



**FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**GIANKARLO FIALHO RIBEIRO**  
21606195

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA  
FOTOVOLTAICO OFF-GRID EM UM  
MOTORHOME**

**BRASÍLIA**  
**2020**



**GIANKARLO FIALHO RIBEIRO**

# **DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID EM UM MOTORHOME**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado como um dos requisitos para a  
conclusão do curso de Engenharia Elétrica  
UniCEUB – Centro Universitário de Brasília.

Orientador (a): **Prof. MsC. Francisco Javier  
de Obaldia Diaz**

**BRASÍLIA  
2020**



**GIANKARLO FIALHO RIBEIRO**

## **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Off-grid em um Motorhome**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Elétrica UniCEUB – Centro Universitário de Brasília.

Orientador (a): **Prof. MsC. Francisco Javier de Obaldia Diaz**

Brasília, 2020.

### **BANCA EXAMINADORA**

Nome e titulação.  
Orientador (a)

Nome e titulação.  
Examinador (a)

Nome e titulação.  
Examinador (a)

# **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Off-grid em um Motorhome**

## **Dimensioning of an Off-grid Photovoltaic System in a Motorhome**

Giankarlo Fialho Ribeiro<sup>1</sup>, Francisco Javier de Obaldia Diaz<sup>2</sup>, Primeiro examinador<sup>3</sup>, Segundo examinador<sup>4</sup>

### **Resumo**

O crescimento da popularidade e do uso de veículos recreativos no Brasil e no resto do mundo tem certas implicações para a indústria, turismo e meio ambiente. Os veículos recreativos acabam por se tornar um estilo de vida, normalmente visualizando um maior contato com a natureza e uma certa autonomia dos grandes centros. Uma das formas de proporcionar essa autonomia para esses veículos se dá através de fontes de energia renováveis, sendo a energia solar fotovoltaica a que mais tem crescido hodiernamente, tanto na área industrial quanto na civil. Desta forma, visualizando entregar autonomia energética em qualquer ambiente que um veículo de recreação esteja, o presente artigo apresenta o desenvolvimento de um projeto de sistema fotovoltaico off-grid para um veículo de recreação, dimensionando o projeto de forma que todos os componentes eletrônicos do RV, funcionem de forma adequada a sua rotina.

**Palavras-chave:** Autonomia. RV. Off-grid. Fotovoltaico. Projeto.

**Abstract:** The growth in popularity and use of recreational vehicles in Brazil and in the rest of the world has certain implications for the industry, tourism and the environment. Recreational vehicles end up becoming a lifestyle, usually visualizing a greater contact with nature and a certain autonomy from the large centers. One way to provide this autonomy for these vehicles is through renewable energy sources, with solar photovoltaic energy being the one that has grown most today, both in the industrial and civil sectors. Thus, aiming to deliver energy autonomy in any environment that the recreation vehicle is in, this article presents the development of an off-grid photovoltaic system project for a recreation vehicle, scaling the project so that all electronic devices work properly in the daily routine.

**Keywords:** Autonomy. RV. Off-grid. Photovoltaic. Project

## 1 INTRODUÇÃO

Nascido da necessidade dos campistas, os veículos de recreação (RVs) tem o objetivo de aliar conforto e tecnologia, com uma agilidade de transporte e praticidade, proporcionando uma diversão com a conveniência de um lar (PIVARI, 2007).

Os RVs ganharam espaço na década de 1940 nos Estados Unidos, quando os veículos recreativos, que eram então chamados de "trailers domésticos", melhoraram drasticamente em qualidade de projeto e peças. Com a melhoria na construção de RVs, novas peças sendo fabricadas a todo momento, em conjunto com um sistema rodoviário interestadual sendo constantemente aprimorado, os RVs acabaram se tornando uma alternativa extremamente viável de férias para a população que zelava pela comodidade que eles mantêm durante acampamentos e viagens familiares. (Wallis, 1987). Dessa forma, o desejo das famílias de viver na estrada cresceu a tal ponto que, ao se aposentarem na década de 1970, venderam suas casas e compraram RVs de 30-40 pés, habitando-os em tempo integral;

Em conjunto com essa mudança de hábito da sociedade em relação a reinvenção do conceito de moradia, a busca por fontes energéticas mais sustentáveis e menos prejudiciais ao meio ambiente ganhou força em meados da década de 1970 quando a crise dos combustíveis fósseis afetou as grandes potências econômicas da época, evidenciando assim a necessidade da busca por fontes alternativas de produção energética que possam suprir as necessidades e demandas das sociedades modernas, e que sejam menos impactantes ao meio ambiente, e isso passa por uma mudança na matriz energética mundial (Gail Hartwigsen PhD & Roberta Null PhD, 1991).

Desde o início do século XVIII, a sociedade se desenvolveu através de matriz energética altamente poluente e que tem se tornado cada vez mais escassa. O petróleo, carvão e gás natural por muitos anos tem sido a pedra angular da sociedade industrializada, sendo responsáveis por

quase 80% de toda a geração de energia no planeta muito embora se esteja percebendo agora seus efeitos sobre o meio ambiente.

Nesse contexto, o surgimento das energias renováveis se dá como uma alternativa ao uso racional da energia uma vez que promove a diversificação dos sistemas energéticos.

É levantada a questão da matriz energética renovável devido a necessidade dos RVs estarem conectados a uma rede elétrica externa ou possuírem outras fontes de energia, pela necessidade de manter os equipamentos eletroeletrônicos conectados e operantes, mesmo em ambientes extremos, para garantirem uma tranquila estadia.

Visualizando dessa forma, a necessidade de uma autonomia energética para os RVs, aliada da utilização de energias renováveis se tornam fulcral para manterem essa comodidade e conforto em sua "habitação móvel".

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Matriz energética mundial

Uma mudança na matriz energética global se torna algo mais suscetível no futuro breve. (Mekhilef et al., 2011), foi feito um estudo comparativo em relação ao consumo de energia global onde foi demonstrado pela Agência Internacional de Energia (AIE) que, até 2050, painéis solares serão responsáveis por sanar a demanda de 45% de todo o uso de energia no planeta.

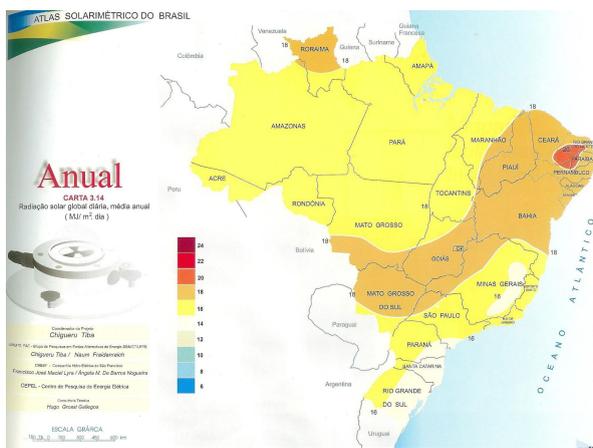
O uso de energia solar, principalmente para a área rural e residencial, será a forma mais promissora e viável de energia alternativa para abastecer esses usuários nesses próximos anos. O sol, em todo o planeta, fornece aproximadamente  $1.5 * 10^{18}$  kWh de energia, sendo isso 10 mil vezes o consumo anual de energia atualmente (CRESESB/CEPEL, 2014).

