

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Guilherme dos Santos do Amaral

**PROJETO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE PONTOS DE ESPERA
COBERTOS POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS**

Santa Maria, RS
2019

Guilherme dos Santos do Amaral

**PROJETO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE PONTOS DE ESPERA COBERTOS
POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Elétrica**.

Orientador: Prof. Dr. Diego Berlezi Ramos

Santa Maria, RS
2019

Guilherme dos Santos do Amaral

**PROJETO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE PONTOS DE ESPERA COBERTOS
POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Elétrica**.

Diego Berlezi Ramos, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Lucas Belinazzo,Dr

Matias Rossato Muraro

Santa Maria, RS
2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar forças e discernimento, e amparar em todos os obstáculos da minha vida.

Ao meu pai, minha mãe e minha família, por todo amor e zelo para comigo. Também me darem todo suporte e ajuda em todos os momentos em que precisei.

Aos meus amigos, Darlan Miguel, André Borniatti, Felipe Cantarelli, Gustavo Amaral, Matheus Viana e Yuri Mambrim, por estarem ao meu lado durante toda a graduação e me ajudarem a chegar até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Diego Berlezi Ramos pela oportunidade da realização deste trabalho. Também pela confiança para comigo.

À banca avaliadora, por aceitarem o convite de participação e por todas as ideias e sugestões para melhoria deste trabalho.

RESUMO

PROJETO E ANÁLISE DE VIABILIDADE DE PONTOS DE ESPERA COBERTOS POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

AUTOR: Guilherme dos Santos do Amaral

ORIENTADOR: Diego Berlezi Ramos

Vemos, no nosso dia-a-dia, diversos espaços públicos ociosos, como pontos de paradas de ônibus, as quais podem tornar-se um bom ponto de captação de energia solar, capazes de produzir energia elétrica através de painéis fotovoltaicos, proporcionando conforto para a população e economia aos órgãos públicos. Foi realizado um estudo de caso para a comparação de custos entre geração de energia fotovoltaica e a utilização da rede de distribuição de energia por meio do método de análise de investimentos baseado no cálculo do Valor Presente Líquido (VPL). Com os resultados obtidos, foi possível notar que a alternativa mais viável economicamente continua sendo a energia elétrica oferecida pela companhia de energia local. Dessa forma, verifica-se que ainda é necessário realizar estudos relacionados ao tema, de forma que seja possível obter uma maior eficiência do sistema de energia solar *off grid*, tornando apto o uso desse tipo de energia limpa e independente aos ambientes urbanos.

Palavras-chave: sistema fotovoltaico, energia limpa, análise de viabilidade.

ABSTRACT

DESIGN AND FEASIBILITY ANALYSIS OF WAITING POINTS COVERED BY PHOTOVOLTAIC PANELS

AUTHOR: Guilherme dos Santos do Amaral

ADVISOR: Diego Berlezi Ramos

Nowadays, there are a lot of idle public spaces that could become spots for solar energy capture, like the bus stops. They could be used to produce electric power through photovoltaic panels, making the waiting more comfortable to the population and bringing economy to the public organizations. It was realized a study case about the cost comparison between the photovoltaic energy generation and the use of the electric power distribution network. To accomplish that goal, it was applied the method of investment analysis through Net Present Value (NPV) calculation. The obtained results allowed to notice that the most economically viable alternative is the use of the electric power provided by the local electric power company. Thus, it was verified that there is still the need for studies about this issue. They might obtain a better efficiency for the off-grid solar energy system and make viable the use of this system in the urban environments context.

Keywords: photovoltaic system, clean energy, feasibility analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Local de instalação de projeto	23
Figura 2 - Conexão das baterias	30
Figura 3 - Diagrama unifilar	31
Figura 4 - Ponto de espera.....	32
Figura 5 - Ângulo do ponto de espera do usuário	33
Figura 6 - Casa de segurança	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Irradiação solar média em Santa Maria	25
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Avaliação de carga	17
Tabela 2 - Levantamento de cargas	24
Tabela 3 - Secção do fio	31
Tabela 4 - Custo dos componentes <i>off grid</i>	34
Tabela 5 - Custo de reposição dos componentes <i>off grid</i>	34
Tabela 6 - Componentes do sistema <i>on grid</i>	35
Tabela 7 - Custo com manutenção <i>on grid</i>	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Irradiação solar média em Santa Maria.....	26
Quadro 2 - Irradiação solar diária em Santa Maria - média mensal	26
Quadro 3 - Características do painel.....	28
Quadro 4 - Características do controlador de carga.....	29

LISTA DE SÍMBOLOS

VDC – Tensão em corrente contínua	[V]
VCA – Tensão em corrente alternada	[V]
KWh – Kilowatt hora	[KWh]
P – Potência painel	[W]
D – Demanda do sistema	[W]
Is – Irradiação solar	[W]
Pi – Perdas inversor	[W]
Pc – Perdas cabos	[W]
Pn – Potência necessária	[W]
P – Potência painel	[W]
I – Corrente controlador de carga	[A]
Icc – Corrente curto circuito do painel	[A]
Nm – Número de painéis no sistema	
C – Capacidade baterias	[V]
V – Unidade de tensão (volts)	[V]
W – Unidade de potência (watts)	[W]
A – Unidade de corrente (ampères)	[A]

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 REQUISITOS DE PROJETO PARA UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	16
2.2 AVALIAÇÃO DO LOCAL	16
2.3 AVALIAÇÃO DA CARGA	17
2.4 COMPONENTES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	17
2.4.1 Painéis Fotovoltaicos	18
2.4.2 Inversores	18
2.4.3 Controladores de Carga	18
2.4.4 Baterias	19
2.5 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES	19
2.6 DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS	19
2.7 DIMENSIONAMENTO DO CONTROLADOR DE CARGA	20
2.8 DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR.....	21
2.9 DIMENSIONAMENTO DAS BATERIAS.....	21
2.10 NORMAS DE SEGURANÇA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	22
2.11 MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE CUSTOS.....	22
3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	23
3.2 PERFIS DE CONSUMO E DEMANDAS PREVISTAS	24
3.3 PROJETO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	25
3.3.1 Dimensionamento dos Painéis Fotovoltaicos	25
3.3.2 Dimensionamento do Controlador de Carga	28
3.3.3 Dimensionamento das Baterias	29
3.3.4 Dimensionamento dos Condutores	30
4 RESULTADOS	32
4.1 COMPARAÇÃO DO CUSTO ENTRE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E ENERGIA ELÉTRICA CONVENCIONAL	33
4.1.1 Custo do Projeto do Ponto de Parada	34
5 CONCLUSÃO	37

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
APÊNDICE A – CÁLCULO DO VPL PARA O SISTEMA OFF GRID.....	41
APÊNDICE B – CÁLCULO DO VPL PARA O SISTEMA ON GRID	42
APÊNDICE C – CÁLCULO DO VPL PARA A REDE ELÉTRICA	43

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação da população com o meio ambiente aliado ao desenvolvimento sustentável torna o uso de energias renováveis essenciais para garantir o avanço da sociedade sem trazer danos ao meio em que vivemos. A importância do uso das energias renováveis está na economia adquirida com a utilização de recursos mais baratos e também na preservação do meio ambiente, já que a maioria utiliza recursos naturais e reaproveitáveis para a produção de energia elétrica (ELETRONUCLEAR, 2016).

