



UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

VITOR MATIAS DE QUEIROZ NETO

**VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO NA FAZENDA
JENIPAPO EM TAPIRAMUTÁ - BA**

Feira de Santana
2021

VITOR MATIAS DE QUEIROZ NETO

**VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO NA FAZENDA
JENIPAPO EM TAPIRAMUTÁ-BA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Elétrica, da Unidade de
Ensino Superior de Feira de Santana,
em cumprimento às exigências para
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Flávio Couvo
Teixeira Maia.

Feira de Santana

2021

VITOR MATIAS DE QUEIROZ NETO

**VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO NA FAZENDA
JENIPAPO EM TAPIRAMUTÁ - BA**

Feria de Santana, 14 de fevereiro de 2022

Banca Examinadora:

Prof. Me. Flávio Couvo Teixeira Maia
Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Orientador

Prof. Me. Reginaldo Barnabé Gonzalez Grimaldi
Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Avaliador

Prof. Me. Márcio da Silva Pereira Bove
Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pelo dom da vida, pela proteção e por conceder meios para que esse objetivo fosse alcançado.

Agradeço à minha mãe, Rosiane de Oliveira Queiroz, e a meu, pai Normando Silva Queiroz, por todo esforço e por sempre ter priorizado pela melhor educação possível, além de sempre me proporcionar os melhores suportes nas áreas da saúde e pessoal, que foram essenciais em todo trajeto e na chegada desta longa trajetória.

Agradeço também à minha noiva, Carolina Rojas Torres Santana Vieira, por todo suporte emocional, didático e de linguagem, que elevaram o nível deste trabalho.

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Me. Flávio Couvo Teixeira Maia e Prof. Me. Reginaldo Barnabé Gonzalez Grimaldi, e ao meu coordenador Prof. Me. Márcio da Silva Pereira Bove, por toda paciência e ensinamentos para a execução deste trabalho.

E por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma tiveram direta influencia ou contribuição para o cumprimento do presente trabalho.

“Viver é enfrentar um problema atrás do outro. O modo como você o encara é que faz a diferença.”

(Benjamin Franklin)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Média anual de irradiação solar no Brasil	14
Figura 2 – Ligações no Sistema fotovoltaico <i>off grid</i>	16
Figura 3 – Células fotovoltaicas de silício	16
Figura 4 – Banco de baterias	17
Figura 5 – Controlador YSMART60I	17
Figura 6 – Inversor 2000W Hayama Ent:12v Saída:127v	18
Figura 7 – Comparando os Sinais de Onda dos Inversores <i>off-grid</i>	18
Figura 8 – Telhado da cede da propriedade	23
Figura 9 – Análise de sombreamento do perímetro da cede	24
Figura 10 – Telhado da cede da propriedade	24
Figura 11 – Tela de inicialização do PV*SOL premium	24
Figura 12 – Porcentagens de perdas por sombreamento	24
Figura 13 – Resumo dos parâmetros de geração do SFV	25
Figura 14 – Modelagem 3D (a)	25
Figura 15 – Modelagem 3D (b)	25
Figura 16 – Cotação de kit fotovoltaico – Aldo Solar	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Métodos de estudo fotovoltaico	20
Tabela 2 – Tabela de cargas residenciais	21
Tabela 3 – Tabela de cargas da atividade econômica desenvolvida	22
Tabela 4 – Kit fotovoltaico	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SFV	Sistema Fotovoltaico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LT	Linha de Transmissão
LPT	Luz Para Todos
MME	Ministério de Minas e Energia
UC	Unidade Consumidora
GD	Geração Distribuída
GC	Geração Centralizada
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
ASK	<i>Amplitude Shift Keying</i>
RN	Resolução Normativa

LISTA DE SÍMBOLOS

Wp	Potência de pico
W	Potência nominal
V	Volt
A	Ampère
CV	Cavalos
kWh	Consumo de energia por hora
kWh/m ²	Geração ou consumo por área
CB	Capacidade necessária do banco
Ec	Energia necessária
Vs	Tensão do sistema
Pd	Porcentagem de descarrego
Cap	Capacidade da bateria
Vb	Tensão da bateria
NB	Número de baterias
Vop	Tensão de operação
Iop	Corrente de operação
Icc	Corrente de curto circuito
Pm	Potência do módulo fotovoltaico
Gm	Geração do módulo fotovoltaico
Nm	Quantidade de módulos fotovoltaicos
Ve	Tensão de entrada
Vsi	Tensão de saída do inversor
Ie	Corrente de entrada
Pi	Potência do Inversor
Ns	Quantidade de baterias em série
Np	Quantidade de baterias em paralelo

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Energia elétrica no campo	13
2.2	Programas de acesso à energia elétrica	13
2.3	Potencial solar brasileiro	14
2.4	Potencial Solar na Bahia	14
2.5	Sistema Fotovoltaico	15
2.6	Sistema Fotovoltaico <i>off-grid</i>	15
2.7	Componentes do SFV <i>off-grid</i>	16
2.7.1	Módulos Fotovoltaicos	16
2.7.2	Sistema de Armazenamento	17
2.7.3	Controlador de Carga	17
2.7.4	Inversor Solar off-grid	17
2.8	Dimensionamento do SFV <i>off-grid</i>	18
2.9	Equações para o dimensionamento	19
3	MÉTODOS E MATERIAIS	20
4	RESULTADOS	21
4.1	Demanda da Atividade Econômica Desenvolvida	21
4.2	Levantamento de Cargas	21
4.3	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico	22
4.4	Visita Técnica com Levantamento Fotográfico	23
4.5	Simulação no PV SOL	24
4.6	Modelagem 3D	25
4.7	Cotação dos Kits Fotovoltaicos	25
5	CONCLUSÃO	25
	REFERÊNCIAS	26

VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO NA FAZENDA JENIPAPO EM TAPIRAMUTÁ - BA

VITOR MATIAS DE QUEIROZ NETO

Departamento de Engenharia Elétrica, Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana,
Feira de Santana, Bahia, Brasil.