### 2.2 Irradiação solar no Brasil

A irradiação solar é a forma de medição da energia por unidade de área de radiação solar que é incidente em

determinada superfície, sendo a maneira de medirmos a radiação que de fato chega a Terra (**Glossário de Termos Técnicos em Radiação Atmosférica**, 2020). O Brasil é o país que mais recebe irradiação solar em todo o mundo, devido a sua localização próxima à linha do Equador, o país acaba por receber uma alta incidência de sol com pequena variação durante todas as estações do ano (Figura 1).

Figura 1 : Média anual de radiação solar global diária no Brasil.



Fonte: (“Atlas Solarimétrico do Brasil Banco de Dados Terrestres,” [s.d.]

## 2.2.1 Irradiância

A magnitude que descreve a irradiação é a irradiância, que é a quantidade de energia por unidade de tempo, que atravessa a superfície. Desta forma, a irradiação solar na superfície da Terra é o brilho solar filtrado pela interposição da atmosfera, mudando seu valor de acordo com a época do ano, do clima local do ambiente, de sua latitude, e das horas do dia.

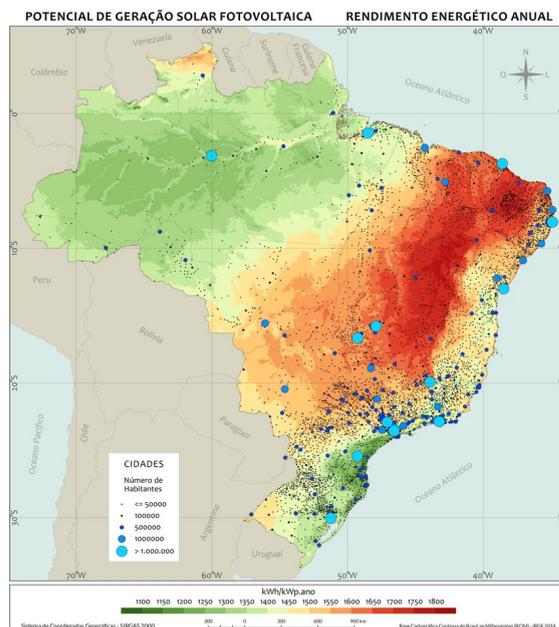
## 2.3 Potencial de Geração de Energia Fotovoltaica

Pelos próprios níveis de radiação que o Brasil recebe, seu potencial de geração de energia solar se torna evidente, principalmente na estação do verão nos estados do Sudeste e Sul do Brasil, que são os estados que possuem a maior quantidade de demanda energética, nessa época do ano,

computados pelo Operador Nacional do Sistema - ONS (PEREIRA et al., 2017).

Com o aumento da geração de energia solar fotovoltaica por todo o Brasil e uma acentuada redução de custos na criação e implementação de tecnologias fotovoltaicas, o cenário brasileiro possui um grande potencial (Ver Figura 2) para contribuir com a demanda do próprio Sistema Interligado Nacional - SIN, por sua essência subdividida e distribuída (LIRA et al., 2019).

Figura 2. Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil (medido em kWh/kWp.ano no perfil de cores), admitindo uma taxa de desempenho de 80% para geradores fotovoltaicos fixos e distribuição da população brasileira nas cidades.



Fonte: (“URLib - Atlas brasileiro de energia solar,” 2017)

## 2.4 Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos, são instalações feitas com o propósito de coletar e tornar disponível essa energia proveniente do sol em forma de radiação, transformando-a em energia elétrica.

Variando conforme a aplicação, os sistemas fotovoltaicos podem ser chamados de isolados, comumente conhecido como “Off-grid”, e SFCR como “On-grid” ou conectado à rede.

Para o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos, seja ele “Off-grid” ou “On

grid”, equipamentos eletrônicos são necessários e desempenham funções fulcrais para a atividade adequada de cada sistema. Ambos possuem utilizações específicas para cada resultado que se pretende obter, sendo o foco para propiciar autonomia e mobilidade, um sistema isolado de conexão à rede elétrica (ENEL SOLUÇÕES, 2016).

#### 2.4.1 Sistemas Isolados

Os sistemas isolados ou autônomos podem ser classificados entre com armazenamento e sem armazenamento.

Modelos de sistemas isolados sem armazenamento, são frequentemente usados em bombas hidráulicas, pelo fato econômico de não necessitarem de um projeto maior e outros instrumentos para esse armazenamento (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

Direcionando a aplicação do sistema para uma que proporciona maior autonomia e capacidade de provimento de energia, de fato, sistemas isolados que possuem armazenamento próprio se tornam mais eficazes para abastecer eletroeletrônicos variados durante toda a duração do dia, mesmo o sistema com pouca atividade (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

#### 2.5 Componentes e Elementos de um Sistema Fotovoltaico Isolado

Para o funcionamento de um sistema fotovoltaico isolado que proporciona autonomia energética para o usuário, é indispensável a utilização de certos elementos em conjunto, atuando no processo de armazenamento e distribuição da energia elétrica gerada.

Placas solares, controladores de carga, inversores e baterias são os elementos que compõem o ciclo de geração de energia fotovoltaica em um sistema isolado

#### 2.6 Painel Solar

Os painéis solares ou módulos fotovoltaicos, são os principais componentes de qualquer sistema fotovoltaico de geração de energia, sendo eles a célula básica do

sistema gerador.

São formados por um conjunto de células fotovoltaicas associadas em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes que são determinadas em projeto, de acordo com a demanda.

A quantidade de módulos conectados em série irá determinar a tensão de operação do sistema em corrente contínua - CC, sendo para a corrente definida pela conexão em paralelo de painéis individuais ou de conjuntos de módulos conectados em série chamados de strings. A potência instalada, normalmente especificada em CC, é dada pela soma da potência nominal dos módulos individuais.

O conjunto destes módulos é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema, ou seja, são os responsáveis no processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

#### 2.6.1 Funcionamento dos Painéis Solares

O efeito fotovoltaico ocorre nos semicondutores da placa, normalmente sendo o silício, que se caracteriza pela presença de uma camada de condução “vazia”.

Como seus átomos possuem quatro elétrons que se ligam aos outros, quando adicionado átomos que possuam mais elétrons que o possível para a ligação entre o silício, como é o caso do fósforo que possui cinco, ele não será emparelhado e, com pouca energia necessária para se criar uma inércia, ele se movimenta para fora da camada de valência e vá para a de condução.

