

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS - MG**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**WILLIAN BATISTA GERÔNIMO**

**IMPLEMENTAÇÃO DO FOTOVOLTAICO PARA ATENDER A GERAÇÃO DE**  
**ENERGIA ELÉTRICA EM LOCAIS REMOTOS**

**VARGINHA – MG**  
**2018**

**WILLIAN BATISTA GERÔNIMO**

**IMPLEMENTAÇÃO DO FOTOVOLTAICO PARA ATENDER A GERAÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA EM LOCAIS REMOTOS**

Trabalho apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como pré-requisito para obtenção do Grau de Bacharel, sob orientação do prof. Adilson Amaro da Silva.

**VARGINHA - MG  
2018**

**WILLIAN BATISTA GERÔNIMO**

**IMPLEMENTAÇÃO DO FOTOVOLTAICO PARA ATENDER A GERAÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA EM LOCAIS REMOTOS**

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Prof : Adilson Amaro da Silva

---

Prof : Josué Alexandre Aquino

---

Prof : Roberto Mudesto

OBS.:

Dedico este trabalho a toda minha família,  
amigos, mestres, que sempre estiveram ao  
meu lado para conquistar este sonho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Agradeço ao meu orientador Adilson Amaro da Silva e ao professor Hugo Vieira, pelo suporte no pouco tempo que lhes couberam e pelas suas correções e orientações.

## RESUMO

Este trabalho buscou fazer uma análise do sistema fotovoltaico como uma alternativa para um desenvolvimento sustentável em locais remotos procurando atender as necessidades humanas nesses locais, sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades da sociedade no futuro. Com a demanda de energia elétrica crescendo cada vez mais, a diversificação da matriz energética atual e à procura por outros tipos de fontes renováveis complementares tornam-se cada vez mais importantes. Entre essas fontes a energia proveniente do sol, se destaca como uma das mais promissoras e, na busca pelo aproveitamento direto da radiação solar, vários tipos de tecnologias tem sido estudadas e desenvolvidas como uma fonte alternativa. No Brasil, segundo a Agencia Nacional de Energia Elétrica ANEEL (2016) as fontes de energia eólica e solar fotovoltaica representam pouco mais de 6% do total analisado dos empreendimentos em operação, que demonstra uma oportunidade para aumentar a geração de energia elétrica utilizando o fotovoltaico como alternativa. Considerando, então, a relevância que a geração renovável de energia assume nesse contexto, esse trabalho explica o princípio da implementação, e demonstra um conceito de viabilidade técnica-econômica da instalação de um projeto fotovoltaico sem a conexão à rede elétrica de distribuição, dando a possibilidade de geração de energia elétrica em locais remotos. O principal objetivo é demonstrar que fotovoltaico é uma alternativa para o fornecimento de energia elétrica para atender as áreas que se localizam em zonas remotas e, de difícil acesso que não há como fazer o uso da energia das concessionárias. Isso se faz importante devido forma de produzir energia limpa, comparada aos recursos hídricos e fósseis, sem agredir a natureza. Assim como levar energia elétrica em locais onde não exista transmissão, para que os mesmos se tornem autossustentáveis. Foi realizado um projeto fotovoltaico autônomo para atender a demanda energética dos equipamentos de uma Torre de Internet e foram usados no projeto uma Placa Pannel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6K-270P (270Wp), um Controlador de Carga Solar Mppt 20a Lcd Epever Tracer e uma Bateria moura 12mn150 Estacionária onde os mesmos foram o suficiente para atender a carga demandada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotovoltaico. Fonte Renovável. Locais remotos.

## ABSTRACT

This work proposes the analysis of the photovoltaic system as an alternative for a sustainable development in remote places, trying to meet the human needs in these places, without compromising the capacity to meet the needs of society in the future. With the demand for electricity growing more and more, the diversification of the current energy matrix and the demand for other types of complementary renewable sources are becoming increasingly important. Among these sources, energy from the sun stands out as one of the most promising, and in the search for the direct use of solar radiation, several types of technologies have been studied and developed as an alternative source. In Brazil, according to ANEEL (2016), wind energy and solar photovoltaic energy sources account for just over 6% of the total analyzed of the projects in operation, which demonstrates an opportunity to increase electricity generation using photovoltaic as an alternative. Considering the relevance of renewable energy generation in this context, this work explains the principle of implementation and demonstrates a concept of technical and economic viability of the installation of a photovoltaic project without the connection to the distribution grid, possibility of generating electricity in remote locations. The main objective is to demonstrate that photovoltaic is an alternative for the supply of electric energy to serve the areas that are located in remote areas and, difficult to access that there is no way to make use of the utility energy. The methodology used will be in addition to theoretical studies and studies of practical applications, will also be simulated via software a new remote access power plant. This is important because it produces clean energy, compared to water and fossil resources, without harming nature. As well as bringing electricity in places where there is no transmission, so that they become self-sustaining. The expected result is the correct specification of a new remote photovoltaic plant, assessing risks, investments and comparative analysis with studies already implemented. An autonomous photovoltaic project was carried out to meet the energy demand of the equipment of an Internet Tower, and a CSI CS6K-270P (270Wp) Canadian Solar Photovoltaic Panel, a Solar Mppt 20a Lcd Epever Tracer Charge Controller and a Battery moura 12mn150 Stationary where they were enough to meet the demanded load.

**KEYWORDS:** Photovoltaic. Renewable Source. Remote locations.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da distribuição da irradiação solar média diária incidente no Brasil.....	14
Figura 2 - Vista de uma das quatro balizas de sinalização em frente a refinaria de petróleo Landulfo Alves de Mataripe.....	19
Figura 3 - Diagrama Unifilar de um sistema SFD em CC .....	20
Figura 4 - Diagrama Unifilarde um Sistema SFD em CC .....	20
Figura 5 - Sistema Autônomo .....	22
Figura 6 - Sistema hídrico eólico e fotovoltaico .....	23
Figura 7 - Sistema de bombeamento fotovoltaico.....	23
Figura 8 - Sistema Isolado Hídrico .....	24
Figura 9 - Estrutura de um sistema fotovoltaico com ligação à rede .....	25
Figura 10 - Funcionamento do sistema <i>On-Grid</i> passo a passo.....	26
Figura 11- Componente do sistema <i>On-Grid</i> .....	27
Figura 12 - Conexão das células fotovoltaicas.....	28
Figura 13 - Máquina que realiza conexão das células.....	29
Figura 14 - Laminadora de módulos fotovoltaicos .....	29
Figura 15 - Máquina de molduragem.....	30
Figura 16 - Caixa de Conexão.....	31
Figura 17 - Caixa de conexão comercial .....	31
Figura 18 - Conectores tipo engate rápido .....	32
Figura 19 - Controlador de carga .....	35
Figura 20 - Esquema de funcionamento/controlador de carga tipo série.....	36
Figura 21 - Esquema de funcionamento/controlador de carga tipo <i>shunt</i> .....	36
Figura 22 - Esquema de funcionamento/controlador de carga tipo com MPPT .....	37
Figura 23 - Soma da quantidade necessária para prever e garantir alimentação diária do sistema fotovoltaico autônomo.....	40
Figura 24 - Cálculo da radiação solar em uma superfície com inclinação qualquer.....	42
Figura 25 - Figura Azimute.....	42
Figura 26 - Calculando a potência do gerador .....	43
Figura 27 - Calculando o número de módulos por fileira .....	43
Figura 28 - Calculando a carga elétrica fornecida pela bateria .....	43
Figura 29 - Cálculos para escolha do regulador de carga MPP e do inversor.....	44
Figura 30 - simulação do projeto.....	49



Figura 31- Diagrama unifilar do projeto .....	50
Figura 32 - Simulação da inclinação do painel .....	51
Figura 33 - Ubiquiti Airmax Rocket M5 Mimo Homologado Anatel 5.8ghz.....	52
Figura 34 - Ubiquiti airmax basestation am 5g20 90 20dbi 90° 5ghz.....	53
Figura 35- Antena dish ubiquiti 30 dbi - .....	54
Figura 36 – Switch 8 Portas TP-Link 10/100/1000 Gigabit TL-SG1008D .....	55
Figura 37- Placa Pannel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6K-270P (270Wp).....	56
Figura 38 -Controlador Carga Solar Mppt 20a Lcd Epever Tracer 2210 .....	57
Figura 39 - Terminal de conexão: Crimp .....	58
Figura 40- Bateria moura 12mn150 Estacionária .....	59

## LISTA DAS TABELAS

Tabela 1- Especificação das SIGFIs.....	19
Tabela 2 - Dimensionamento dos equipamentos e necessidades de consumo .....	40
Tabela 3 - Valores da intensidade da radiação solar na cidade de Braga.....	41
Tabela 4 - Coeficientes para o cálculo da radiação solar incidente sobre uma superfície qualquer, cogitando transparência óptica de até 3% .....	42
Tabela 5 – Quantidade de carga consumida pelos equipamentos em WH/DIA .....	47
Tabela 6 - Índice de irradiação solar média mensal em Santana da Vargem.....	48
Tabela 7 - Especificações Mecânicas do Painel Solar: .....	56
Tabela 8 - Especificações técnicas .....	56
Tabela 9 - Custo médio do projeto .....	59

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b> .....	16
<b>2.1. Sistemas fotovoltaicos isolados</b> .....	18
2.1.1. Sistemas Isolados Individuais .....	19
<b>2.2. Sistemas fotovoltaicos isolados autônomo</b> .....	21
2.2.1. Sistemas Isolados Híbridos .....	22
<b>2.3. Sistema <i>on -grid</i></b> .....	24
<b>3. COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO</b> .....	27
<b>3.1.Módulos Fotovoltaicos</b> .....	27
<b>3.2.Caixa de Conexões</b> .....	30
<b>3.3. Terminais</b> .....	32
<b>3.4 Diodo de Desvio</b> .....	32
<b>3.4. Diodos de Bloqueio</b> .....	33
<b>3.5. Fusíveis de Proteção</b> .....	33
<b>3.6. Baterias</b> .....	33
<b>3.7. Controladores de Carga</b> .....	34
<b>3.8. Inversores</b> .....	37
3.9.1. Conversores .....	38
<b>3.10. Seguimento do Ponto de Potência Máxima (SPPM)</b> .....	39
<b>4. DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO</b> .....	40
<b>5. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA FOTOVOLTAICO</b> .....	45
<b>6. ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO</b> .....	46
<b>6.1 Avaliação do local a ser implementado</b> .....	46
<b>6.2 Simulação do Sistema</b> .....	46
6.2.1 Projeto para torre de internet.....	46
6.2.2 Característica dos componentes .....	51
<b>6.3 Resultados Obtidos</b> .....	60
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

O tema energia renovável tem se tornado cada vez mais o alvo de discussões pelo mundo, sendo que, manter ou aumentar o uso de fontes de energia que são agressivos ao meio ambiente, como os combustíveis fósseis que tem dominado a cadeia da matriz energética global, se torna uma decisão insustentável. A procura mundial de energia aumentará mais de um terço até 2035 e, conseqüentemente, mais investimentos no setor de geração de energia elétrica serão inevitáveis. Dentro deste cenário, investimentos na área de energia elétrica são imprescindíveis para ajudar no desenvolvimento da sociedade. Entretanto, considerando o atual momento em que a sociedade atravessa, como as secas dos últimos anos que estão pondo em risco o abastecimento de energia, se faz necessário o aumento da geração de energia elétrica através da implementação de fontes renováveis, como através de fontes hidráulicas, eólicas, solar, dentre outras. Dentre as fontes renováveis em evidência, a solar vem se destacando não só no Brasil mais em todo o mundo, pela sua flexibilidade na instalação e pelo seu custo (IEA, 2011).

Os sistemas fotovoltaicos são geralmente de baixa potência, desde que se disponha de um único módulo, esses sistemas autônomos são uma alternativa, desde um ponto de vista técnico e econômico, comparado a outros sistemas de geração de energia elétrica, nos lugares onde não há fornecimento da energia elétrica. Os sistemas fotovoltaicos autônomos são utilizados há muito tempo, em campos de aplicação como o espacial para o fornecimento elétrico dos satélites, estações espaciais habitadas, nas navegações marítimas e para o fornecimento de luzes de sinalização. Em outros campos de aplicação o uso do sistema fotovoltaico melhora a qualidade de vida de muitos lugares, permitindo o uso da luz artificial, eletrodomésticos, abastecimento de água por bombeamento (CASTEJÓN, 2009).

Pode ser também uma fonte de energia alternativa para lugares onde não há rede de distribuição de energia elétrica e para suprir a necessidade da população que se situam em área remotas e também de empresas de torres de transmissão de dados, que detém seus equipamentos em locais de difícil acesso, onde não há como utilizar a energia da concessionária.

O sistema de geração fotovoltaico são utilizados como geradores de energia elétrica para alimentar sistemas profissionais de transmissão de energia elétrica, iluminação pública, zona rural, etc. Situados em lugares onde não há conexão com a rede de distribuição de energia elétrica e o uso de outros tipos de geradores autônomos de energia elétrica.

Alguns dos sistemas que tem essa característica são:

Replicadores para televisão digital terrestre (TDT). Em lugares que devido aos obstáculos naturais, não possibilitam a recepção dos sinais de televisão, são necessários instalar

emissoras complementares. Os lugares de montagem devem ser escolhidos para que a programação das ondas eletromagnéticas sejam especialmente favoráveis.

Estações de baixa potência para transmissão de âmbito regional. Os lugares de instalação dessas estações são escolhidos considerando que a radiação para uma determinada zona está livre de impedimentos.

Sistemas de telemetria e controle remoto. Permitem a medição de variáveis climáticas, a monitoração do comportamento de rios e reservatórios, a implementação do sistema de proteção sísmica e etc. Se a situação geográfica muitas vezes impossibilita o uso da rede elétrica de distribuição para sua alimentação.

Estações de base ou antena de telefonia móvel. Para ampliar a cobertura das comunicações telefônicas que muitas vezes se situam em zonas remotas, longe do sistema de distribuição de energia elétrica.

Luzes de perigo para áreas de navegação. Em lugares de advertência situadas em lugares a se advertir as tripulações, podendo notar em primeira mão os lugares de elevações naturais tais como picos de montanha ou estações como torres de transmissão, suportes de alta tensão e etc. A montagem e o funcionamento desses sistemas, muitas vezes implica custos elevados em que se refere ao fornecimento de energia elétrica e manutenção devido ao difícil acesso e localização desses lugares, tendo se em mente o uso dos geradores fotovoltaicos como solução segura e econômica.

Redes WI FI para o acesso a internet em zonas rurais, parques naturais e em geral em lugares onde esse serviço é exigido a rede elétrica de alimentação (CASTEJÓN,2009).

Com a crise energética que vivemos nos últimos anos, considerando as secas que comprometem a geração de energia elétrica no Brasil, nos dá a oportunidade de investimentos em energia com resultados rápidos. Com tudo isso, as necessidades energéticas continuarão a se expandir e, portanto, a política adotada deve considerar o benefício da sociedade e do meio ambiente, pois a preservação dos termos citados resulta numa qualidade de vida melhor. Neste contexto, a geração de energia elétrica através do sistema fotovoltaico, ganha uma vantagem por ser simples e rápida de instalar, ser modular, não contaminar o meio ambiente, ter uma fonte de energia renovável e grátis, ser silenciosa e por ser de fácil manuseio (ZANESCO et.al. 2004).