Abstract: *This work evaluates the feasibility of installing an off-grid photovoltaic system applied on the Jenipapo farm, in Tapiramutá-BA, developer of an economic activity in cattle raising which does not have access to energy directly from the Coelba energy company, aiming to elaborate the dimensioning project of the items that make up this type of energy generation system, based on the equipment and instruments most used in the medium-sized rural properties. The off-grid photovoltaic system has been a very interesting solution for locations with difficult access by conventional power lines, generally, countryside and/or rural areas that have specific energy demands. Since these areas of difficult access do not have the possibility of implementing a photovoltaic system connected to the grid, as it is not available for access, the installation of isolated systems has increased a lot, which is the model studied in an attempt to meet the energy demand of the property.*

Keywords: *Off-grid Photovoltaic Systems, Renewable Power Generation, Off-grid Photovoltaic Systems Installation.*

Resumo: Este trabalho avalia a viabilidade de instalação de um sistema fotovoltaico *off-grid* aplicado na fazenda Jenipapo, em Tapiramutá-BA, desenvolvedora de atividade econômica da pecuária a qual não dispõe de acesso à energia diretamente da concessionária Coelba, visando elaborar o projeto de dimensionamento dos itens que compõem este tipo de sistema de geração de energia, baseando-se nos equipamentos e instrumentos mais utilizados nas propriedades rurais de médio porte. O sistema fotovoltaico *off-grid* vem sendo uma solução muito interessante para localidades de difícil acesso por parte das linhas de transmissão convencionais, sendo geralmente em interiores e/ou zonas rurais que possuem demandas específicas de energia. Uma vez que essas áreas de difícil acesso não têm a possibilidade de instalar um SFV conectado à rede, pois a mesma não se encontra disponível para acesso, aumentou a quantidade de instalação de sistemas isolados, sendo este, o modelo estudado na tentativa de suprir a demanda energética da propriedade.

Palavras-chave: Sistemas Fotovoltaicos *Off-grid*, Geração de Energia Renovável, Instalação de Sistemas Fotovoltaicos *Off-grid*.

1. INTRODUÇÃO

O constante crescimento populacional e consequente aumento da demanda energética a nível mundial, a preocupação com a preservação do meio ambiente e a eminente escassez de energia elétrica provenientes das fontes não renováveis, são fatores que influenciam diretamente nas pesquisas de desenvolvimento e otimização das tecnologias de geração de energias limpas ou renováveis (DAL BEM, 2016).

Destaca-se a aplicação de Sistemas Fotovoltaicos (SFV) que vem sendo uma possibilidade sustentável e inesgotável que evita a emissão de poluentes no seu processo de geração, superam restrições ambientais propostas à outras fontes, além de suprir a necessidade de consumo da população que reside em localidades remotas e/ou sem acesso à rede da concessionária local (DUTRA, 2020).

Segundo informações do Ministério de Minas e Energia (MME), o programa Luz Para Todos (LPT) teve início em novembro de 2003, através do Decreto

nº 4.873, objetivando a universalização da energia elétrica no Brasil, principalmente nas áreas rurais e remotas, onde encontram-se as maiores dificuldades e custos de instalação das Linhas de Transmissão (LT) para se levar a energia elétrica (FREITAS, 2015) e, como resultado, de acordo com a Eletrobrás (2020), o programa alcançou cerca de 3,2 milhões de Unidades Consumidoras (UC) até 2016. No entanto, os entraves para essa expansão se estendem desde localidades de difícil acesso, áreas de proteção ambiental, até pela distância entre a propriedade e uma LT de acesso, tornando assim, o processo de eletrificação mais complexo (DINIZ, 2015).

Dentre os locais sem acesso à energia elétrica no Brasil, encontram-se os pequenos e médios fundiários, que tem como atividade produtiva essencialmente a agricultura e a pecuária, sendo a eletricidade fundamental para otimizar a execução das tarefas. Essas propriedades rurais tem demanda energética de ordem média com a utilização de equipamentos para bombeamento de água, processamento de rações e/ou adubos, cercas elétricas nos pastos, além do consumo diário da unidade principal (ANJOS, 2019). Como solução para a falta de acesso à energia, há também a possibilidade da instalação de geradores fotovoltaicos *off-grid*, desconectados da rede da concessionária local, suprimindo a necessidade referente às atividades desenvolvidas (DUTRA, 2020).

No caso do objeto de estudo do presente trabalho acadêmico, a Fazenda Jenipapo, propriedade rural classificada como de médio porte, utiliza 1 gerador a óleo diesel

conectado a 1 banco de baterias, suprimindo o consumo diário de aproximadamente 2,29 kWh, gerador esse que, além de ser prejudicial ao meio ambiente devido à liberação de gás carbônico, tem custos de operação e manutenção elevados. Além do exposto, a ausência de energia suficiente para equipamentos básicos do cotidiano familiar interfere intensamente na qualidade de vida e na perspectiva de ascensão social.

Assim, o presente trabalho acadêmico enriquecerá o cenário socioeconômico dessa propriedade rural, com a apresentação de uma produção textual, onde é demonstrada uma opção viável de otimização na execução das atividades diárias da propriedade, além de externar como esse investimento pode melhorar o rendimento da operação desenvolvida no local, com o objetivo de dimensionar um sistema de geração de energia solar eficiente para atender a demanda da propriedade.

Quanto à estrutura do artigo, está organizada da seguinte forma: o segundo capítulo contextualiza o leitor a respeito do potencial energético solar Brasileiro e Baiano, além de apresentar os equipamentos utilizados no sistema de geração de energia *off-grid*. O terceiro apresenta a metodologia e os materiais utilizados para realizar as simulações e dimensionamento do sistema. No quarto capítulo será apresentada a demanda energética detalhada da propriedade, as simulações realizadas em *softwares*, os cálculos de dimensionamento para cada item que compõe o sistema e os equipamentos que serão utilizados. Por fim, o quinto capítulo apresenta a conclusão do estudo, apresentando o sistema escolhido.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Energia elétrica no campo

O desenvolvimento econômico e social de uma região pode ser diretamente influenciado pelo acesso à energia elétrica por parte da população, uma vez que esse ativo disponibiliza para uma sociedade, a possibilidade de elevação da sua qualidade de vida através das áreas de saúde, lazer, educação, alimentação, inclusão social, integração e acesso a tecnologias que podem melhorar e/ou aprimorar as atividades desenvolvidas e, por consequência, aperfeiçoar a microeconômica local (TABOSA, 2019).

Voltando as atenções para fora dos centros urbanos, o fato de que, na maioria dos casos, os proprietários de terra e produtores rurais não conseguem extrair de suas atividades renda suficiente para manter uma vida digna, é a causa principal do fenômeno conhecido como êxodo rural. Em contrapartida, o benefício da energia elétrica fomenta e estimula a continuidade dos trabalhos no campo haja vista a possibilidade da otimização e aumento da produtividade das atividades, melhoria no bem-estar e ascensão econômica provenientes desse acesso (TABOSA, 2019).

Assim sendo, é obrigação do estado ofertar meios para que a demanda de energia da população seja suprida, autorizando a distribuição para toda a população, embora não haja real veemência das concessionárias em levar eletricidade para as áreas rurais uma vez que, mesmo levando qualidade de vida às localidades, seus níveis de consumo são relativamente baixo, fato que explica a pequena

expectativa de retorno do investimento empregado nas LT e, consequentemente, baixo interesse em realizar o investimento (BEZERRA, 2017).

