auxílio do Google Earth foram coletadas as coordenadas geográficas, no caso a longitude e a latitude da instalação.

Figura 7- Localização das instalações e obtenção das coordenadas geográficas



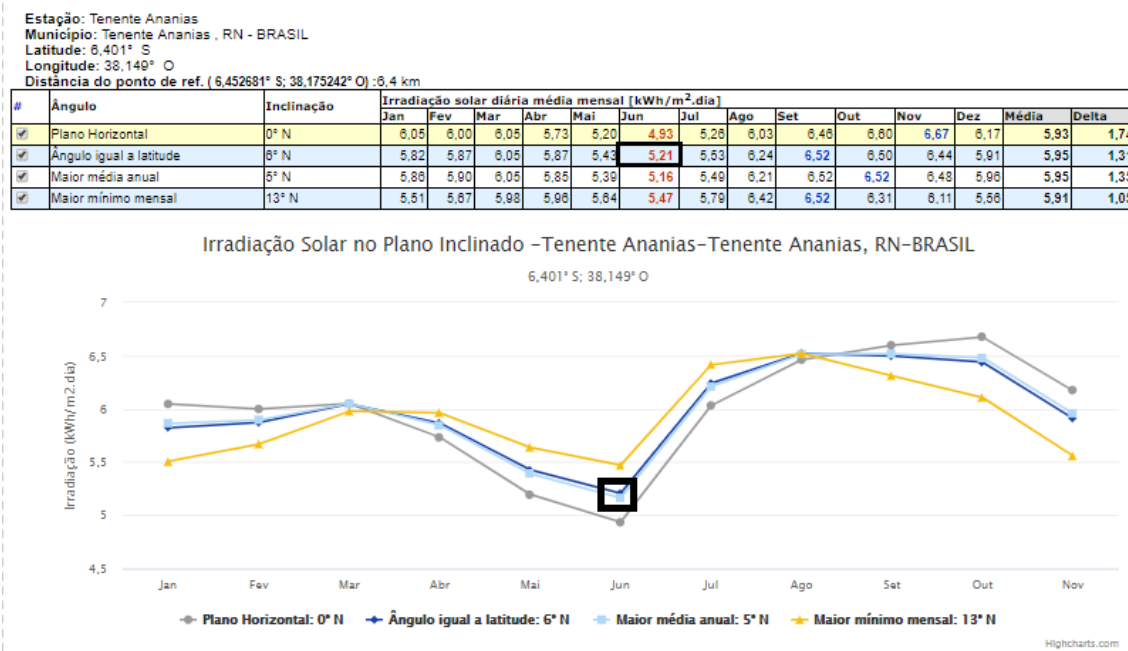
Fonte: Adaptado Google Earth, 2019.

Deste modo, vimos que os dados fornecidos para a latitude foi de $4,45^{\circ}26'81''$ e a longitude de $38,17^{\circ}52'42''$. Salientando que esses dados serão usados para a obtenção dos valores de irradiação junto às plataformas SunData e o Atlas Brasileiro de Energia Solar.

Para a definição de obtenção da plataforma, é preciso verificar o ângulo de inclinação no qual o sistema será instalado, como as placas fotovoltaicas serão instaladas no telhado que usar a inclinação do mesmo. O ângulo de inclinação ideal seria o mesmo da latitude.

Como já mencionado, o projeto será realizado no telhado da edificação com o uso de suportes para telhado de fibrocimento e com a angulação de $2,86^{\circ}$. Logo, através da plataforma Cresesb obter os valores de irradiação, de acordo com a Figura 8 abaixo.

Figura 8 - Energia diária em vários planos de Inclinação

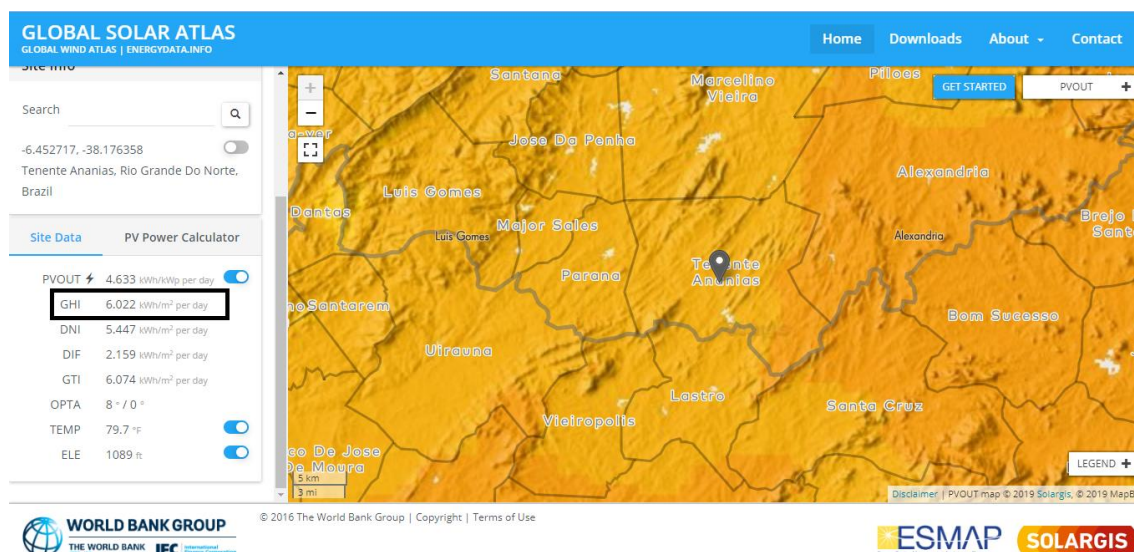


Fonte: Aplicativo SunData, Cresesb ,2019.

Verificando os dados obtidos, o valor de irradiação será de 5,21 kWh/m².dia.

Os valores encontrados a partir da plataforma Global Solar Atlas da SWERA (Avaliação de Recursos de Energia Solar e Eólica) foram obtidos com base nas coordenadas do local, apresentadas na Figura 7 sendo evidenciado que o valor é fornecido de maneira direta para o pior caso no decorrer do ano. A Figura 9 informa os dados obtidos na plataforma.

Figura 9 - Valor da irradiação obtido no Global Atlas Solar.



Fonte: Global Atlas Solar, SWERA, 2019.

Verificando os dados obtidos, o valor de irradiação será de 6,02 kWh/m².dia de maneira geral, os dados disponibilizados pelas plataformas serão representados no decorrer de cada mês do ano, podendo-se observar que as irradiações sofrem variações e isso se deve as mudanças nas estações do ano.

4.2. LEVANTAMENTO DE CARGAS COM BASE NAS NORMAS

Com isso, o próximo passo do dimensionamento é o levantamento da potência e com base no projeto arquitetônico da edificação foi feito uma estimativa do consumo diário. A figura abaixo mostra a planta baixa do projeto arquitetônico que está no Apêndice 1.

Para o levantamento das cargas da edificação residencial serão divididas em duas cargas distintas: a primeira proposta na planta de layout e dos equipamentos utilizados com as finalidades do meio e o segundo será o levantamento da potência de iluminação residencial.

Assim, a primeira parte do cálculo, baseia-se na elaboração de uma lista que abrange todos os equipamentos e suas correspondentes potências e na sequência a previsão de uso de horas/dia para cada um deles de então o cálculo de potência diária para o gerador fotovoltaico. Adotaremos como base para os equipamentos

parâmetros contidos na NBR 5410/2004 e na norma SM04.13-00.01 da concessionária local e ainda uma tabela fornecida pela concessionária que nos proporciona a potência de equipamentos de uso específico e que está no Anexo 3 desta pesquisa.

Menciona-se o uso de batedeira de bolo, exaustor para fogão, ferro elétrico, secador de cabelo, sanduicheira, televisão acima de 30 polegadas, ar condicionados de 9000 e 10000 btus, máquina de lavar roupas, geladeira comum e cafeteira elétrica pequena. A Tabela 1 apresenta os equipamentos, a potência e a quantidade de uso diário e o consumo de watts/hora.

Tabela 1 - Potência dos equipamentos.

NOME	POT(W)	Hv(h)	E(Wh)
Ferro Elétrico	550	0,25	137,5
Fogão Comum C/Acendiment	90	0,5	45
Televisor acima de 30 pol	800	3	2400
Arcondicionadode 9000BTU	2000	6	12000
Arcondicionadode 10000BTU	1200	6	7200
Maq. de lavar roupa	500	0,25	125
Geladeira Comum 253L	155	7	1085
Cafeteria Elétrica Pequena	500	0,25	125
Motor de portão	200	0,25	50
Total	23167,5		

Fonte: Autor, 2019.

Posteriormente será realizada a previsão da potência de iluminação, que estipula o valor da potência em função da área e assim prever pelo menos um ponto de iluminação no teto de cada local da edificação. Para que isso aconteça faremos o levantamento das cargas do ambiente, onde terá uma carga de iluminação de 100 VA para cômodos da área inferior a 6 m² e para os locais da área maior será adicionado uma carga de 60 VA para cada acréscimo de 4 m² inteiros.

Desta maneira, pode-se observar através da Tabela 2 os valores para a potência de iluminação para cada ambiente.

Tabela 2 - Potência de iluminação.

Dependência	Dimensões		Potência		
	Área (m ²)	Perímetro (m)	iluminação (VA)	Hv(h)	E(Wh)
Sala	14,04	15	220	4	880
A. Serviço	3,14	7,1	100	1	100
Cozinha	14,25	15,07	220	4	880
Dormitório 1	11,03	13,44	160	6	960
Dormitório 2	10,26	12,9	160	6	960
Suíte	16,48	16,25	220	6	1320
BWC Social	5,11	9,7	100	1	100
Muro	24,36	22,37	340	4	1360
Hall	3,79	8,9	100	1	100
Garagem	27,5	25,1	340	1	340
BWC Suíte	3,99	8,5	100	1	100
A. Externa			200	4	800
Total Iluminação Wh		7900			

Fonte: Autor, 2019.