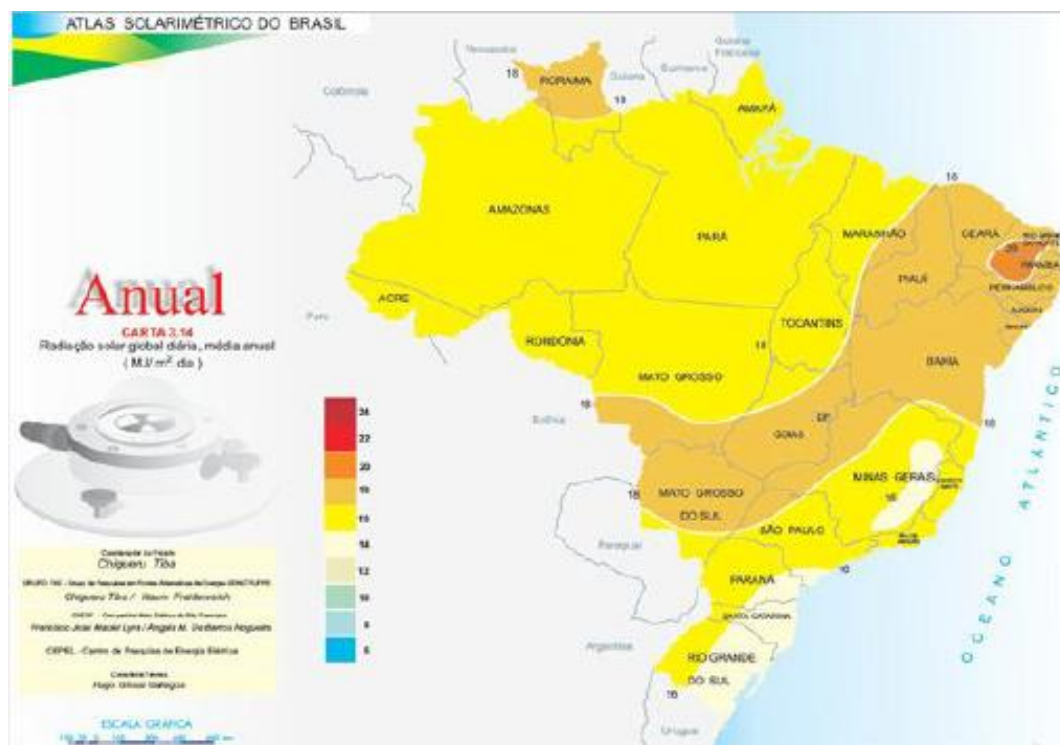
Este estudo se justifica visto que, a empresa que pretende se manter no mercado e crescer de forma sustentável ela tem o dever de se preocupar com os impactos provocados pelas mãos humanas ao meio ambiente, visando a produção natural que é utilizada pelos homens da natureza para seus devidos fins. Esse é o caso do sistema fotovoltaico visto que a conversão direta da energia solar em elétrica é feita por componentes denominados de células solares, estão

associadas eletricamente e encapsuladas para formar um módulo fotovoltaico.

Mundialmente esta tecnologia de conversão de energia está avançada, se expandindo, principalmente nos países desenvolvidos. A taxa de crescimento do mercado relativo a módulos fotovoltaicos é de 36%, enquanto que na Europa cresce a taxas de 40% (ZANESCO et.al. 2004).

Considerando que o Brasil é um país que nos proporciona elevados índices de radiação solar de norte a sul, conforme Figura 1, e que aproximadamente 12 milhões de brasileiros não dispõem do fornecimento de energia elétrica das concessionárias, os sistemas fotovoltaicos autônomos tornam-se uma alternativa. Esta parte da sociedade menos favorecida, geralmente, estão localizadas em lugares isolados e afastados da rede de distribuição e esta tecnologia é uma das alternativas mais viáveis economicamente. Por exemplo, o custo de um sistema fotovoltaico autônomo é por volta de R\$20,00 por watt instalado e o custo para estender a rede convencional, considerando um grupo de 14 a 33 residências que se localizam a uma distância de aproximadamente 4 km, é de R\$4.000,00 por residência. Convém ressaltar que com o mesmo valor, é possível instalar um sistema fotovoltaico de 200 W, o qual atende uma demanda energética de aproximadamente de 30 kWh/mês, valor típico de consumo de regiões isoladas (ZANESCO et.al. 2004).

Figura 1- Mapa da distribuição da irradiação solar média diária incidente no Brasil



Fonte: Souza (2018, p.25).

Para a implementação de um sistema fotovoltaico autônomo é necessário dimensioná-lo corretamente, considerando a quantidade de módulos e baterias a serem instalados, atendendo da melhor forma possível à demanda energética e à radiação solar do local. Faz-se necessário uma análise experimental do sistema fotovoltaico e dos equipamentos que o constituem para determinar o rendimento do sistema. Esta análise permite verificar uma possibilidade de uma redução no custo do sistema, pois um sistema bem dimensionado e com equipamentos de qualidade, permite um desempenho melhor. O dimensionamento correto do sistema fotovoltaico é um fator imediato para minimizar o custo da instalação, colocando esta tecnologia mais competitiva economicamente. Muitos sistemas são sobre dimensionados, instalados de forma inadequada, ocorrendo geralmente, por falta de ferramentas de cálculo disponíveis ou por sua complexidade. Fazendo um dimensionamento subestimado resultará na falta de energia elétrica, isto é, haverá um elevado número de dias em que o sistema não irá gerar energia (ZANESCO et.al. 2004).

## 2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O mundo atual vive a era da globalização do avanço tecnológico, das informações que circulam em questões de segundos, do investimento que visa apenas o lucro. Por essa razão, nada mais necessário do que fazer uso da tecnologia para promover uma interação entre homem e natureza, priorizando a necessidade de que haja respeito, cooperação e maior conscientização por parte de cada um de nós em relação à biodiversidade e o meio em que vive.

Desta forma um sistema fotovoltaico se torna uma ferramenta necessária pelo fato que seu funcionamento não produz ruído acústico ou eletromagnético, não emite gases tóxicos ou qualquer outra forma de poluição. Ele ao mesmo tempo em que reduz os custos com energia elétrica nas residências e empresas ele pode ser implantado em qualquer localidade, poderá atender a todas as partes do país porque ele poderá ser utilizado todas as regiões, sejam elas remotas, desérticas, selvagens como até mesmo no espaço (SOUZA, 2018).

Segundo Souza (2018, p.14), um sistema fotovoltaico, “é uma fonte de potência elétrica, na qual as células fotovoltaicas transformam a radiação solar diretamente em energia elétrica”.

Partindo do pressuposto 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”.

Seguindo essa linha de pensamento pode-se dizer que os sistemas fotovoltaicos, é um sistema sustentável, o mundo atual remete a reflexão sobre a sustentabilidade, visto que está marcado pelos desastres ambientais, cujos efeitos são devastadores para o meio ambiente e para a vida social, econômica, cultural e política mundial.

Segundo Maranhão (2005), muitos não têm consciência da dimensão que atinge a destruição por eles provocada, cujas consequências chegam a atingir todo o mundo, todas as nações, por essa razão, é preciso que todas as pessoas assumam o compromisso de combater esse tipo de destruição em seu ambiente, sua comunidade, seu país.

Algumas das consequências, já se pode ver acontecer: “o aquecimento global, gerado pela concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera, acompanhado por mudanças violentas nos fenômenos climáticos; a escassez de água; a desertificação que torna os solos estéreis a atividades agrícolas” (MARANHÃO, 2005, p.7). E milhões de pessoas no mundo sofrendo fome, morrendo e vivendo em meio a tantas catástrofes provocadas pelas ações do próprio homem.

Para Galdino; Pinho (2014), a energia fotovoltaica é a energia obtida através da conversão



direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão.

O rendimento das células depende de diversos fatores e a operação em módulo possui eficiência global inferior à eficiência das células individuais devido ao fator de empacotamento, à eficiência ótica de cobertura do módulo e, à perda nas interconexões elétricas das células e ao descaso nas características das células (REIS apud SEVERINO & OLIVEIRA, 2010, p.299).

Conforme Souza (2018, p.25), “sistema fotovoltaicos não utilizam combustíveis, não possuem partes móveis, por serem dispositivos de estado sólido, requerem menor manutenção”.

A sociedade atual está em constante transformação, as pessoas estão sempre buscando se destacar em meio as outras e adotando sempre novos paradigmas. Vivemos num período de inovação, de liberdade de expressão, de busca pela sustentabilidade, de mudança dos nossos comportamentos em frente ao meio ambiente e o sistema fotovoltaico é um exemplo disso.

Segundo Souza (2017), o efeito fotovoltaico, observado por Edmond Bequerel em 1839, consiste no aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de um semicondutor, quando esse absorve a luz visível. A forma de captação de energia solar mais promissora. São incontestáveis as vantagens da energia solar fotovoltaica:

- a. A matéria prima é inesgotável
- b. Não há emissão de poluentes durante a geração da eletricidade
- c. Os sistemas podem ser instalados em todo o globo

Infelizmente a energia solar fotovoltaica tem suas deficiências:

- d. A densidade (o fluxo de potencial que chega à superfície terrestre) é pequeno ( $<1\text{kW/m}^2$ ), se comparado às fontes fósseis.
- e. A energia solar disponível em uma localidade varia sazonalmente, além de ser afetada pelas condições climatológicas.
- f. Os equipamentos de captação e conversão requerem investimentos financeiros iniciais mais elevados que os sistemas convencionais.

Segundo Guimarães (2007) para vivenciarmos a relação com o ambiente é necessário que haja preocupação com uma Educação Ambiental e que as ações e criações tecnológicas estejam voltadas para a cidadania e tenham como o objetivo a sustentabilidade, por uma vivência plena entre os seres humanos e o meio ambiente, deve haver uma conscientização planetária e não só em nível de país, mais de mundo, no sentido que todos os seres humanos são parte da vida do planeta assim como todos os recursos naturais e a biodiversidade.

Pensando dessa forma, pode-se dizer que o sistema fotovoltaico é um sistema sustentável porque “o conceito de desenvolvimento sustentável envolve a questão temporal; a

sustentabilidade de um sistema só pode ser observada a partir da perspectiva futura, de ameaças e oportunidades” (BOSSSEL, 1998, 1999 *apud* BELLEN, 2005 p.27),

Conforme aludido o sistema fotovoltaico captam a radiação do sol e produz corrente elétrica, essa corrente quando conectadas à rede elétrica ou armazenada em baterias pode ser usada qualquer lugar, em residências, empresas, deserto, pântanos, no chão, no ar, na iluminação pública, na sinalização de estradas, alimentação de sistemas de telecomunicações, no carregamento de baterias de veículos elétricos (VILLALVA; GAZOLI, 2012) e são divididos em:

- i. Sistemas Isolados
- ii. Sistemas Híbridos
- iii. Sistemas Autônomos
- iv. Sistemas Puros
- v. Sistemas *On-Grid*

Os quais serão detalhados a seguir, com foco em Sistemas Isolados, propósito deste trabalho.

## **2.1. Sistemas fotovoltaicos isolados**

Um sistema isolado é aquele que não tem nenhuma conexão com a rede elétrica pública e geralmente utiliza baterias para armazenar energia. Já o sistema conectado à rede é aquele que sempre funciona paralelamente com a rede elétrica pública, ou seja, funciona conectado à rede da concessionária de energia elétrica. Dessa forma, o sistema fotovoltaico conectado à rede não precisa de baterias, o que o torna muito mais viável financeiramente, seja para alimentar uma pequena residência ou uma grande indústria (MIRATECH, 2018).

Os sistemas isolados podem ser individuais ou em mini redes. No primeiro caso a geração é exclusiva para atendimento de uma única unidade consumidora, enquanto que no caso da mini rede, a geração é partilhada entre um pequeno grupo de unidades consumidoras que estão geograficamente próximas umas das outras Pinho e Galdino.

Abaixo (Figura 2) temos uma torre de sinalização marítima. É interessante observar que mesmo estando relativamente próxima da terra, pode ser notado ao fundo, que a estrutura é alimentada por painéis fotovoltaicos demonstrando que os gastos de instalação de sistemas autônomos vem reduzindo gradativamente fazendo com que sua instalação seja economicamente viável em qualquer lugar (DEMONTI,1998).

Figura 2 - Vista de uma das quatro balizas de sinalização em frente a refinaria de petróleo Landulfo Alves de Mataripe



Fonte: RLAM. Petróleo Brasileiro S/A -Petrobrás - Candeias-BA

A ANEEL(2012), por meio da Resolução N° 493/2012, estabeleceu procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Micro sistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI), além do Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes. Abaixo a tabela 1 que especifica as SIGFIs.

Tabela 1- Especificação das SIGFIs

Disponibilidade mensal garantida (kWh/mês/UC)	Consumo diário de referências (Wh/dia/UC)	Potência mínima do inversor (W/UC)	Autonomia mínima da bateria (horas)
13	435	250	
20	670	250	
30	1000	500	
45	1500	700	48
60	2000	1000	
80	2650	1250	

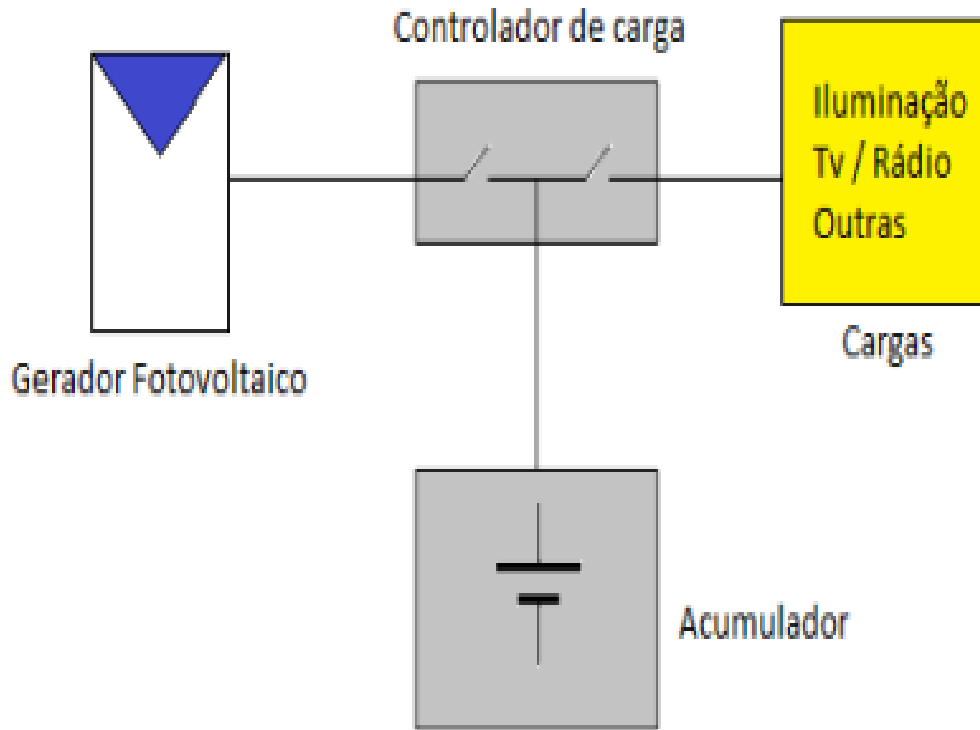
Fonte: ANEEL(2012).