No nosso dia a dia, existem diversos espaços públicos ociosos, como as paradas de ônibus, as quais poderiam tornar-se um bom ponto de captação de energia solar, capazes de produzir energia através de painéis fotovoltaicos. Isso traria, em um espaço sustentável, benefícios a toda população que utiliza desse ambiente em seu cotidiano.

Um exemplo de benefício deste tipo de energia pode-se citar a instalação de placas solares locais sem acesso a rede elétrica em pontos remotos na Amazônia, como a tribo dos Mundurucus que a partir da a eletricidade gerada pelo sol, terão energia 24 horas por dia. A energia gerada será usada nos freezers, para guardar peixes e carne, nas áreas comuns da aldeia e em duas escolas, favorecendo toda região da aldeia (EPOCA, 2017).

Através deste caso nota-se a importância que a energia solar vem adquirindo ao longo dos anos, pois além da economia para órgãos públicos sua utilização também tem contribuído para o bem-estar social, tornando o estudo de sua utilização um tema importante para ampliação dos benefícios concedidos por este tipo de atividade.

1.2 OBJETIVOS

Aqui são descritos o objetivo geral e os objetivos específicos definidos para a realização deste trabalho.

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho estuda a viabilidade de construção de abrigos públicos de ônibus com cobertura de painéis fotovoltaicos off grid para a instalação ao longo de vias de trânsito veicular.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para se alcançar o objetivo geral do trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) estudar o dimensionamento de painéis fotovoltaicos para pequenos aproveitamentos;
- b) projetar sistemas de geração fotovoltaica operando conectados e desconectados das redes de energia para pequenos postos de utilização;
- c) realizar o estudo econômico da estrutura do projeto completa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo visa estabelecer os procedimentos necessários ao projeto de um sistema fotovoltaico para implantação de geradores solares fotovoltaicos *off grid* em paradas de ônibus públicas, demonstrando os requisitos para implementação dos pontos.

Sistemas *off grid* são desconectados da rede elétrica da concessionária, são dotados de baterias que armazenam a energia para os períodos sem sol, o que acontece durante as noites e nos períodos chuvosos ou nublados (CEPEL,2014).

2.1 REQUISITOS DE PROJETO PARA UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema *off grid* tem sua construção dividida em 3 etapas: avaliação do local; estimativa e avaliação da curva de carga; dimensionamento dos componentes do sistema (FADIGAS, 2013).

2.2 AVALIAÇÃO DO LOCAL

Esta etapa tem a função de medir o potencial de geração solar disponível no local da instalação dos painéis solares, obtendo assim através de dados do espaço e tempo o melhor planejamento energético (ALVES, 2016).

A região onde serão instalados os painéis solares são essenciais para implementação de qualquer projeto fotovoltaico, pois a irradiação solar, ou seja, a quantidade de energia do sol que incide em uma superfície durante um certo período de tempo é um dado indispensável para a construção de um sistema solar (STERN, 2017).

Depois de definido o local a ser implementado a geração fotovoltaica, é necessário conhecer os dados do índice de irradiação solar presentes na região, pois para obter-se o desejável rendimento dos painéis é fundamental que haja irradiação solar suficiente para geração de energia.

Através do *software Sun Data*, mediante inserção de dados de localização, como a latitude e longitude local é possível obter os dados de irradiação diária média mensal no ponto correspondente, possibilitando avaliar de forma real a variabilidade

espacial e temporal da radiação solar incidente, além de informar a inclinação e a direção dos painéis para o maior aproveitamento da luz solar (CRESESB, 20XX).

2.3 AVALIAÇÃO DA CARGA

Para o dimensionamento do sistema de geração solar é necessário realizar um levantamento das características das cargas que serão alimentadas pelo sistema. Analisando sua curva de carga é possível obter dados para garantir o suprimento necessário dos equipamentos conectados (FADIGAS, 2013).

No projeto de geração de energia por painéis fotovoltaicos realiza-se uma previsão das cargas instaladas e as potências requeridas pelas mesmas. Sendo assim para a idealização deste projeto é fundamental ter conhecimento do consumo total proposto pelo ambiente pretendido (ZAMPERIN, 2017). A partir da tabela 1 observa-se um exemplo de como é realizada a análise de carga para um sistema de geração fotovoltaica.

Tabela 1 - Avaliação de carga

Quantidade	Equipamento	Consumo (W)	Horas de uso/dia	Consumo por dia (W)
3	Carga 1	24	6	144
1	Carga 2	60	6	360
1	Carga 3	335	6	2010
Total do consumo por dia (W)				2514

Fonte: Análise e desenvolvimento de um sistema fotovoltaico.

Observa-se pela tabela 1 a relação de consumo diário local, onde é calculado o somatório das cargas consumidas pelos equipamentos do empreendimento, atribuindo ao sistema através do total de seu consumo a possibilidade de quantificar a capacidade mínima de energia que deverá ser gerada pelos painéis fotovoltaicos (OVELHA, 2017).

2.4 COMPONENTES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para a construção de unidade de geração fotovoltaica são necessários diversos componentes e estruturas pré-estabelecidas de acordo com o projeto a ser realizado.

2.4.1 Painéis Fotovoltaicos

São os equipamentos responsáveis no processo da captação de irradiação solar, resultando esta transformação em energia elétrica (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011), porém os sistemas fotovoltaicos atualmente comercializados possuem eficiência variável entre 10% e 16% na conversão desta energia solar em energia elétrica (BLASZCZAK, 2017).

2.4.2 Inversores

Responsável por converter o sinal elétrico DC do gerador fotovoltaico num sinal elétrico AC, e ajustá-lo para a frequência e o nível de tensão da rede a que está conectado (GREENPRO, 2004).

No momento de conversão deste sinal elétrico, há uma perda desta energia na forma de calor, tornando a eficiência de um inversor variável entre 85% a 95% (SOLAR, 2017).

2.4.3 Controladores de Carga

Equipamentos que gerenciam a energia de entrada e saídas das baterias, tem a função de impossibilitar que as baterias sofram sobrecarga de tensão e também de evitar que elas sejam descarregadas completamente, seus parâmetros de controle são definidos pelo autor do projeto (PINHO; GALDINO, 2014).

Existem os 2 tipos de controladores: PWM e MPPT que se diferenciam na maneira de bloquear a circulação da corrente entre os painéis e as baterias (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

O controlador PWM possui em seu circuito eletrônico um microprocessador que possui a função de realizar o carregamento da bateria. Quando a bateria completa sua capacidade de carga, o controlador PWM diminui a quantidade de energia aplicada a bateria, deixando-a no estado de tensão de flutuação, mantendo a bateria carregada (NETO, 2017).