A partir dos valores da potência de iluminação e dos equipamentos, o valor de 31.067 Wh/dia para suprir a demanda energética da residência e através da norma da concessionária local SM04.13-00.01 pode-se classificar o tipo de ligação como trifásica.

4.3. SELEÇÃO DE MÓDULOS

A próxima etapa é a seleção de módulos fotovoltaicos que serão utilizados, pois sabemos que a escolha de módulos se constitui em um dos passos mais importantes para que ocorra o dimensionamento do sistema. Diante disso, a seleção do módulo a ser usado é efetuada em função do tipo de material que constitui as placas fotovoltaicas, que podem ser de silício monocristalino (m-Si), policristalino (p-Si) ou de filme fino. Os módulos compostos por silício mono e policristalino.

Segundo Pinho e Galdino (2014) representam cerca de 90 % do mercado mundial, em virtude, de ser considerada uma tecnologia confiável e consolidadas, além de representarem as melhores eficiências do mercado.

Nesse sentido podemos encontrar dois tipos de materiais para as placas fotovoltaicas que pode ser: o silício monocristalino, que na sua fabricação devido a sua pureza confere alta confiabilidade e alta eficiência, apresentando sérias barreiras para a redução de custos, mesmo em grande escala de produção e o silício policristalino que são células fabricadas a partir do mesmo material que, ao invés de formar um único grande cristal, é solidificado em forma de um bloco composto de muitos pequenos cristais. A partir deste bloco são obtidas fatias e fabricadas as células. Na prática os produtos disponíveis alcançam eficiências muito próximas das oferecidas em células monocristalinas. Neste caso, a quantidade de material por célula é basicamente o mesmo do caso anterior, entretanto, a energia necessária para produzi-las é significativamente reduzida (CRESESB E CEPEL, 1999).

No caso do estudo em questão serão usadas células de silício policristalino, devido ao custo benefício em relação a outras tecnologias.

Segue abaixo a Tabela 3 que reúne as características do modulo fotovoltaico encontradas na ficha de dados do fabricante.

Tabela 3 - Características elétricas e térmicas do módulo.

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO MÓDULO	
P _{max}	360 W
V _{mp}	39,6 V
I _{mp}	9,10 A
V _{oc}	47 V
I _{sc}	9,59 A
CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	
P _{max}	-0,37%/C°
V _{oc}	-0,31%/C°
I _{sc}	+0,05%/C°

Fonte: Adaptado catálogo Canadian Solar, 2018

Logo após a escolha do modulo, torna-se crucial verificar o efeito da temperatura desta pesquisa, pois bem se sabe que o aumento da temperatura pode fazer com que a eficiência do módulo caia. Com isso devemos calcular algumas características importantes que poderão ser mudadas de acordo com a temperatura do local em estudo.

4.4. CÁLCULO DA TEMPERATURA DO MÓDULO

Primeiramente, devemos calcular a temperatura de operação do módulo fotovoltaico de acordo com o ambiente e para isso, utilizaremos a equação (7)

Dando continuidade algumas variáveis desta equação precisam ser determinadas, uma delas é o coeficiente térmico e para que ele seja encontrado necessita-se utilizar a temperatura nominal da operação da célula que nesse caso, será $N_{oct}=46^{\circ}\text{C}$ e assim poderemos achar o coeficiente térmico.

Feito isso, verifica-se que cada módulo tem uma temperatura nominal para suas células, sendo que para obter esta temperatura o módulo deve ser exposto em um circuito de irradiância de 800 W/m^2 num ambiente com temperatura do ar a 20°C sofrendo um vento com velocidade de 1m/s .

Portanto, o coeficiente térmico é representado a partir da equação 8:

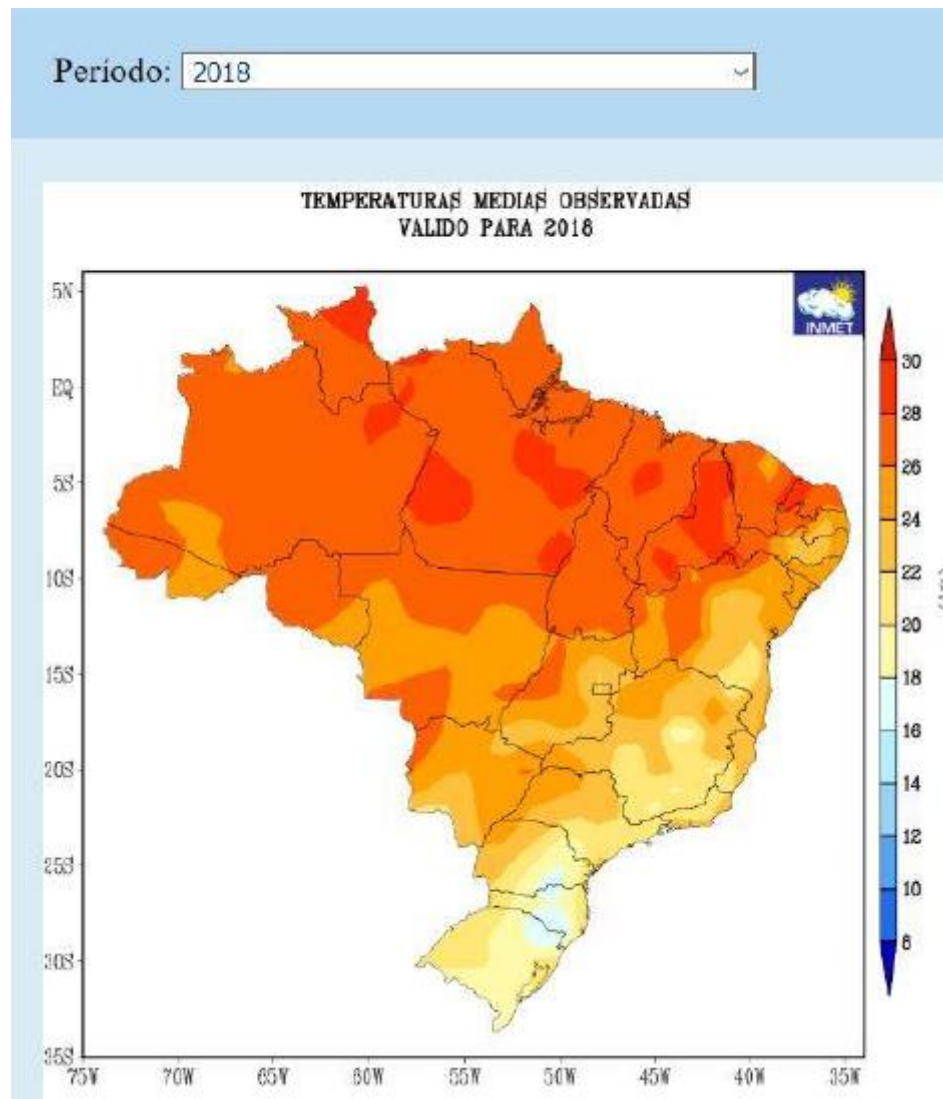
Nesse caso, vemos que o valor do coeficiente térmico é bem aproximado do valor que deverá ser adotado pelo fabricante não nos dando informações iniciais sobre a temperatura nominal de operação do módulo, segundo Pinho e Galdino (2014), nestas condições devermos utilizar um valor padrão de $Kt=0,03$.

Aplicando Kt na equação 7 obtemos a temperatura de operação do módulo:

$$T_{mod} = T_{amb} + 0,031 \cdot 1000$$

Entretanto precisamos do valor da temperatura ambiente na cidade de Tenente Ananias/ Rio Grande do Norte. Para isso recorreremos aos dados do Instituto Nacional de Meteorologia e de acordo com os dados fornecidos verificamos as temperaturas medias diárias anuais do ano de 2019 da cidade de Tenente Ananias. A Figura 10 nos demonstra a média das temperaturas diárias anuais.

Figura 10 - Médio das temperaturas diárias anuais



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (InMet), 2018.

Ao analisar os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia vemos que a temperatura média é de 22 °C. E com isso tem-se:

$$T_{mod} = 22 + 31$$

$$T_{mod} = 53^{\circ}\text{C}$$

4.5. CÁLCULO DA CORREÇÃO DA POTÊNCIA

O próximo passo será fazer a correção da potência com relação aos efeitos da temperatura e para calcular a potência. Nos quais os valores de V_{mpstc} e I_{mpstc} são fornecidos pelo fabricante encontra-se na Tabela 4 fornecidos pelo fabricante e os valores $\alpha + \beta_{vmp}$. Obtém-se das equações 1 e 3 aplicam-se na Equação 5:

$$P_{mp(T)} = 39,6 \cdot 9,10 \left(1 + \left(\frac{0,05 - 0,37}{100} \right) \cdot 35 \right)$$

$$P_{mp(T)} = 330,74$$

E assim usando o valor de redução da potência (-0,37%/°C) concedido pelo fabricante obtém-se:

$$P_{mp(T)} = 39,6 \cdot 9,1 \left(1 + \left(\frac{-0,37}{100} \right) \cdot 35 \right)$$

$$P_{mp(T)} = 315$$

Deste modo, foi escolhido o coeficiente que gerou a menor potência, pois ocorreu uma diminuição de cerca de 12,6 % da produção em cada módulo.

4.6. CÁLCULO DA QUANTIDADE TOTAL DE MÓDULOS

\

A próxima etapa consiste na obtenção da quantidade total de módulos e na verificação da disposição do arranjo usado, ou seja, a quantidade possível de ligação em série ou em paralelo.