Da mesma maneira, caso seja introduzido um átomo com apenas três elétrons de ligação, como é o caso do boro, haverá uma falta de um elétron para satisfazer as ligações com os átomos de silício da rede. Esta falta de elétron é denominada buraco ou lacuna e com pouca energia térmica para se criar essa inércia, um elétron de um sítio vizinho assumirá essa posição, criando outra lacuna.

Assim, caso ambos fossem introduzidos, átomos de boro em uma metade e de fósforo na outra, será criada uma junção

**pn.**

O que ocorre nesta junção é que elétrons livres do lado do fósforo passam ao lado do boro onde encontram os buracos que os capturam, isto faz com que haja um acúmulo de elétrons no lado do boro, tornando-o negativamente carregado e uma redução de elétrons do lado do fósforo, que o torna eletricamente positivo.

Estas cargas aprisionadas dão origem a um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de mais elétrons do lado do fósforo (**n**) para o lado do boro (**p**), este processo alcança um equilíbrio quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de barrar os elétrons livres remanescentes no lado **n**.

Caso essa junção seja exposta a fótons com energia maior que o buraco na camada de condução, ocorrerá a geração de pares elétrons específicos desses espaços vazios, se isto acontecer na região onde o campo elétrico é diferente de zero na célula de silício, as cargas serão aceleradas e irão gerar uma corrente através dessa junção. Como é um deslocamento de cargas, acaba por criar uma diferença de potencial o qual é denominado de Efeito Fotovoltaico.

Se as duas extremidades dessa célula de silício forem conectadas por um fio, haverá uma circulação de elétrons. Esta é a base do funcionamento das células fotovoltaicas nos módulos solares (CRESESB/CEPEL, 2006). A Figura 3 demonstra essa estrutura por dentro da célula.

Figura 3. Corte Transversal de uma célula fotovoltaica



Fonte: CRESESB-Centro de Referência para Energia Solar e Eólica, Cepel.br.

### 2.6.2 Tecnologias de Módulos Fotovoltaicos

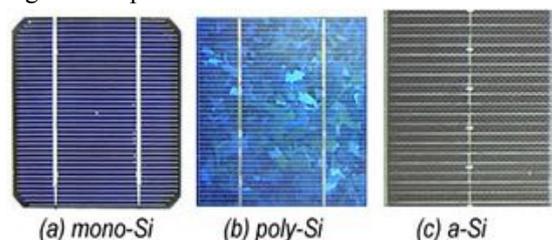
fotovoltaicos são fundamentados em algum tipo de variação do silício. O silício é o material semiconductor de maior relevância para a transformação fotovoltaica da energia solar e é o principal para toda a indústria eletrônica (PALZ & LIMA, 2002).

Sendo diversas as maneiras de aplicação do silício nos painéis, com diferenças em sua pureza e precisão do alinhamento das moléculas de silício na placa, variando a eficiência da célula solar em executar a conversão de energia.

Existem diversas tecnologias, sendo três as principais, que são aplicadas para a produção das células solares e sendo classificadas de acordo com suas características de material e eficiência.

Caracterizando essas classificações, que seriam os painéis monocristalinos, policristalinos e de filme fino, os painéis solares monocristalinos tem sua fabricação a partir de lâminas de silício individuais e que são tratadas e transformadas em células fotovoltaicas com uma eficiência entre 16% e 23%, possuindo a mais alta eficiência e um alto custo em relação às outras. Já os painéis solares policristalinos, são fabricados pelo derramamento do próprio silício em um molde de célula que acaba causando imperfeições na estrutura do cristal sendo formado, tornando o painel menos eficiente, porém com um custo reduzido. Ambos sendo bem diferentes do painel solar de filme fino, que por possuir, em torno de, 35% menos eficiência que as outras duas tecnologias, sua maior aplicação se dá em projetos ao qual a energia não é prioridade e sim a leveza do material, a portabilidade e seu baixo custo (LOUREIRO, 2020). A Figura 4, mostra os três tipos de células das quais são fabricados os painéis solares.

Figura 4. Tipos de Células fotovoltaicas comerciais.



Fonte: CRESESB-Centro de Referência para Energia Solar e Eólica, Cepel.br, disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com>

Atualmente, quase 80% dos painéis

[content&lang=pt&catid=91](#)>

de chumbo

## 2.7 Controladores de Carga

Os controladores agem como gerenciadores das cargas e descargas, assegurando para a bateria uma maior longevidade útil por desligar a saída automaticamente, quando a bateria está com pouca carga, evitando que o usuário a descarregue totalmente, e mantendo a bateria dentro de condições ideais de funcionamento ao controlar a carga e a flutuação incidentes (MARINHO et al. , 2016).

Para fazer essa regulação, o controlador de descarga solicita, em uma série de intervalos, energia das baterias para que sua vida útil não seja comprometida por longos períodos de inatividade, mesmo que a geração de energia seja suficiente para atender ao consumo. Os controladores de carga mais utilizados são do tipo estado sólido microprocessado, com relé de chaveamento das cargas.

## 2.8 Baterias ou Acumuladores

O armazenamento de energia é essencial no aproveitamento de energia solar nos sistemas isolados. Como a geração e o consumo de energia não coincidem, se torna necessário armazená-la, até por possíveis períodos sem sol onde a autonomia do sistema não pode ser perdida por casualidades.

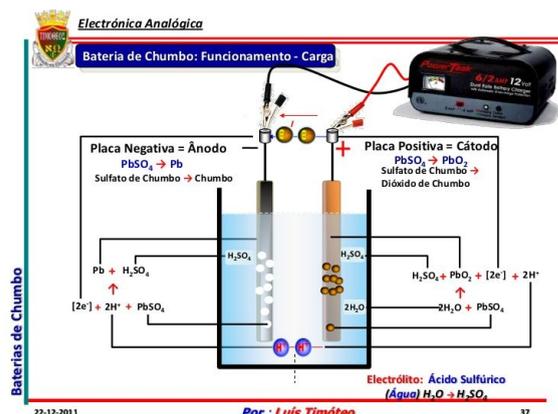
Nas instalações de energia solar, os acumuladores ou baterias de ácido de chumbo, o mesmo tipo de baterias que são usadas na indústria automotiva, são os elementos mais comuns para os armazenamentos de curta duração, principalmente pela necessidade comum de capacidade de armazenamento variar entre 0.1 e 100 kWh em sistemas fotovoltaicos. Estas baterias têm a melhor relação preço e eficiência, e podem assegurar elevadas e reduzidas correntes de carga com uma boa eficiência, além de uma segurança em relação a variações de temperatura (GREENPRO, 2004).

### 2.8.1 Funcionamento das baterias de ácido

As baterias de ácido de chumbo compreendem várias células individuais, cada uma delas com uma tensão nominal de 2 V cada. Quando são montadas em blocos, as células são dispostas dentro de um invólucro comum, sendo internamente ligadas em série (por ex. 12 células para um bloco de 24 V). Nos grandes sistemas de acumulação, as baterias são construídas geralmente como células individuais, devido ao seu peso.