O controlador de carga MPPT possibilita um microprocessador que melhora processo de carga da bateria, através dele é possível extrair a máxima

potência de um módulo fotovoltaico, independente da condição de irradiação solar, pois este controlador faz com que o módulo fotovoltaico opere em seu ponto de máxima potência, tornando-se mais eficiente quando comparado ao PWM, sendo a causa de possuir maior custo.(NETO,2017)

2.4.4 Baterias

O uso de acumuladores de carga é utilizado para proporcionar o armazenamento da energia elétrica gerada, possibilitando garantir um fornecimento constante de energia do sistema em períodos de ausência solar (COPETTI; MACAGNANN, 2007).

Para o uso de baterias nos sistemas *off grid* recomenda-se uso de baterias estacionárias pois são para aplicações em que a maior parte do tempo se mantém carregadas e, esporadicamente, são submetidas a descargas profundas (COPETTI; MACAGNANN, 2007).

2.5 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES

Após a avaliação do local e das cargas, já é possível iniciar o dimensionamento dos equipamentos necessários para o sistema solar, prevendo a quantidade painéis fotovoltaicos, baterias, inversores e controladores de carga que devem ser empregados para garantir o funcionamento do sistema (FADIGAS, 2013).

O método do dimensionamento dos componentes será baseado no “Método do mês crítico” que consiste na realização do dimensionamento considerando o período mais desfavorável do ano em relação a irradiação solar, onde suponha-se que se o sistema funcionar adequadamente no pior mês terá garantia de desempenho com meses de condições de irradiação mais favoráveis (CRESESB, 2014).

2.6 DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS

No dimensionamento dos painéis primeiramente deve-se escolher a tensão em corrente contínua (VDC) para a qual o sistema vai operar. Recomenda-se que a tensão de funcionamento do sistema aumente com o aumento de carga diária consumida. Para cargas até 1500 Wh diários de consumo utilizam-se 12V como valor

de VDC. Já para cargas de 1500 Wh a 5000Wh por dia, recomenda-se os 24V e para cargas diárias maiores acima que 5000 Wh diários, usa-se VDC de 48V (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

Para o cálculo do número de painéis é necessário conhecer o consumo diário das cargas conectadas ao sistema, assim como dados da média de irradiação solar local (CRESESB, 2014).

No cálculo do dimensionamento de painel fotovoltaico deve-se ter uma potência que garanta o suprimento das necessidades diárias de energia que constam na tabela de consumo das cargas do ambiente o qual será instalado (CARNEIRO, 2009). Considera-se nesse cálculo os fatores de perdas do sistema, os quais remetem-se a eficiência dos inversores e aos cabos condutores (CARNEIRO, 2009). A norma Alemã VDE 0100 Parte 712 (1998), o limita a 3% as perdas de potência nos cabos DC do sistema fotovoltaico. Para o cálculo do cabo de alimentação AC, assume-se uma queda de tensão de 1.5%.

Através da equação 1 calcula-se a potência mínima do painel fotovoltaico, onde P determina a potência do painel, D determina a demanda e I determina a irradiação local (NÓBREGA; TRIGUEIRO, 2016).

$$P = \frac{D}{I} \quad (1)$$

Considerando as perdas do sistema deve-se calcular a potência mínima do painel de acordo com a equação 2, onde P_n determina a potência necessária, P determina a potência do painel, p_i determina a perda nos inversores e p_c determina a perda nos condutores (NÓBREGA; TRIGUEIRO, 2016).

$$P_n = \frac{P}{p_i \cdot p_c} \quad (2)$$

2.7 DIMENSIONAMENTO DO CONTROLADOR DE CARGA

Para o dimensionamento do controlador de carga é importante conhecer as correntes de curto circuito dos módulos fotovoltaicos, a tensão do sistema de geração de energia e também a quantidade de módulos utilizados (ALTMANN, 2015).

O controlador de carga deve ter um coeficiente de segurança, normalmente de 10%, esse valor é utilizado para evitar que o regulador trabalhe no limite da máxima corrente que deve suportar (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

Através da equação 3 (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011) define-se a corrente de curto circuito que o controlador de carga deverá suportar, onde I determina a corrente do controlador, I_{cc} determina a corrente de curto circuito do painel, nm determina o número de painéis no sistema e a constante de valor 1,1 representa o fator de segurança de 10%.

$$I = I_{cc} \cdot nm \cdot 1,1 \quad (3)$$

O valor de I_{cc} da equação 3 é obtido pelas especificações de fabricação do painel solar utilizado.

2.8 DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR

A potência do inversor a ser utilizado deve ultrapassar a potência total de todos os aparelhos elétricos operando simultaneamente, além disso o inversor deve apresentar a tensão de entrada igual à tensão CC do sistema (CRESESB,2014).

2.9 DIMENSIONAMENTO DAS BATERIAS

Segundo Pereira e Oliveira (2011), a equação que define a capacidade de carga necessária das baterias para suprir o sistema é demonstrada na equação 4, onde CB determina a capacidade da bateria, Nd refere-se ao número de dias de autonomia do sistema, $V_{bateria}$ refere-se a tensão de operação da bateria e PD refere-se a profundidade de descarga da bateria.

$$CB = \frac{Nd \cdot Cd}{V_{bateria} \cdot PD} \quad (4)$$

No processo de dimensionamento das baterias, deve-se levar em conta o período de descarga da bateria (PD), pois esse tem fator determinante na sua durabilidade. O período de descarga refere-se à quantidade de carga retirada da

bateria num ciclo típico de funcionamento, no caso de sistemas *off grid*, períodos de ausência solar (CARNEIRO, 2019).

Quanto maior a taxa de descarga da bateria, menor sua vida útil. Uma bateria com 70 % de descarga possui ciclo de vida correspondente a aproximadamente a 1 ano (QUARTIERO, 2016).

2.10 NORMAS DE SEGURANÇA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

As normas referentes aos sistemas fotovoltaicos ainda não são abordadas na NBR5410, mas por padrão a norma 5410 é seguida, pois este sistema de operação trabalha em tensão menor que 1000 volts CA e 1500 CC (MOCELIN, 2014).

2.11 MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DE CUSTOS

Após realizada a análise energética de um sistema, faça-se necessário efetuar uma avaliação do projeto em termos da viabilidade financeira, tendo como objetivo mostrar ao cliente se o projeto instalado trará benefícios do ponto de vista econômicos no futuro (OVELHA, 2017).

O projeto de cobertura solar *off grid* terá seu custo comparado com o mesmo instalado na forma *on grid* e também com o sistema conectado à rede de concessionária de energia, usando a metodologia VPL (valor presente líquido).

O VPL corresponde em calcular o valor presente de uma série de pagamentos ou recebimentos, descontado a uma taxa, abatendo, o valor do fluxo de caixa inicial do investimento, quando mais próximo ao valor 0, melhor a rentabilidade do produto (EICK, 2010).