### 2.1.1. Sistemas Isolados Individuais

Segundo Galdino; Pinho (2014), a eletrificação com Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares (SFD) consiste no atendimento, mediante energia solar, de domicílios individuais, permitindo aos moradores beneficiados ampliar seu leque de atividades, incluindo educação, lazer e

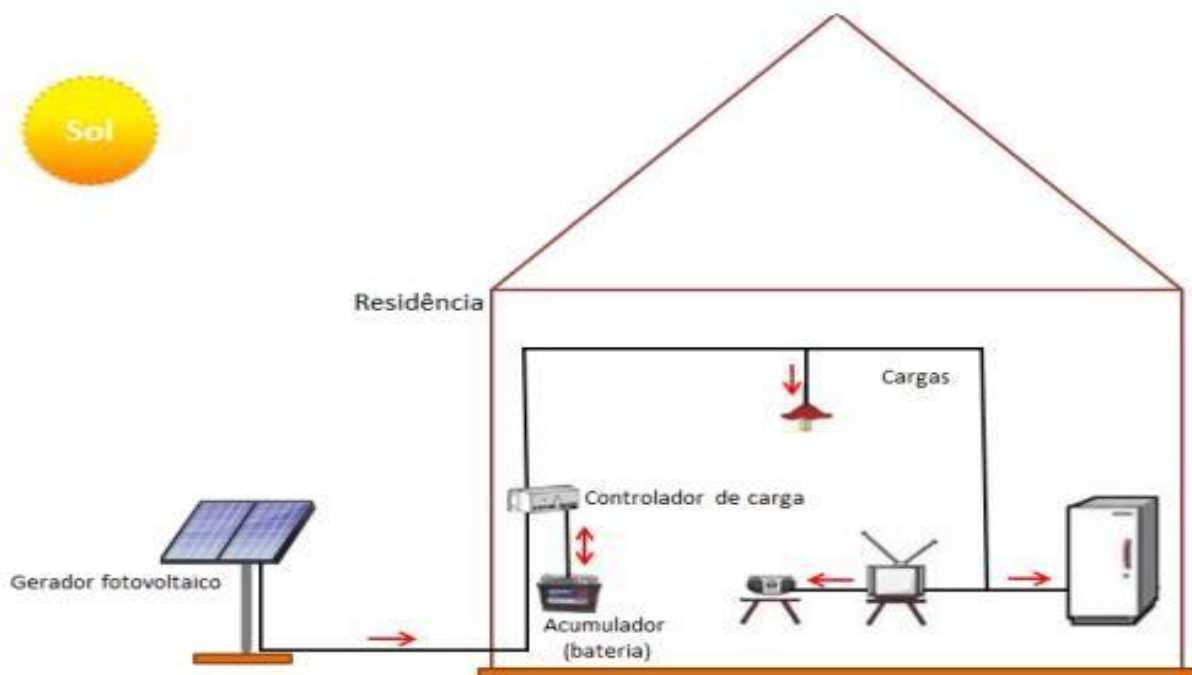
produção, dentre outras. Abaixo nas figuras 3 e 4 um diagrama de um SFD.

Figura 3 - Diagrama Unifilar de um sistema SFD em CC



Fonte: Galdino; Pinho (2014).

Figura 4 - Diagrama Unifilar de um Sistema SFD em CC



Fonte: Galdino; Pinho (2014).

## 2.2. Sistemas fotovoltaicos isolados ou autônomo

Os sistemas autônomos iniciaram os primeiros campos de operação econômica de tecnologia fotovoltaica. A aplicação deste tipo de sistemas autônomos observa-se que o fornecimento de energia vindo através da rede pública de distribuição de energia elétrica, não se justifica por razões técnicas e/ou econômicas. Nestes campos, os sistemas fotovoltaicos autônomos podem nos dar uma possibilidade econômica de alto interesse (ZANESCO et. al.,2004).

Um sistema fotovoltaico puro é aquele que não possui outra forma de geração de eletricidade. Devido ao fato de o sistema só gerar eletricidade nas horas de sol, os sistemas autônomos são dotados de acumuladores que armazenam a energia para os períodos sem sol, o que acontece todas as noites, e também nos períodos chuvosos ou nublados. Os acumuladores são dimensionados de acordo à autonomia que o sistema deve ter, e essa varia de acordo às condições climatológicas da localidade onde será implantado o sistema fotovoltaico (SOUZA, 2018, p.15).

Temos um cenário propício de um grande potencial para a implementação dos sistemas autônomos no Brasil, onde se notam grandes áreas que permanecem sem o fornecimento de energia elétrica. As constantes evoluções tecnológicas e a queda dos gastos de produção nos países industrializados, poderão também cooperar para o desenvolvimento deste tipo de aplicação.

No Brasil, os primeiros sistemas fotovoltaicos foram os autônomos, isto é, que fazem uso de baterias. Esses sistemas foram instalados em locais onde não se tinha acesso ao sistema de distribuição de energia elétrica. E, foi graças a esses sistemas que locais remotos puderem ter acesso à energia elétrica. Apesar de a energia solar possuir uma variabilidade de geração em razão da sua dependência com as condições meteorológicas locais, os índices de radiação incidentes no Brasil favorecem a utilização desse tipo de energia (RÜTHER et al., 2017 apud MAESTRI, 2018, p.29).

Conforme (Rüther, 2004 apud Maestri, 2018, p.28). “A energia solar fotovoltaica usa o efeito fotovoltaico para converter a energia da radiação solar em energia elétrica. [...] apresenta um grande potencial para desenvolvimento, [...] incide a da Terra mais energia vinda do sol do que a demanda total de todos os habitantes do planeta, em todo um ano”.

No ramo das pequenas aplicações solares de fornecimento de energia elétrica, também podemos verificar avanços significativos: calculadoras eletrônicas, relógios, carregadores de pilhas, lanternas e rádios, são alguns dos exemplos conhecidos do uso bem sucedido das células solares em sistemas autônomos de reduzida dimensão (ZANESCO et. al.,2004).

Segundo Souza (2018) os sistemas fotovoltaico sem armazenamento são:

...sistemas que funcionam somente durante as horas de sol. Temos como exemplo os sistemas de bombeamento de água. As características das bombas são calculadas

levando em consideração a necessidade água e o potencial *Solar* da localidade. O painel fotovoltaico é dimensionado para fornecer potencial para a bomba. Apesar de, geralmente, não utilizarem sistemas de armazenamento elétrico, o armazenamento energético é feito na forma de água no reservatório.

Um sistema fotovoltaico autônomo é formado por um conjunto de módulos fotovoltaicos, baterias e controladores de carga. Na Figura 5 abaixo temos um exemplo de um sistema autônomo fotovoltaico gerando energia para o sistema de alimentação de uma torre de Internet na cidade de Santana da Vargem.

Figura 5 - Sistema Autônomo



Fonte (Autor, 2017).

### 2.2.1. Sistemas Isolados Híbridos

A respeito dos sistemas isolados híbridos Maestri (2018) ressalta que

...em momentos em que há sol, a energia gerada é consumida localmente pela carga e o excedente pode ser injetado na rede elétrica ou utilizado para recarregar o banco de baterias. E, quando há uma falta na rede de energia, que faz com que a proteção anti-ilhamento do inversor atue, desconectando a carga da rede, entra um circuito secundário que alimenta parcialmente ou toda a carga, desde que o circuito alimentado esteja isolado da rede pública. Assim sendo, mesmo com o inversor fotovoltaico desligado e a rede de energia da 46 concessionária desenergizada, a carga pode continuar energizada (MAESTRI, 2018, p.45).

Um sistema fotovoltaico híbrido tem a opção de possuir ou não armazenamento de energia, quando opta por possuir normalmente a duração é de mais ou menos um dia apenas. Trata-se de um sistema que gera energia em conjunto como outro, como na figura 6, o outro sistema pode ser um aerogerador como o solar-eólico (SOUZA, 2018).

Figura 6 - Sistema hídrico eólico e fotovoltaico



Fonte: Souza (2018, p.15).

Segundo Nunes Neto (2016), “conforme a PN 493/2012, a eletrificação rural de comunidades isoladas também pode ser feita por sistemas coletivos denominados” MIGDI. Em algumas localidades isoladas no Brasil se utilizam sistemas com mini redes de distribuição para o fornecimento de eletricidade, onde a fonte de geração de energia elétrica mais comumente difundida é o grupo gerador a diesel.

Figura 7 - Sistema de bombeamento fotovoltaico



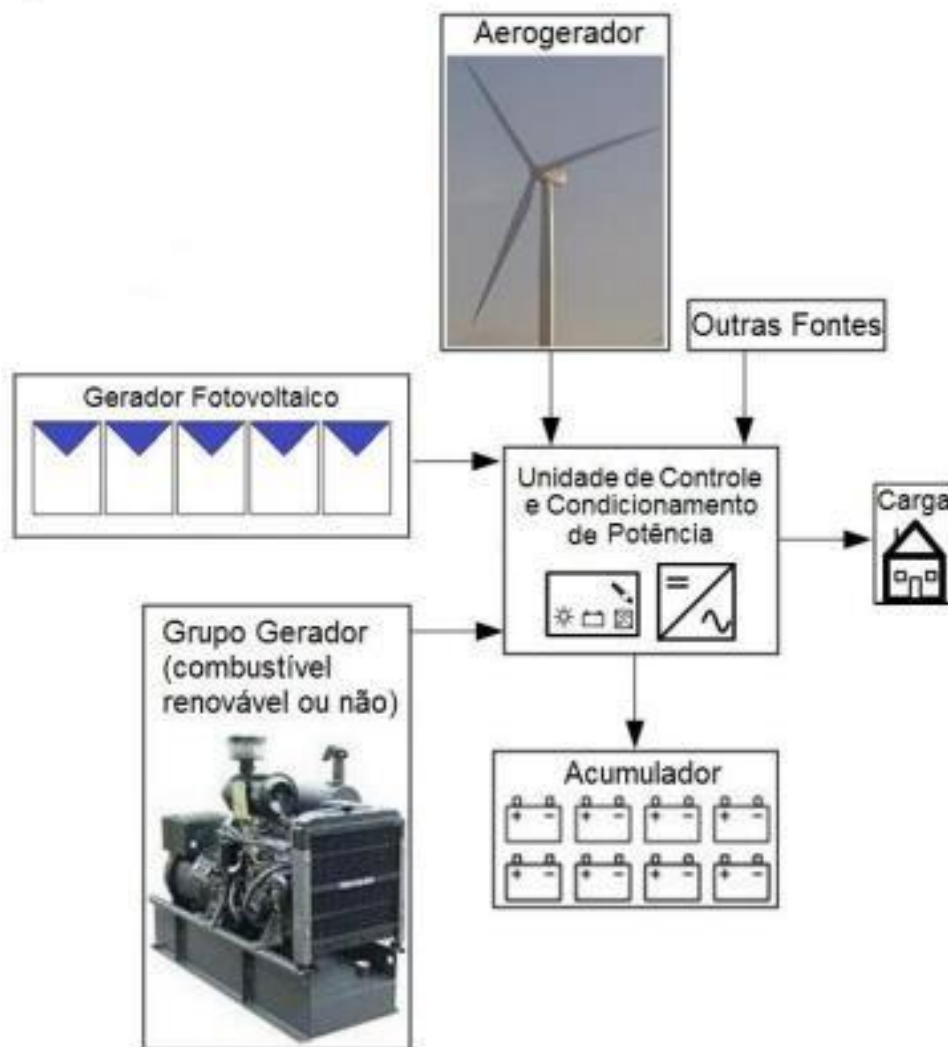
Fonte: Souza (2018, p.16).

No entanto, este tipo de sistema apresenta um alto custo operacional, em função da manutenção do grupo gerador e do consumo e transporte do óleo diesel, que ainda é maximizado quando as comunidades atendidas localizam-se em área extremamente afastadas dos centros

urbanos, convivendo com condições precárias de acesso (GALDINO; PINHO, 2014).

Deste modo, são aplicados os sistemas fotovoltaicos ou híbridos de geração de energia. A Figura 8 representa um diagrama Híbrido (Fotovoltaico, eólico e Diesel).

Figura 8 - Sistema Isolado Hídrico



Fonte: Galdino; Pinho (2014).

### 2.3.Sistema *On -Grid*

Com o alto crescimento da implementação do sistema fotovoltaico na Europa principalmente no caso da Alemanha, os sistemas fotovoltaicos com ligação à rede, vem ganhando grande repercussão e começaram a serem instalados com maior intensidade após a entrada em vigor dos investimentos governamentais. Já o Governo Federal lançou no mercado um conjunto de programas incentivadores, os quais tiveram reconhecimento a nível mundial



(HEIZO; NEVES: ALMEIDA,2014).

Um sistema fotovoltaico com ligação à rede é composto, normalmente, pelos seguintes componentes, conforme exemplificado também na figura 9:

2.4. Gerador fotovoltaico (módulos fotovoltaicos dispostos em série e em paralelo, com estruturas de suporte e de montagem)

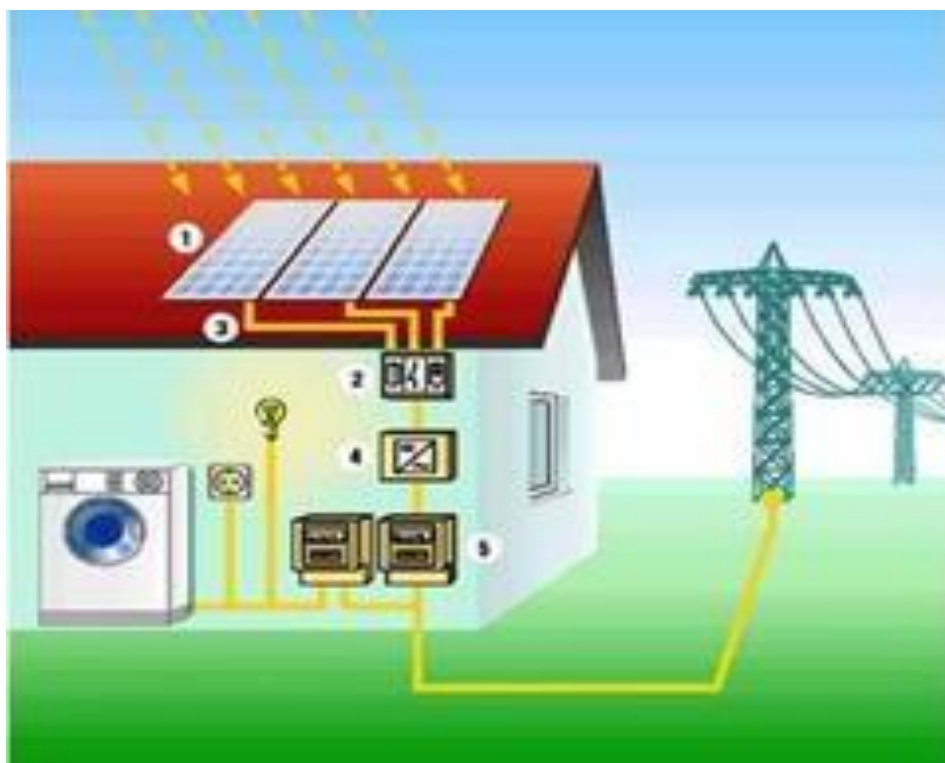
2.5. Caixa de junção (equipada com dispositivos de proteção e interruptor de corte principal DC)

2.6. Cabos AC-DC

2.7. Inversor

2.8. Mecanismo de proteção e aparelho de medida.

Figura 9 - Estrutura de um sistema fotovoltaico com ligação à rede

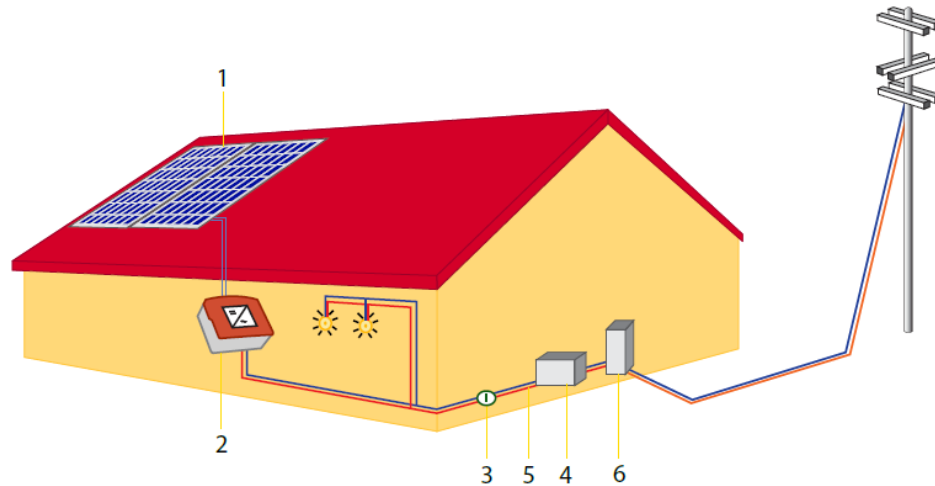


Fonte: (Energia Fotovoltaica, manual sobre tecnologias, projeto e instalação).