Dependendo da forma que são ligadas entre si na sua instalação, seja em série ou em paralelo, podem ser criados diferentes níveis de tensão e capacidades de armazenamento. Uma bateria consiste basicamente em um recipiente contendo um eletrólito de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e duas placas imersas de diferentes polaridades que são isoladas por separadores. As placas atuam como eletrodos e consistem fundamentalmente em grelhas de chumbo que têm a função de reter a matéria ativa e conduzir a corrente elétrica. A matéria ativa porosa e esponjosa, por possuir área superficial suficiente para a reação eletroquímica, é ela quem armazena a energia. Com a bateria carregada, a massa ativa que se mantém no eletrodo negativo é feita de chumbo (Pb), e no eletrodo positivo de dióxido de chumbo (PbO<sub>2</sub>). A Figura 5 mostra o processo de carga da bateria.

Figura 5. Funcionamento da Carga de uma bateria de ácido de chumbo.

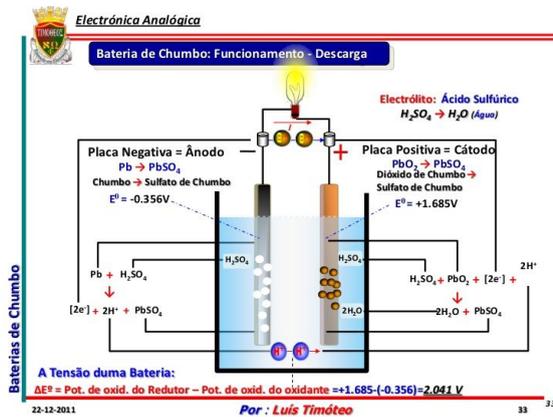


Fonte: LUIS F.M. TIMÓTEO, **Baterias de chumbo**, Slideshare.net, disponível em: <<https://pt2.slideshare.net/MarioTimotius/emobilidade-baterias-de-chumbo>>, acesso em: 20 Nov. 2020.

Com o estabelecimento do circuito elétrico, os elétrons fluem do pólo negativo

para o positivo, provocando uma reação química entre as placas e o ácido sulfúrico. A medida que o sulfato do ácido se liga à matéria ativa, a formação do sulfato de chumbo ( $PbSO_4$ ) é provocada nas superfícies das placas, consumindo o eletrólito quando a bateria se descarrega e reduzindo a concentração do ácido, tornando o eletrólito mais aquoso. Esta mudança pode ser medida com um densímetro, que também permite verificar o estado de carga da bateria (TIMÓTEO, 2011). A figura 6 ilustra o processo de descarga da bateria.

Figura 6. Funcionamento da descarga de uma bateria de ácido de chumbo



Fonte: LUIS F.M. TIMÓTEO, **Baterias de chumbo**, Slideshare.net, disponível em: <<https://pt2.slideshare.net/MarioTimotius/emobilidade-baterias-de-chumbo>>, acesso em: 20 Nov. 2020.

A vida útil de uma bateria vem definida para quando completamente carregada, a bateria tem apenas 80% da sua capacidade nominal, indicando que após esse ponto, a bateria pode continuar a ser usada, mas a sua capacidade será reduzida continuamente e o risco de uma falha aumenta consideravelmente, particularmente em resultado de um curto-circuito.

Como as baterias de ácido de chumbo podem ser divididas de acordo com a tecnologia da placa e o tipo de eletrólito que utilizam, normalmente são utilizadas nas instalações solares as baterias úmidas de eletrólito fluido ou baterias solares, baterias de gel, baterias estacionárias de placa tubular e baterias de bloco (CARNEIRO et al., 2017).

## 2.9 Inversores

O inversor solar estabelece a ligação entre o gerador fotovoltaico e a rede AC ou a carga AC. A sua principal tarefa consiste em converter o sinal elétrico DC, por meio do acionamento alternado de dispositivos de chaveamento, do gerador fotovoltaico num sinal elétrico AC, e ajustá-lo para a frequência e o nível de tensão da rede a que está ligado, garantindo a segurança do sistema e mantendo de acordo com as normas estabelecidas pela Aneel, caso o sistema seja conectado a rede. (PINHO & GALDINO, 2014).

Alguns aspectos determinam a qualidade dos inversores nesse tipo de sistema e devem ser avaliados pelo aumento de custo ser diretamente proporcional a qualidade e eficiência do inversor de acordo com esses parâmetros. Dois desses parâmetros seriam a forma da onda, pois ela depende do método de conversão e da filtragem utilizada para eliminar os harmônicos indesejáveis resultantes da conversão deixando a distorção harmônica total inferior a 5%, e a eficiência de conversão do inversor, principalmente por ela não ser constante e seu valor depender da potência demandada pela carga empregada e seu fator de potência.

Importante lembrar que os fabricantes normalmente anunciam a eficiência dos inversores na carga nominal, mas nem sempre destacam o fato de que sob cargas parciais seus dispositivos apresentam baixas eficiências. Para os usuários de sistemas fotovoltaicos com necessidades variáveis de potência, altas eficiências em cargas parciais podem ser importantes.

## 2.10 Aspecto econômico e ambiental

É notável a gradativa disrupção no interesse em sistemas fotovoltaicos e recursos de armazenamento para os mesmos, principalmente com a diminuição dos preços dos painéis fotovoltaicos e das tarifas ligadas a ele. O interesse do consumidor comum tem se voltado para essas tecnologias, principalmente quando se correlaciona com o aumento substancial dos preços do consumo de eletricidade no setor residencial, demonstrando forte ligação da tendência aos

fatores econômicos empregados (Beck, Kondziella, Huard, & Bruckner, 2016).

Os fatores econômicos são de extrema importância para o sucesso de qualquer sistema de geração de energia. No entanto, é difícil comparar a energia fotovoltaica com outros sistemas apenas com base no custo do investimento, principalmente pelo baixo custo operacional que ela possui. A economia de energia e seus custos proporcionada pela geração fotovoltaica, possui um grande impacto na conscientização ambiental e sócio-cultural, tanto para a economia e estabilidade energética mundial como para os problemas ambientais pelo uso de uma energia que é limpa e gratuita.

### 3 METODOLOGIA

De acordo com o projeto visado, foram dimensionados os componentes do sistema fotovoltaico off-grid a serem implementados no veículo de recreação, com o propósito de obter uma eficiência satisfatória entre a energia fornecida pelo sol e a demanda dos aparelhos eletrônicos abastecidos pela carga.

Trata-se de um projeto de natureza pessoal, com aplicação prática em um veículo de recreação familiar, embasando-se em normas técnicas como a NBR 10899 de 08/2020 e a resolução 482/2012 da ANEEL para dimensionar o sistema de energia fotovoltaica no atendimento das demandas energéticas em períodos de viagens.

#### 3.1 Definição da demanda

O primeiro passo na elaboração de um projeto fotovoltaico, nesse caso, é determinar o consumo diário e mensal estipulado de energia elétrica pelo motorhome. Para isso, serão adotados os valores de potências e demandas dos aparelhos já previamente instalados e em utilização, que são abastecidos pelas baterias do sistema e pelo próprio veículo, por padrões de tempo de utilização residenciais, de acordo com o propósito do veículo que é entregar uma “casa móvel autônoma”

(GUIMARÃES et al., 2004).