Para o cálculo do VPL foi utilizada a taxa Selic atual, de 6,40% que representa a taxa de juros básica da economia anual.,

3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Neste trabalho é desenvolvido um estudo de caso sobre o projeto de um ponto de espera rodoviário com cobertura fotovoltaica, com seu sistema de funcionamento vinculado ao sistema *off grid*.

O local definido para a instalação do ponto de espera coberto por painéis solares será na Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

O procedimento para o desenvolvimento do projeto seguirá aquele apresentado na revisão bibliográfica deste trabalho, incluindo a análise da capacidade de produção de energia elétrica fotovoltaica.

Serão apresentados os custos para a implementação do projeto, incluindo valores referentes à mão-de-obra e O&M da estrutura.

Figura 1 - Local de instalação de projeto



Fonte: Google Maps.

3.1 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Este capítulo apresentará os resultados experimentais obtidos a partir do desenvolvimento do projeto. Serão demonstradas as aplicações dos métodos de projeto considerados durante a revisão bibliográfica. O sistema projetado será dimensionado e o layout de como este deverá ser construído também será definido neste capítulo.

3.2 PERFIS DE CONSUMO E DEMANDAS PREVISTAS

Para execução do projeto é essencial um levantamento do perfil de consumo do local, assim como o tempo de uso de cada aparelho elétrico presente no ponto de espera. Os equipamentos elétricos do ponto trabalharão na tensão de 12 V.

O ponto de espera, como já mencionado, terá seu funcionamento baseado em um sistema *off grid*, portanto, para os períodos de ausência de sol, o sistema será alimentado por meio de baterias.

A análise de consumo definirá os painéis fotovoltaicos utilizados e também determinará os requisitos das baterias utilizadas para construção da parada.

Na tabela 2 são exibidas as cargas instaladas no projeto, obtendo assim o perfil de consumo e a demanda necessária para implantação do ponto de espera demonstrado na tabela 3.

Tabela 2 - Levantamento de cargas

Quantidade	Equipamento	Potência (W)	Tempo uso diário(h)	Consumo (W/dia)
3	Lâmpada LED	12	12	144
1	TV LED 16 polegadas	10	24	240
1	Modem e roteador	10	24	240
1	Tomadas USB 12V/5V	12	6	72
	Demanda	44		696

Fonte: elaborado pelo autor.

A potência dos equipamentos citados foi obtida através do PROCEL (Centro Brasileiro de Eficiência Energética), já o período de funcionamento dos equipamentos foi fornecido pelo autor de acordo com requisitos do projeto.

3.3 PROJETO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Depois de realizado o estudo do perfil de consumo do projeto, é possível identificar a demanda necessária a ser produzida pelo painel fotovoltaico para fornecimento de energia as cargas instaladas no ponto de parada. Como o consumo diário do sistema informada na tabela 2 é de 696 W/dia a tensão de operação das baterias será de 12V. O método de projeto a ser apresentado refere-se ao modelo do Método do Mês Crítico.

3.3.1 Dimensionamento dos Painéis Fotovoltaicos

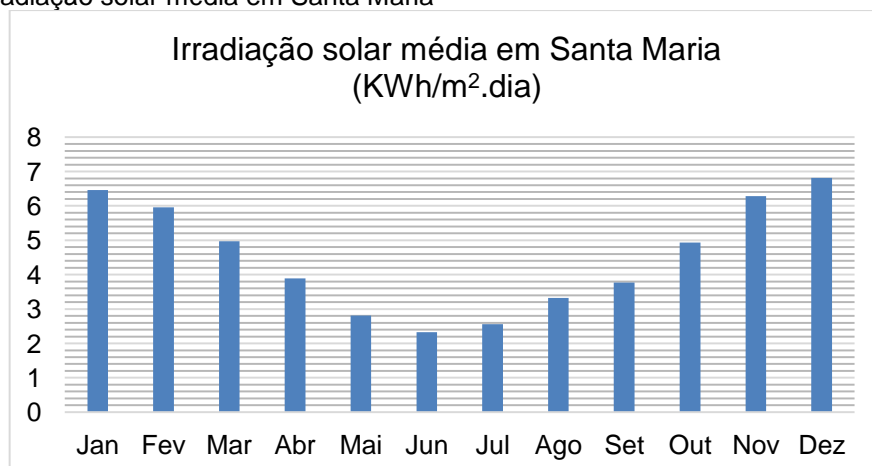
Para determinação do índice de irradiação solar foi utilizado o programa *Sun Data*, na página da CRESESB, o qual dispõe dos dados de irradiação e também auxilia na determinação dos ângulos dos painéis fotovoltaicos.

Informando as coordenadas do local onde serão instalados os painéis, no caso, Universidade Federal de Santa Maria, obtidos através do *Google Maps*, correspondem a:

- a) Latitude: 29°41'03.1 S;
- b) Longitude: 53°48'.5 O;
- c) Distância do ponto de medição: 5,0 km.

Na figura 11 é analisado os valores médios de irradiação na cidade de Santa Maria, durante todos os meses do ano. Através do gráfico 1 é possível visualizar os dados do quadro 1 para a variação da irradiação solar durante os meses do ano.

Gráfico 1 - Irradiação solar média em Santa Maria



Fonte: CRESESB.

Quadro 1 - Irradiação solar média em Santa Maria

Município	Santa Maria
UF	RS
País	Brasil
Latitude	29,701° S
Longitude	53,849° O
Distância (km)	5,0
Irradiação solar média (KWh/m².dia)	
Janeiro	6,46
Fevereiro	5,96
Março	4,97
Abril	3,89
Maio	2,81
Junho	2,33
Julho	2,56
Agosto	3,32
Setembro	3,77
Outubro	4,93
Novembro	6,28
Dezembro	6,81
Média	4,51
Delta	4,48

Fonte: CRESESB.

O ângulo de inclinação de painéis é de extrema importância para o funcionamento do sistema, pois através dele será possível identificar qual deve ser o ângulo de instalação dos mesmos para adquirir a maior eficiência. De acordo com a quadro 2, a inclinação utilizada para o dimensionando dos painéis será de 50° N.

Quadro 2 - Irradiação solar diária em Santa Maria - média mensal

Irradiação solar diária - média mensal (KWh/m².dia)				
	Plano Horizontal	Ângulo igual a latitude	Maior média anual	Maior mínimo mensal
Inclinação	0° N	30° N	22° N	50° N
Janeiro	6,46	5,72	6,02	4,69
Fevereiro	5,96	5,69	5,88	4,92
Março	4,97	5,27	5,29	4,88
Abril	3,89	4,70	4,57	4,70
Maio	2,81	3,76	3,58	3,97
Junho	2,33	3,29	3,09	3,55
Julho	2,56	3,54	3,34	3,79
Agosto	3,32	4,18	4,03	4,27
Setembro	3,77	4,13	4,11	3,93
Outubro	4,93	4,85	4,96	4,29
Novembro	6,28	5,66	5,93	4,70
Dezembro	6,81	5,89	6,24	4,75
Média	4,51	4,72	4,75	4,37
Delta	4,48	2,6	3,15	1,37

Fonte: CRESESB.