Precisamos primeiro determinar a potência do sistema gerador, pois é através dela que conseguimos identificar a quantidade de módulos. Para isso, utilizou-se a equação (1): Todavia, é necessário determinar algumas variáveis para se encontrar o valor da potência do sistema gerador, a primeira será a quantidade de energia ativa consumida diariamente. O cálculo da quantidade de energia ativa diária é representado pela Equação (10):

Como é SFCR, não se tem bateria, logo, o primeiro termo é zero e η_{bat} sai da equação. O valor da quantidade de energia consumida diariamente em corrente alternada (Lca) e equivale 31067 Wh/dia. Com isso:

$$L = \frac{31067 \text{Wh}/\text{dia}}{n_{inv}}$$

A segunda variável encontrada consiste na quantidade de horas de sol pleno e, de acordo Carneiro (2009), número médio diário de horas que representaria a sua potência máxima convencional de 1 kW/m². usa-se a Equação 11 para o cálculo da quantidade de horas de sol pleno, em que E representa a radiação global incidente. O valor de E corresponde a 5,21 kWh/m²dia.

$$HSP = \frac{5210 \text{Wh}/\text{m}^2 \text{dia}}{1000 \text{Wh}/\text{m}^2}$$

$$HSP = \mathbf{5,21h/dia}$$

Portanto, substituindo-se os valores na equação 9 Tem-se:

$$P_{max} = \frac{31067 \text{kWh}/\text{dia}}{5,210 \text{h}/\text{dia} \cdot 0,8}$$

$$P_{max} = \mathbf{7454 \text{ kW}}$$

Conforme Pinho e Galdinho (2014) deve-se usar um rendimento de 0,80 devido a fatores internos e a fatores externos. Nessa perspectiva, os valores de η_{inv} , $Red1$ e $Red2$ estão representados por 0,80.

Após ter calculado a potência do sistema, vamos calcular a quantidade de módulos do sistema. Para este cálculo temos a equação (25):

$$N_{painéis} = \frac{P_{max}}{P_{módulo}} \quad (25)$$

$$N_{painéis} = \frac{7454 \text{W}}{315 \text{W}}$$

$$N_{painéis} = 24 \text{ módulos}$$

Nesse caso vemos que o dado de entrada que se refere a potência do módulo ($P_{módulo}$) e que foi utilizada a potência corrigida pelos efeitos da temperatura. Desta forma a potência total do sistema ficou em torno de 7,5 kW. Pois:

$$P_{max} = N_{módulos} \cdot P_{módulo}$$

$$P_{max} = 24 \cdot 315W$$

$$P_{max} = 7,5 \text{ kW}$$

4.7. CÁLCULO PARA A ESCOLHA DO INVERSOR

Em seguida, verifica-se a escolha do inversor, visto que se trata de um dos passos mais decisivos no dimensionamento do sistema fotovoltaico, pois influencia no custo do sistema, eficiência e integração com a rede de distribuição do local.

Para isso, devemos calcular a potência do inversor e utiliza-se o intervalo de potência na equação (12) tem-se:

$$0,7 \cdot 7,55kW < P_{max}^{inv} < 1,2 \cdot 7,55kW$$

$$5,3kW < P_{max}^{inv} < 9,1kW$$

Logo a potência do inversor escolhido deverá ser entre 5,3 kW a 9,1 kW. Logo foi realizado uma pesquisa em sites e lojas especializadas e foi selecionado 1 inversor trifásico .a Tabela 3 apresenta o inversor selecionado :

Tabela 4 - Inversor Selecionado

INVERSOR SELECIONADO	
MODELO	PREÇO
Inversor On-Grid AAB trifásico 7,5 kV 380	14.000,00

Fonte: Solarizar,2019

Para o arranjo do sistema será empregado 2 Ligações em paralelo com 12 ligações sem serie cada, totalizando 24 módulos o próximo passo será a verificação das quantidades de módulos ligados em série e da ligação em paralelo dos conjuntos.

Para a verificação iremos utilizar equações descritas por Carneiro (2009) apresentadas na metodologia. Será feito a seguir o cálculo do número máximo de módulos que é possível ligar em série (número máximo de módulos por fileira) representadas pela equação (13) logo:

$V_{ca(stc)} e \Delta V_{(\%/^{\circ}C)}$ são encontrados na ficha de especificação do módulo presente na Tabela 3:

$$V_{ca(stc)} = 38,5 V$$

$$\Delta V = -0,29\%$$

$$V_{ca}(\text{módulo } a - 10^{\circ}C) = \left(1 - \frac{35^{\circ}C \cdot 0,29}{100}\right) \cdot 38,5$$

$$V_{ca}(\text{módulo } a - 10^{\circ}C) = 42$$

Logo nessa perspectiva o número máximo de ligação de módulos em série foi calculado foi

$$N_s \leq \frac{1000}{42}$$

$$N_s \leq 24$$

Número mínimo por fileira calculado através da equação 15:

$$V_{ca}(\text{módulo } a 70^{\circ}C) = \left(1 + \frac{35^{\circ}C \cdot -0,29}{100}\right) \cdot 38,5$$

$$V_{ca}(\text{módulo } a 70^{\circ}C) = 33$$

Logo nessa perspectiva o número máximo de ligação de módulos em serie foi calculado foi

$$N_s \leq \frac{200}{33}$$

$$N_s \leq 6$$

Como mostrando anteriormente na máxima tensão CC do inversor, a mínima é encontrada por analogia, precisou ir apenas no datasheet do inversor escolhido e V_{min}^{inv} foi especificada como 200 V. O último passo da verificação do arranjo escolhido, consiste em analisar se escolha está dentro do intervalo do número máximo e mínimo de módulos ligados em série para o inversor.

Assim

$$\frac{V_{min}^{inv}}{V_{max}(\text{módulo a } 70^{\circ}\text{C})} < N_{\text{módulos(série)}} \leq \frac{V_{max}^{inv}}{V_{ca}(\text{módulo a } -10^{\circ})}$$

$$6 \leq 12 \leq 25$$

Com isso, diz-se que o número de módulos ligados em série satisfaz a verificação. Considerando os valores de corrente e tensão máximos e mínimos, tem-se:

$$V_{max} = 41V \cdot 12 = 451V$$

$$V_{min} = 33V \cdot 12 = 363V$$

Possibilitando que a tensão sempre estará dentro do intervalo recomendado pelo fabricante (320-800V) contido no ANEXO 6 do trabalho. Logo para a corrente tem-se:

1

$$I_{max} = I_{sc} = 10,82A$$

$$\vec{I_T} = 2 \cdot I_{max} = 2 \cdot 10,82$$

$$\vec{I_T} = 21,64A$$

Nesse sentido, a corrente máxima apresentada nas especificações do fabricante é de 30 A, conclui-se que o arranjo escolhido pode ser executado, e a

ligação escolhida será efetuada sem que venha ocasionar danos ao sistema como um todo. Nesse âmbito, o Apêndice 1 representa projeto do sistema com a configuração escolhida (2 arranjos em paralelo com 12 módulos ligados em série cada).

4.8. STRING BOX

Depois de realizada a escolha dos inversores, o próximo passo é o dimensionamento da String Box. A String Box trata-se de um equipamento de proteção que consiste em isolar o sistema de produção de energia, fazendo com que não ocorra o risco de propagação de acidentes elétricos, tais como curto circuito e surtos elétricos.

A String Box constitui-se de dois dispositivos importantes: o DPS (dispositivo de proteção contra surtos) e o disjuntor cc, pois, quando conectada ao lado das correntes contínuas, ela protege tanto a instalação quanto os módulos solares das descargas elétricas e quanto ao lado da corrente alternado protege a instalação contra as descargas atmosféricas. Também pode ser agregado aos conjuntos outro componente que é o fusível.

Para fazer o dimensionamento da stringbox o primeiro componente que dimensionamos foi o disjuntor. Para sua escolha deve-se atentar para a NBR 5410/2004 que orienta:

$$IB < I_n < I_z$$

Em que:

$IB \rightarrow$ corrente de projeto;

$I_n \rightarrow$ corrente nominal do disjuntor;

$I_z \rightarrow$ corrente que o condutor suporta.

Nesse caso a corrente nominal do disjuntor deve ser maior que a calculada (21,64). Em pesquisas e sites especializados na venda de produtos usados para a instalação de sistemas fotovoltaico, foi encontrado um disjuntor de 25 A

Os outros componentes da stringbox, a saber, o DPS e o Fusível. Esses componentes foram escolhidos de modo a integrar de forma correta as especificações do sistema. A Tabela abaixo contém os componentes que irão compor a stringbox.

Depois disso, teremos dimensionados todos componentes do sistema. O último passo desta pesquisa será a análise de custo do sistema, a Tabela 6 representa o total do dispositivo necessário para o sistema.

Tabela 5 - Dispositivos de proteção.

DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO ADOTADOS	
MODELO	PREÇO(R\$)
Disjuntor CC trifásico 25 A	120,00
DPS protetor de surto Clamper Solar - Classe 2 IEC 61643	114
Porta fusível com fusível 25A 1000V DC	2x39=78
Total	312,00

Fonte: Autor, 2019.

4.9. FIXADORES DA PLACA

Como as placas solares fotovoltaicas serão instaladas no telhado, são necessário o uso de suporte para telhados ondulados , sendo esse suporte dimensionado segundo as cargas de vento da NBR 6123 , a estrutura do suporte deve seguir a NBR8800 , os ganchos são feitos de aço zincado de acordo com a NBR 6323 resistentes à corrosão segundo as normas NBR 14643 e ISO 9223

A estrutura foi feita de acordo com a NBR 8800. Além disso, os ganchos são feitos de aço zincado de acordo com a NBR 6323, resistentes à corrosão segundo as normas NBR 14643 e ISO 9223. A Tabela 7 apresenta o Suporte Painele Selecionado:

Tabela 6 - Suporte Painele Selecionado

SUPORTE PAINEL SELECIONADO	
MODELO	PREÇO
Suporte Painele Solar 2 Módulos de 230-370W Telha Fibrocimento	12x278=3336

Fonte: Minha Casa Solar, 2019

4.10. CÁLCULO DO CUSTO DO SISTEMA (PAYBACK)

Para analisarmos o custo do sistema teremos o payback que desrespeito ao tempo preciso para que o custo do projeto e as instalações sejam pagos em meses e a partir disso o proprietário comece a lucrar.

Dentre as variáveis da expressão do payback calculamos, primeiramente, Investimento (R\$) que se refere ao custo total do sistema fotovoltaico. Para se calcular custo simplificado do sistema foi feita a soma dos custos dos módulos, do inversor e dos componentes da stringbox.