Tabela 1. Consumo diário e mensal de energia elétrica no veículo de recreação.

Equip.	Qtd.	Potência total (W)	Uso (h/dia)	Consumo (Wh/dia)
Fita LED (m)	12	60	8	480
Exaustores	3	12	1	12
Microondas	1	1500	0,25	375
SmartTV LED 32'	1	48	8	384
Geladeira	1	72	24 x (1/2)	864
Notebooks	2	130	2	260
Celulares	2	40	1,5	60
Bomba d'água	1	91,2	3	273,6
<b>TOTAL</b>	-	1953,2	-	2708,6

Fonte: (Autor, 2020)

Tabela 2. Valores totais de consumo e potência

TOTAL (Wh/dia)	2708,6
TOTAL MÊS (Wh/30 dias)	81.258

Fonte: (Autor, 2020)

Com o total da demanda que o veículo tem, é possível obter as dimensões dos componentes que compõem o projeto e todo o impacto econômico e estrutural desse sistema fotovoltaico.

#### 3.2 Radiação Solar no Brasil

Como um dado indispensável para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, além da potência instalada e seu consumo, o índice de incidência de radiação solar é um parâmetro importante para identificar o potencial de geração de energia de certas localidades.

Como o propósito do veículo de recreação do projeto é de viagens

automotivas para todo o país, mas principalmente para região do Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Assim, se torna necessário a utilização dos dados de irradiação do Brasil, utilizando os valores mínimos viáveis, para que mesmo com pouca iminência de energia solar média o funcionamento do sistema seja o mais eficiente possível, independente da região que se localiza.

Utilizando os dados do **Atlas Solarimétrico do Brasil - Banco de Dados Terrestres**, que informa os índices de radiação solar global em diferentes ângulos de instalação dos painéis solares, pode-se obter os valores para todas as regiões visadas (ver Tabela 3). Além dessa questão, a radiação diária global desses dados, pode variar em regiões com a geografia homogênea, mas possuem uma pequena variação e um nível de confiança entre 90% (PEREIRA et al., 2017).

Tabela 3. Média anual da radiação solar diária nas regiões brasileiras ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ )

Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
5,5	5,9	5,7	5,6	5,0

Fonte: ("URLib - Atlas brasileiro de energia solar," 2017)

No tipo de dimensionamento aplicado, levou-se em consideração os valores médios mais baixos no Brasil, para que atenda a demanda de energia no caso de viagens interestaduais. O dimensionamento feito foi um pouco diferente do Método do Mês Crítico, normalmente empregado, que consiste em utilizar como base o valor de radiação do pior mês do ano na região pré-determinada. No caso desse projeto, como as viagens interestaduais serão comuns entre estações do ano, foi usado como base para o dimensionamento o menor valor da média anual registrada no país, sendo ela da região Sul.

Vale ressaltar que, para fins desse projeto em específico, foi admitido os valores para o plano horizontal citados na tabela anterior, onde as placas não teriam qualquer angulação referente ao solo por conveniência de instalação, manutenção e por ser um

veículo de recreação que é uma estrutura móvel.

### 3.3 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico Off - grid

Para se selecionar qual tipo de módulo será usado nos projetos fotovoltaicos, deve se ter conhecimento de que cada painel solar tem uma capacidade diferente de geração, a escolha do painel é devida a quantidade desejada de capacidade de geração de acordo com o consumido diariamente (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros para dimensionamento

Carga instalada	1953,2 W
Consumo diário	2708,6 Wh
Radiação (Média anual)	$5,0 \text{ kW}/\text{m}^2$
Tensão de operação do sistema C.C.	12 V
Tensão de saída	220 V
Eficiência do cabeamento	97 %
Eficiência das Baterias	85 %
Eficiência do Inversor	85 %

Fonte: (Autor, 2020)

Desta maneira, a potência mínima para a geração, corrigida com os fatores de eficiência dos componentes, é:

$$P = [(C/R) / (EFC * EFB * EFI)]$$

Sendo:

P - Potência mínima da geração / dos painéis solares

C - Consumo diário

R - Radiação média diária anual

$EF_C$  - Eficiência do cabeamento

$EF_B$  - Eficiência do Banco de Baterias

$EF_I$  - Eficiência do Inversor

$$P = ((2708,6 / 5,0) / (0,97 * 0,85 * 0,85)) = 772,9747 \text{ W}$$

Existem diversos painéis solares para diversos tipos de soluções possíveis, para esse projeto, por disponibilidade e encaixe no orçamento, escolheu-se utilizar quatro

módulos do CS6K-305M (Figura 7), que possuem 305 W de potência nominal. As características elétricas deste painel são disponibilizadas na Tabela 5.

Tabela 5. Ficha técnica do módulo CS6K-305M.

Potência máxima	305 W
Tolerância	0 % a + 5 %
Tensão de circuito aberto	39,9 V
Tensão de Pico (V <sub>mpp</sub> )	32,7 V
Corrente de curto (I <sub>sc</sub> )	9,91 A
Corrente de Pico (I <sub>mpp</sub> )	9,33 A
Voltagem Máxima	1000V
Tipo	Silício Monocristalino PERC
Dimensões	1650 x 992 x 35 (mm)
Peso	18,2 kg

Fonte: **Painel Solar Mono-Perce CS6K-305M Canadian Solar** | Eduardo Aquino, Eduardo Aquino Referência em Energia Solar, disponível em: <https://www.eduardoaquino.com.br/painel-solar-mono-perce-cs6k-305m/>, data de acesso: 20/11/2020.

Figura 7. Painel Canadian Solar - Cs6k - 305m



Fonte: **NeoSolar Loja**, Neosolar.com.br, disponível em: <https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-275wp-canadian-csi-cs6k-275wp.html>, acesso em 20/11/2020.

### 3.3.3 Controladores de Carga

Considerando a configuração dos módulos, sua tensão de operação sendo 12V e corrente elétrica máxima fornecida de 9,91 A, a seleção do controlador de carga se dá pela fórmula: (GREENPRO, 2004)

$$I_{controlador} = 1,25 * N_{módulos} * I_{sc}$$

$I_{controlador}$  - Corrente mínima do controlador

$N_{módulos}$  - Número de módulos

$I_{sc}$  - Corrente de Curto do módulo

$$I_{controlador} = 1,25 * 4 * 9,91 = 49,55 A$$

Conforme o cálculo demonstra, o sistema necessitará de pelo menos um controlador de carga de aproximadamente 50 A. Para a segurança da instalação e dos outros componentes do sistema fotovoltaico, foram instalados dois controladores Fangpusun MPPT 100/50D (Figura 8), cada um conectado a um par de placas fotovoltaicas e possuindo corrente de 50 A cada. A ficha técnica do controlador segue na Tabela 6.