Nesse contexto, as áreas mais isoladas, a exemplo das zonas rurais, vêm sendo vistas como potencial nicho de mercado para fontes de energias novas e limpas, tendo em mente os elevados custos e impactos ambientais de alongamento das LT por parte das concessionárias, sem mencionar o fator retorno de investimento, e levando em consideração os benefícios da utilização da energia renovável para realizar atividades como bombeamento de água para tanques, irrigação de plantações, utilização de motores, entre outros (LENZ, 2016).

2.2. Programas de acesso à energia elétrica

De acordo com o MME (2020), todo morador da zona rural que se enquadrar no perfil do programa LPT, em cumprimento ao Decreto de nº 7.520, de 08 de julho de 2011, tem por direito a opção de realizar uma solicitação de acesso junto à concessionária de energia que atende a região da propriedade interessada onde, ao fazê-la, recebe um número de protocolo para acompanhamento do status do pedido. Nesse caso, todos os custos de instalação e extensão de rede são por conta da concessionária que tem até de 30 dias para dar uma resposta ao solicitante referente aos prazos das obras.

Para as UC que não se enquadram no perfil do LPT, o programa de Universalização da Energia Elétrica, criado pela Aneel a partir da Resolução Normativa (RN) Nº 414, de 09 de

2.3. Potencial solar brasileiro

Em contrapartida, outros países que se localizam mais distante do eixo horizontal do globo, possuem médias diárias de irradiação solar menores se comparadas ao Brasil. Um exemplo desse fato é a Alemanha que, mesmo em sua área de maior incidência solar, tem seu potencial de geração 40% menor do que a faixa brasileira com menos capacidade de geração (RELLA, 2017).

Na figura 1, retirada do Atlas

2.4. Potencial Solar na Bahia

Atualmente, se consideradas todas as fontes energéticas, o Brasil possui uma capacidade instalada de 174.606 MW, das quais, cerca de 3.104 MW são produzidos pela energia solar. A Bahia encontra-se na 10ª posição de GD com 165,1 MW instalados e na 2ª colocação no ranking de GC com 2.998,1 MW

(ABSOLAR, 2021).

No que se refere ao potencial solar, o estado da Bahia pode chegar na ordem de 2.330 kWh/m² a depender da cidade analisada, o que representa uma faixa de 4 a 6,4 kWh/m² de geração diária. Com isso, a região baiana se destaca no cenário fotovoltaico tanto nacional quanto internacional, uma vez que a média de irradiação solar nesse estado é superior a muitos países europeus (GOMES, 2019).

Apesar de algumas dificuldades existentes, como a deficiência na infraestrutura das linhas de transmissão, tanto a GC quanto a GD, definitivamente não podem ser renegadas, uma vez que todas as micro regiões do estado da Bahia tem viabilidade técnica para a instalação de sistemas fotovoltaicos, ainda que não estejam nas melhores condições ou precisem de alguns ajustes (GOMES, 2019).

2.5. Sistema Fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico tem a capacidade de converter a radiação solar em potencial elétrico, através das suas células fotovoltaicas, processo denominado de efeito fotovoltaico (SOUZA, 2016).

O efeito fotovoltaico consiste na transferência de elétrons da camada de valência para a camada de condução. Essa transferência acontece quando a energia liberada pelos fótons emitidos pelo sol, é absorvida pelos elétrons do silício, sendo obrigados a realizar a mudança de camada, gerando assim uma diferença de potencial e, por consequência, uma Corrente Contínua (CC) (MOREIRA, 2016).

O processo de funcionamento de um SFV inicia-se através dos módulos fotovoltaicos que, ao captarem os fótons presentes na radiação solar geram uma diferença de potencial, através do efeito fotovoltaico, produzindo uma CC que adentra em um dado inversor que a converte em Corrente Alternada (CA), pronta para ser utilizada nos equipamentos de uma residência, comércio, indústria ou propriedade rural (ABSOLAR, 2021).

A partir dessa etapa, o SFV pode seguir por duas modalidades. A primeira delas é a *on-grid*, onde o sistema injeta a energia gerada na rede da concessionária a qual está conectado e submete-se ao esquema de compensação energética. A segunda é a *off-grid*, onde o sistema está totalmente isolado de qualquer rede de transmissão e/ou distribuição elétrica e, necessita de algum tipo de conectividade com um sistema de armazenamento para alimentar as cargas de uma UC em períodos onde não há produção (ABSOLAR, 2021).

2.6. Sistema Fotovoltaico off-grid

O SFV isolado, ou *off-grid*, vem sendo uma solução muito interessante para localidades de difícil acesso por parte das LT convencionais. Geralmente são interiores e/ou zonas rurais que tem demandas específicas de energia para alimentar escolas, postos de saúde, sistemas de telecomunicação, residências, iluminação pública ou pequenas e médias propriedades de terra (BOSO, 2015).

De maneira que essas áreas de difícil acesso não tem a possibilidade de instalar um SFV conectado à rede, pois ela não se encontra disponível

para acesso, cresceu bastante a instalação de sistemas isolados. Esses dois tipos de SFV diferem-se, além do quesito conceitual, quanto aos equipamentos que são utilizados em sua composição (MODOLO, 2019).

Observando uma perspectiva mais ampla, os SFV são compostos basicamente por módulos fotovoltaicos, inversores e componentes elétricos, como dispositivos de proteção, cabos CA e CC e quadros elétricos. Quando é dado foco no SFV *off-grid*, encontra-se a utilização de alguns equipamentos que não são utilizados no outro tipo de sistema, como os controladores de carga e as baterias (BOSO, 2015).

2.7. Componentes do SFV *off-grid*

Conforme apresentado na Figura 2, um SFV *off-grid* é composto por módulos solares, controlador de carga, inversores *off-grid*, e baterias estacionárias (específicas para geradores fotovoltaicos).

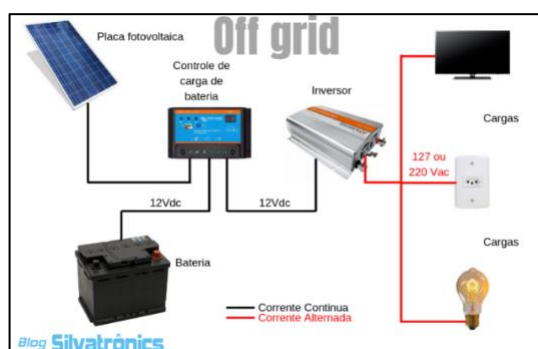


Figura 2. Ligações no Sistema fotovoltaico *off grid*. Fonte: Blog Silvatrônicos, 2019.