A partir daí, o primeiro custo que deveremos calcular será o dos módulos solares. Como o sistema é composto por 24 módulos precisou apenas multiplicar o custo de 1 módulo por 24. Então nesse caso, tem-se a Equação 27:

$$CT_{\text{painéis}} = \text{preço(R\$)} \cdot QT_{\text{painéis}} \quad (27)$$

$$CT_{\text{painéis}} = 631,47 \cdot 24$$

$$CT_{\text{painéis}} = \mathbf{R\$15.115,28}$$

O custo dos 24 módulos que compõe o sistema foi de R\$ **15155,28** onde utilizou-se com base o preço do módulo que foi de 631,47. O próximo custo foi o inversor AABB 7,5 kW no valor de **R\$ 14.000,00**.

Por fim o custo total do sistema foi feito pesquisas em sites de vendas para os produtos da string box presentes na Tabela 5 para os suportes para instalação no telhado para telha de fibrocimento presentes na Tabela 6 o custo total do string box foi de R\$ 312,00 e o custo dos acessórios para a instalação no telhado foram de R\$ 3336,80, logo a partir da Equação 22 tem-se:

$$CT = 15.200,00 + 14000,00 + 312,00 + 3336,84$$

$$CT = \mathbf{32.804,12}$$

O segundo passo refere-se a tarifa de energia utilizada pela concessionária local de energia elétrica. Em consulta a concessionária a tarifa para a classe residencial urbana (classe B1) é de **R\$0,61**.

$$P_m = \frac{N_{\text{painéis}} \cdot P_{\text{painel}(\text{corrigido})} \cdot \text{HSP} \cdot D_m}{1000} \quad (28)$$

P_m = produção média mensal, em $(kWh/mês)$

$N_{\text{módulos}}$ = número de módulos utilizando no sistema

$P_{\text{módulo}(\text{corrigido})}$ = potência do painel já corrigida pelo efeito da temperatura, (W)

HSP = horas do sol pleno, em (h/dia)

D_m = número médio de dias de utilização do equipamento, por mês, $(dias/mês)$

Neste aspecto, usamos a Equação 28 para obter a produção média mensal (P_m) do sistema de geração solar através do número de módulos, potência do módulo e horas de sol pleno calculados nos itens anteriores deste trabalho.

$$P_m = \frac{24 \cdot 315 (W) \cdot 5,12(h/dia) \cdot 30(dias/mês)}{1000}$$

$$P_m = 1161,22 (kWh/mês)$$

Como todas as variáveis necessárias para o cálculo do payback foram encontradas, encontra-se seu valor em meses a partir da Equação 20 :

$$\text{Payback}_{(\text{meses})} = \frac{R\$ 32,767,28}{1161,22(kWh/mês) \cdot R\$ 0,62}$$

$$\text{Payback}_{(\text{meses})} = 47 \text{ meses}$$

Logo a partir da equação 24 tem-se:

$$Economia \left(\frac{R\$}{ano} \right) = 1161,22 \cdot 0,61 \cdot 12$$

$$Economia \left(\frac{R\$}{ano} \right) = 8.500,10 \left(\frac{R\$}{ano} \right)$$

A partir da Equação tem-se a rentabilidade do sistema em percentual encontrada:

$$Rentabilidade = \frac{8.500,01}{32,804,12}$$

$$Rentabilidade = 0,25 \cdot 100\% = \mathbf{25\%}$$

4.11. Análise de Resultados

O último resultado encontrado na pesquisa consiste na análise dos resultados obtidos , logo foi buscado um simulador de dimensionamento de sistemas solares para que possamos confrontar com os nossos resultados obtidos .Foi utilizado o site Neo Solar onde foi necessário fornecer os dados do entrada o local que será instalado o sistema, a tarifa da rede concessionária e o consumo médio mensal de energia. Com isso, inicialmente calculamos o consumo médio mensal de energia para a propriedade rural, com isso:

$$C_m = \frac{31067kWh \cdot 30dias}{1000}$$

$$C_m = 932,00kWh/mês$$

Com os dados de entrada foi obtido no site o custo do sistema, o tamanho do gerador fotovoltaico, a quantidade de módulos necessários, economia mensal do sistema, dentre outras características importantes. A Figura 11 ilustra os resultados obtidos na plataforma NeoSolar. Deve-se mencionar que o custo do sistema obtido da

plataforma apresenta-se mais elevado por conta de características suprimidas nesta pesquisa que forma anteriormente mencionada, a saber, custo de instalação, cabagens, frete dos equipamentos e da. Porém, o custo obtido na pesquisa apresenta-se semelhante o obtido na plataforma.

Figura 11 - Resultado do sistema obtido na plataforma NeoSolar



Fonte: Portal NeoSolar, 2019

Em vista dos resultados confrontados, pode-se mencionar que o sistema dimensionado na pesquisa está em conformidade com os sistemas calculados por meio da plataforma neo solar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dimensionou-se um sistema fotovoltaico conectado à rede para ambiente urbano na cidade de Tenete Ananias /RN usada para suprir potência diária 31,07kWh/dia com o uso de um total de 24 módulos de 360W (CS3UW-360P), 1 Inversor AAB 7,5kW e 1 stringbox. O sistema gerador apresenta uma potência máxima de 7,5 kW e possui um arranjo fotovoltaico representado por 2 ligações em paralelo com 12 módulos em série cada. Ao final o sistema é capaz de gerar uma economia mensal de 708,34 reais e anual de 8500 reais. Apresentou um payback de cerca de 3 anos e 11 meses com rentabilidade de aproximadamente 25% ao ano.

Nesse sentido, a construção de um projeto de geração fotovoltaico permitiu a análise de problemas e mostrando meios para que eles fossem solucionados. Apresenta a importância de iniciativas no âmbito da sustentabilidade ambiental e na diversificação da matriz elétrica brasileira com o uso de fontes renováveis. Desta forma, mostra importante contribuição com estudos técnicos e teóricos, de modo a colaborar com a produção de artigos, trabalhos, textos, monografias ligadas ao tema em questão contribuindo diretamente para o desenvolvimento de trabalhos futuros

REFERÊNCIA

ABIKO, A. K. Eficiência Energética e Habitação de Interesse Social no Estado de São Paulo. São Paulo: Cbcs, 2010.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. 2º. Ed. Rio de Janeiro.

ABNT, 2004. 209 p. Disponível em:<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf>. Acesso em: 11 de junho de 2019.

ANEEL. Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolucao%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>>. Acesso em: 10 de março de 2019.

ANEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil / ANELL. – Brasília, 2002.

Aplicativo SunData, Cresesb, 2019 Potencial Solar – SunData v 3.0 Disponível em :<<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>> Acesso 20 jun 2019.

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR). Geração Distribuída Solar Fotovoltaica. Encontro Nacional dos Agentes do Setor Elétrico – ENASE. Rio de Janeiro, 2016

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 10899*. Energia solar fotovoltaica – terminologia. Nov. 2013.

Besso, Rachel. Sistema Solar Fotovoltaico conectado à rede – Estudo de caso no Centro de Tecnologia da UFRJ/ Rachel Besso 2017.97f. Monografia (graduação)- BLUESOL ENERGIA SOLAR, 2017. Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (On Grid): O Guia 100% Completo. Disponível em:< <https://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-on-grid/>>. Acesso em: 10 de Mar, 2018.

Bluesol, 2017 O Guia Mais Absurdamente Completo da Energia Solar Fotovoltaica Para Você Deixar de Pagar Caro Na Conta Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-fotovoltaica-guia-supremo/>> Acesso 11 maio 2019.

CARNEIRO, J. Projeto Interdisciplinar II. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos: (sistemas ligados à rede e sistemas autônomos). Apostila do 2º ano de Mestrado Integrado em Engenharia Têxtil da Universidade do Minho, campus Azurém. Guimarães, Portugal, 2009.

CARVALHO, M. M. IMPACTOS ECONÔMICOS DA AMPLIAÇÃO DO USO DE ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL EM MINAS GERAIS. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

CASTRO, R. Introdução à Energia Fotovoltaica. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2002. Disponível em:

<http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf> Acesso em: 8 nov, 2018.

CEPEL; CRESESB; Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Edição Especial PRC-PRODEEM. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/105527660/Manual-de-Engenharia-FV-2004>>

Clamper , 2019 Dps Protetor Surto Bipolar Disponível em:

<https://www.clamper.com.br/product/clamper-solar-dps-fotovoltaico/?fbclid=IwAR2PQM-Ri dXfzykowS_xX_2LNBA7FbCrEXJQhSDxn8mrTkIL17UEs1fbLg> Acesso 5 de agosto 2019.

CRESESB. Energia Solar: princípios e aplicações. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/tutorial/tutorial_solar.htm>. Acesso em 01 maio. 2019.

CRISTINA, I. Energia fotovoltaica pode crescer 300% ao ano <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-07/energia-solar-fotovoltaica-pode-crescer-mais-de-300-ate-o-fim-do-ano-diz>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

CUORE, R. E. Fontes de energia renováveis e seus principais benefícios para a humanidade. 2009. <Disponível em: <http://www.webartigos.com/autores/cuore/>> Acesso em: 11 de março ,2019.

ELEKTSOLAR. Energia solar fotovoltaica: Vantagens e Desvantagens. Disponível em: . < <https://eleksolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-vantagens/>>. Acesso em:14 jul 2019.

EPE, 2017 Matriz Energética e Elétrica Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/abcdnenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso 14 maio 2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015. 2015

Garcia, A. G. P. 2008. Leilão de Eficiência Energética no Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro Rio de Janeiro, Brasil, p.186.

Geller, H. S. 2003. Revolução Energética – Políticas para um futuro sustentável. Ed. RelemuDumará. Rio de Janeiro, Brasil, p.299.

Global Atlas Solar, SWERA, 2019 Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) Disponível em 12 junho 2019

GREEN, M. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas: *Research and Applications* 13(2005) 447.

LAMARCA JUNIOR, M. R.; Políticas públicas globais de incentivo ao uso da energia solar para geração de eletricidade. 2012. 180 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP, São Paulo, 2012.