Tabela 6. Ficha técnica do controlador Fangpusun

Tensão	12 V
Corrente Máxima	50 A
Potência Máxima 12V	700 W
Eficiência máxima	98%
Peso	1.6 Kg
Dimensões	186 x 125 x 83 (mm)

Fonte: WESLEY NUNES ALVES, **Controlador Carga 50a Painéis Solares Fangpusun Mppt 100/50 - E+ Solar**, E+ Solar, disponível em: <https://www.emaisolar.com/produto/controlador-carga-50a-paineis-solares-fangpusun-mppt-100-50/>, acesso em: 20/11/2020.

Figura 8. Controlador Fangpusun MPPT 100/50D



Fonte: WESLEY NUNES ALVES, **Controlador Carga 50a Paineis Solares Fangpusun Mppt 100/50 - E+ Solar**, E+ Solar, disponível em: <https://www.emaisolar.com/produto/controlador-carga-50a-paineis-solares-fangpusun-mppt-100-50/> data de acesso em: 20/11/2020.

### 3.3.4 Banco de Baterias

Foi feito um cálculo para determinar o banco de baterias ideal para o sistema dimensionado, além da quantidade e da forma de ligação entre elas. As equações utilizadas para o dimensionamento e a escolha dessas baterias em específico, foram: (GREENPRO, 2004)

Energia armazenada:

$$E_A = E_c / P_d = 2708,6 / 60\% = 4514,33 \text{ Wh}$$

Sendo:

$E_A$  - Energia armazenada no Banco (Wh)

$E_c$  - Energia consumida diariamente (Wh)

$P_d$  - Profundidade de descarga permitida (Admitido um valor padrão para o tipo de bateria de ácido-chumbo de 60%).

Visualizando a quantidade de energia que deverá ser armazenada pelas baterias, foi considerado para o sistema dois dias de autonomia com a utilização padrão dos equipamentos eletrônicos dentro do veículo, conferindo mais segurança para as viagens interestaduais.

Cálculo de energia armazenada necessária para uma autonomia de 2 dias:

$$4514,33 \text{ Wh} * 2 = 9028,66 \text{ Wh}$$

Determinado a quantidade de energia que seria armazenada, foram feitos os últimos cálculos para dimensionar o tamanho do banco de baterias:

Capacidade do banco:

$$C_{Banco} = E_A / V_{Banco} = 9028,66 / 12 = 752,38 \text{ Ah}$$

Sendo:

$C_{Banco}$  - Capacidade de carga do banco de baterias (Ah)

$E_A$  - Energia armazenada no banco de baterias (Wh)

$V_{Banco}$  - Tensão operante do banco (V)

Número de Baterias em paralelo:

$$N_{BP} = C_{Banco} / C_{Bat} = 752,38 / 225 = 3,34 \Rightarrow 4$$

Sendo:

$N_{BP}$  - Número de baterias ligadas em paralelo

$C_{Banco}$  - Capacidade de carga do banco de baterias (Ah)

$C_{Bat}$  - Capacidade de carga de cada bateria

De acordo com os cálculos, quatro baterias CL - 225 HD (Figura 9), todas ligadas em paralelo, se encaixam perfeitamente na demanda e garantem ainda mais segurança e autonomia para o veículo de recreação no mínimo para dois dias menos ativos, com baixa radiação, do sistema fotovoltaico. A ficha técnica da bateria se apresenta na Tabela 7.

Tabela 7. Ficha técnica da bateria CL-225 HD

Tensão	12 V
C rate	20
RC (min)	350
CCA (A)	1050
Peso	46,60 kg
Profundidade de Descarga (DoD)	60%
Dimensões	511 x 215 x 240 (mm)

Fonte: **Bateria Cral Diesel Top Line CL-225 HD**, Bateral.com.br, disponível em: <https://www.bateral.com.br/site/produto/bateria-cral-diesel-top-line-cl-225-hd/>, data de acesso: 20/11/2020

Figura 9. Bateria Cral CL - 225 HD



Fonte: **Bateria Cral Diesel Top Line CL-225 HD**, Bateral.com.br, disponível em: <https://www.bateral.com.br/site/produto/bateria-cral-diesel-top-line-cl-225-hd/>, data de acesso: 20/11/2020.

Pico de potência	5000 W
Tensão de saída	220/230/240
Eficiência	> 85 %
Forma de onda	Senoidal modificada

Fonte: **LinkChamp - Professional Power Solutions Design Manufacturing**, Dc-ac.com, disponível em: <https://www.dc-ac.com/product/sp-series/sp-2500>, data de acesso: 20/11/2020

Figura 10. Inversor SP-2500



Fonte: **LinkChamp - Professional Power Solutions Design Manufacturing**, Dc-ac.com, disponível em: <https://www.dc-ac.com/product/sp-series/sp-2500>, data de acesso: 20/11/2020.

### 3.3.5 Inversor

Para diminuir ainda mais o custo do projeto, foi optado por um inversor de onda senoidal modificada, por seu uso ser restrito para os sistemas independentes, é uma excelente opção para abaixar o custeio. A capacidade do inversor deve superar a potência do maior consumo dos equipamentos que demandam carga do sistema. Para isso, o dimensionamento do inversor ideal para o projeto consiste em ser no mínimo acima da potência do sistema, sempre levando em conta um fator de segurança de 30%. A fórmula a seguir evidencia isso:

$$P_{inv} = P_{Equip} * F_{Seg} = 305 * 4 * 1,3 = 1586 W$$

Sendo:

$P_{inv}$  - Potência mínima do inversor

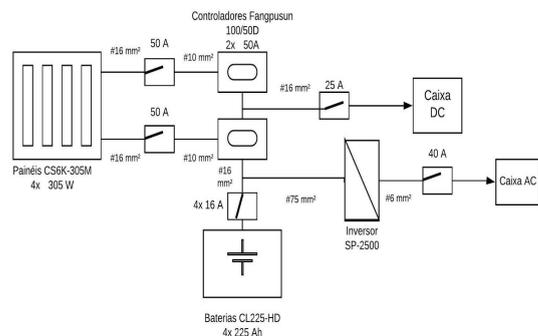
$P_{equip}$  - Potência dos equipamentos no sistema

$F_{seg}$  - Fator de segurança de 30%

A utilização do inversor SP - 2500 (Figura 10) foi determinada para necessidades futuras no aumento de demanda do veículo de recreação, o inversor manterá o funcionamento sem a necessidade de uma troca precoce. Além disso, a escolha desse inversor foi para controlar e suportar os picos de demanda do veículo de recreação, que seriam da geladeira, utilização da bomba d'água e no uso do microondas. A Tabela 8, indica a ficha técnica do equipamento.

Com os equipamentos dimensionado e selecionados, além de suas exigências na forma de instalação anteriormente salientadas que irão compor o sistema fotovoltaico, foi feito o diagrama unifilar da esquemática do sistema dimensionado na Figura 11, utilizando como base a Norma NBR 5410 para os condutores e definindo os disjuntores.