A correta definição dos modelos, quantidades e configuração de cada equipamento, é de responsabilidade do projetista que dimensionará o sistema. Esses parâmetros devem ser definidos a partir do perfil de consumo da UC,

sendo analisadas as potências e a quantidade de tempo de trabalho das cargas, além da definição do período de autonomia do sistema.

2.7.1. Módulos Fotovoltaicos

A tecnologia dos módulos fotovoltaicos já é considerada antiga, tendo em vista que os primeiros protótipos parecidos com os utilizados hoje em dia, são da década de 50. Atualmente, existem quatro variações básicas na forma construtiva dos módulos, sendo eles fabricados em Silício Cristalino, Silício Amorfo, Telureto de Cádmio e Disseleneto de Cobre e Índio. Dentre estes, o mais comercializado são os de Silício Cristalino, tendo em vista sua maior eficiência com relação aos outros e, em seguida, os módulos de Silício Amorfo, pois se adaptam às diversas edificações (ARAÚJO, 2018).

Os módulos fotovoltaicos de Silício Cristalino subdividem-se em dois grupos: Monocristalinos e Policristalinos. Como mostrado na Figura 3, se comparados os três modelos de células fotovoltaicas, o que tem maior rendimento e eficiência, devido ao tratamento recebido em sua fabricação, é o Monocristalino e, na sequência o Policristalino seguido do Amorfo (ARAÚJO, 2018).

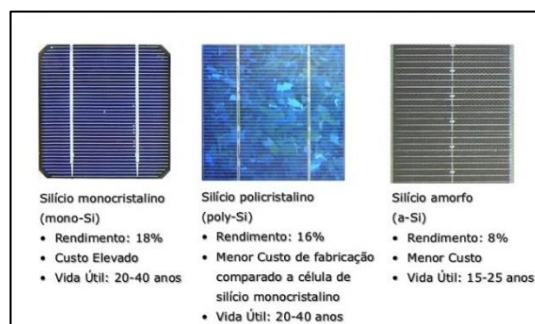


Figura 3. Células fotovoltaicas de silício. Fonte: Casa Solar, 2011.

2.7.2. Sistema de Armazenamento

Nos momentos em que não há recepção de radiação solar ou esta é inferior ao consumo da UC, uma vez que não existe o atendimento de energia por parte da concessionária local, é necessário a existência de um sistema de armazenamento da energia proveniente do gerador. Geralmente é a associação de dispositivos eletroquímicos conectados em série ou paralelo, como baterias estacionárias mostradas na Figura 4, capazes de acumular e liberar energia suficiente para suprir o consumo das cargas ativas (FIGUEIREDO, 2018).



Figura 4. Banco de baterias. Fonte: Cresesb, 2013.

2.7.3. Controlador de Carga

Mesmo sendo equipamentos específicos para a utilização no SFV, os sistemas de armazenamento necessitam de uma ferramenta capaz de controlar sua alta taxa de carga e descarga de forma a proteger e aumentar a vida útil delas. O controlador de carga faz esse papel e são encontrados em maior disposição no mercado em dois tipos: Pulse Width Modulation (PWM) e Amplitude Shift Keying (ASK) (FIGUEIREDO, 2018).

O PWM é recomendado para

sistemas nos quais existem cargas que produzem uma alta taxa de ruídos e interferências além de ter um sinal puramente digital, o que facilita a diminuição desses ruídos no sistema. Já o ASK, é mais utilizado em sistemas que tenham cargas produtoras de pouca ou nenhuma interferência, sendo considerada analógica por possuir chaveamento na sua execução, dessa forma tendo um menor custo (FIGUEIREDO, 2018). Um exemplo de controlador de carga é mostrado na Figura 5.



Figura 5. Controlador YSMART60I. Fonte: Figueiredo, 2018.

2.7.4. Inversor Solar *off-grid*

O gerador fotovoltaico e o sistema de armazenamento de energia trabalham em CC e, exceto equipamentos específicos, as cargas de uma UC utilizam da CA para o seu funcionamento.

Desse modo, o dispositivo que faz a conversão da CC em CA, nesse tipo de sistema, é o inversor solar *off-grid*, que é classificado através da sua forma de onda em três categorias: onda quadrada, onda quadrada modificada e onda senoidal pura, sendo que este último tem a maior aplicabilidade, eficiência e, consequentemente, maior custo (LIMA, 2018). Na figura 6 é mostrado um exemplo de inversor solar para sistemas *off-grid*.



Figura 6. Inversor 2000WHayama Ent:12v Saída:127v. Fonte: Zamperim, 2017.

A diferença entre esses tipos de inversores está na eficiência e compatibilidade com a carga que estão alimentando. O inversor de onda quadrada é mais simples e sua aplicabilidade se encontra em cargas de pequenas potências, como lâmpadas incandescentes, além de ter um custo financeiro menor. Já o inversor de onda senoidal modificada, é mais utilizado do que o primeiro, uma vez que sua forma de onda se assemelha com uma senoide pura e, esse fato, faz com que esse equipamento tenha uma maior compatibilidade com as cargas de uma instalação (ZAMPERIM, 2017).

Apesar disso, vale salientar que essa forma de onda faz com que os equipamentos trabalhem com eficiência reduzida, o que ocasiona aumento de consumo e um mal ou não funcionamento dos mesmos (TECHNOMASTER, 2020).

Das classes de inversores off-grid mais comercializados, o que apresenta melhor custo-benefício é o de onda senoidal pura. Por ter essa característica, este equipamento é o mais compatível com os residenciais, rurais e/ou industriais, uma vez que os utilizados nesses locais, tem a mesma característica de forma de onda,

demonstrando sua principal vantagem (ZAMPERIM, 2017).

Essa compatibilidade garante o correto funcionamento das cargas em sua máxima eficiência, protegendo-as de possíveis danos provenientes da rede. Em contrapartida, essas características elevam o valor de custo dessa classe de inversor solar, o tornando mais caro para o consumidor final, se comparado com as outras classes (TECHNOMASTER, 2020).

Na Figura 7 é mostrado o comparativo entre as três formas de onda geradas por inversores *off-grid*.

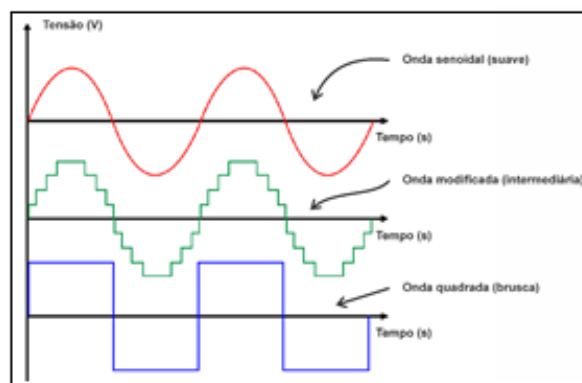


Figura 7. Comparando os sinais de onda dos inversores *off-grid*. Fonte: TRX Solar, 2019.