Conforme Souza (2018), os sistemas intitulados *On-Grid*, são considerados mais eficientes pelo fato de não necessitarem de um sistema de armazenamento de energia para funcionar, sem levar em consideração o custo benefício, visto que eles também são os mais baratos. Porém, pelo fato de usarem as redes de distribuição das concessionárias para levarem a energia até seu destino este sistema só pode operar mediante uma regulamentação e legislação

favorável. O sistema chamado de *On-Grid* funciona com base nos seis passos conforme figura 10.

Figura 10 - Funcionamento do sistema *On-Grid* passo a passo



Fonte: Souza (2008, p.17).

- 1 – Módulos Fotovoltaicos
- 2 – Inversor *Grid-Tie* – Transforma a corrente contínua do painel em corrente alternada de 127 V/220 V e 60Hz, compatível com a eletricidade da rede.
- 3 – Interruptor de Segurança.
- 4 – Quadro de Luz - distribui energia para casa.
- 5 – A eletricidade alimenta os utensílios e eletrodomésticos
- 6 – O excedente volta para a rede elétrica através do medidor fazendo-o *rodar ao contrário*, reduzindo a tarifa de energia elétrica (SOUZA, 2018).

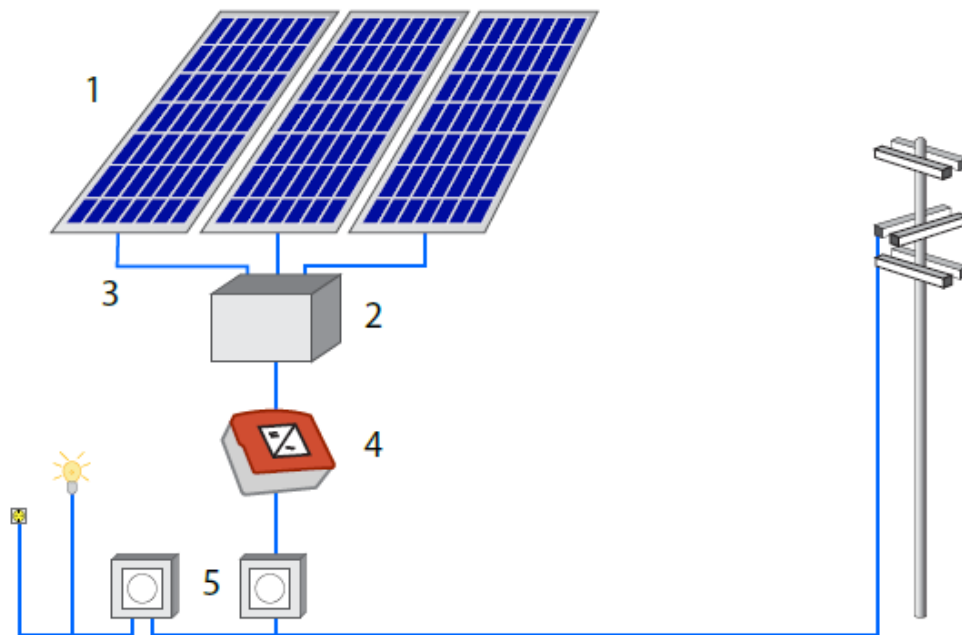
Nesse caso, “os sistemas fotovoltaicos conectados à rede fornecem energia para as redes de distribuição. Todo o potencial gerado é rapidamente escoado para a rede, que age como uma carga, absorvendo a energia” (SOUZA, 2018, p.17).

Conforme Maestri (2018, p.42), “os sistemas fotovoltaicos conectados à rede caracterizam-se por estarem conectados à rede de distribuição da concessionária de energia [...] Tal modo de operação implica que o gerador fotovoltaico opera em paralelo com a rede pública”.

### 3. COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os sistemas solar fotovoltaico conectado a rede (*On-Grid*), geralmente, são compostos de cinco componentes conforme figura 11.

Figura 11- Componente do sistema *On-Grid*



Fonte : (SOUZA, 2018, p.18).

Os sistemas isolados de geração de energia solar fotovoltaica, de forma resumida, são compostos de cinco componentes:

- 1 – Painel fotovoltaico;
- 2 – Caixa de Junção do painel fotovoltaico;
- 3 – Cabeamento;
- 4 – Inversor *Grid-Tie*;
- 5 – Medidor(es) de energia (SOUZA, 2018).

#### 3.1.Módulos Fotovoltaicos

É a parte principal do sistema que geram a energia elétrica para abastecer as baterias. Tem a função de transformar a radiação solar em corrente elétrica contínua. Um sistema pode ter apenas um painel ou vários painéis interligados entre si. “Um módulo fotovoltaico é a união de várias células fotovoltaicas englobadas por um encapsulamento. Uma célula sozinha tem uma tensão de

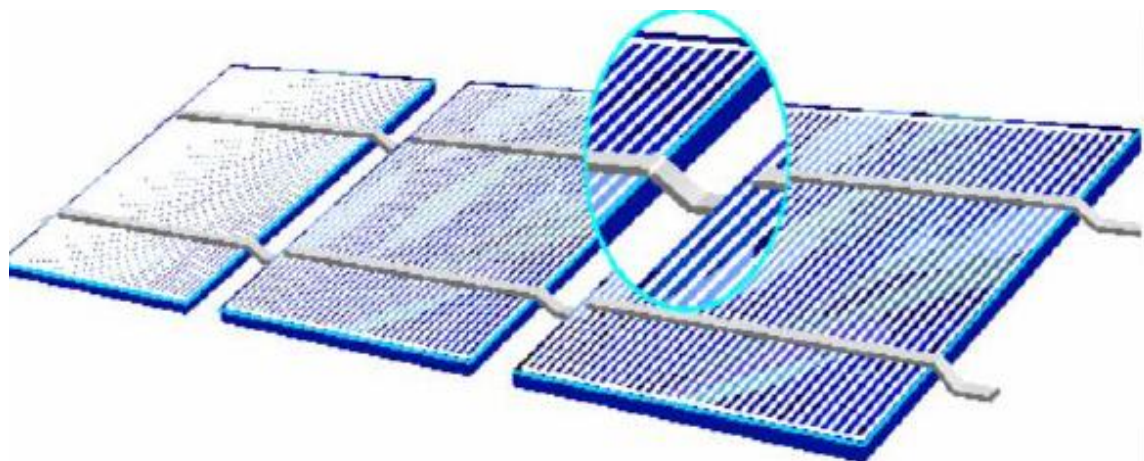
saída muito baixa, na ordem de 0,6 V. Dessa forma, várias células são conectadas em série de modo a constituir um módulo” (MAESTRI, 2018, p.48).

Segundo Maestri (2018), os módulos fotovoltaicos são formados por 8 elementos:

- Moldura de alumínio: fornece estabilidade estrutural;
- Vidro temperado de alta transparência: protege as células contra intempéries;
- Encapsulante: faz a adesão entre o vidro temperado, células e backsheet;
- Células fotovoltaicas: transforma a radiação solar em energia elétrica;
- Bus bar: contatos metálicos que conectam as células entre si até a saída do módulo;
- Backsheet: parte traseira do módulo que protege contra efeitos ambientais;
- Caixa de junção: garante vedação dos contatos elétricos e armazena os diodos de bypass;
- Cabos e conectores: realizam a condução da corrente para a carga (MAESTRI, 2018, P.49).

Conforme Souza (2018, p.40) cada “célula fotovoltaica de silício cristalizado produz uma tensão de aproximadamente 0,46 a 0,56 volts e uma corrente aproximadamente 30 mA/cm<sup>2</sup>. As células comerciais geram em torno de **1 A, 2,5 A, 3A, 5 A e 7 A**”. Ressalta que quando o objetivo é alcançar potências comerciais cabe aos fabricantes conectarem placas de silício uma nas outras formando um módulo de tensão nominal de 12 volts, e para isso gastam em torno de 30 a 40 células (figura 12).

Figura 12 - Conexão das células fotovoltaicas



Fonte: Souza (2018, p.40).

No entanto, a montagem do módulo fotovoltaico também pode ser feita por uma máquina específica e especializada neste processo ou manufatura o que só permite uma produção de baixa escala.

Segundo Souza (2018) esse processo pode ser realizado com uma máquina igual ao modelo da figura 13.

Figura 13 - Máquina que realiza conexão das células



Fonte: Souza (2018, p.40).

Dando seguimento ao processo, as células depois feita a conexão, vão ser encapsuladas da seguinte maneira primeiro colocam uma lâmpada de vidro temperado em seguida um material como EVA é colocado e as células conectadas, daí colocam mais uma lâmina de EVA e por fim uma cobertura de PVC, vidro ou outro polímero. Depois de todo esse processo, passará tudo por uma máquina que fará a laminagem, dando estanqueidade a peça final. (SOUZA, 2018).

Figura 14 - Laminadora de módulos fotovoltaicos



Fonte: Souza( 2018, p.41).

Para finalizar todo processo, o material que sai da laminadora será moldurado para que as caixas de conexão possam ser inseridas e o módulo possa ser testado em um simulador solar. As molduras normalmente são de alumínio anodizado (figura 15).

Figura 15 - Máquina de molduragem



Fonte: Souza (2018, p.42).

O simulador ainda não é a parte final do processo como aludido, além dele os módulos ainda tem que ser testados quanto a variação de temperatura ( $-40^{\circ}$  até  $+ 85^{\circ}$  C); umidade e congelamento; resistência a granizo/torções e carga mecânica entre outros. Estes testes determinam a capacidade mecânica de resistência contra as intempéries do meio (SOUZA, 2018).

### **3.2.Caixa de Conexões**

Para Maestri (2018) as caixas de conexão são denominadas, caixa de junção que recebe as conexões elétricas das células fotovoltaicas e aloja os diodos, que têm como função evitar a ineficiência do módulo em caso de o dia ficar nublado. Estas caixas geralmente ficam na parte de traz dos módulos fotovoltaicos.

Na parte posterior dos módulos normalmente há uma caixa de conexões, onde são abrigados os diodos de desvio (*by-pass*). A figura 16 abaixo exemplifica a caixa de conexões. Alguns módulos podem não vir com as mesmas, sendo ligados diretamente.

Figura 16 - Caixa de Conexão



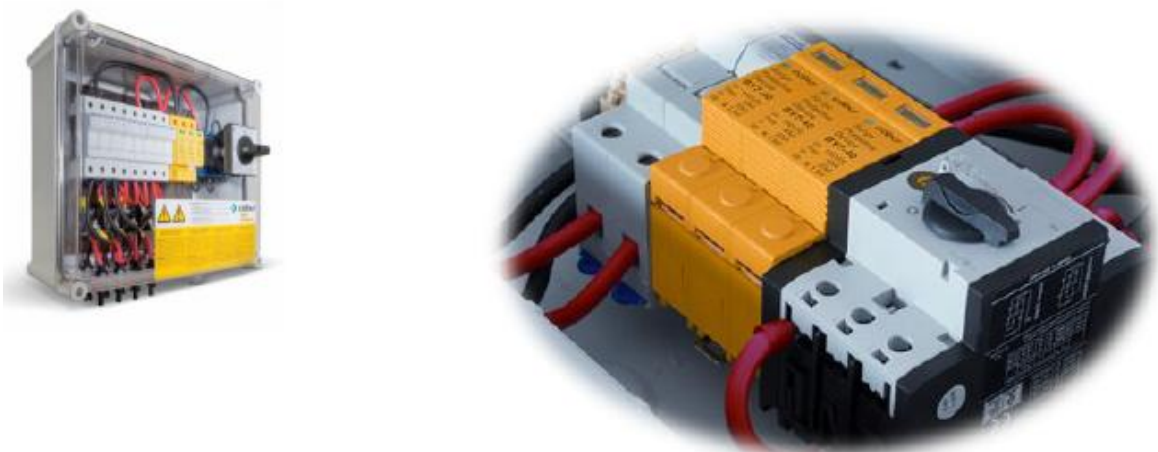
Fonte: Galdino; Pinho (2014).

Essas caixas de conexão abrigam em seu interior todos os elementos que protegem os módulos e as fileiras, existem muitas caixas de junção prontas no mercado para facilitar o trabalho, elas já possuem todos os elementos de proteção e dão encaixe perfeito para conexão dos módulos.

Conforme Souza (2018), figura 17, as caixas de conexão já veem dentro das normas internacionais e contam com:

- Fusíveis, que protegerão os cabos de excessos de corrente.
- Diodos de bloqueio, que protegerão as fileiras e módulos em casos de sombreamento parcial.
- Dispositivos de proteção contra surtos, imprescindíveis tanto do lado CC (painel fotovoltaico), quanto do lado CA (rede de distribuição).
- Interruptor DC, que permita o desligamento do painel ou fileira para tarefas de manutenção (SOUZA, 2018, p.74-75).

Figura 17 - Caixa de conexão comercial



Fonte: Souza (2018, p.75).

### 3.3. Terminais

Os cabos terminais dos módulos fotovoltaicos devem ter isolamento adequado para a máxima tensão do sistema, suportando quaisquer avarias do sistema. Estes cabos devem possuir conectores também compatíveis, devendo possuir grau de proteção IP 67 ou superior. A figura 18 exemplifica o conector de engate rápido que pode ser utilizado nestes sistemas.

Figura 18 - Conectores tipo engate rápido



Fonte: Galdino; Pinho (2014).

Para Maestri (2018), se conectarmos um aparelho que requer muita corrente nos terminais, a tensão de saída do módulo tenderá a cair. Mas, se conectarmos um aparelho que requer pouca corrente, a tensão do módulo será mais elevada, tendendo à tensão máxima do módulo fotovoltaico.

### 3.4 Diodo de Desvio

Os diodos de desvio servem para evitar a ocorrência de pontos quentes, oferecendo um caminho alternativo para a corrente, limitando a dissipação de potência no conjunto de célula sombreadas. Isso reduz a perda de energia e danos nas células.

Souza (2018) acredita que os diodos de desvio (by-pass) são utilizados para evitar possíveis avarias que venham ocorrer em módulos fotovoltaicos em série. Nesse caso, os diodos de bypass são ligados em paralelo com objetivo de efetuarem o desvio da corrente produzida por outros módulos. Sendo que, somente o módulo defeituoso é tirado do serviço.

Rüther (2004, p.19) ressalta que “os cabos utilizados nestes sistemas são normalmente



resistentes à radiação ultravioleta e têm duplo isolamento. Eles devem suportar as temperaturas elevadas, muitas vezes até 50°C acima da temperatura ambiente, que são atingidas na região posterior dos módulos”.

### **3.4. Diodos de Bloqueio**

Diodo de bloqueio é utilizado para proteção das conexões dos módulos ou conjuntos série de módulos em paralelo. Sua função é impedir a corrente de fluxo e também é utilizado para bloquear descargas noturnas das baterias.