Para dimensionamento dos painéis utilizou-se o mês de menor irradiação,

seguindo o método do mês crítico, onde segundo o quadro 2 é o mês de junho.

Aplicando a equação 1, define-se a potência necessária do painel fotovoltaico para suprir a demanda do consumo diário do ponto de parada, onde P determina a potência do painel, D refere-se a demanda diária e I refere-se à irradiação local:

$$P = \frac{D}{I} = \frac{696 \text{ W}}{3,55 \text{ kWh}} = 196,05 \text{ Wh/dia}$$

Porém leva-se em consideração no dimensionamento da potência dos painéis as possíveis perdas que ocorrem na transformação de energia no sistema, as quais neste caso como não possuirá inversor, ocorrem somente no cabeamento do circuito DC.

Por meio da equação 2, é definida a potência mínima do painel necessária para suprir o sistema fotovoltaico, onde P_c refere-se a perda pelos cabos, P refere-se à potência do painel e P_n determina a potência mínima do painel considerando as perdas de energia.

$$P_n = \frac{P}{p_c} = \frac{196,05}{(1 - 0,03)} = 202,12 \text{ Wh}$$

Aplicando valores para perdas de 3% nos cabos condutores o painel fotovoltaico deverá ter potência mínima de 202,12 Wh

O módulo solar escolhido foi o Canadian Solar de 325Wp, o qual utilizando 1 placa com disponibilidade de 3,55 kWh de radiação solar diárias terá capacidade de gerar energia suficiente para abranger a demanda total da carga preterida pelo sistema que corresponde 696 W/dia.

A capacidade de produção de energia da placa é explicitada na equação 5, onde P_r determina a produção diária das placas, P_p determina a potência máxima das placas, I determina a irradiação solar e N_p determina o número de placas.

$$P_r = P_p \cdot I \cdot N_p \quad (5)$$

$$P_r = 325 \text{ W} \cdot 3,09 \text{ Kwh} \cdot 1 = 1004,25 \text{ W/dia}$$

O painel fotovoltaico Canadian Solar de 325 Wp possui as seguintes especificações observadas no quadro 3:

Quadro 3 - Características do painel

Especificações do painel	
Potência máxima	325 W
Tolerância	0% a 5%
Tensão em circuito aberto	45,5 V
Tensão de pico	37 V
Corrente de curto circuito	9,34 A
Corrente de pico	8,78 A
Voltagem máxima do sistema	1000 V
Tipo de célula	Silício policristalino
Dimensões	1960 x 992 x 40 mm
Moldura	Alumínio
Peso	22,4 kg

Fonte: Canadian Solar.

Como a tensão do módulo é de 37 V, a placa é suficiente para carregar os acumuladores de carga que possuem tensão 12 V.

3.2.2 Dimensionamento do Controlador de Carga

O controlador de carga dimensionado para conter baterias de carga e descarga excessiva, além de regular a tensão do ponto de parada. No caso 12 V é apresentado na equação 3, onde I determina a corrente do controlador, I_{cc} refere-se a corrente de curto circuito do painel, nm refere-se ao número de painéis no sistema e a constante de valor 1,1 representa o fator de segurança de 10%.

$$I = I_{cc} * nm * 1,1$$

$$I = 9,34 \cdot 1 \cdot 1,1 = 10,24 \text{ A}$$

O modelo de controlador de carga escolhido deve ser maior que 10,24 A. O utilizado ser o Controlador de carga PWM CM1524 15A 12/24 volts, pois este suporta uma corrente maior que 10,24 A e trabalha na tensão do sistema, 12 V. Este controlador consegue manter as baterias em suas cargas máximas, conferir o status de carga e descarga das baterias.

Quadro 4 - Características do controlador de carga

Especificações do controlador de carga	
Corrente nominal do painel solar (entrada)	15 A
Tensão de operação	12 V
Máxima tensão das baterias	14,6 V
Auto consumo	10 mA (12 V)
Carga de flutuação	Ajustável
Paragem de descarga	Ajustável

Fonte: neosolar.com

3.2.3 Dimensionamento das Baterias

A autonomia do circuito por meio das baterias foi definida para 2 dias. Para o cálculo da capacidade baterias deve-se conhecer a demanda total diária, e também a tensão de operação do sistema, neste caso de 12V, visto os parâmetros do projeto definido.

Como a bateria entrará em operação nos períodos de ausência solar, durante as noites e dias nublados, além dos 2 dias de autonomia, o qual considerado um fator de descarga de 50%. Através da equação 6, calcula-se a capacidade da bateria, onde CB determina a capacidade da bateria, N_d refere-se aos dias de autonomia, I_{max} refere-se a corrente máxima consumida pelo sistema com perdas (geração diária/tensão das baterias) e PD refere-se a profundidade de descarga máxima das baterias.

$$CB = \frac{N_d \cdot I_{max}}{PD} \quad (6)$$

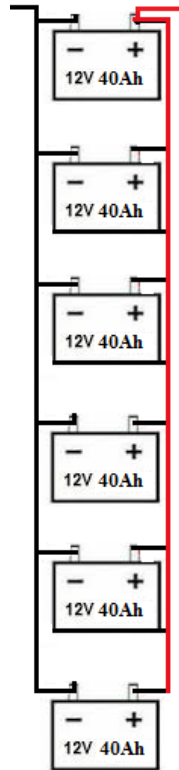
$$CB = \frac{2 \cdot 696}{0,5} = 232 A$$

Sendo assim o banco de baterias deverá ter disponível a capacidade de 232 A para suprir a consumo de 696 W/dia durante o período de autonomia do sistema, correspondendo a 4,84 Ah. Como sistema atuará com tensão de 12 Vcc, as baterias serão conectadas em paralelo.

A bateria escolhida para o projeto será a bateria estacionária Freedom Df500, que trabalha com tensão 12 V e tem capacidade de 40 Ah, e terá sua vida útil estimada em 3 anos. Serão conectadas 6 baterias estacionarias Freedom em paralelo a fim de obter os 232 A necessários para suprir os 2 dias de autonomia, demonstrado na figura

2.

Figura 2 - Conexão das baterias



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2.4 Dimensionamento dos Condutores

Para o dimensionamento dos condutores primeiramente é necessário conhecer o comprimento dos cabos que conectarão os equipamentos.