2.8. Dimensionamento do SFV *off-grid*

O dimensionamento de um SFV requer uma visão detalhada de todo o cenário do local da instalação. Deve ser verificado a coordenada geográfica de onde ficarão instalados os painéis fotovoltaicos, para descobrir a taxa de incidência solar e definir em que ângulo e orientação ficarão os módulos. É imprescindível também, a detecção de possíveis agentes causadores de sombreamento e/ou do aumento de temperatura nos painéis, uma vez que esses fatores geram perdas

significativas na produção de energia (ALMEIDA, 2018).

Após a definição do local, orientação e ângulo em que ficarão instalados os módulos, define-se a potência total do gerador, dado em kWp (esse parâmetro define também a quantidade e potência de cada módulo fotovoltaico). O método do mês crítico é o mais utilizado para dimensionar o kWp do gerador, e este consiste em considerar a maior energia consumida dentro de um dado período de forma que o sistema mantenha sempre a geração igual ou um pouco superior a este consumo, mesmo no pior período de geração, assim ao atingir esse ponto, a UC não terá sua energia sessada (ALMEIDA, 2018).

Ao definir a potência do gerador e, consequentemente a quantidade de módulos fotovoltaicos que serão instalados no sistema, é preciso analisar o período que a UC necessita de autonomia, isto é, o tempo que o banco de baterias consegue suprir seu consumo sem a necessidade da produção de energia do sistema e, a partir desse parâmetro, definir o controlador de carga apropriado para o sistema de armazenamento (ALMEIDA, 2018).

O controlador de carga é o equipamento que monitora e ajusta a conexão do banco de baterias com a carga ou quadro de distribuição a depender da demanda, protegendo e aumentando a vida útil do banco de baterias (ZAMPERIM, 2017).

Como a energia oriunda do gerador fotovoltaico é entregue pelo sistema de armazenamento em CC, é necessário a aplicação de um inversor para transformar a corrente em alternada e a

tensão de saída em 127 ou 220 volts, uma vez que a maioria dos equipamentos de uma UC trabalha em CA e tensão, em muitos casos, superior ao que o banco de baterias entrega (ZAMPERIM, 2017).

Para uma UC com cargas mais elevadas, como é o caso de uma propriedade rural de médio porte, é considerado um fator de segurança na ordem de 30% superior da maior soma das potências das cargas, visto que as cargas podem gerar um pico de potência em algum momento (ZAMPERIM, 2017).

2.9. Equações para o dimensionamento

Para realizar o dimensionamento de um SFV desconectado da rede ou *off grid*, considera-se a quantidade de energia gerada em cada módulo fotovoltaico. Esse parâmetro é definido pela taxa de proporcionalidade entre a corrente de operação do módulo com a quantidade efetiva de horas de insolação do local de instalação do gerador fotovoltaico (TAVARES, 2018).

$$I(placa) * horas de insolação = (Ah) [1]$$

A demanda energética é expressada pela soma da potência máxima dos equipamentos da propriedade multiplicado pela quantidade de horas de funcionamento dos mesmos, sendo **Pe** a potência do equipamento (TAVARES, 2018).

$$\Sigma [Pe * horas de operação] = (Wh) [2]$$

A corrente demandada pelo sistema operando em um certo tempo é dado pela razão entre a quantidade de amperes necessários que cada bateria forneça pela tensão de operação da

bateria, onde ***E(sistema)*** representa a energia demandada pelo sistema (TAVARES, 2018).

$$\frac{E(sistema)}{Tensão\ da\ bateria} = (Ah) \quad [3]$$

O cálculo da corrente corrigida é representado pela razão entre a corrente total do sistema e sua curva de descarga, multiplicado pela quantidade de dias em que o sistema exige de autonomia (TAVARES, 2018).

$$\frac{Ampere\ total}{Descarga\ da\ bateria} \times Auto. = (Ah) \quad [4]$$

A quantidade de módulos fotovoltaicos necessários ao sistema é expressa pela razão entre a corrente corrigida e a quantidade de energia gerada unitariamente pelos módulos fotovoltaicos, indicado no seu datasheet (TAVARES, 2018).

$$\frac{Ampere\ corrigido}{E(placa)} = (Un) \quad [5]$$

Para encontrar a quantidade total de corrente gerada pelo SFV é definido pelo corrente de pico unitário dos módulos multiplicado pela sua quantidade (TAVARES, 2018).

$$I(placa) \times N^{\circ}\ de\ placas = (A) \quad [6]$$

A quantidade de controladores de carga é dada pela razão entre a corrente total dos módulos fotovoltaicos pela corrente máxima de cada controlador (TAVARES, 2018).

$$\frac{Ampere\ total}{Ampere\ máx.} = (A) \quad [7]$$

A quantidade de baterias necessárias ao SFV é dada pela razão entre a corrente corrigida do sistema pela corrente de cada unidade de bateria (TAVARES, 2018).

$$\frac{Demanda\ total}{Ampere\ unit\ bat.} = (un) \quad [8]$$

O dimensionamento do inversor é baseado na demanda de potência dos equipamentos que serão ligados ao sistema elétrico da propriedade (TAVARES, 2018).

3. MÉTODOS E MATERIAIS

Para a realização do presente estudo de viabilidade, foram seguidas as etapas:

Tabela 1 – Métodos de estudo fotovoltaico. Fonte: Próprio autor.

[1].	Coleta das informações a respeito da atividade econômica desenvolvida na propriedade.
[2].	Levantamento das cargas pertinentes ao consumo residencial da propriedade.
[3].	Levantamento das cargas pertinentes ao consumo da atividade econômica desenvolvida.
[4].	Definição do perfil de consumo energético da propriedade.
[5].	Dimensionamento dos equipamentos para suprir a demanda energética do local.
[6].	Realização das simulações de geração e modelagem 3D no <i>software</i> PV SOL.
[7].	Definição do kit fotovoltaico, incluindo modelo dos módulos, inversor, banco de baterias e sistema de proteção.
[8].	Realização de visita técnica para avaliação das instalações já existentes e definição da

	área de instalação dos equipamentos, além de registros fotográficos do local com utilização de drone.
[9].	Realização de cotações para definição do fornecedor com melhor custo benefício.
[10].	Levantamento e avaliação do custo total para as instalações.

Para a realização da visita técnica, foi necessário a utilização de uma trena de 8 metros e do Drone DJI MINI 2 para os registros fotográficos e realização da topologia do local da instalação.