Ao se referir aos diodos de bloqueio Souza (2018) ressalta

Os diodos de bloqueio são utilizados nas fileiras de módulos em série, para evitar que um módulo sombreado transforme a fileira inteira em uma carga. Em alguns sistemas autorregulados, os diodos são utilizados para evitar que a bateria se descarregue sobre o painel fotovoltaico. Nos sistemas que utilizam controladores não é necessário, sendo até desencorajado o seu uso, pois o diodo provoca uma queda de tensão, que em sistemas menores pode ser significativa (SOUZA, 2018, p.53).

Segundo Rüther (2004, p.18), “muitas vezes se torna necessário proteger os cabos contra sobrecorrentes, o que se faz pela utilização de fusíveis. [...] é comum a utilização de diodos de bloqueio para evitar a circulação de corrente reversa por um *string*”.

### **3.5. Fusíveis de Proteção**

Estes fusíveis devem ser dimensionados com a corrente inferior a corrente reversa suportada pelo módulo. Isso se faz necessário para que consigamos proteger toda série fotovoltaica de corrente reversa, ou seja, “fusíveis, que protegerão os cabos de excessos de corrente” (SOUZA, 2018, p.74).

### **3.6. Baterias**

São os componentes de armazenamento do sistema e armazenam a energia elétrica para ser aproveitada nos momentos em que não haja radiação solar para a geração de energia (NEOSOLAR,2017).

Em sistemas isolados, a bateria possui as funções de autonomia do sistema, manter estável a tensão do mesmo, assim como fornecer correntes de partida elevadas.

Segundo Souza (2018) as baterias utilizadas pelo sistema fotovoltaico costumam ser de

chumbo-ácido ou de níquel-cádmio

As baterias de níquel-cádmio suportam descargas maiores e tem maior vida-útil, mas seu alto custo e baixa disponibilidade as tornam viáveis em sistemas muito específicos que necessitam de alta confiabilidade. Outros tipos de baterias, como as de Íons de Lítio, não são viáveis para sistemas fotovoltaicos, devido à capacidade dos bancos de baterias para essa aplicação. É a relação custo-benefício que faz com que as baterias de chumbo-ácido sejam as escolhidas para a maioria dos sistemas PV isolados (SOUZA, 2018, p.82).

Dentre estas baterias cabe dizer que a de chumbo-ácido são as mais utilizadas.

Conforme Maestri (2018, p.57), “a bateria é um componente presente nos sistemas híbridos e autônomos e são elas as responsáveis por armazenar o excedente de energia para ser utilizado em momentos em que a geração fotovoltaica não é o suficiente para suprir a carga”.

Copetti & Macagnan (2007, p.8), esclarecem que “a bateria para aplicações FV deve apresentar como principais características: capacidade de ciclagem, alta eficiência energética, longa vida útil, pouca manutenção e baixo custo. ”

### 3.7. Controladores de Carga

São os componentes que garantem o correto abastecimento das baterias tirando as chances de sobrecargas e descargas profundas, aumentando a vida útil do equipamento.

Para Maestri (2018), o controlador de carga

...é um dispositivo utilizado em sistemas fotovoltaicos autônomos a fim de proteger a bateria de danos irreversíveis causados por cargas e descargas excessivas, o que também auxilia no prolongamento da vida útil das baterias (PINHO; GALDINO, 2014). O controlador de carga deve ser específico para cada tipo de bateria devido ao perfil de carga de cada tipo (MAESTRI, 2018, p.55).

Conforme Souza (2018), o controlador de carga também pode ser chamado de regulador de carga ele amplia o rendimento e a vida útil do sistema fotovoltaico e das baterias. Visto que, o controlador de carga mede a tensão e protege as baterias da seguinte maneira:

- Desconectando o arranjo fotovoltaico quando sua tensão ultrapassa a tensão limite para recarga, como fazem os controladores em série.
- Aplicando um *curto-circuito* no arranjo PV através de um controlador *shunt*.
- Ajustando a tensão do arranjo, como fazem os controladores com *MPPT* (SOUZA, 2018, p.90).

Nesse sentido, o controlador de carga é uma ferramenta fundamental de um sistema fotovoltaico autônomo, visto que garante que o painel fotovoltaico não danifique sua bateria,

não permitindo que a bateria descarregue no painel no período noturno.

Figura 19 - Controlador de carga



Fonte: Souza (2018, p.91).

Ainda segundo Souza (2018) os controladores de carga tem a função de

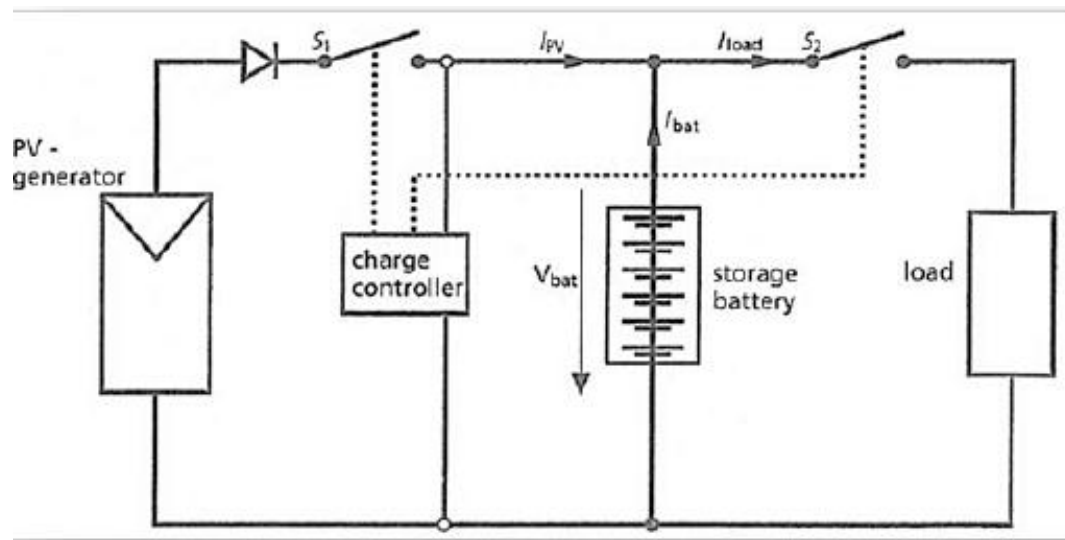
- Controle da perfeita recarga do banco de baterias.
- Proteção contra sobrecargas indevidas.
- Proteção contra descarga excessiva (acima de 80%, ou ajustável).
- Informação do nível de carga do banco de baterias (SOUSA, 2018, p.91).

Para que o funcionamento das baterias seja adequado e sua vida útil seja resguardada os controladores de carga devem se adequar as tensões de carga da bateria. Nesse caso devem possuir um sensor visto que, as tensões de carga variam em função da temperatura. Existem sensores externos que propiciam a instalação sobre as baterias.

Os controladores de carga são classificados em “Controladores série, controladores *shunt* ou controladores com *MPPT*”(SOUZA, 2018, p.92).

É possível dizer que o controlador é em série, cria uma série de perdas de energia, pois, desconecta quando as baterias alcançam a tensão máxima e essas desconexões geram perda de energia (figura 20).

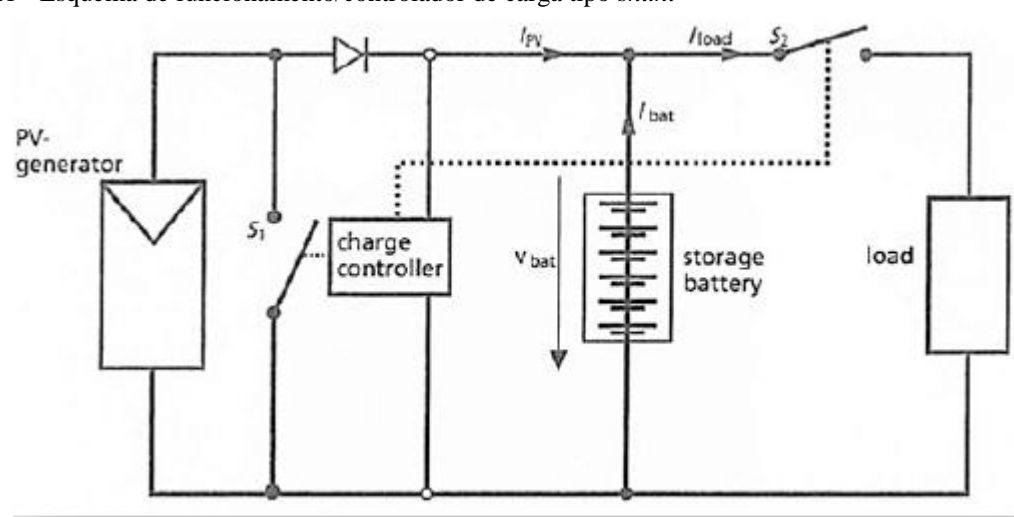
Figura 20 - Esquema de funcionamento/controlador de carga tipo série



Fonte: Souza (2018, p.92).

Já um controlador *shunt* é o ideal para as baterias visto que mantém a geração de energia mesmo que os sistema fotovoltaico alcance a tensão máxima, recarregando de forma segura a bateria mesmo que e obtenha um pequeno aumento na temperatura (Figura 12).

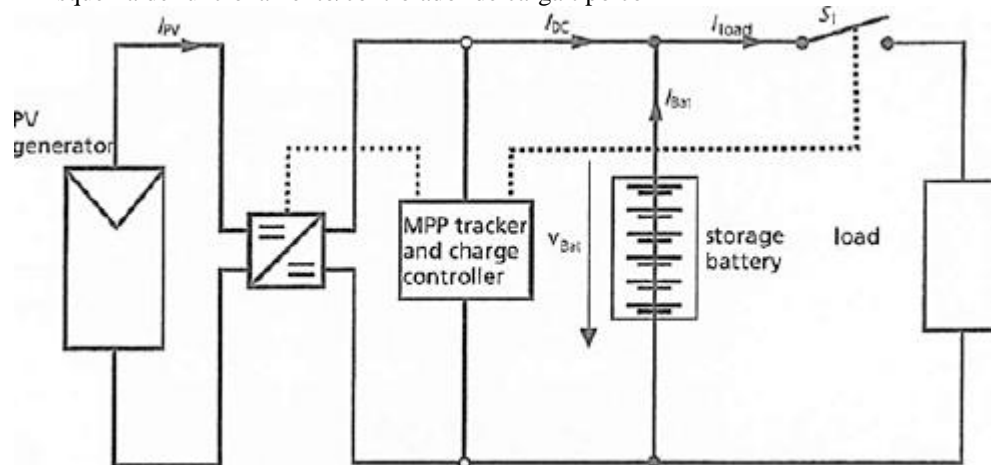
Figura 21 - Esquema de funcionamento/controlador de carga tipo *shunt*



Fonte: Souza (2018, p.92).

No controlador com *MPPT*, não há perdas, visto que, elas são evitadas por ser um seguimento e máxima potência, trata-se de um conversor regulado, segundo Souza (2018, p.92), “a regulagem é feita por um *MPPT* que a cada 5 minutos [...] determina o *ponto de máxima potência*, regulando o conversor DC/DC para aproveitar ao máximo a potência do arranjo e ajustando-o em função da tensão de carga das baterias”.

Figura 22 - Esquema de funcionamento/controlador de carga tipo com MPPT



Fonte: Souza (2018, p.93).

### 3.8. Inversores

São as partes controladoras do sistema e tem o propósito de transformar corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), e conduzir a tensão, por exemplo, de 12V para 127V. Em outras situações podendo ser ligado a outro tipo de gerador ou à própria rede elétrica para abastecer as baterias.

Segundo Maestri (2018, p.54), “o inversor é um conversor CC-CA que processa a energia gerada nos módulos fotovoltaicos. Ele é de uso obrigatório nos SFCR e de uso opcional nos sistemas off-grid, dependendo das características da carga”.

Para Souza (2018), um sistema fotovoltaico depende de uma boa escolha dos inversores, nesse sentido, a escolha deve ser realizada visando

- Boa eficiência na conversão elétrica: . É recomendado que o(s) inversor(es) tenha(m) eficiência acima de 80%. A eficiência máxima de um inversor acontece, geralmente, quando este está fornecendo entre 50% e 70% de sua capacidade nominal contínua. Inversores mais sofisticados conseguem altas eficiências mesmo quando parcialmente carregado, ou com carga próxima à máxima nominal.
- Alta capacidade de sobrecarga: um inversor deve ser capaz de fornecer uma potência instantânea bem maior que a potência nominal, o que permitirá a parada de dispositivos elétricos que consomem alta corrente de partida (ex.: motores), sem a necessidade de *super dimensionar* o inversor na fase de projeto.
- Tolerância para as flutuações de tensão das baterias: durante os processos de carga e descarga, a tensão das baterias varia de tal maneira, que pode ser nociva a dispositivos mais sensíveis.
- Baixo autoconsumo: (quando em *stand-by*) e detecção automática de cargas.
- Proteção contra curto-circuito na saída CA.
- Alta proteção eletromagnética.
- Baixa distorção harmônica: se refere à qualidade da forma de onda de saída da corrente alternada. Quanto menor a distorção, mais qualidade tem a corrente de saída.
- Proteção contra surtos (SOUZA, 2018, p.94).

Souza (2018) menciona que os tipos de inversores são classificados conforme o seu formato de onda de saída

- **Inversores de onda quadrada:** São os mais baratos. A onda de saída tem uma grande quantidade de *harmônicos* indesejados, que geram interferências em alguns aparelhos, e também perdas de potência. Costumam ser utilizados com cargas *pequenas* (ex.: tv's, notebooks, etc.) e não são adequados para motores. Tem distorção harmônica que pode chegar a até 40%, e rendimentos em torno de 60%.
- **Inversores de onda senoidal modificada:** São os que apresentam a melhor relação custo-benefício. O formato da onda de saída não é uma senóide pura, mas se aproxima muito. Podem *alimentar* quase todo tipo de carga, mas não são recomendados para aparelhos eletrônicos mais *delicados*. Tem distorção harmônica em torno de **20%**, e rendimentos em torno de **90%**.
- **Inversores de onda senoidal pura:** São os que têm formato de onda de saída igual à rede elétrica das concessionárias. São indicados pra alimentar dispositivos eletroeletrônicos mais sensíveis e atualmente estão sendo mais utilizados que os outros tipos de inversores. Não apresentam problemas quanto a distorções harmônicas ou estabilidade da tensão. São mais caros que os inversores de onda quadrada ou senoidal modificada (SOUZA, 2018, p.95).

Sendo assim, cada residência que for implantar o sistema fotovoltaico autônomo, terá a sua disposição uma variedade de inversores, e escolhe-los de acordo com aquilo em que ele será destinado, podendo assim, colocar um inversor para um determinado tipo de aparelho (um para a geladeira, outro para eletrônicos) tornando o sistema mais barato e mais confiável. Caso decida colocar um inversor para toda a residência também pode, no entanto, esse tipo de inversor pode sair mais caro que quando dividimos um para cada tipo de necessidade.

### 3.9.1. Conversores

Conforme aludido, a energia proveniente dos painéis fotovoltaicos é de corrente contínua, no entanto, pode variar em função da irradiação solar que recebe em sua superfície. Quando é direcionada a uma residência usam-se conversores eletrônicos de potência. Estes são chamados de inversores que são interligados à rede de fornecimento, visto que a maioria das cargas é alimentada por tensão alternada.

Segundo Rütther (2004), os conversores são necessários porque os módulos solares fotovoltaicos fabricam energia em corrente ininterrupta.