No cálculo da secção dos cabos, leva-se em conta a potência transmitida na linha, a tensão do sistema conectado, condutividade elétrica do material utilizado, no caso o cobre e possíveis perdas no fio condutor, aqui considerado 3%. Aplicando os valores na equação 7, é possível prever as dimensões do ponto de parada e a secção do fio na tabela 3.

$$Secção = \frac{Comprimento_{fio} \cdot Potência_{transmitida}}{Perdas \cdot Tensão^2 \cdot Condutividade} \quad (7)$$

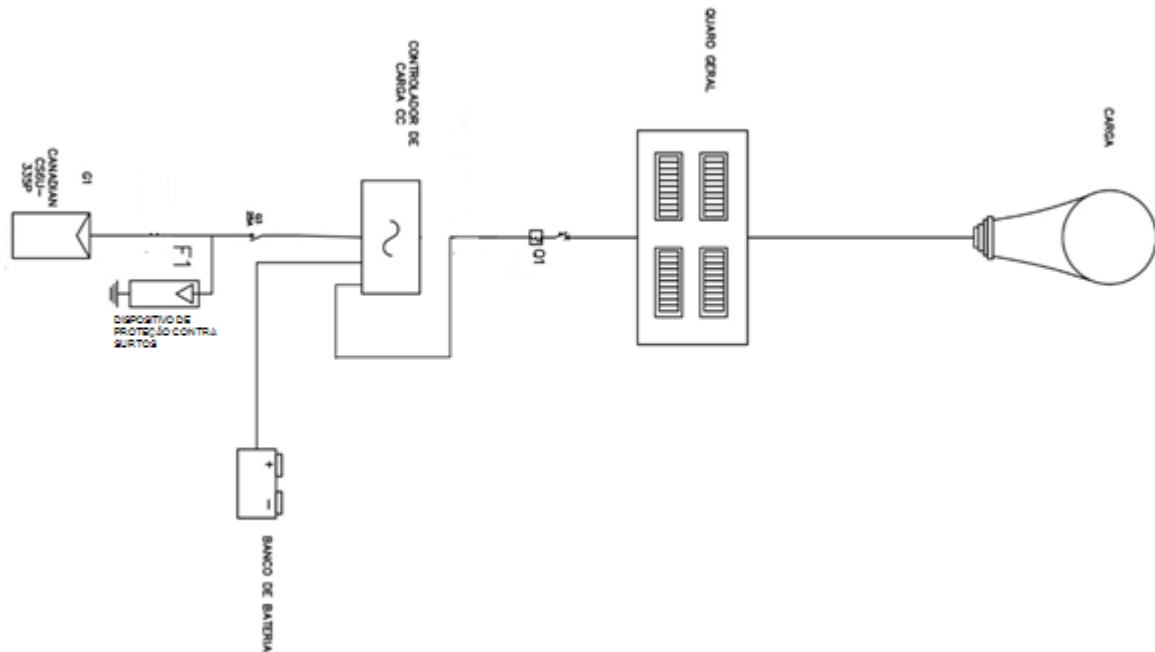
Tabela 3 - Secção do fio

Comprimento dos cabos (m)	Equipamentos conectados	Tensão (Vcc)	Potência máxima(W)	Diâmetro dos cabos (mm ²)	Diâmetro utilizado (mm ²)
5	Painéis/controladores	37	696	3	4
2	Controladores/baterias	12	696	3	4
3	Baterias/QG	12	696	3	4

Fonte: elaborado pelo autor.

Um layout do sistema representando a ligação dos equipamentos, respeitando as dimensões dos condutores é representado na figura 3.

Figura 3 - Diagrama unifilar



Fonte: elaborado pelo autor.

4 RESULTADOS

No ponto de espera *off grid*, no qual durante os períodos de sol a energia solar recebida é transformada em energia elétrica para os equipamentos. Durante a noite e períodos de ausência solar os acumuladores de carga, fornecem a energia necessária para o funcionamento dos equipamentos do sistema.

O ponto de espera coberto, conta com 3 pontos de carregadores para celulares, 1 TV durante 24 horas com notícias e informes comerciais, além de internet com acesso liberado e iluminação para os usuários. A iluminação atua acompanhada de um sensor fotocélula o qual aciona as lâmpadas em períodos noturnos ou de pouca luminosidade. No programa *Sketch Up*, é demonstrada uma representação real de como será a estrutura do ponto na figura 4.

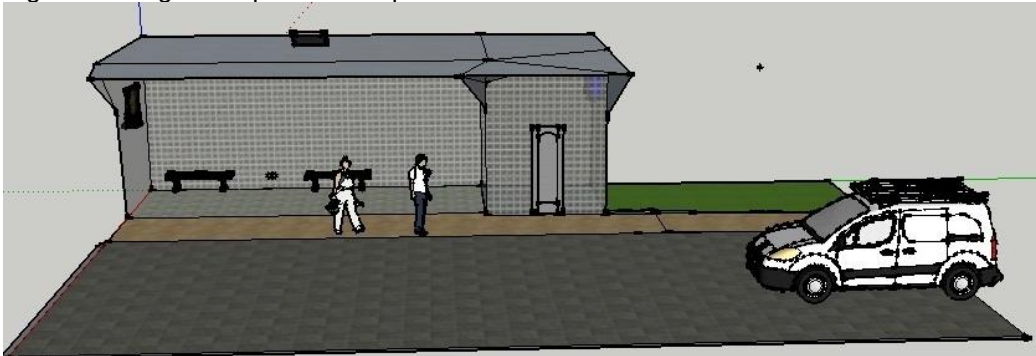
Figura 4 - Ponto de espera



Fonte: elaborado pelo autor.

Na figura 5, observa-se a visão frontal do ponto de parada coberto por painéis fotovoltaicos, onde nota-se instalados a TV, pontos de recarga para celular assim como lâmpadas para iluminação noturna.

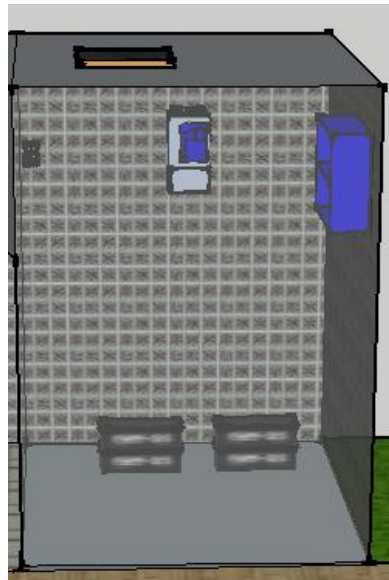
Figura 5 - Ângulo do ponto de espera do usuário



Fonte: elaborado pelo autor.

Na casa de segurança, se encontram as baterias, conversor, além do disjuntor de proteção, visando isolar os usuários dos equipamentos controladores de carga e baterias do sistema, garantindo a segurança dos mesmos, representado na figura 6.

Figura 6 - Casa de segurança



Fonte: elaborado pelo autor

4.1 COMPARAÇÃO DO CUSTO ENTRE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E ENERGIA ELÉTRICA CONVENCIONAL

Para estimar o custo total do sistema, são apresentados os preços de todos componentes utilizados na construção do projeto foram orçados no mercado no período de novembro de 2018, além disso, para cálculo de custo no método VPL declara-se taxa Selic em 6,40%.