Já as etapas referentes às simulações e elaboração dos projetos, foi necessário a utilização das imagens geradas pelo drone, de um Notebook Acer Aspire 5 com processador i5, memória RAM de 8 gb e SSD de 512 gb, uma licença gratuita de estudante dos softwares PV*SOL® premium, onde foram feitas as simulações de geração e sombreamento do sistema fotovoltaico, SketchUp, onde foi feita a modelagem 3D das instalações e o AutoCad, onde foram feitas as pranchas do projeto executivo das instalações fotovoltaicas e elétricas da propriedade.

4. RESULTADOS

4.1 Demanda da Atividade Econômica Desenvolvida

No local do objeto de estudo, a

Fazenda Jenipapo, foi observado que a principal atividade econômica desenvolvida é a Pecuária. Nessa modalidade, em especial o agronegócio, percebe-se a necessidade de complementar a nutrição dos animais com rações, proteinados, sal mineral e capim triturado, além da necessidade da utilização de poços e tanques artificiais para coleta e armazenagem de água potável.

Isto se justifica porque, em algumas épocas do ano, a escassez de chuva faz com que haja pouca comida disponível nos pastos e os tanques naturais de água acabam secando. Dessa maneira, existe a necessidade de utilização de bomba para o poço, além de motores para realizar a tritura e mistura das rações.

4.2 Levantamento de Cargas

Como exposto anteriormente, as cargas da propriedade são divididas em duas seções: Residenciais e da Atividade Econômica Desenvolvida. Em ambas foram elencados os equipamentos, suas potências e tempo de uso, definindo assim os consumos diários unitários e do empreendimento como um todo.

A Tabela 1 refere-se ao levantamento de cargas residenciais e a Tabela 2 refere-se ao levantamento de cargas da atividade econômica desenvolvida.

Tabela 2 – Tabela de cargas residenciais. Fonte: Próprio autor.

1. CARGAS RESIDENCIAIS						
1.1 SALA DE JANTAR						
1.1.1	Lâmpada Led	1	12 W	12 W	4 hrs	48 Wh
1.2 SALA DE ESTAR						
1.2.1	Lâmpada Led	2	10 W	20 W	5 hrs	100 Wh

1.2.1	Lâmpada Led	2	10 W	20 W	5 hrs	100 Wh
1.2.2	TV 32"	1	60 W	60 W	5 hrs	300 Wh
1.2.3	Receptor de Antena Parabólica	1	60 W	60 W	5 hrs	300 Wh
1.2.4	Roteador de Internet Satélite	1	50 W	50 W	24 hrs	1200 Wh
1.3	COZINHA					
1.3.1	Lâmpada Led	2	8 W	16 W	4 hrs	64 Wh
1.3.2	Geladeira	1	90 W	90 W	15 hrs	1350 Wh
1.3.3	Fogão	1	70 W	70 W	1 hrs	70 Wh
1.3.6	Liquidificador	1	550 W	550 W	1 hrs	550 Wh
1.4	BANHEIRO					
1.4.1	Lâmpada Led	1	10 W	10 W	1 hrs	10 Wh
1.4.2	Chuveiro Elétrico	1	5500 W	5500 W	0,5 hrs	2750 Wh
1.5	QUARTO 1					
1.5.1	Lâmpada Led	1	12 W	12 W	2 hrs	24 Wh
1.6	QUARTO 2					
1.6.1	Lâmpada Led	1	12 W	12 W	2 hrs	24 Wh
1.7	VARANDA					
1.7.1	Lâmpada Led	8	15 W	120 W	2 hrs	240 Wh
1.7.2	Refletor	4	30 W	120 W	3 hrs	360 Wh
			TOTAL		6,7 kW	Ec = 7390 kWh/dia

Tabela 3 – Tabela de cargas da atividade econômica desenvolvida. Fonte: Próprio autor.

2. CARGAS DA ATIVIDADE ECONÔMICA DESENVOLVIDA						
2.1 CASA DE BOMBA						
2.1.1	Lâmpada Led	1	8 W	8 W	1 hrs	8 Wh
2.2 CURRAL DE CONTENSÃO						
2.2.1	Lâmpada Led	4	12 W	48 W	2 hrs	96 Wh
2.2.2	Balança Digital	1	20 W	20 W	12 hrs	240 Wh
2.3 GALPÃO DE ESTOQUE						
2.3.1	Lâmpada Led	2	10 W	20 W	1 hrs	20 Wh
2.4 GALPÃO DE FABRICAÇÃO DE RAÇÕES						
2.4.1	Lâmpada Led	2	10 W	20 W	2 hrs	40 Wh
2.4.2	Triturador	1	2200 W	2200 W	2 hrs	4400 Wh
2.4.3	Misturador de Ração	1	1470 W	1470 W	2 hrs	2940 Wh
			TOTAL		3,786 W	Ec = 7,74 kWh/mês

4.3 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Para o dimensionamento dos equipamentos de um sistema fotovoltaico *off-grid*, deve-se levar em consideração os seguintes fatores:

- Consumo diário da propriedade;
- Autonomia do banco de baterias;

- Capacidade de armazenamento das baterias selecionadas;
- Geração dos módulo fotovoltaico selecionado, por área;
- Orientação geográfica em que esses módulos serão instalados;

Cálculo da energia gerada por placa, utilizando a equação 1.

$$9,91 \times 5 \text{ horas} = 49,55 \text{ Ah}$$

Cálculo da demanda de corrente por bateria operando em 24 V, utilizando a equação 3.

$$\frac{15130 \text{ Wh}}{24 \text{ V}} = 630,42 \text{ Ah}$$

Cálculo da corrente corrigida para baterias com curva de descarga C20, tempo de operação de dois dias e 25% a mais para segurança do cálculo, utilizando a equação 4.

$$\frac{630,42 \text{ Ah}}{0,8} \times 2 \text{ dias} + 25\% = 1.970,06 \text{ Ah}$$

Cálculo da quantidade de módulos fotovoltaicos baseado na corrente de demanda, utilizando a equação 5.

$$\frac{1970,06 \text{ Ah}}{49,55 \text{ Ah}} = 40 \text{ placas por aproximação}$$

O sistema de controle de carga será dividido em subsistemas e ligados em paralelo trabalhando com cada controlador de capacidade e será dividido em oito subsistemas de cinco módulos, conforme equação 7.

$$9,91 \times 5 \text{ módulos} = 49,55 \text{ A}$$

Sendo assim, serão utilizados oito controladores de carga com capacidade máxima de 60 A em paralelo.