Minha casa Solar, 2019 Suporte Paine Solar de 230 a 370 W Disponível em : <<https://www.minhacasasolar.com.br/produto/suporte-painel-solar-2-modulos-de-230w-a-370w-telha-fibrocimento-rsf-990x2-79357>> Acesso 15 julho 2019.

Minha casa Solar, 2019 Módulo Candain 360 Disponível em : <<https://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-360w-canadian-solar-cs3u-360p-79351>> Acesso 18 julho 2019.

NASCIMENTO, C. Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004. 23 f.

Neo Solar, 2019 Simulador Solar Claculadora Solar fotovoltaica Disponível em : <<https://www.neosolar.com.br/simulador-solar-calculadora-fotovoltaica>> Acesso 20 julho 2019.

Panda Energia Solar ,2019 porta-fusivel-solar-c-fusivel-25a Disponível em : < <https://pandaenergiasolar.lojaintegrada.com.br/porta-fusivel-com-fusivel-25a-1000-vdc-worldsunlight>.> Acesso 20 julho 2019.

PEREIRA, E. B; M. F. R.; A. S. L.; R. R. Atlas brasileiro de energia solar. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 60p, 2009.

PINHO, J. T.; GALDINHO, M. A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

Portal Cosern, 2019 Disponível em: <<http://servicos.cosern.com.br/residencial-rural/Pages/Padr%C3%A3o%20de%20Entrada/o-que-e-padrao-de-entrada.aspx>> Acesso em 08 de Fevereiro de 2019.

Portal Solar ,2019 O que é Energia Solar Disponível em:<<https://www.portalsolar.com.br/o-que-e-energia-solar-.html>> Acesso 5 maio 2019.

Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2017. Projeto de Engenharia Ambiental, 2017.

SANTOS, José Ricardo Pontes. POTENCIALIDADES DE APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR NO ESTADO DO CEARÁ. 2005. 94 f. Dissertação Curso de Pós-graduação Lato Sensu em Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SEVERINO, M; OLIVEIRA, M. Fontes e Tecnologias de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas. Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados, Palmas, ano 1, p. 265-322, 2010.

Silva, Herik Roberto Rodrigues. Energia solar fotovoltaica: dimensionamento de uma micro usina para propriedade rural modelo na cidade de Pau dos Ferros-RN./ Herik Roberto Rodrigues Silva. – 2019.98f. Monografia (graduação) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2019.

Simbratec, 2019 Disjuntor trifásico de 25 A Disponível em<<https://www.sibratec.ind.br/pages/produtos-detalle.php?page=produto&id=9687>> Acesso 20 julho 2019.

SM04.13-00.01, 2019 Disponível em: <<http://servicos.cosern.com.br/residencial-rural/Pages/Padr%C3%A3o%20de%20Entrada/o-que-e-padrao-de-entrada.aspx>>
Acesso em 08 de Julho de 2019.

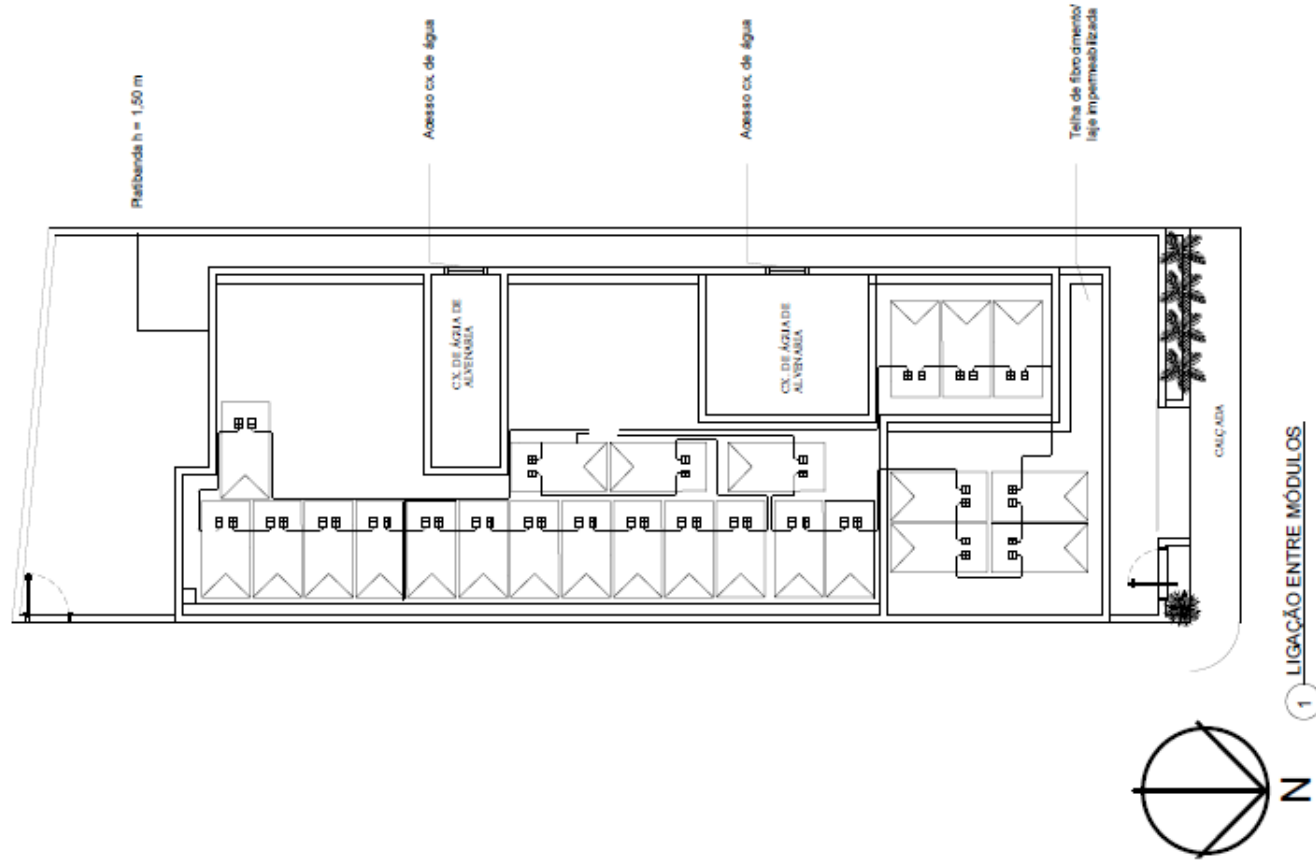
Solarizar , 2019 Inversor ABB de 7,5 Disponível em:
<<https://solarizar.com.br/index.php/produto/inversor-abb-de-7-5kw-trifasico-380v/>>
Acesso 20 julho 2019.

Soletrol,2018 Como Funciona o Aquecedor de Água Soletrol Disponível em:<
<https://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>>20 abril 2019

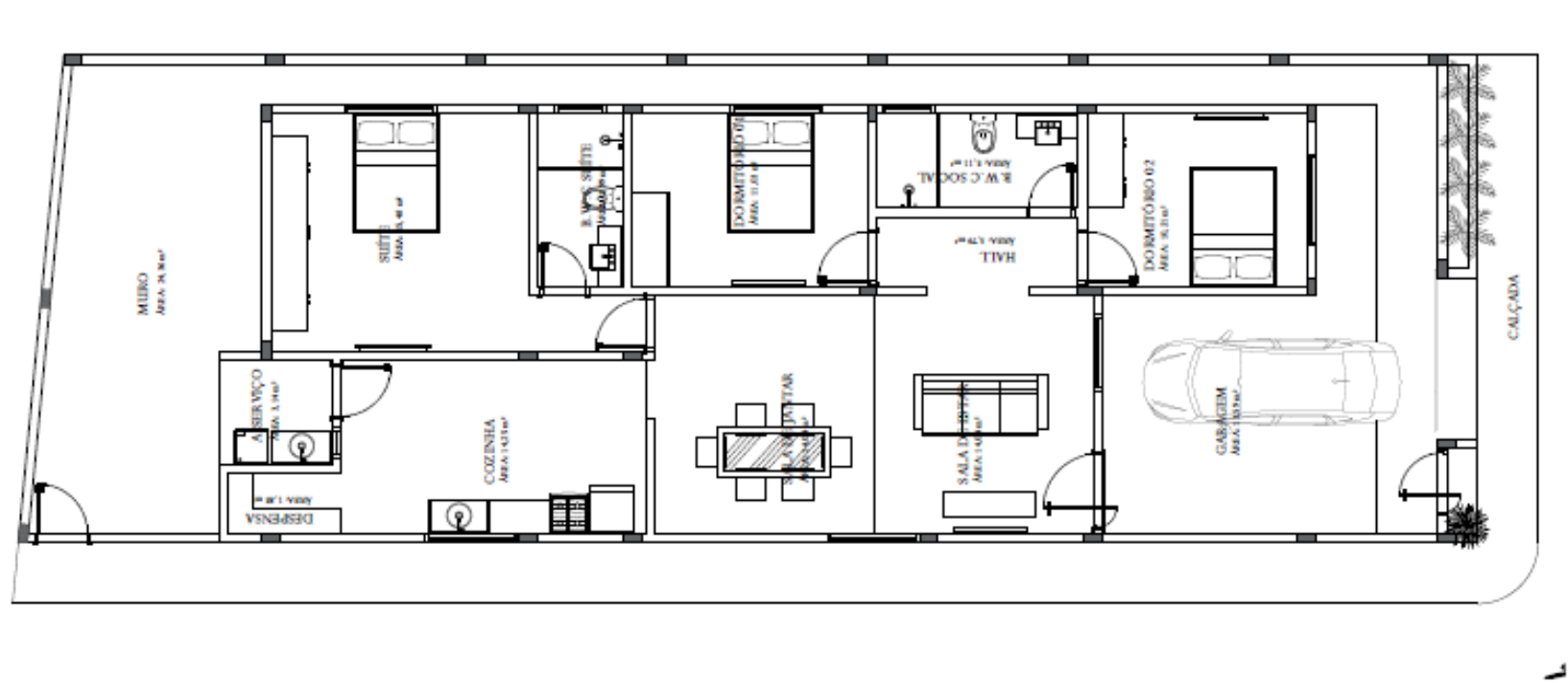
SOUZA. J. R. P. S. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: Conceitos e Aplicações para o Ensino Médio. UFPA. Pa.2016(Dissertação de Mestrado).