Figura 11. Diagrama Unifilar do sistema



Fonte: (Autor, 2020)

Tabela 8. Ficha técnica do inversor SP-2500

Potência	2500 W
----------	--------

serão discutidos os custos e ganhos nos resultados.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Custos da implantação do sistema fotovoltaico isolado no motorhome

Foi investido um capital de R\$ 8965,31 utilizado para aquisição dos principais componentes do sistema fotovoltaico, tanto para a instalação quanto monitoramento e segurança. O orçamento dos equipamentos foram indicados na Tabela 9.

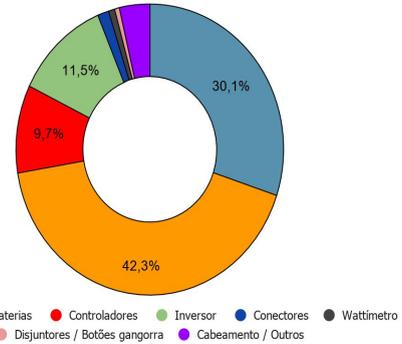
Tabela 9. Custos dos principais componentes para instalação do sistema fotovoltaico isolado.

Equipamento	Qtde.	Custo (R\$)
Painéis Solares 305W CS6K-305M	4	2700,00
Baterias 225Ah CL225-HD	4	3792,00
Controladores MPPT Fangpusun 100/50D 50A	2	874,00
Inversor SP-2500	1	1031,81
Conectores	2	120,00
Wattímetro	1	70,00
Disjuntores/Botões gangorra	12	50,00
Cabeamento e outros.	-	327,50
<b>TOTAL</b>	-	<b>8965,31</b>

Fonte: Autor. (2020)

Percebe-se o grande custo das baterias em relação ao sistema, sendo quase a metade de todo o orçamento (Figura 12). O sistema foi projetado para trabalhar com folga em relação ao consumo de energia, com o propósito de dar conforto na utilização e possível aumento de demanda.

Figura 12. Porcentagem dos custos de cada componente em relação ao orçamento completo.



Fonte: Autor (2020)

### 4.2 Instalação dos componentes precificados

Após a aquisição dos componentes orçados, foi feita a instalação, como previamente explicada, mantendo a estrutura do Motorhome, interna e externa, conservando o ambiente e a experiência de uma “casa móvel” autônoma (Figuras 13 a 20).

Figura 13. Instalação dos quatro painéis solares CS6K-305M no teto do Motorhome.



Fonte: Autor (2020)

Figura 14. Instalação dos dois conectores das baterias, assimilando as baterias em paralelo para conecta-las aos controladores.



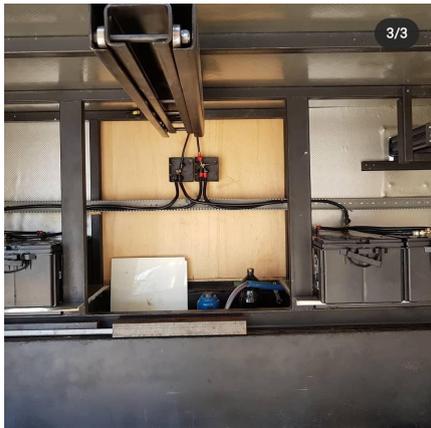
Fonte: Autor (2020)

Figura 15. Um dos dois pares da bateria CL225-HD, instaladas na traseira do Motorhome em um compartimento de carga.



Fonte: Autor (2020)

Figura 16. Visão do local onde foram instaladas as baterias de forma segura, seus conectores e a parte traseira dos controladores.



Fonte: Autor (2020)

Figura 17. Visão do interior de um compartimento no motorhome, onde foi feita a instalação de ambos os controladores Fangpusun 50A, cada um conectado em um par de painéis e nas quatro baterias.



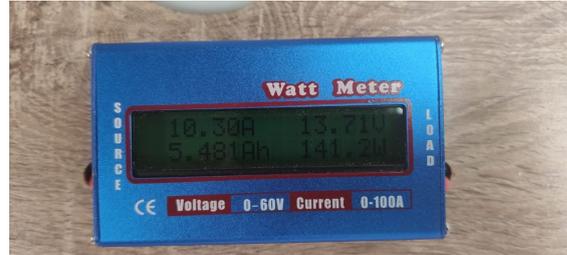
Fonte: Autor (2020)

Figura 18. Inversor SP-2500 por dentro dos compartimentos do Motorhome, os números constam como suas Tensões de operação (em vermelho) e sua temperatura atual (em azul).



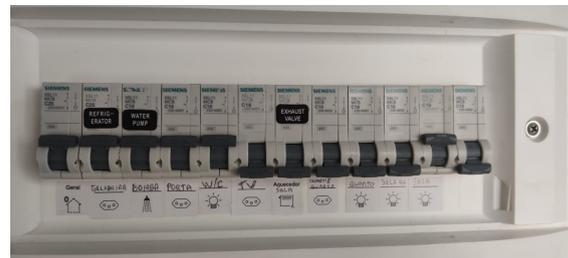
Fonte: Autor (2020)

Figura 19. Wattímetro, medindo tensão, corrente e potência com todos os eletrônicos, que o sistema fotovoltaico foi dimensionado para atender, sendo utilizados simultaneamente.



Fonte: Autor (2020)

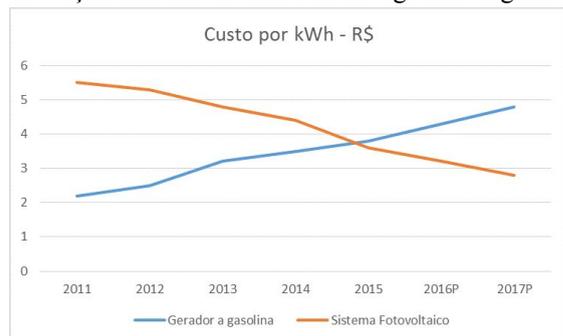
Figura 20. Caixa de disjuntores operando como interruptores para os componentes eletrônicos dentro do Motorhome.



Fonte: Autor (2020)

### 4.3 Ganhos pela adoção do sistema fotovoltaico isolado.

Figura 21. Gráfico comparativo dos custos entre utilização do sistema fotovoltaico x gerador a gasolina.



Fonte: **Energia Solar ou Gerador: Em qual devo apostar? | Oca Energia.** Oca Energia. Disponível em: <<https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/energia-solar-ou-gerador-em-qual-devo-apostar/>>. Data do acesso: 20/11/2020

Com os dados obtidos, é possível notar a variação nos custos de ambas as fontes de energia ao longo do tempo (Figura 21). Sendo as variações da energia fotovoltaica os custos de manutenção.

No caso do projeto executado, os custos estão majoritariamente relacionados a troca das baterias entre 5 a 10 anos, já que os outros componentes, possuem uma longa

durabilidade.