4.1.1 Custo do Projeto do Ponto de Parada

O custo dos componentes para implantação dos equipamentos no ponto de parada é apontado na tabela 4.

Tabela 4 - Custo dos componentes *off grid*

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Painel solar Canadian	1	729,00	729,00
Bateria Freedom Df500	6	197,17	1.183,00
Controlador de carga PWN	1	77,76	77,76
Relé fotoeletrônico	1	25,00	25,00
Cabos/proteções do sistema	1	130,00	130,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Para o cálculo do custo total do sistema considera-se o período de 30 anos, pois esta é a expectativa da vida útil dos painéis fotovoltaicos. Tendo em vista ainda a expectativa de vida útil do controlador de carga como 10 anos, baterias como 3 anos, estima-se a reposição dos equipamentos através da tabela 5.

Tabela 5 - Custo de reposição dos componentes *off grid*

Item	Quantidade	Total de reposições	Valor (R\$)
Bateria Freedom Df500	1	10	11.183,00
Controlador de carga PWN 1524	1	3	233,28

Fonte: elaborado pelo autor.

O custo total do ponto de parada no decorrer dos 30 anos considerando a taxa Selic em 6,40%, através do cálculo do VPL corresponde a R\$ 7.218,58. Como método de comparação de custos e idealizando o projeto de forma que a alimentação do ponto de parada esteja conectada ao medidor da companhia distribuidora de energia RGE SUL, desprezando o assim projeto fotovoltaico.

Tabela 6- Componente rede elétrica

Item	Quantidade	Total de reposições	Valor (R\$)
Transformador 220v/5v	1	3	222,00

Fonte: elaborado pelo autor.

No ano de 2018 a tarifa da concessionária RGE tem valor de R\$ 0,54732 por kWh de consumo, considerando os tributos o valor é de R\$ 0,60 por kWh. Como o consumo diário de energia no ponto de parada segundo a tabela 2 é de 696 W/dia, pode-se mensurar o custo deste projeto quando conectado a concessionária de

energia, aplicando método do VPL considerando taxa Selic de 6,40% resulta-se no valor de R\$ 3.851,53 em período de 30 anos.

Considerando a hipótese em que o ponto de parada esteja alimentado por sistema solar *on grid*, no qual durante os períodos de ausência de insolação a sua atividade é mantida pela distribuidora de energia. Sabendo que o período diário de disponibilidade solar de Santa Maria é 3,55 horas, confirmado na tabela 2, e a capacidade de geração de energia das placas é de 1004,25 W/dia, demonstrado na equação 5, reconhecendo ainda que a demanda de energia das cargas presentes no sistema é de 696 W/dia, observado na tabela 2, a relação de consumo do ponto conectado ao sistema *on grid* pode ser calculado através da subtração da entre a energia gerada e a energia absorvida pelo sistema, apresentada na equação 8. Nela, E_t determina a energia total, E_g determina a energia gerada e E_c determina a energia consumida.

$$E_t = E_g - E_c \quad (8)$$

$$E_t = 975 - 696 = 279 \text{ W}$$

Com o resultado da equação 8 estima-se que o sistema *on grid* mensalmente concede-se um crédito mensal 279 W, pois a energia gerada é maior que a energia consumida. Este crédito pode ser utilizado como desconto de fatura em outra unidade consumidora desde que seja de um mesmo titular e faça parte da mesma companhia de energia.

O custo do sistema *on grid* será apenas da disponibilidade da rede monofásica utilizada no sistema pela companhia de distribuição, estabelecida através da regulamentação da lei nº414 da Aneel. Como para este sistema o projeto tem viabilidade para sistema monofásico o valor da taxa mensal disponibilidade da rede é de R\$24,72.

Na tabela 6 observamos o custo do sistema *on grid* no período de 30 anos.

Tabela 7 - Componentes do sistema *on grid*

Item	Quantidade	Valor (R\$)
Painel Canadian Solar	1	729,00
Controlador de carga PWN 1524	1	77,76
Relé foto eletrônico	1	25,00
Cabos/proteções do sistema	1	130,00
Inversor 220v/5v	1	290,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Para o custo total do sistema, mensurando a vida útil de manutenção do sistema on grid analisa-se a tabela 7.

Tabela 8 - Custo com manutenção *on grid*

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Total de reposições	Valor (R\$)
Controlador de carga PWN 1524	1	77,76	3	233,28
Inversor 220v/5v	1	290,00	3	870,00

Fonte: elaborado pelo autor.

O custo do VPL do projeto on grid possui valor de R\$ -R\$ 5.606,83 período de 30 anos, seguindo taxa Selic de 6,40%.

5 CONCLUSÃO

A partir das pesquisas bibliográficas realizadas, observa-se que a energia solar vem sendo objeto de estudos e tem se destacado no mercado energético nacional atual. Pois além de ser uma fonte de energia renovável e não poluente, seu uso é uma alternativa para geração própria e independente de energia.

Para a análise de investimento da instauração do sistema de geração fotovoltaica no ponto de parada foi realizada a comparação de custos entre o sistema *off grid*, sistema *on grid* e a rede elétrica convencional.

Através dos dados analisados constata-se que a energia elétrica convencional neste momento é a alternativa mais viável para a alimentação de energia do ponto de parada. Nota-se que o principal responsável para o aumento do custo do sistema *off grid* em relação ao sistema convencional atribui-se aos custos das baterias estacionárias, que possuem alto valor no mercado atualmente

Como sugestão de trabalho futuro avalia-se um estudo sobre de acumuladores de carga, pois através do conhecimento possível no aumento de sua vida útil, reduz-se drasticamente o custo de aquisição e manutenção do projeto solares *off grid*, trazendo benefícios a todos que desejam usufruir deste tipo de sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.; ROSA, A. C.; DIAS, F. C. L. S.; BRAZ, K. T. M.; LANA, L. T. C.; SANTO, O. C. do E.; SACRAMENTO, T. C. B. Energia solar fotovoltaica. Disponível em <<http://www.fumec.br/revistas/eol/article/%20download%20/3574/1911>>.

ALTMAN, M. Sistema autônomo de desinfecção de bactérias com uso de lâmpadas ultravioletas alimentado por energia fotovoltaica. Disponível em <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/926/1/2015MateusAltmann.pdf>>.

ALVES, D. L. Geração Solar Fotovoltaica. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/dennysalves/disciplinas/energia-solar-fv/apostila_geracao_solar_fv_0.9.1>.

BCB. Banco Central do Brasil. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br>>.

BLASZCZAK, V. Análise de eficiência de painel fotovoltaico com sistema tracker seguidor solar. Disponível em <<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1695/1/BLASZCZAK.pdf>>.

CAMARGO, L. T. Projeto de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Disponível em <http://www.uel.br/ctu/deel/TCC/TCC2017_LucasTamaniniCamargo.pdf>.