VALLÊRA, A. M; B, M. C. Meio século de história fotovoltaica. Gazeta de física, 2006.

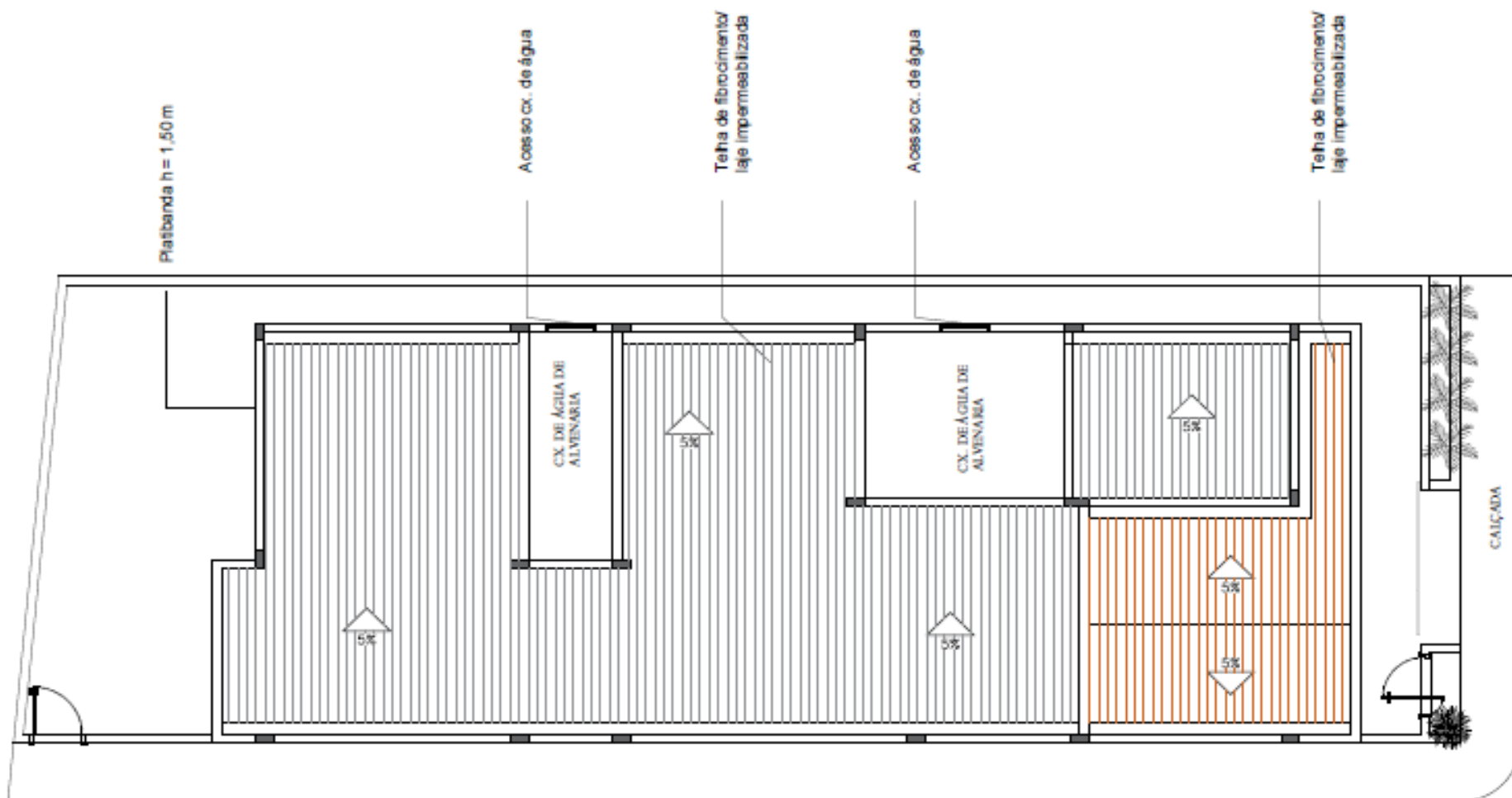
APENDICE 1 – DISTRIBUIÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



ANEXO: 1 PLANTA DE LAYOUT DA EDIFICAÇÃO



ANEXO 2 PLANTA DO TELHADO DA EDIFICAÇÃO



**ANEXO 3 – PREVISÃO DE CARGA PARA APARELHOS DE USO
ESPECÍFICOS DE ACORDO COM A COSERN.**

ITEM	DESCRIÇÃO	POT. (W)	ITEM	DESCRIÇÃO	POT. (W)
1	AMACIADOR DE CARNE	890	49	BOMBA D'AGUA ½ HP	373
2	AMALGAMADOR	200	50	BOMBA D'AGUA 3 HP	2238
3	AMPLIFICADOR DE SOM	50	51	BOMBA DE AR P/ AQUARIO	65
4	APARELHO DE ENDOSC.	45	52	BOMBA DE COMBUSTIVEL	740
5	APARELHO DE ULTRASS.	500	53	CADEIRA DE DENTISTA	190
8	AQUEC. ÁGUA (50 A 175L)	1500	56	CARREGADOR DE BATERIA	1200
7	AQUEC. DE ÁGUA (200 L)	2000	55	CAFETEIRA ELETR. - MEDIA	750
6	AQUEC. DE AMBIENTE	1000	54	CAFETEIRA ELETR. - PEQUENA	500
14	AR CONDIC. 10000 BTUS	1200	62	CENTRAL TELEFONICA	30
15	AR CONDIC. 11000 BTUS	1300	63	CHUVEIRO ELETRICO	2500
16	AR CONDIC. 12000 BTUS	1400	64	CHUVEIRO ELET (DUCHA COR.)	4400
17	AR CONDIC. 14000 BTUS	1600	65	CHUVEIRO 4 ESTAÇÕES	6500
18	AR CONDIC. 15000 BTUS	1800	66	CILINDRO (PADARIA)	2200
19	AR CONDIC. 16000 BTUS	1950	67	COMPACT DISC PLAYER	30
20	AR CONDIC. 18000 BTUS	2350	68	COMPRESSOR - PEQ.	370
21	AR CONDIC. 21000 BTUS	2400	69	COMPUTADOR DESKTOP	250
22	AR CONDIC. 26000 BTUS	2850	70	CONJ SOM PROFESSIONAL	500
23	AR CONDIC. 30000 BTUS	3200	71	CONJ SOM RESIDENCIAL	100
9	AR CONDIC. 6000 BTUS	800	57	CARREGADOR TELEF CELULAR	5
10	AR CONDIC. 7000 BTUS	900	58	CENTRAL AR TRANE XE 1000	170
11	AR CONDIC. 7500 BTUS	950	59	CENTRAL AR TRANE XE MONOF.	5060
12	AR CONDIC. 8000 BTUS	1000	60	CENTRAL AR HITACHI MONOF.	1200
13	AR CONDIC. 9000 BTUS	1100	61	CENTRAL DE AR (1TR) 12000BTU	1700
24	ASPIRAD DE PO COMERC.	2240	72	CORTADOR DE GRAMA	1600
25	ASPIRADOR DE PO RESID.	750	73	DECK (TOCA FITAS)	30
26	ASSADEIRA GRANDE	1000	74	DESCASCADOR DE BATATAS	250
27	ASSADEIRA PEQUENA	500	75	EQUIPAMENTO DE DVD	50
28	BALANÇA ELÉTRICA	20	76	ELEVADOR GRANDE	10300
29	BALCAO FRIGORIF. GRD.	1000	77	ELEVADOR DE CARRO 2 CV	1472
30	BALCAO FRIGORIF. PEQ.	500	78	ELEVADOR DE CARRO 3 CV	2208
31	BANHEIRA DE HIDROMAS.	6600	79	ENCERADEIRA RESIDENCIAL	400
32	BANHO MARIA RESTAUR.	1800	80	ESMERIL	2200
33	BARBEADOR ELÉTRICO	50	81	ESPREMED. DE LARANJA (ALTO)	250
34	BATEDEIRA DE BOLO	100	82	ESPREMED. LARANJA (BAIXO)	150
35	BEBEDOURO	200	83	ESTEIRA ROLANTE (CARGA)	1470
36	BETONEIRA	1000	84	ESTERILIZADOR	1000
47	BOMBA D'AGUA ¼ HP	188	95	FERRO DE SOLDA MEDIO	400
41	BOMBA D'AGUA 1 CV	736	89	EXAUSTOR PEQUENO	200
39	BOMBA D'AGUA 1/2 CV	368	87	ETIQUETADORA	70
38	BOMBA D'AGUA 1/3 CV	245	86	ESTUFA DE DENTISTA	1000
46	BOMBA D'AGUA 1/3 HP	249	94	FERRO DE SOLDA GRAND	600
37	BOMBA D'AGUA 1/4 CV	184	85	ESTUFA	1000
42	BOMBA D'AGUA 2 CV	1472	90	EXAUSTOR PARA FOGAO	100
48	BOMBA D'AGUA 2 HP	1492	96	FERRO DE SOLDA PEQ.	100
43	BOMBA D'AGUA 3 CV	2208	91	FACA ELÉTRICA	140
40	BOMBA D'AGUA 3/4 CV	552	88	EXAUSTOR GRANDE	400
44	BOMBA D'AGUA 5 CV	3680	92	FATIADOR PARA FRIOS	740
45	BOMBA D'AGUA 7,5 CV	5520	93	FAX	240