Utilizando a equação 8, define-se a quantidade de baterias de 12 V em série para o SFV.

$$\frac{1970,06 \text{ Ah}}{220 \text{ Ah}} = 9 \text{ baterias por aproximação}$$

O sistema de baterias exige 24 V em operação, sendo necessárias 18 baterias de 220 Ah para que se tenham

duas séries com nove baterias em paralelo.

O inversor deverá ser dimensionado respeitando a potência mínima de 15,13 kW, de acordo com a soma das potências dos equipamentos utilizados na propriedade.

Dessa maneira, tem-se como kit fotovoltaico apropriado para a demanda do local:

Tabela 4 – Kit fotovoltaico. Fonte: Próprio autor.

KIT FOTOTOLVAICO	
40	Módulo Fotovoltaico 72 células 460W
8	Controlador de Carga MPPT 60 A – 12/24/36/48 Vcc
1	Inversor 48Vcc/220Vca com potência acima de 15130W Onda Senoidal Pura
18	Bateria Estacionária Chumbo Estanho Prata 12V 220A

4.4 Visita Técnica com Levantamento Fotográfico

Nesta etapa foi realizada uma vistoria para o levantamento dos detalhes envolvendo toda a instalação do sistema fotovoltaico. Como mostrado na Figura 8, identificou-se que o telhado da edificação não se encontra em bom estado para suportar as cargas dos módulos fotovoltaicos, sendo necessário reforçá-lo.



Figura 8. Telhado da cede da propriedade.
Fonte: Próprio Autor.

Também foram identificadas duas árvores geradoras de sombreamento sobre a usina fotovoltaica, como mostrado na Figura 9.



Figura 9. Análise de sombreamento do perímetro da cede. Fonte: Próprio Autor.

Apesar do fator sombreamento, foi identificado que o telhado da frente da cede da fazenda está orientado praticamente para o norte, conforme mostrado na Figura 10, com uma defasagem de apenas 19° para o oeste, tornando-o ainda muito eficiente para a geração.



Figura 10. Telhado da cede da propriedade. Fonte: Próprio Autor.

De outra perspectiva, não existe na propriedade pontos ou acesso de energia elétrica, sendo assim, será necessário a instalação, além do sistema fotovoltaico, de toda a infraestrutura elétrica de distribuição de energia para os cômodos das

edificações principal e secundárias.

4.5 Simulação no PV SOL

Uma das ferramentas utilizadas para o correto dimensionamento de um sistema fotovoltaico, são *softwares* para elaboração do projeto e simulação de geração.

No caso do presente trabalho, foi utilizado o *software PV*SOL® premium* (Versão Teste de 30 Dias), conforme mostrado na Figura 11.

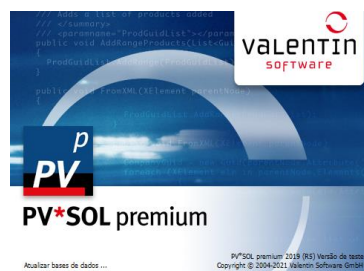


Figura 11. Tela de inicialização do PV*SOL premium. Fonte: Próprio Autor.

Neste *software* é possível inserir os equipamentos exatos que serão utilizados no projeto, como os módulos fotovoltaicos, inversores, baterias e controladores de cargas.

Também é possível verificar e prever as porcentagens de perda por sombreamento, produzido pelas vegetações e/ou outras edificações que possam estar próximos à usina fotovoltaica. No caso do objeto de estudo, as perdas estão apresentadas na Figura 12.



Figura 12. Porcentagens de perdas por sombreamento. Fonte: Próprio Autor.

Ao finalizar a simulação, os resultados de geração obtidos estão resumidamente apresentados na Figura 13 (resumo fornecido pelo próprio *software*).

Sistema fotovoltaico	
Potência do gerador fotovoltaico	5,4 kWp
Rendimento anual específico	776,34 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	83,3 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	2,4 %/Ano
Injeção na rede	4.192 kWh/Ano
Emissões de CO ₂ evitadas	2.515 kg/ano

Figura 13. Resumo dos parâmetros de geração do SFV. Fonte: Próprio Autor.

Além dessas etapas acima apresentadas, é possível também realizar a modelagem 3D para melhor visualização da usina fotovoltaica.

4.6 Modelagem 3D

A elaboração da modelagem 3D é de extrema importância principalmente para a previsão de sombreamento e verificação do espaço disponível em comparação com a área necessitada pela usina, como mostradas nas Figuras 14 e 15.



Figura 14. Modelagem 3D (a). Fonte: Próprio Autor.



Figura 15. Modelagem 3D (b). Fonte: Próprio Autor.

4.7 Cotação dos Kits Fotovoltaicos

De acordo com os requisitos mínimos de dimensionamento do sistema, o kit fotovoltaico que mais se aproximou destes parâmetros foram com o fornecedor de equipamentos FV, Aldo Solar, conforme apresentado na Figura 16.

**GERADOR DE ENERGIA SOLAR
GROWATT OFF GRID COLONIAL
SOLAR GROUP ALDO SOLAR OFF
GRID (147644-6)**
GF 5,52KWp SPF ES 6KVA MPPT BIF 220V
GROWATT LITIO 9KWH
R\$40.579,00

Jinko Solar
Tiger Pro
MONO
460W
EFICIÊNCIA
21,32%
84,8%
AOS 25 ANOS

Figura 16. Cotação de kit fotovoltaico – Aldo Solar. Fonte: Site Aldo Solar.

5. CONCLUSÃO

Diante do exposto no presente trabalho acadêmico e considerando que a propriedade está situada há 13 quilômetros do ponto da rede elétrica

mais próxima, gerando uma obra de extensão de rede que tem um prazo de finalização elevado, se apresenta viável a instalação do sistema fotovoltaico na modalidade *off-grid* para a Fazenda Jenipapo, tendo em vista que, independentemente do valor do investimento e seu *payback*, sua instalação é de extrema urgência, tendo em vista a demanda energética da propriedade.

Dessa forma, conclui-se o presente estudo sendo apresentado os principais parâmetros e pontos de dimensionamento para uma propriedade rural com atividade econômica da pecuária com suas particularidades e equipamentos utilizados. Expressa-se também como sugestão para incremento futuro do presente trabalho, realizar o estudo técnico e econômico da ampliação da rede de distribuição e realizar comparativo com os custos de instalação e operação da usina fotovoltaica na propriedade.