CARNEIRO, J. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Disponível em <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16965/1/DIMENSIONAMENTO%20DE%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS.pdf>>.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/>>.

ECYCLE. Tipos de sistemas fotovoltaicos: on-grid e off-grid. Disponível em <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3483-sistema-fotovoltaico-painel-solar-estrutura-suporte-inversor-controlador-carga-cabos-baterias-captacao-armazenamento-kit-geracao-energia-eletrica-eletricidade-vantagens-desvantagens-fontes-renovavel-meio-ambiente-sustentavel-onde-comprar.html>>.

EICK, G. Viabilidade econômica e financeira de uma pequena central hidrelétrica no Brasil. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia292743>>.

EPE. Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>.

EXAME. Brasil começa a aproveitar seu potencial de energia solar. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/revista-exame/quando-o-sol-vira-dinheiro>>.

FADIGAS, E. A. F. A. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica. Disponível em:

<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf>.

MACAGNAN, M. H.; COPETTI, J. B. Baterias em sistemas solares fotovoltaicos. Disponível em: <<http://professor.unisinus.br/jcopetti/artigos/cbens2007.PDF>>.

MOCELIN, A. R. Qualificação profissional e capacitação laboratorial em sistemas fotovoltaicos. Disponível em:
<http://www.iee.usp.br/lsf/sites/default/files/Tese_Andre_Mocelin.pdf>.

MONTEIRO, L. G. O. Estratégias de controle e de carga e descarga em sistemas fotovoltaicos domiciliares. Disponível em
<http://www.iee.usp.br/lsf/sites/default/files/Mestrado_Luis_Oliveira.pdf>.

NETO, Francisco Alexandre. Análise do efeito das variáveis radiação solar e temperatura ambiente no dimensionamento de um sistema fotovoltaico off-grid. Disponível em
<<https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/4095/TCC%20Francisco%20Alexandre%20Neto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

NÓBREGA, F. A.; TRIGUEIRO, A. W. B. Análise técnica e econômica para implantação de um sistema fotovoltaico autônomo para suprimento energético e complemento educacional. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/57029228-Analise-tecnica-e-economica-para-implantacao-de-um-sistema-fotovoltaico-autonomo-para-suprimento-energetico-e-complemento-educacional.html>>.

OVELHA, R. M. R. Val. Projeto, dimensionamento e instalação de solução fotovoltaica numa moradia offgrid. Disponível em:
<http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/31733/1/ulfc124090_tm_Rui_Ovelha.pdf>

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

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

PORTAL ENERGIA. Guia técnico manual de energia fotovoltaica. Disponível em:
<<https://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>>.

QUARTIEIRO, T. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto microcontrolado para análise da performance de bancos de baterias. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/164556/TCC_FINAL.pdf?sequence=1>

SOUSA, T. L.; ZAMPERIN, J. Análise e dimensionamento de um sistema fotovoltaico off-grid em um food truck. Disponível em:
<<http://www.ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/2544>>.

TORRES, R. C. Energia solar fotovoltaica como fonte de alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-18032013-091511/pt-br.php>>.

ZANNOTTO, G.; MINUSSI, J. P. Estudo de implementação para sistema de microgeração fotovoltaica residencial. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/1538>>.

APÊNDICE A – CÁLCULO DO VPL PARA O SISTEMA OFF GRID

Ano	Investimento inicial (R\$)	Bateria (R\$)	Controlador (R\$)	Painel (R\$)	Total (R\$)
0	-2.144,76	0,00	0,00	0,00	-2.144,76
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	-1.183,00	0,00	0,00	-1.183,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	-1.183,00	0,00	0,00	-1.183,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	-1.183,00	0,00	0,00	-1.183,00
10	0,00	0,00	-77,76	0,00	-77,76
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	-1.183,00	0,00	0,00	-1.183,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	-1.183,00	0,00	0,00	-1.183,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	0,00	-1.183,00	0,00	0,00	-1.183,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	-77,76	0,00	-77,76
21	0,00	-1.183,00	0,00	0,00	-1.183,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,00	-1.183,00	0,00	0,00	-1.183,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	-1.183,00	0,00	0,00	-1.183,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	-1.183,00	-77,76	-729,00	-1.989,76
		VPL (R\$)			-7.218,58

APÊNDICE B – CÁLCULO DO VPL PARA O SISTEMA ON GRID

Ano	Investimento inicial (R\$)	Controlador (R\$)	Inversor (R\$)	Painel (R\$)	Energia elétrica (R\$)	Créditos (R\$)	Total (R\$)
0	-1.251,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1.251,76
1	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
2	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
3	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
4	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
5	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
6	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
7	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
8	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
9	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
10	0,00	-77,76	-290,00	0,00	-296,64	2,76	-664,17
11	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
12	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
13	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
14	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
15	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
16	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
17	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
18	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
19	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
20	0,00	-77,76	-290,00	0,00	-296,64	2,76	-664,17
21	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
22	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
23	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
24	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
25	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
26	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
27	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
28	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
29	0,00	0,00	0,00	0,00	-296,64	2,76	-296,41
30	0,00	-77,76	-290,00	-729,00	-296,64	2,76	-1.393,17
VPL (R\$)							5.606,83

APÊNDICE C – CÁLCULO DO VPL PARA A REDE ELÉTRICA

Ano	Investimento inicial (R\$)	Transformador (R\$)	Energia elétrica (R\$)	Total (R\$)
0	-74,24	0,00	0,00	-74,24
1	0,00	0,00	-296,64	-296,64
2	0,00	0,00	-296,64	-296,64
3	0,00	0,00	-296,64	-296,64
4	0,00	0,00	-296,64	-296,64
5	0,00	0,00	-296,64	-296,64
6	0,00	0,00	-296,64	-296,64
7	0,00	0,00	-296,64	-296,64
8	0,00	0,00	-296,64	-296,64
9	0,00	0,00	-296,64	-296,64
10	0,00	0,00	-296,64	-296,64
11	0,00	0,00	-296,64	-296,64
12	0,00	0,00	-296,64	-296,64
13	0,00	0,00	-296,64	-296,64
14	0,00	0,00	-296,64	-296,64
15	0,00	0,00	-296,64	-296,64
16	0,00	0,00	-296,64	-296,64
17	0,00	0,00	-296,64	-296,64
18	0,00	0,00	-296,64	-296,64
19	0,00	0,00	-296,64	-296,64
20	0,00	0,00	-296,64	-296,64
21	0,00	0,00	-296,64	-296,64
22	0,00	0,00	-296,64	-296,64
23	0,00	0,00	-296,64	-296,64
24	0,00	0,00	-296,64	-296,64
25	0,00	0,00	-296,64	-296,64
26	0,00	0,00	-296,64	-296,64
27	0,00	0,00	-296,64	-296,64
28	0,00	0,00	-296,64	-296,64
29	0,00	0,00	-296,64	-296,64
30	0,00	-74,24	-296,64	-370,88
		VPL (R\$)		-3.851,53