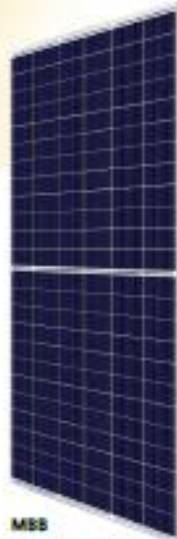
ITEM	DESCRIÇÃO	POT. (W)	ITEM	DESCRIÇÃO	POT. (W) (W)
97	FERRO ELÉTRICO	550	147	GRELHA ELÉTRICA PEQUENA	500
98	FERRO ELÉTRICO AUTOM.	1000	148	GRILL	1200
99	FLIPERAMA	90	149	IMPRESSORA COMUM	90
100	FOGAO COMUM C/ ACEND	90	150	IMPRESSORA LASER	900
101	FOGAO ELÉTRICO	2000	151	IOGURTEIRA - RESID.	28
102	FORNO DE MICROONDAS	1150	152	LIQUIDIFICADOR DOMESTICO	320
103	FORNO ELÉT. (1 CÂMARA)	2000	153	LIQUIDIFICADOR INDUSTRIAL	1000
104	FORNO ELÉT. 2 CÂMARAS	10000	154	LIXADEIRA GRANDE	1000
105	FORNO ELÉT. CURITIBA	38000	155	LIXADEIRA PEQUENA	850
106	FORNO ELÉT. 3 CÂMARAS	24400	156	MAQ ARTSUL A RESISTENCIA	730
107	FORNO ELÉT. ESPECIAL	30000	157	MAQ. CAÇA BRINDE (PIG LIG)	200
108	FORNO ELÉT. HIPER VULC	22000	158	MAQ COLAR SACO	280
109	FORNO ELÉT. ITAL BRAS	25000	159	MAQ CORTAR TECIDO MANUAL	370
110	FORNO ELÉT. MAG FORN	21600	160	MAQ DE CALCULAR	10
111	FORNO ELÉT. METALCON	3000	161	MAQ DE CARTAO CRED - P.O.S	60
112	FORNO ELÉT. OLIMPIO	52200	162	MAQ DE CHOPE	900
113	FORNO ELÉT. PASTELAR.	16500	163	MAQ DE CORTAR CABELO	200
114	FORNO ELÉT. SIRE	3000	164	MAQ DE COSTURA	105
115	FORNO ELÉT. SUPERFEC	28000	165	MAQ ESCREVER ELÉTRICA	140
116	FORNO ELÉT. TUBOS LISB	28000	166	MAQ JOGO DE BICHO	60
117	FORNO ELÉT. UNIVERSAL	35000	167	MAQ LAVA JATO	1700
118	FORNO ELÉT. UNIV. 2 CAM	38000	168	MAQ LAVAR PRATOS	1200
119	FORNO GRANDE CERÂM.	8500	169	MAQ LAVAR ROUPAS	1500
120	FORNO MÉDIO P/ CERÂM.	6000	170	MAQ LAVAR ARNO	500
121	FORNO PEQ P/ CERAMICA	2000	171	MAQ LAVAR DAKO	180
122	FORAGEIRA	1200	172	MAQ DE OVERLOCK INDUSTRIAL	370
123	FOTOCOLORIMETRO	550	173	MAQ. DE PLASTIFICAÇÃO	320
124	FREEZER EXPOSITOR	250	174	MAQ. DE REFRIGERANTE	910
125	FREEZER HORIZ 170L 1-P	150	175	MAQ. DE SORVETE	2200
126	FREEZER HORIZ 220L 1-P	170	176	MAQ DE SOLDA - PEQ.	1000
127	FREEZER HORIZ 330L 2-P	200	177	MAQ DE VULCANIZAR	400
128	FREEZER HORIZ 480L 3-P	280	178	MAQ DE XEROX GRANDE	2000
129	FREEZER HORIZ 600L 4-P	280	179	MAQ DE XEROX PEQUENA	1500
130	FREEZER VERTICAL 120L	130	180	MAQ INJET C/ MOTOR ELÉTRICO	5500
131	FREEZER VERTICAL 180L	150	181	MAQ DE FATIAR PAO	320
132	FREEZER VERTICAL 280L	200	182	MAQ DE MOER FARINHA ROSCA	1104
133	FRIGOBAR	80	183	MAQ. MEXEDEIRA (PADARIA)	600
134	FRITADEIRA BATATA PEQ.	2500	184	MAQ POLICORTE	1000
135	FRITADEIRA BATATA MED.	3000	185	MASSEIRA (PADARIA)	2200
136	FRITADEIRA BATATA GRD.	5000	186	MICRO COMPUTADOR	250
137	FURADEIRA GRANDE	1000	187	MICRO FORNO ELÉTRICO	1000
138	FURADEIRA PEQUENA	350	188	MICROSCOPIO ELETRONICO	40
139	GELADEIRA	150	189	MINE COOLER	220
140	GELADEIRA COMUM 253L	155	190	MIX WALITA	80
141	GELADEIRA COMUM 280L	160	191	MODELADORA (PADARIA)	490
142	GELADEIRA COMUM 310L	190	192	MOEDOR DE CAFÉ	370
143	GELADEIRA DUPLEX 430L	380	193	MOEDOR DE CARNE	320
144	GELADEIRA TRIPLEX 430L	380	194	MOINHO PARA GRAOS	600
145	GELAGUA	125	195	MULTI CORTE	180
146	GRELHA ELÉTRICA GRANDE	1500	196	ORGAO ELÉTRICO	30

Fonte: Portal COSERN.

ANEXO 5 – DATASHEET DO MÓDULO SOLAR CANADIAN








KuMax

HIGH EFFICIENCY POLY MODULE

CS3U-350 | 355 | 360P
(1000 V / 1500 V)

MORE POWER

-  Low power loss in cell connection
-  Low NMOT: 42 ± 3 °C
Low temperature coefficient (Pmax): -0.37 % / °C
-  Better shading tolerance
-  High PTC rating of up to: 92.64 %

MORE RELIABLE

-  Lower hot spot temperature
-  Minimizes micro-cracks
-  Heavy snow load up to 5400 Pa,
wind load up to 3600 Pa*

25

years

Linear power output warranty

10

years

product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / CSC AU
UL 1703 / IEC 61215 performance: CDC listed (US) / RSEC (US Florida)
UL 1703: CSA / IEC61701 ED2: VDE / IEC62716: VDE / IEC60068-2-68: SGS
Take-a-way







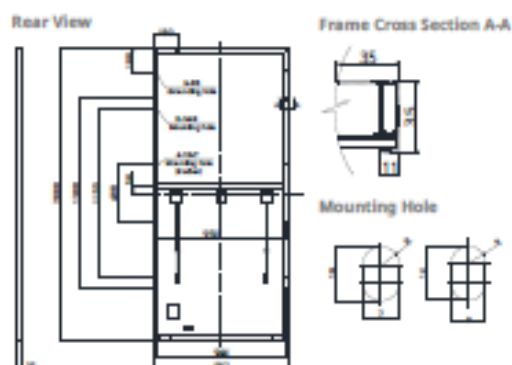

*We can provide this product with special ICHL specifically certified with salt mist, ammonia and sand blowing tests. Please talk to our local technical sales representatives to get your customized solutions.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in B4S Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 30 GW deployed around the world since 2007.

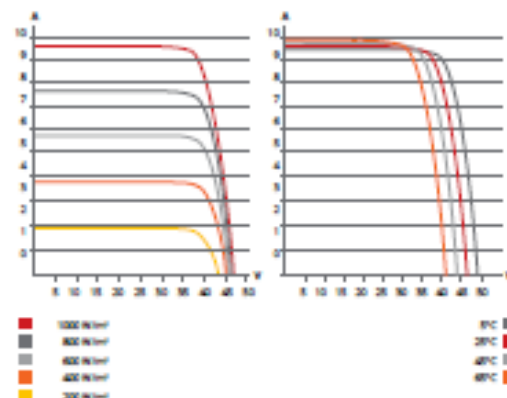
* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CANADIAN SOLAR INC.
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3U-355P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3U	350P	355P	360P
Nominal Max. Power (P _{max})	350 W	355 W	360 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	39.2 V	39.4 V	39.6 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	8.94 A	9.02 A	9.10 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	46.6 V	46.8 V	47.0 V
Short Circuit Current (I _{sc})	9.51 A	9.59 A	9.67 A
Module Efficiency	17.64%	17.89%	18.15%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	30 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3U	350P	355P	360P
Nominal Max. Power (P _{max})	260 W	264 W	268 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	36.2 V	36.4 V	36.6 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	7.18 A	7.25 A	7.31 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	43.7 V	43.9 V	44.1 V
Short Circuit Current (I _{sc})	7.67 A	7.74 A	7.80 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2000 X 992 X 35 mm (78.7 X 39.1 X 1.38 in)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 400 mm (15.7 in) (+) / 280 mm (11.0 in) (-); landscape: 1250 mm (49.2 in) (leap-frog connection: 1670 mm (65.7 in))*
Connector	T4 series
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HC)	660 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the ongoing innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustments to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

Dec. 2018. All rights reserved. PV Module Product Datasheet V5.581_EN

ANEXO 6 – DATASHEET DO INVERTER

ABB Solar Inverters

Guida rapida di installazione
TRIO-5.8/7.5/8.5-TL-OUTD

IT



Oltre a quanto di seguito esposto è obbligatorio leggere e ripetere le informazioni di sicurezza ed installazione riportate nel manuale di installazione. La documentazione tecnica e i software di interfaccia e gestione relativi al prodotto sono disponibili sul sito web. L'apparecchiatura deve essere utilizzata in conformità a quanto descritto nel manuale. In caso contrario le prestazioni garantite dall'inverter potrebbero essere infideli.