Módulos solares fotovoltaicos geram energia em corrente contínua. Assim sendo, se faz necessário o uso de um equipamento eletrônico conhecido como inversor, ou conversor CC-CA, para que se obtenha tensão em corrente alternada com as características (frequência, conteúdo de harmônicos, forma de onda, etc.) necessárias para satisfazer as condições impostas pela rede elétrica pública e possibilitar assim a interconexão à rede (RÜTHER, 2004, p.32).

O conversor funciona como um controlador da carga das baterias. Dessa forma é possível adquirir uma precisão nas tensões e correntes aplicadas, aumentando assim a vida útil das baterias.

### **3.10. Seguimento do Ponto de Potência Máxima (SPPM)**

São controladores de maior eficiência, que giram em torno de 92-97%, visam aumentar o rendimento do processo de carga.

#### 4. DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

O dimensionamento para instalações de um sistema fotovoltaico autônomo, não carece de software específico se não necessitar de um grande número de variáveis. Nesse caso, a equação matemática será simples e os resultados do dimensionamento poderá ser preciso. No entanto, se for instalar um sistema complexo é aconselhável que seja usado um software comercial específico, nesse caso quando a residência comportar de 4 ou mais pessoas. Primeiramente deve-se identificar o número, a potência e o tempo de funcionamento que o conjunto de equipamentos do sistema fotovoltaico terá que trabalhar para alimentar toda energia do local escolhido (CARNEIRO, 2009).

Segundo Carneiro (2009, p.30), o dimensionamento da quantidade de energia que será gasta num sistema fotovoltaico autônomo para garantir alimentação diária deve ser somada levando em consideração a soma das energias parciais de todos os equipamentos que serão utilizados (Tabela 2).

Tabela 2 - Dimensionamento dos equipamentos e necessidades de consumo

Equipamentos	Número	Horas de uso/dia	Potência (W)	Energia diária (Wh/d)
Lâmpadas de leitura	-	-	-	-
Frigorífico	-	-	-	-
Televisão	-	-	-	-
Computador	-	-	-	-
<b>TOTAIS</b>			$\sum P_i$	$W_D$

Fonte: Carneiro (2009, p.31).

A soma será feita da seguinte forma (figura 23):

Figura 23 - Soma da quantidade necessária para prever e garantir alimentação diária do sistema fotovoltaico autônomo

$$W_D = \sum_{i=1}^n P_i \times t_i$$

Fonte: Carneiro (2009, p31).

Carneiro (2009, p.31) esclarece que “ $W_D$  representa a energia total consumida por dia,  $P_i$  indica a potência (W) de um determinado equipamento e  $t_i$  corresponde ao seu intervalo de



tempo de funcionamento”.

Porém, todo gerador de energia fotovoltaico por alimentar varias cargas é sujeito a perdas, principalmente nas cablagens e no inversor e regulador de carga.

Segundo Carneiro (2009), estes são alguns dos fatores que interferem no dimensionamento fotovoltaico, cada um dos itens aludidos representam um percentual de energia perdida:

Perdas nas cablagens = 3%  
Perdas no regulador de carga e inversor = 15%  
⇒ Rendimento (cablagens):  $K_{cabo} = 0.97$   
⇒ Rendimento (regulador+inversor):  $K_{reg+inv} = 0.85$   
⇒ Rendimento total:  $K = K_{cabo} \times K_{reg+inv} = 0.97 \times 0.85 = 0.83$  (CARNEIRO, 2009, P.32).

Estes são os principais fatores, porém, existem outros que também interferem no dimensionamento do sistema FV, a intensidade da radiação solar é um deles. A intensidade da radiação solar pode ser medida em valores correspondente a cada dia do mês; num plano horizontal ( $I(0)$ , radiação solar incidente); ( $G(0)$ , irradiância solar) e temperatura média do ar.

Como exemplo pode-se citar Carneiro (2009) que mostra como poderá ser realizado o cálculo da radiação solar mensal para cidade de Braga (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores da intensidade da radiação solar na cidade de Braga

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
$I(0)$ [Wh/m <sup>2</sup> /dia]	1880	2760	4080	5390	6360	7100	7020	6210	4750	3100	2030	1560
$T_a$ (°C)	8	8,8	11,3	12,8	16	20,1	22,2	21,7	19,6	15,5	11,5	9,3
$G(0)$ [W/m <sup>2</sup> /dia]	78,3	115	170	224,6	265	295,8	292,5	258,8	197,9	129,2	84,6	65

Fonte: Carneiro (2009, p.32).

É importante salientar que conforme quando acima, dezembro foi o mês que a radiação solar disponível foi a menor, sendo assim, este é o mês menos favorável na disponibilidade de radiação o que o torna indicado para realizar o dimensionamento.

Os módulos fotovoltaicos ficam expostos às intempéries e com o passar do tempo podem acumular sujeiras as quais contribuem negativamente na capacidade do gerador fotovoltaico de absorver a radiação solar.

No entanto, a radiação solar que incide sobre os painéis de vidro do módulo FV em uma superfície com inclinação qualquer pode ser calculada segundo Carneiro (2009) da seguinte forma:  $I(\beta, \alpha)$ .

Figura 24 - Cálculo da radiação solar em uma superfície com inclinação qualquer

$$I(\beta, \alpha) = I(\beta_{opt}) \times [g_1 (\beta - \beta_{opt})^2 + g_2 (\beta - \beta_{opt}) + g_3]$$

Fonte: Carneiro (2009, p.33).

O ângulo de desvio em relação à direção sul é denominada azimute solar e é representado da seguinte maneira

Figura 25 - Figura Azimute

$$g_i = g_{i1} |\alpha|^2 + g_{i2} |\alpha| + g_{i3} ; i = 1, 2, 3$$

Fonte: Carneiro (2009, p.33).

Os valores dos coeficientes  $g_i$  cuja superfície apresenta uma quantidade média de sujeira na qual a perda óptica é de até 3%, segundo Carneiro (2009) pode ser representado como na tabela abaixo:

Tabela 4 - Coeficientes para o cálculo da radiação solar incidente sobre uma superfície qualquer, cogitando transparência óptica de até 3%

<b>Coeficientes</b>	<b><math>i = 1</math></b>	<b><math>i = 2</math></b>	<b><math>i = 3</math></b>
<b><math>g_{1i}</math></b>	$8 \times 10^{-9}$	$3.8 \times 10^{-7}$	$-1.218 \times 10^{-4}$
<b><math>g_{2i}</math></b>	$-4.27 \times 10^{-7}$	$8.2 \times 10^{-6}$	$2.892 \times 10^{-4}$
<b><math>g_{3i}</math></b>	$-2.5 \times 10^{-5}$	$-1.034 \times 10^{-4}$	0.9314

Fonte: Carneiro (2009, p.33).

Os geradores fotovoltaicos enquanto ligados mantêm uma tensão em seus terminais, por essa razão não se aconselha desligá-los. Eles devem ter uma potência que garanta a satisfação do cliente em relação ao consumo diário de energia elétrica. Porém, como é sabido por todos, existem meses menos favoráveis a radiação solar visto que há menos horas de sol. Para isso,

para garantir o bom funcionamento do sistema fotovoltaico deve-se calcular a potência do gerador (figura 26).

Figura 26 - Calculando a potência do gerador

$$P_{FV} = \frac{W_D}{K_{reg+inv} \times Hs}$$

Fonte: Carneiro (2009, p.33).

O gerador tem que carregar a bateria, nesse caso, a tensão do sistema fotovoltaico deve ser maior ou igual a do gerador. Nesse sentido, os módulos por fileira pode propiciar mais tensão e manter o módulo em tensão máxima.

Para os módulos de fileira conforme afirma Carneiro (2009), também deve-se realizar um cálculo (figura 27).

Figura 27 - Calculando o número de módulos por fileira

$$N_s > \frac{V_{bat}}{V_{max}}$$

Fonte: Carneiro (2009, p.33).

Já a bateria é fundamental aos sistemas fotovoltaicos, visto que a possibilidade de um sobredimensionamento aumentará em muito os custos no funcionamento de um sistema fotovoltaico. Visto que nem sempre os dias são ensolarados, muitos deles são chuvosos e nublados, para isso é necessário fazer os cálculos (figura 28) para utilizar uma bateria que atenda as necessidades diárias nesses dias, ou seja, num sistema fotovoltaico autônomo a instalação deve ser dimensionada para atender aqueles períodos com menor oferta de radiação solar.

Figura 28 - Calculando a carga elétrica fornecida pela bateria

$$W_{(Ah)} = \frac{\text{Energia diária de consumo}}{\text{Tensão da bateria}} = \frac{W_D (Wh)}{U}$$

Fonte: Carneiro (2009, p.33).

É possível escolher para um sistema FV o regulador de carga MPP e do inversor responsáveis por converter a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos e manter a corrente máxima e contínua através de cálculos (figura29).

Figura 29 - Cálculos para escolha do regulador de carga MPP e do inversor

$$I_{\max DC} > I_T \Leftrightarrow I_{\max DC} > (N_F \times I_{\max})$$

Fonte: Carneiro (2009, p.33).

Nesse caso, para o dimensionamento dos componentes do sistema fotovoltaico, deve levar em conta o pior caso de oferta solar e a sazonalidade em que ocorre na região onde será instalado, cabe também determinar qual valor para potência máxima no alimentar as respectivas cargas e atender as necessidades em energia aos equipamentos a ele ligados considerando os custos benefício e quando ao valor de potência exigida para o fornecimento adequado de energia ao cliente.

## **5. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Refletir sobre avaliação sobre os sistema fotovoltaico faz pensar em sistematização em um conjunto de questões imenso e inclusive a radiação solar que incide na superfície da Terra, quantificando a radiação global que pode incidir no painel FV.

A avaliação torna-se necessária como ferramenta de diagnóstico e acompanhamento, esta deve informar sobre o ocorrido e auxiliar no planejamento de melhorias e eficiência do sistema fotovoltaico.

O objetivo central da avaliação é fornecer informações que possam orientar as novas ações. Assim, podemos dizer que a avaliação de uma ferramenta que nos auxilia estar alcançando as metas. A proposta de uma boa avaliação e um planejamento bem feito é desenvolver a maioria dos casos em que apresentaram erros querer aprender e se superar. A avaliação pode acontecer a todo o momento, em cada uma delas com intuito de descobrir o quanto foi aprendido e onde aconteceram as falhas de aprendizado oferecer soluções e acrescentar, pois, através das dificuldades que se aprende a se relacionar consigo, com os outros e com o mundo a sua volta.

E por sua vez uma análise fará com que possa elaborar estratégias para sobressair às dificuldades e agregar valores e diminuir custos e tornar o sistema cada vez mais eficiente.

## **6. ESTUDO DE CASO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO**

### **6.1 Avaliação do local a ser implementado**

Para que o sistema fotovoltaico seja rentável é necessário que o local (cidade) seja avaliado e conte com uma boa irradiação solar para gerar mais energia (quantidade de energia solar plena da região) e levantar a quantidade de energia gasta por metro quadrado do local em que será instalado, esteja em uma área cujo valor tarifado de energia elétrica seja muito alto (para que a diminuição dos custos compense a instalação).

No cliente, deve-se avaliar onde os módulos fotovoltaicos vão ser instalados (espaço físico, orientação, inclinação, distância, terreno), costuma-se instalar sempre com a inclinação igual a da latitude local.

As cargas que o sistema fotovoltaico vai suprir na residência do cliente devem ser levadas em consideração e os dados devem ser levantados antes da instalação do mesmo. Cada equipamento sua tensão (V); potência (Un. (W); quantidade; Potência total (W); horas; Consumo diário (Wh/dia)). Somente com base nesse consumo poderá decidir que tipos de componentes vão ser utilizados para montagem do sistema fotovoltaico.

Conforme aludido neste artigo, o método do mês crítico também deve ser calculado e o pior valor de radiação solar encontrado no mês deve ser à base do projeto.

### **6.2 Simulação do Sistema**

#### **6.2.1 Projeto Fotovoltaico autônomo para torre de internet**

Para manter uma torre de internet que consome um total de 5,5A/horas e uma tensão de 12V com os seguintes componentes de consumação da torre temos 5 Ubiquiti Airmax Rocket M5 Mimo Homologado Anatel 5.8ghz consumindo 1A/horas cada um, 4 Ubiquiti airmax basestation am 5g20 90 20dbi 90° 5ghz, 1 Antena AirMax Sectors AM-5G20-90 e um Switch 8 Portas TP-Link 10/100/1000 Gigabit TL-SG1008D consumindo 0,5A foram necessárias uma placa Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6K-270P (270Wp) gerando uma tensão de 30V , e uma corrente continua de aproximadamente 7,5A gerando uma carga de 225Wp, atendendo a corrente e a tensão que necessitamos para o projeto, conectado a um controlador de carga( Controlador Carga Solar Mppt 20a Lcd Epever Tracer 2210), e uma bateria Moura 12mn150 Estacionária com capacidade de armazenamento de 150A e uma tensão nominal de 12 V.

## 6.2.2 Simulação do projeto

Determinando a energia que é necessária diariamente para fornecer aos consumos das cargas (Wh).

Para continuarmos iremos fazer um levantamento das necessidades com alguma precisão, necessitamos dos seguintes dados:

- \* Quantidade de equipamentos;
- \* Potência dos mesmos;
- \* Tempo de funcionamento de cada equipamento.

Depois de obtidos esses dados, pode-se proceder ao somatório das energias parciais previsíveis que os diversos aparelhos irão consumir.

No final, a energia necessária para a alimentação do sistema autônomo, será o somatório das energias parciais.

O valor da energia para alimentação do sistema autônomo é dada por:  $WD = \sum_N^I = Pi \times Xi$

Tabela 5 – Quantidade de carga consumida pelos equipamentos em WH/DIA

Equipamentos da Torre	Quantidade	Horas de uso/dia	Potência (W)	Potência diária (Wh/dia)
Ubiquiti Airmax Rocket M5 Mimo Homologado Anatel 5.8ghz	5	24	60	1440
Ubiquiti airmax basestation am 5g20 90 20dbi 90° 5ghz	4	24	–	–
Switch 8 Portas TP-Link 10/100/1000 Gigabit TL-SG1008D	1	24	4,63	111,12
Antena dish ubiquiti 30 dbi	1	24	–	–
<b>Total</b>	<b>11</b>		<b>64,63</b>	<b>1551,12</b>

Fonte: Autor (2018).

Total de carga consumida foi de 1551WH/DIA

## 6.2.3 Perdas no sistema

O gerador FV é o que vai alimentar as cargas, mas também, como em qualquer sistema elétrico, existem perdas. Estas podem ocorrer nas cablagens e no inversor.

Para calcular o valor da capacidade produção energia no gerador FV, temos de ter em conta os seguintes pontos:

- \* Energia diária para alimentar as cargas (n.º anterior) - Wh/Dia;
- \* Perdas no sistema, em que lhe poderemos chamar PR:

Como foi referido anteriormente sobre as cablagens nos sistemas FV, as perdas podem chegar a 30% nos sistemas isolados.