Deve-se levar em consideração o aumento do preço delas acompanhadas da inflação, então o preço pago no futuro pode variar. Como o projeto tem uma duração de 25 a 30 anos, considerando as trocas a cada 5 anos e o valor inicial das baterias, o capital gasto com manutenções do banco de baterias ao longo desse período seria de, aproximadamente, R\$ 18.960.

Os custos com os geradores não varia tanto e está mais dependente do aumento no preço dos combustíveis fósseis. Mas, a longo prazo, o custo aumenta e torna a solução mais cara e menos agradável.

Por mais que o investimento inicial seja maior, os geradores solares ainda saem na frente em comparação com o geradores movidos por combustíveis fósseis, pois eles apresentam uma vida útil muito superior, não necessitam de manutenções e trocas frequentes, além de fornecerem uma energia totalmente limpa, que não agride ao meio ambiente ( Figura 22).

Figura 22. Gráfico comparativo dos custos com consumo de energia do motorhome em 5 anos.



Fonte: (Autor, 2020)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia solar é uma tecnologia que vem sendo usada por países de primeiro mundo e está começando a ganhar espaço no mercado brasileiro. Ainda que possua custos iniciais elevados, inviabilizando a utilização para diversas pessoas, foi constatado mas que no longo prazo o valor investido compensa os gastos energéticos que se teria por outras fontes de energia. A utilização de energias renováveis estão sendo difundidas cada vez

mais, indicando, em um futuro breve, a grande tendência para serem as maiores fontes de energia em escala global, principalmente pela capacidade de energizar qualquer parte do mundo, levando energia a lugares remotos.

Os benefícios para os usuários dessa matriz energética são bem visíveis, se beneficiando com a economia gerada através do projeto, não tendo gastos com gasolina, ruídos e cheiro de gasolina, por não necessitarem de um gerador. Dessa forma, proporcionando um conforto maior e uma estética visual do ambiente mais agradável.

No caso, o projeto aqui apresentado faz parte de um empreendimento familiar para o qual me coube o desafio da pesquisa sobre a tecnologia e ser o projetista, atendendo a uma demanda que resultou na instalação completa e funcional do sistema fotovoltaico no veículo recreativo, estando pronto para seguir viagem (Figura 23).

Figura 23. Foto do motorhome em um acampamento no período da noite.



Fonte: (Autor, 2020)

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família, namorada e amigos ao longo dessa jornada, sem eles eu não seria capaz de finalmente concluí-la. Agradecer também ao meu orientador e colegas de curso e faculdade, que tiveram uma grande influência na execução, qualidade e apoio necessários para esse projeto, sem todos eles, nessa reta final, eu não estaria aqui

## REFERÊNCIAS

Wallis, A.D. Mobile Homes: A Psychological Case Study of Innovation in Housing. Master's Thesis, University of Colorado, 1987.

PIVARI, Marcos, **Campismo com alma**. Motor Home, Curitiba, 4. ed. Abril/Maio 2007.

Gail Hartwigsen PhD & Roberta Null PhD (1991) Full-Timers, Journal of Housing For the Elderly, 7:1, 133-148, DOI: [10.1300/J081V07N01\\_08](https://doi.org/10.1300/J081V07N01_08)

Ministério de Minas e Energia do Brasil, "Balanço energético nacional", pp. 21 Maio de 2007. Disponível em [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)

Mekhilef S, Saidur R, Safari A. A review on solar energy use in industries. Renew Sustain Energy Rev 2011;15:1777-90.

CRESESB/CEPEL – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito e Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos; 2014. 530p

**Glossário de Termos Técnicos em Radiação Atmosférica**. Disponível em: [http://satelite.cptec.inpe.br/radiacao/glossar/gloss\\_fo.htm](http://satelite.cptec.inpe.br/radiacao/glossar/gloss_fo.htm).

**URLib - Atlas brasileiro de energia solar**. Uurlib.net. Disponível em: <http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP3W34P/3PERDJE>

LIRA, Marcos Antônio Tavares; MELO, Marina Larisse da Silva; RODRIGUES, Larissa Mendes; *et al.* Contribuição dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica para a Redução de CO2 no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 389-397, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbmet/v34n3/0102-7786-rbmet-34-03-0046.pdf>.

ENEL SOLUÇÕES. Tudo sobre Energia Solar – Sistemas On Grid e Off Grid. 2016.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Porto: Publindústria, 2011.

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2012.

**ENERGIA SOLAR PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES**. [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial\\_solar\\_2006.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf).

PALZ, Wolfgang. Energia solar e fontes alternativas. Tradução por: Norberto de Paula Lima. São Paulo: Hemus, 2002.

**Painéis Solares Fotovoltaicos**. [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <http://www.marioloureiro.net/tecnica/energFotoVolt/SolarFotovoltaicoCEEETA.pdf>.

Marinho Branches Farias, Elany & Costa, Tatiane & Pilletti, Caroline & Santos, Manoel. (2016). ESTUDO E SIMULAÇÃO DE UM CONTROLADOR DE CARGA PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID.

**“Energia Fotovoltaica - Manual sobre tecnologias, projecto e instalação”** (2004). Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>

LUIS F.M. TIMÓTEO. **Baterias de chumbo**. (2011) Slideshare.net. Disponível em: <https://pt2.slideshare.net/MarioTimotius/emobilidade-baterias-de-chumbo>. Acesso em: 20 Nov. 2020.

CARNEIRO, Rafael Luiz; A. MOLINA, João Henrique; ANTONIASSI, Beatriz; *et al.* Essential Aspects of Lead-Acid Batteries and Physical-Chemical and Thermodynamic Principles of its Operation. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 3, p. 889-911, 2017. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v9n3a06.pdf>.

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

Beck, T., Kondziella, H., Huard, G., Bruckner, T. "Assessing the influence of the temporal resolution of electrical load and PV generation profiles on self-consumption and sizing of PVbattery systems". Applied Energy, vol 173, pp 331-342, 2016.

A. P. C. Guimarães, C. M. Ribeiro, L; E; G; Bastos, L. C. G. Valente, P. C. D. Silva, and R. X. D. Oliveira, "Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos," CEPEL - CRESESB, 2004.

**Energia Solar ou Gerador: Em qual devo apostar? | Oca Energia**. Oca Energia. Disponível em: <https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/energia-solar-ou-gerador-em-qual-devo-apostar/>.

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E ENERGIAS RENOVÁVEIS**, ABRAÃO SMITH PINHO DA SILVA, DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO (SFI) E/OU CONECTADO A REDE ELÉTRICA (SFCR) PARA UM TRAILER DE CONVENIÊNCIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA

AMAZÔNIA. BELÉM 2019, [s.l.: s.n., s.d.].

**AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL.** [s.l.: s.n.], 2012. Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>.

TARGET ENGENHARIA E **ABNT NBR10899 de 08/2020: Energia solar fotovoltaica — Terminologia.** Normas.com.br. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/8242/abnt-nbr10899-energia-solar-fotovoltaica-terminologia>>. Acesso em: 26 Nov. 2020.