Power and productivity
for a better world™

ABB

	TRIO-5.8-TL-OUTD	TRIO-7.5-TL-OUTD	TRIO-8.5-TL-OUTD
Ingresso			
Massima Tensione Assoluta di Ingresso (V _{max,abs})		1000 V	
Tensione di Attivazione di Ingresso (V _{start})		350 V (adj. 200...500 V)	
Intervallo operativo di Ingresso (V _{dimin} ...V _{dimax})		0.7 x V _{start} ...950 V	
Potenza Nominale di Ingresso (P _{dc})	5950 Wp	7650 Wp	8700 W
Numero di MPPT Indipendenti	1	2	2
Potenza massima di Ingresso per Ogni MPPT (P _{MPPTmax})	6050 W Derating da MAX a Zero (800Vdc/MPPT≤850V)	4800 W	4800 W
Intervallo MPPT di Tensione DC (V _{MPPTmin} ...V _{MPPTmax}) a P _{dc}	320...800 V	-	-
Intervallo tensione di Ingresso (V _{MPPTmin} ... V _{MPPTmax}) a P _{dc} (config. MPPT parallelo)	-	320...800 V	320...800 V
Utilizzazione di potenza vs. Tensione di Ingresso (configurazione MPPT in parallelo)	-	Derating da MAX a Zero (800Vdc/MPPT≤850V)	-
Limitazione di Potenza DC per ogni MPPT con Configurazione di MPPT Indipendenti a P _{dc} , esempio di massimo sbilanciamento	-	4800 W (320Vdc/MPPT≤800V) altro canale: P _{dc} ≤4800W	4800 W (320Vdc/MPPT≤800V) altro canale: P _{dc} ≤4800W
Massima Corrente DC in Ingresso (I _{dimax}) / per ogni MPPT (I _{MPPTmax})	18.9 A	30 A / 15 A	30 A / 15 A
Massima corrente di Ritorno (solo AC vs solo DC)		Trascurabile	
Numero di Coppie di Collegamento DC in Ingresso per ogni MPPT		2 (Versione -B)	
Tipo di Connettore DC di Ingresso (componenti indicati o equivalenti)		Connettore PV Tool Free WM / MC4 (Morsettiera a vite in versione Standard)	
Tipo di pannelli fotovoltaici collegabili in Ingresso secondo la norma IEC 61730		Classe A	
Protezioni di Ingresso			
Protezione da Inversione di Polarità		SI, da sorgente limitata in corrente	
Protezione da Sovratensione di Ingresso per ogni MPPT - Varistori		2	
Corrente massima di corto circuito per ogni MPPT	24.0 A	20.0 A	20.0 A
Controllo di Isolamento		In accordo con lo standard locale	
Caratteristiche Sezionatore DC per ogni MPPT (Versione con sezionatore DC)	13 A/1000 V	23 A/ 800 V	
Uscita			
Connessione AC alla Rete		Tifase, 3 o 4 fili +PE	
Tensione di uscita AC nominale (V _{ac})		400 V	
Intervallo di Tensione di Uscita (V _{acmin} ...V _{acmax})		320...480 V (1)	
Potenza di Uscita Nominale (P _{ac}) (cosφ=1)	5800 W	7500 W	8500 W
Massima potenza assorbente di Uscita (S _{max})	5800 VA	7500 VA	8500 VA
Massima Corrente di Uscita (I _{acmax})	10.0 A	12.5 A	14.5 A
Contributo alla corrente di corto circuito	12.0 A	14.5 A	16.5 A
Corrente di inrush		Trascurabile	
Massima corrente di questo		<20 Arms (30 Arms)	
Frequenza Nominale di Uscita (Hz)		50 Hz / 60 Hz	
Intervallo di Frequenza di Uscita (f _{min} ...f _{max})		47...53 Hz / 57...63 Hz (2)	
Fattore di potenza Nominale e intervallo di aggiustabilità (CosφIacr)	>0.995, adj.±0.9 con P _{ac} ≤5.23kW, adj. ±0.8 con max 5.8kW	>0.995, adj.±0.9 con P _{ac} ≤6.75kW, adj. ±0.8 con max 7.5kW	>0.995, adj.±0.9 con P _{ac} ≤7.65kW, adj. ±0.8 con max 8.5kW
Distorsione Armonica Totale di Corrente			
Tipo di Connessioni AC		Morsettiera a vite sezione massima 10 mm ²	
Protezioni di Uscita			
Protezione Anti-Islanding		In accordo con lo standard locale	
Massima protezione da Sovracorrente AC	10.5 A	12.0 A	15.0 A
Protezione da Sovratensione di Uscita - Varistori		4, più gas arrestor	
Prestazioni Operative			
Efficienza Massima (η _{max})		96.0%	
Efficienza Pesata (EUROCEC)	97.4% / -	97.5% / -	97.5% / -
Soglia di Alimentazione della Potenza	32 W	36 W	36 W
Consumo in Stand-by		< 15 W	
Comunicazione			
Monitoraggio locale Cablo	Scheda Ethernet con webserver (opt.), PV-USB-R8232-485 (opt.), PVI-DESKTOP (opt.)		
Monitoraggio Remoto	Scheda Ethernet (opt.), PVI-AEC-EVO (opt.), VSN/NO Data Logger (opt.)		
Monitoraggio locale Wireless	PVI-DESKTOP (opt.) con PVI-RADIO MODULE (opt.)		
Interfaccia Utente	Display Grafico		
Ambientali			
Temperatura ambiente	-25...+60°C / -13...140°F con derating sopra 1		
Temperatura di immagazzinamento	-40...80°C / -40...+176°F		
Umidità Relativa	0...100% condensa		
Emissioni Acustiche	<45 db(A) @ 1 m		
Massima altitudine operativa	2000 m / 6560 ft		
Classificazione grado di inquinamento ambientale per ambiente esterno	3		
Categoria Ambientale	Da esterno		
Più			
Grado di Protezione Ambientale	IP 65		
Sistema di raffreddamento	Naturale		
Categoria di Sovratensione per IEC 62109-1	II (Ingresso DC) II (uscita AC)		
Dimensioni (H x W x D)	641mm x 429mm x 237mm / 25.2" x 16.9" x 9.3"		
Peso	855mm x 429mm x 237mm / 33.7" x 16.9" x 9.3" con coperchio aperto		
Sistema di Montaggio	28.0 kg / 61.7 lb		
Sicurezza	28.0 kg / 61.7 lb		
Classe di Sicurezza	Staffe da parete		
livello di Isolamento	I		
Certificazioni	Senza trasformatore (TL) CE (50Hz only)		
1. L'intervallo di tensione di uscita può variare in funzione della norma di connessione alla rete, valide nel Paese di installazione 2. L'intervallo di frequenza di uscita può variare in funzione della norma di connessione alla rete, valide nel Paese di installazione Nota: Le caratteristiche non specificatamente menzionate nel presente data sheet non sono incluse nel prodotto			
Contact us			
TRIO-5.8_7.5_8.5-TL-OUTD-Quick Installation Guide IT-RevD			
EFFECTIVE 2014-03-07			
© Copyright 2014 ABB. All Rights Reserved			
www.abb.com/solarinverters			

ANEXO 7 – DATASHEET DO DISJUNTOR

■ ESPECIFICAÇÕES

Especificações Técnicas	
Normas	ABNT NBR/NM 60898/04, IEC60898, IEC60947-2
Certificado	Número TÜV 18.2153
Curva de atuação	C
Tensão nominal de isolamento U_i	240V~ / 415V~
Tensão nominal de trabalho U_e	240V~ / 415V~
Frequência nominal	50/60Hz
Capacidade de interrupção I_{cn}	6A-32A 6kA / 40A-70A 4,5kA / 80A-125A 10kA
Vida mecânica	100.000 manobras
Vida elétrica	6000 manobras
Temperatura de operação	-25 á 55°C
Temperatura de armazenagem	-5 á 40°C
Modo de fixação	Trilho DIN

Fonte: Simbratec, 2019

ANEXO 8 – DATASHEET DO DPS

Características técnicas	Unid.	CLAMPER SOLAR							
Modelos	-	150V 40KA		300V 40KA		600V 40KA		1040V 40KA	
Código CLAMPER	-	012337	012336	012334	012335	012333	012332	012331	012330
Normas aplicáveis	-	EN 50539-11 / IEC 61643-31							
Classe de teste	-	II							
Tecnologia de proteção	-	Varistor de Óxido Metálico (MOV)							
Modos de proteção	-	L+ / PE, L- / PE (modo comum), L+ / L- (modo diferencial)							
Proteção térmica dos varistores	-	Sim							
Nível de proteção - U_p (L+ / L-)	kV	0,8		1,6		2,4		5,0	
Nível de proteção - U_p (L+ / PE) ; (L- / PE)	kV	1,0		2,0		2,7		5,0	
Tempo de resposta típico	ns	< 25							
Tensão máxima de operação contínua - U_{pvc}	V _{pk}	150		300		600		1040	
Corrente de descarga nominal @ 8/20µs - I_n	kA	10							
Corrente de descarga máxima @ 8/20µs - I_{max}	kA	20							
Corrente de descarga total @ 8/20µs - I_{tot}	kA	40							
Tensão residual @ 5kA (L+ / L-)	kV	0,6		1,4		2,2		4,0	
Seção dos condutores	mm²	4 a 25							
Sinalização de status	-	Local	Local e Remota	Local	Local e Remota	Local	Local e Remota	Local	Local e Remota
Parâmetros elétricos dos contatos de sinalização remota	-	NA-C-NF 125 V _{AC} /2 A máx.							
Seção transversal do cabo dos contatos de sinalização remota	-	N/A	0,5 a 1,5	N/A	0,5 a 1,5	N/A	0,5 a 1,5	N/A	0,5 a 1,5
Temperatura de operação	°C	-40... +70							
Invólucro	-	Material com características de não propagação e auto-extinção do fogo							
Grau de proteção	-	IP20							
Peso aproximado	g	313	317	322	326	335	331	351	355
Dimensões	mm	90,6 x 53 x 66 (C x L x A) / 94,6 x 53 x 66 (C x L x A)*							

Fonte: Clamper, 2019

ANEXO 9 – DATASHEET DO PORTA FUSÍVEL

FUSÍVEL SOLAR FOTOVOLTAICO 25A 1000Vdc

Os fusíveis são partes essenciais para proteção do seu sistema fotovoltaico, geralmente estão presentes nas stringbox e atuam no momento em que há uma sobrecorrente, evitando que os cabos sobreaqueçam e protegendo os equipamentos.

Este anúncio contempla 01(uma) unidade de fusível.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Modelo fusível: SRD-30 gPV Suntime
- Tensão nominal: 1000 Vdc
- Corrente nominal: 25A
- Padrão: IEC 60269-6
- Certificação: TUV
- Instalação: O fusível deve ser instalado em um porta fusível

Fonte: Panda Energia Solar, 2019