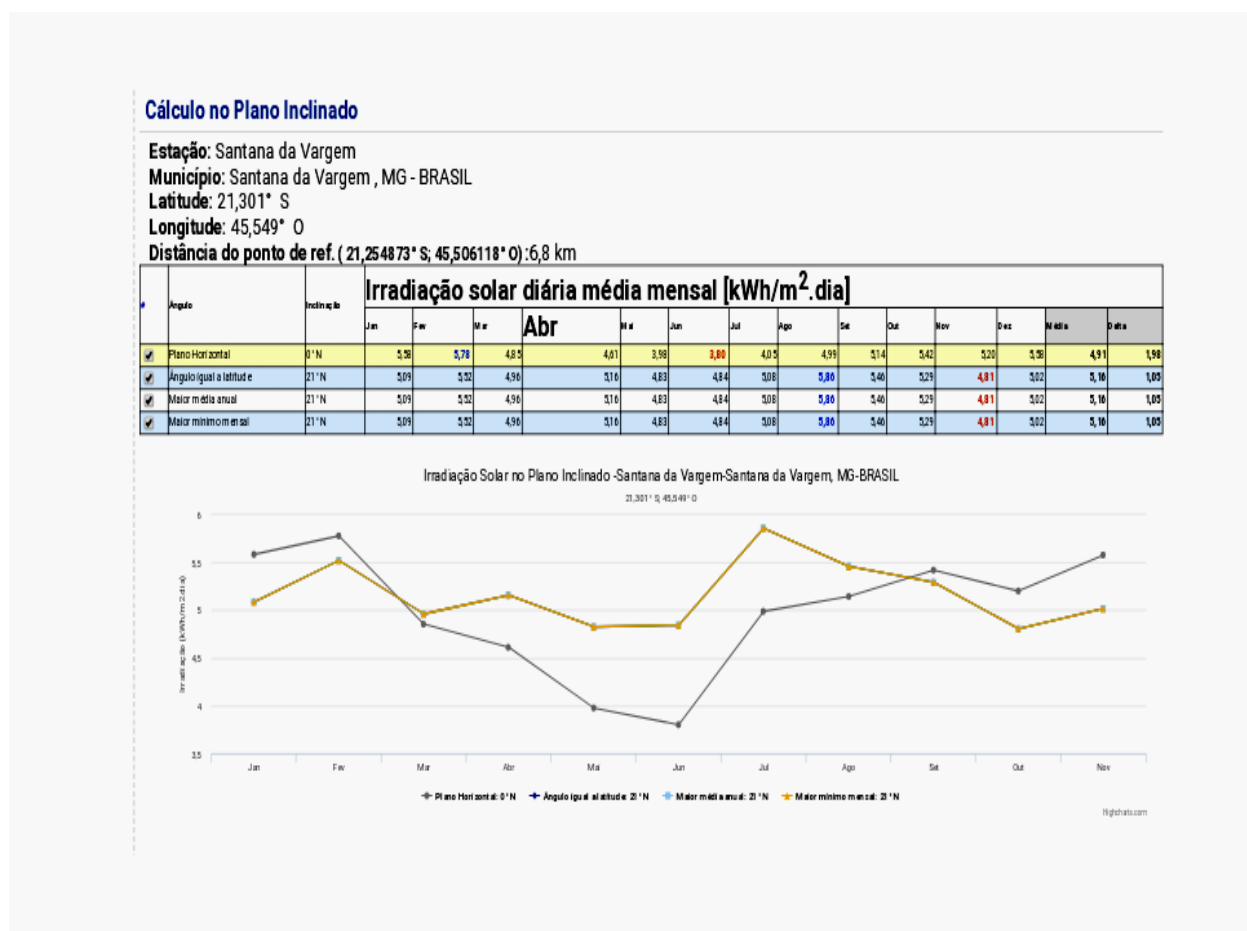
Vamos então determinar um novo fator (PR), que diz respeito ao número de horas equivalentes à radiação padrão de 1000W/m<sup>2</sup> (valor médio de radiação solar) para efeito de cálculos.

Definindo as perdas, considerar 30% PR= 0,3% com rendimento de 70%

Definindo o valor HSP através das coordenadas do local a ser implementado o sistema

Levantamento das coordenadas: -21.254873 Latitude ; -45.506118 Longitude.

Tabela 6 - Índice de irradiação solar média mensal em Santana da Vargem



Fonte : Crecesb Sundata (2018).

Utilizando dados do ângulo igual da latitude



$$\text{HSP( Horas de sol pico)} = 5,16$$

#### 6.2.4 Dimensionamento da potência do gerador FV

Para calcularmos o valor da potência do nosso gerador FV, existe uma fórmula que poderá ser utilizada para esse cálculo. Em seguida é apresentada essa fórmula.

$$P_g = WD \div PR \times HSP = 270 \div 5,16 \times 0,3 = 175,32W$$

#### 6.2.5 Dimensionamento do controlador de carga

Ao dimensionarmos o controlador de carga, devemos escolhê-lo para que suporte o valor da corrente nominal IMÁX.DC do circuito. Sendo assim, vem:

$$\begin{aligned} \text{Imáx dc} &= \text{QUANTIDADE DE PAINEL} \times \text{CORRENTE MÁX DO PAINEL} \\ &= 1 \times 8,75 = 8,75 \end{aligned}$$

O controlador de carga a utilizar na instalação deverá suportar um valor de corrente nominal, IN = 10AA.

#### 6.2.6 Cálculo para autonomia da bateria

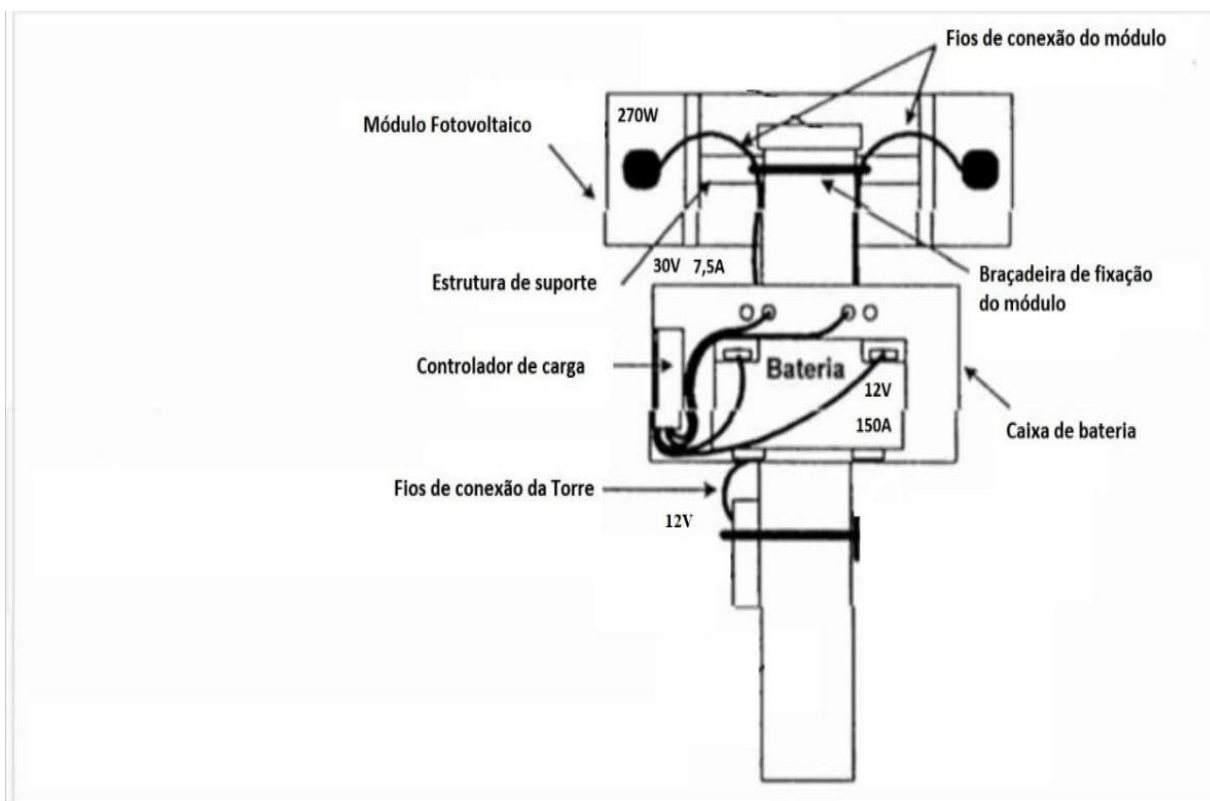
1 - Confira o consumo do equipamento antes de ligá-lo ao nobreak, evitando que exceda sua potência.

2 - Cálculo de autonomia considerando-se carga estática (contínua). Para cargas dinâmicas e não lineares podem ter uma autonomia de até 4 vezes mais.

3 - O tempo de autonomia pode variar expressivamente conforme as condições de uso da bateria, temperatura ambiente, o número de ciclos de carga e descarga, assim como potência média e modos da operação dos equipamentos conectados ao nobreak.

Com uma capacidade de corrente de 150A/horas e uma tensão de 12V da bateria. O meu sistema irá consumir uma corrente de 5,5A/horas.

Então:  $\frac{150A}{HORAS} \div \frac{5,5A}{HORAS} = 27$  horas de autonomia da bateria ,que será o tempo mais que necessário para manter o meu sistema ligado a noite , que é o horário onde o sistema fotovoltaico não irá gerar energia.



Fonte: Autor (2018).

Tensão gerada pelo painel solar 30V.

Corrente gerada pelo painel solar 7,5A.

Carga gerada pelo sistema  $30 \times 7,5 = 225W$ .

Tensão convertida pelo controlador de 30V para 12V, pois é tensão que a torre necessita.

Corrente que a torre necessita 5,5A

Fórmula usada para calcular potência do sistema

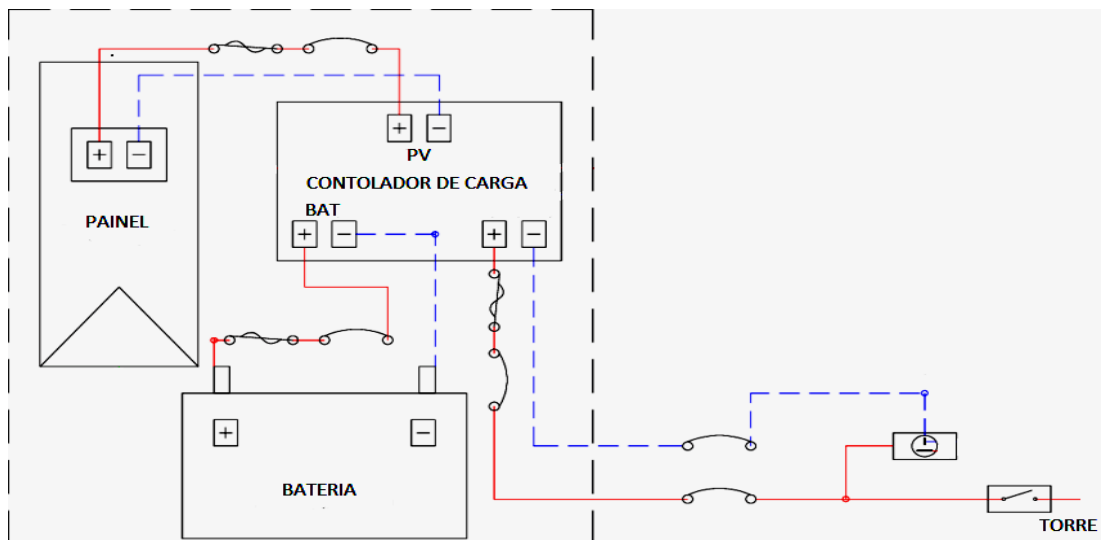
$$P_{gerada} = V_{gerada} \times I_{gerada} = 30 \times 7,5 = 225W$$

Fórmula usada para calcular a corrente para o sistema

$$I_{total} = 5 \text{ quantidade dos equipamentos} \times I_{necessitado} + 3 = 5 \times 1 + 0,5 = 5,5A$$

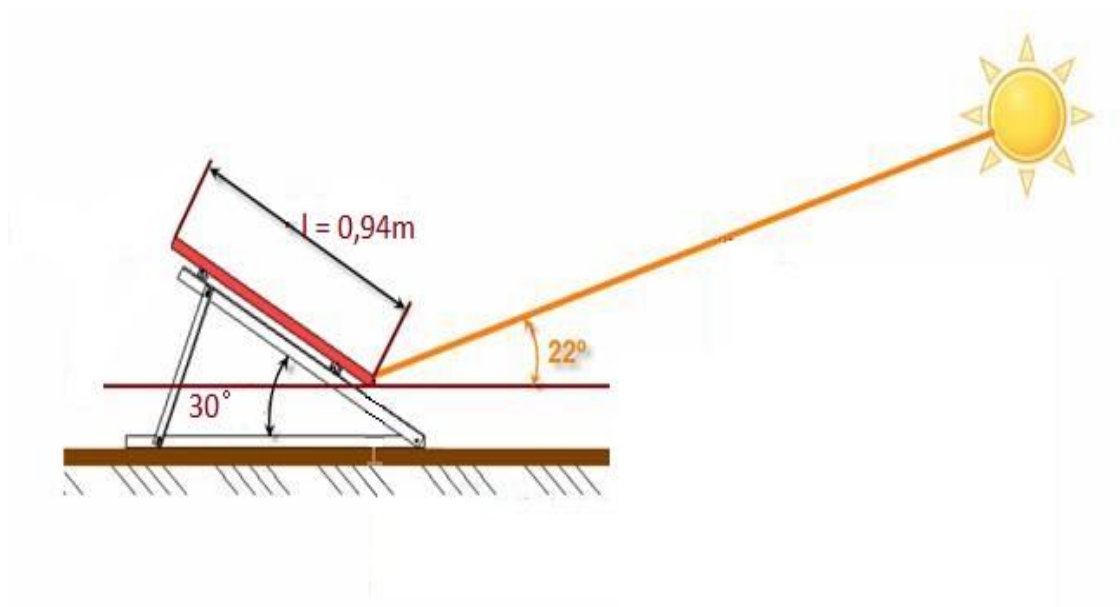
Corrente de 0,5A medida através do multímetro, consumida pelo Switch 8 Portas TP-Link 10/100/1000 Gigabit TL-SG1008D.

Figura 31- Diagrama unifilar do projeto



Fonte: Autor (2018).

Figura 32 - Simulação da inclinação do painel



Fonte: Autor (2018).

O painel solar será fixado com um ângulo de 30 graus, com a orientação para o norte geográfico.

### 6.2.2 Característica dos componentes da torre

- **Ubiquiti Airmax Rocket M5 Mimo Homologado Anatel 5.8ghz**

Ubiquiti Rocket M5 é de um rádio resistente, de alta potência,  $2 \times 2$  MIMO muito linear com melhor desempenho do receptor. Ele apresenta a gama incrível performance (50km) e velocidade de avanço (150 Mbps verdadeira IPAC / IP).

O dispositivo foi projetado especificamente para o ponto de ponte ao ar livre para ponto e PTMP Airmax aplicações de estação de base Plug and Play Integração.

Cada antena AirMax tem um montagem built-in de Rocket, por isso não são necessárias ferramentas para instalar o Rocket.

Avançada Tecnologia de Software defeito entra mais não acha sinal lan queimada e outros.

PoE Adaptadores

Power over Ethernet Adaptadores

Os modelos 24V, 0.5A, POE-24-12W e POE-24-12W-G.

Figura 33 - Ubiquiti Airmax Rocket M5 Mimo Homologado Anatel 5.8ghz



Fonte: Grupo Tek (2018).

- **Ubiquiti airmax basestation am 5g20 90 20dbi 90° 5ghz**

DESCRIÇÃO: Antena AirMax 5GHz MIMO Setorial, 20 dBi, 90 graus  
A Antena Wireless Ubiquiti Hi-Gain Airmax Sector 5G-20-90 é a solução MIMO perfeita para utilização em conjunto com a linha de Access Point Ubiquiti AirMax Rocket M para aplicações de distribuição de sinal wireless.

Projetada para operar em frequência de 4.9GHz a 5.9GHz e construída com sistema de alimentação de polaridade dupla, com duas entradas SMA que lhe garantem maior desempenho e eficiência na propagação de sinais RF.

A instalação da BaseStation 5G-20-90 é para provedores Wireless como ponto de acesso para clientes.

### Especificações

Frequência: 5.15 GHz – 5.85GHz

Ganho: 20dBi

VSWR: 1.5:1

Abertura Vertical: 72°

Abertura Horizontal: 93°

Polarização: Vertical e Horizontal

Conector: 2x RP-SMA

Medidas: 367 x 63 x 41 mm

Peso: 3.0 Kg

Figura 34 - Ubiquiti airmax basestation am 5g20 90 20dbi 90° 5ghz



Fonte: Processtec (2018).

### • Antena dish ubiquiti 30 dbi

#### Especificações:

- Alcance de frequência 5,1 ~ 5,8 GHz
- Ganho 29dBi +/- 1dB
- F / B Rario -34dB
- Max VSWR 1.4: 1
- Polarização Linear Duplo
- Isolamento Cross-pol 35 dB min
- Largura de feixe Hpol (3dB) 5°

Figura 35- Antena dish ubiquiti 30 dbi -



Fonte: Americanas (2018).

- **Switch 8 Portas TP-Link 10/100/1000 Gigabit TL-SG1008D**

Especificações:

- Certificação: FCC, CE, RoHs
- Interface: 8 Portas RJ45 10/100/1000Mbps com Auto Negociação / AUTO MDI / MDIX
- Consumo de Energia: Máximo: 4.63W (220V/50Hz)
- Fonte de Alimentação externa: 100-240VAC, 50/60Hz
- Capacidade de Comutamento: 16 Gbps

- **Padrões e protocolos:**

- IEEE 802.3
- IEEE 802.3u
- IEEE 802.3ab
- IEEE 802.3x

- **Tamanho de Buffer:**

- 2Mbit
- Jumbo Frame: 15KB

- **Software:**
  - Método de Transferência: Armazena e Encaminha
  - Tabela de MAC Address: 8K
  
- **Funções Avançadas:**
  - Tecnologia Verde, economizando energia em até 80%
  - Controle de Fluxo 802.3x,
  - Back Pressure
  - Auto Uplink em cada porta
  
- **Ambiente:**
  - Temperatura de Operação: 0 °C ~ 40 °C (32 °F ~ 104 °F)
  - Temperatura de armazenamento: -40 °C ~ 70 °C (-40 °F ~ 158 °F)
  - Umidade de Operação: 10% ~ 90% sem condensação
  - Umidade de armazenamento: 5 % ~ 90% sem condensação

Figura 36 – Switch 8 Portas TP-Link 10/100/1000 Gigabit TL-SG1008D



Fonte: Dell (2018).

- **Placa Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6K-270P (270Wp)**
  - Ótima eficiência de módulo;
  - Resistente a névoa, sal, amônia e areia;
  - Excelente desempenho mesmo com baixa irradiação Solar;
  - Garantia do fabricante de 10 anos contra defeito de fabricação;
  - Garantia de 25 anos para perda de eficiência maior que 20%;
  - Confiabilidade do sistema a longo prazo pela caixa de junção ser padrão IP67;
  - Estrutura reforçada para suportar pressão causada por vento de até 2400Pa;

## Painéis solares com Anti-reflexo.

Tabela 7 - Especificações Mecânicas do Painel Solar:

Dimensões do painel:	(1650 x 992 x 40) mm
Código IP da caixa de junção:	IP 67, 3 diodos
Número de células e tipo:	60, Silício Policristalino
Peso do módulo:	18,2 kg
Vidro, tipo e espessura:	Vidro Temperado de Alta Transmissividade, liga de alumínio anodizado, Vidro Temperado 3,2mm

Fonte: Redimax (2018).

Tabela 8 - Especificações técnicas

Máxima Potência (Pm):	270 Watts
Tolerância:	0 ~ + 5 Watts
Voltagem de Máxima Potência (Vm) :	30,8 Volts
Corrente de Máxima Potência (Im):	8,75 Amps
Voltagem de Circuito Aberto (Voc):	37,9 Volts
Corrente de Curto-Circuito (Isc):	9,32 Amps
Voltagem Máxima do Sistema:	1000 Volts
Eficiência do Painel:	16,50%
Coefficiente de Temperatura da Potência(Pm):	-0,41 %/°C
Coefficiente de Temperatura da Corrente(Isc):	0,053 %/°C
Coefficiente de Temperatura da Voltagem(Voc):	-0,31 %/°C
Temperatura Nominal de Operação de Célula (TNOC/NOCT):	43±2°C

Fonte: Redimax (2018).

Figura 37- Placa Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6K-270P (270Wp)



Fonte: Redimax (2018).

- **Controlador Carga Solar Mppt 20a Lcd Epever Tracer 2210**

Controlador de carga MPPT m20, este controlador diferencia-se de muitos pois tem



amperímetro excelente ferramenta para monitorar o carregamento e consumo de energia.

MPPT controlador solar aplicado à energia solar fotovoltaica do sistema que é utilizado para coordenar os painéis solares, ele é um conjunto muito importante no sistema fotovoltaico.

Este controlador ajusta automaticamente a tensão de funcionamento dos painéis solares, o que faz os painéis solares funcionarem de forma consistente no ponto máximo.

Equipado com a função de compensação de temperatura, aumenta a eficiência de trabalho dos módulos fotovoltaicos em 30%, e prolonga a vida útil da bateria. Tela de LCD, Interface de fácil operação.

MPPT + PWM modo de carregamento (Controlador Fornecido MPPT Maximum power point tracking.

Função, modo de carregamento é PWM), Parâmetro ajustáveis.

Opção manual ou automática para ligar e desligar descarga.

Opção para restaurar as configurações de fábrica, Proteção baixa da bateria, reserva de carga,

Proteção contra inversão de polaridade., Proteção sobre carga, Proteção contra curto-circuito, Função de compensação automática de temperatura.

Pode carregar e descarregar ao mesmo tempo. Tensão nominal:12v\24v trabalho auto  
Corrente máxima de carga: 20<sup>a</sup>. Corrente máxima de descarga: 20<sup>a</sup>. Max. tensão de entrada do painel solar: = 48V.

Carga parada tensão ajustável(voltagem máxima da bateria).

Recuperação baixa tensão ajustável. Proteção de baixa tensão ajustável(voltagem mínima da bateria).

Operação Temperatura:-20°C ~ +60°C.

Figura 38 -Controlador Carga Solar Mppt 20a Lcd Epever Tracer 2210



Fonte: Neosolar (2018).

- **Conector Solar Tipo Y Mc4 Cabo Adaptador Mmf E Ffm Energia**

Descrição:

Corrente: 20A (4mm<sup>2</sup>), 30A (6mm<sup>2</sup>), resistir Tensão: DC1000V, resistência de contato: <=> resistência de isolamento: 500MO.

Operacional Atual: 20A (4mm<sup>2</sup>), 30A (6mm<sup>2</sup>) resistir Tensão: DC1000V resistência de contato: <=> resistência de isolamento: > 500MO para single-core cabo cross-section: 1.5mm<sup>2</sup> -- 4mm<sup>2</sup>, cabo OD Faixa: F5mm ~ F 7mm temperatura ambiente:-40 ° ~ + 105 °, classe de proteção: IP67.

Nível de segurança: ζ isolamento material: PPO, preto contato: Cobre cn, Níquel Sn classificação de inflamabilidade: UL94-VO.

Figura 39 - Terminal de conexão: Crimp



Fonte: Blusunsolar (2018).

- **Bateria moura 12mn150 Estacionária**

Características

Modelo12MN50

Altura219 cm

Largura211 cm

Comprimento509 cm

Capacidade da bateria150 Ah

Material químico

Descrição

Dados Técnicos

Tensão Nominal - 12 V

Capacidade - 150 Ah

CCA-10°C - 135 A

Dimensões

Comprimento - 509 mm

Largura - 211 mm

Altura - 219 mm

Principais Aplicações Ups / No-break; PABX; Centrais Telefônicas; Sinalização; Iluminação de Emergência; Energia Solar; Monitoramento Remoto; Alarmes; Vigilância Eletrônica; Subestações Elétricas; Telecomunicações e outras.

**Figura 40-** Bateria moura 12mn150 Estacionária



Fonte: Moura (2018).

- **Custo médio do projeto**

**Tabela 9 -** Custo médio do projeto

Equipamentos	Quantidade	Preço
Placa Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6K-270P (270Wp)	1	619,00 RS
Controlador Carga Solar Mppt 20a Lcd Epever Tracer 2210	1	620,00 RS
Bateria Moura 12mn150 Estacionária	1	850,00 RS
Conector Solar Tipo Y Mc4 Cabo Adaptador Mmf E Ffm Energia	1	120,00 RS
Poste de cimento 12m 11 600 dan circular	1	1000,00 RS
<b>TOTAL</b>		<b>3209,00 RS</b>

Fonte: Autor,2018.

### 6.3 Resultados Obtidos

Através do projeto conseguimos um resultado satisfatório onde o sistema fotovoltaico gerou uma carga de 225Whoras gerada através de uma Placa Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6K-270P (270Wp), um Controlador de Carga Solar Mppt 20a Lcd Epever Tracer 2210 e uma Bateria moura 12mn150 Estacionária, onde atendeu a demanda energética dos equipamentos de consumo da Torre que foi de aproximadamente 1551Wh/dia. E observou-se que o sistema fotovoltaico são uma das melhores opções de geração de energia elétrica para locais remotos como a Torre de Internet que localiza-se em um local de difícil acesso como foi mostrado no projeto.

A sustentabilidade social, econômica, cultural, geográfica e ecológica é a preocupação do momento, e para que ela aconteça é necessário utilizar de mecanismos de compensação a todos que conservarem e restaurarem o meio ambiente. Principalmente para aqueles que cuidam da manutenção e proteção da biodiversidade mantendo os mananciais, a produção de água doce, de alimentos saudáveis. Também podem ser compensados segundo Born (2002), os indivíduos comprometidos com a conscientização ambiental como aqueles que realizam atividades recreativas e turísticas. No entanto, sistemas de energia limpa, que não agridem o ambiente ainda encontram entraves e muita das vezes não são bem vistos pelos governos e pela sociedade.

A energia fotovoltaica é algo que pode ser bem aproveitado em locais remotos e de alta incidência solar como é o nosso país.

Foram abordados na primeira fase do trabalho, conteúdos teóricos que foram de suma importância para a segunda etapa, onde foi realizado uma simulação de um sistema fotovoltaico autônomo. Foi apresentado também o memorial de cálculo para o dimensionamento deste sistema.

Nesta fase também foi mostrado os diversos tipos de sistema isolado, onde os mesmos podem ser autônomos puros, híbridos, ou ainda *on-grid*. Apresentando assim suas diferenças e composições.

Comprovou-se que em se tratando das composições e materiais utilizados em sistemas fotovoltaicos, é de suma importância que todos os itens sejam especificados corretamente, principalmente o sistema de proteção, para que em quaisquer avarias, não haja danos nos equipamentos.

## 7 CONCLUSÃO

Este estudo mostrou através da simulação realizada no projeto da implantação de um sistema fotovoltaico autônomo, que se pode conseguir uma carga auto suficiente para manter-se funcionando 24 horas por dia em regiões remotas, e mostrou que a energia sustentável e remota, tende a ser uma das melhores soluções para locais de difícil acesso, principalmente pelo fato de ser uma energia limpa e renovável.

Um sistema fotovoltaico autônomo tem como componentes básicos os módulos fotovoltaicos, controlador de carga, bateria, inversor e cargas. Cada um desses componentes pode ser adquirido separadamente e depende da empresa, da marca e da voltagem desses aparelhos para estipular o preço de uma instalação completa.

Os mais encontrados no mercado e que possuem menor preço são os módulos fotovoltaicos que operam na tensão de 12 V dc (estes módulos podem ser encontrados em duas categorias de potência: módulos de 36 células, com potência entre 130 W e 140 W e módulos de 60 células com potências entre 240 W e 250 W); os inversores (127 Vac ou 220 Vac a uma frequência de 60 Hz.), baterias (para 12 V dc ) e controladores de carga (para 12 Vdc).

No entanto, devem ser levados em consideração os conectores, cabos e demais componentes necessários a montagem do sistema. Assim como a distância que fixará o sistema do local, a quantidade de aparelhos (todas as cargas que o cliente precisa suprir com o sistema) que vão demandar dessa energia, a exposição solar anual, entre muitos outros fatores para se calcular a voltagem necessária para que o sistema funcione com eficácia.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL - Agência Nacional de Energia elétrica. **Seminário Micro e Mineração Distribuída – Impactos da Resolução Normativa n. 482\2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em: 08 nov. 2017.
- BRITO, S. de S. **Potencial Solar – SunData v 3.0**. CRESESB – Centro de referência para as energias solar e eólica. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>> acesso 03 dez. 2018..
- CARNEIRO, J. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. Projeto interdisciplinar II. 2º ano de mestrado integrado em engenharia têxtil. Universidade do Minho. Portugal. 2009. Disponível em <<https://www.portal-energia.com/>> Acesso em: 11 de set. 2018.
- CASTEJÓN, A; SANTAMARÍA, G. **Instalações Solares Fotovoltaicas**. Volume 1. Edição (2009).
- COPETTI, J.; MACAGNAN, M. **Baterias em sistemas solares fotovoltaicos**. Abens – Associação Brasileira de Energia Solar. Fortaleza, 11, abr. 2007. 10f.
- DEMONTI, R. **Sistema de Cogeração de Energia a partir de Painéis Fotovoltaicos**. Dissertação Submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica. Disponível em <[http://www.ivobarbi.com/PDF/dissertacoes/Dissertacao\\_Rogers.pdf](http://www.ivobarbi.com/PDF/dissertacoes/Dissertacao_Rogers.pdf)>. Acesso em: 07 nov. 2017.
- GALDINO, Marco A.; PINHO, João T. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2014. Grupo de trabalho de Energia Solar – GTES, Rio de Janeiro.
- HEIZO, A. T; NEVES, N. JN; ALMEIDA, N. G. **Estudo de Viabilidade da Implantação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Rede Elétrica de Energia para Diferentes Regiões no Estado do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Disponível em [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3058/1/CT\\_COELE\\_2014\\_1\\_02.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3058/1/CT_COELE_2014_1_02.pdf) Acesso em: 26 out. 2017.
- IEA, I. E. A. (2011). *Solar Energy Perspectives*. Disponível em: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar\\_Energy\\_Perspectives2011.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar_Energy_Perspectives2011.pdf). Acesso em novembro/2016.
- MAESTRI, H. G. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico autônomo para alimentação de um dispositivo de monitoramento de parâmetros elétricos em linha de transmissão**. Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica. Florianópolis, 2018, 101p. Disponível em: < [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/183633/TCC\\_Hugo\\_Guilherme\\_Maestri.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/183633/TCC_Hugo_Guilherme_Maestri.pdf?sequence=1) > Acesso em: 10 de out. 2018.
- MIRATECH. **Como funciona a Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <https://www.mitratech.com.br/como-funciona-energia-solar-fotovoltaica.html>. Acesso em: mar. 2018.
- NASCIMENTO, C. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. Dissertação de

Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004.

NEOSOLAR. **Sistemas Isolados Off Grid**. Disponível em <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-isolados-off-grid/>. Acesso em: 16 out. 2017.

RÜTHER, Ricardo **Edifícios solares fotovoltaicos : o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**  
Florianópolis : LABSOLAR, 2004.

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.

SOUZA, Romilson di. Os sistemas de energia solar fotovoltaica. **Livro digital de introdução aos sistemas solares**. Ribeirão Preto /SP: *Blue Sol* Energia Solar Disponível em: <<http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em 08 de out. 2018.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2012.

ZANESCO, I. et.al. **Implementação e análise de sistemas fotovoltaicos autônomos**. 2004. Dissertação Submetida ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais Pontifícia Universidade Católica do Rio grande do Sul – PUCRS, Porto Alegre/RS.