REFERÊNCIAS

- [1] Bem, J., Barbi, I., Rico, J., Ruther, R. Solução para bombeamento de água em propriedades rurais utilizando energia solar fotovoltaica. **Revista Brasileira de Energia Solar**. Ano 7, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 50-57, jul. 2016.
- [2] DUTRA, Ailton do Egito. Impactos Socioeconômicos da Energia Solar Fotovoltaica no Estado da Paraíba. **VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Fortaleza, jun. 2016.
- [3] MME - Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Programa de Eletrificação Rural**: ano de referência: 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/servicos/ouvidoria/perguntas-frequentes/programa-luz-para-todos#:~:text=O%20morador%20do%20meio%20rural,um%20documento%20de%20identifica%C3%A7%C3%A3o%20pessoal.>>>. Acesso em: 04.mar.2021.
- [4] Freitas, G., Silveira, S. Programa luz para todos: uma representação da teoria do programa por meio do modelo lógico. **Instituto de pesquisa econômica aplicada (IPEA) - Planejamento e políticas públicas (PPP)**. N. 45, jul./dez. 2015.
- [5] ANJOS, José Barbosa dos, MELO, Roseli Freire de. Máquinas, implementos e equipamentos utilizados na agricultura familiar. In: MELO, Roseli Freire de, VOLTOLINI, Tadeu Vinhas. **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido**. 1a. ed. Brasília, 2019. p. 273-186.
- [6] Tabosa, F., Costa, E., Filho, J., Neto, N., Araújo, J., Santos, C. Análise da demanda por energia elétrica no meio rural do Brasil. **Instituto de pesquisa econômica aplicada (IPEA) - Planejamento e políticas públicas (PPP)**. N. 52, p. 149-188, jan./jun. 2019.
- [7] BEZERRA, Verônica Dantas, BIANQUE, Mário Fernandes. Análise da importância da eletrificação rural: Estudo de Caso da comunidade de Varjota –

- Aracoiaba - Ceará. **XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens**. Itajubá, 2017.
- [8] ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Resolução Normativa Nº 414**, de 9 de setembro de 2010. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/docum-ents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>>. Acesso em 13.mar.2021.
- [9] Oliveira, O., Oliveira, R., Gomes, R. Energia solar: um passo para o crescimento. **Revista Eletrônica de Graduação do UNIVEM - REGRAD**. v. 10 n. 1, p. 377-389, out. 2017.
- [10] RELLA, Ricardo. Energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista de Iniciação Científica**. v. 15 n. 1, p. 28-38, Criciúma, 2017.
- [11] BEZERRA, Francisco Diniz. Energia Solar. **Caderno Setorial Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE**. Ano 5, n. 110, mar. 2020.
- [12] ANJOS, José Barbosa dos, MELO, Roseli Freire de. Máquinas, implementos e equipamentos utilizados na agricultura familiar. In: MELO, Roseli Freire de, VOLTOLINI, Tadeu Vínhas. **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido**. 1. ed. Brasília, 2019. p. 273-186.
- [13] PEREIRA, E. B., MARTINS, F. R., GONÇALVES, André Rodrigues, COSTA, Rodrigo Santos, LIMA, F. J. L. de, RÜTHER, R., ABREU, S. L. de, TIEPOLO, G. M., PEREIRA, S. V., SOUZA, J. G. de. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2a. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.
- [14] FERRAZ, R. S. F., SANTOS, B. L. M., SILVA, P. L. C., FERRAZ, R. S. F., GOMES, A. C. Análise comparativa do potencial de energia solar na região nordeste do Brasil x Alemanha. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, n. 142, nov./2018. Disponível em: <<https://semanaacademica.com.br/artigo/analise-comparativa-do-potencial-de-energia-solar-na-regiao-nordeste-do-brasil-x-alemanha>> Acessado em: 10.abr.2021.
- [15] GOMES, A. C., MATOS, V. S., WANDERLEY, V. S. A., GONÇALVES, G. B., CORTES, L. R. C., SORIANO, F. R. Análise do potencial de geração fotovoltaica no estado da Bahia. In: FREITAS, Lilian Coelho de. **Engenharia Elétrica e de Computação: Atividades Relacionadas com o Setor Científico e Tecnológico** 4. 1a. ed., p. 113-128, Uberlândia, 2019.
- [16] SOUZA, Ronilson di. Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica: Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares. 1a. ed. Ribeirão Preto, 2016. Disponível em: <<https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>> Acesso em: 11.abr.2021.

- [17] BOSO, A. C. M. R., GABRIEL, C. P. C., FILHO, L. R. A. G. Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no Brasil. **Revista Científica ANAP Basil**. v. 8, n. 12, p. 57-66, 2015.
- [18] MODOLO, Ângelo Bezerra. **Estudo paramétrico de um sistema fotovoltaico off-grid para operação de um tubo de vórtice**. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – centro de tecnologia departamento de engenharia mecânica programa de pós-graduação em engenharia mecânica, universidade federal do Ceará. Fortaleza, 2019.
- [19] BLOG SILVATRÔNICS. **Tudo sobre energia solar tipos de sistema on grid off grid e hibrido**. Disponível em: <<https://blog.silvatronics.com.br/tudo-sobre-energia-solar/>>. Acesso em 02.mai.2021.
- [20] ARAÚJO, G. P., RAMANAUSKAS, L. F. C., ZANESCO, I., MOEHLECKE, A. Comparação e análise de módulos fotovoltaicos com células de silício cristalino. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Gramado, abr. 2018.
- [21] FIGUEIREDO, H. F. M., PODOLAK, L., SCHULTZ, L. R. K. Projeto e desenvolvimento de um sistema fotovoltaico autônomo voltado a área rural. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**. Nov./2018.
- [22] LIMA, M. S., GOUVEIA, A. M., OLIVEIRA, A. V. Sistema hibrido eólico e solar off grid. **Revista Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade na Engenharia Elétrica**. Bebedouro, p. 180-202, 2018.
- [23] SOUZA, Tamires Lopes da, ZAMPERIM, João Luiz Bergamo. Sistema hibrido eólico e solar off grid. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**. v. 2, n. 1, p. 119-135, Araçatuba, jan./ago. 2017.
- [24] ALMEIDA, Thales Hieron Soares de. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico grid-tie e off-grid para alimentação de energia elétrica do laboratório hidráulico do CCTA / UFCG**. Tese (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Centro de Ciências em Tecnologia Agroalimentar Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, 2018.
- [25] Inversores de onda senoidal pura x inversores de onda modificada. **Technomaster**, São Leopoldo. Disponível em: <<https://technomaster.com.br/2020/06/12/inversores-de-onda-senoidal-pura-x-inversores-de-onda-modificada/#:~:text=Os%20inversores%20de%20tens%C3%A3o%20de,prote%C3%A7%C3%A3o%20mais%20complexos%20e%20configur%C3%A1veis.>>> Acesso em 11.mai.2021.
- [26] MONTEZANO, Bruno. As Energias Solar e Eólica no Brasil. **Centro de Pesquisas de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 21.out.2010. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/afermart>>

[ins/casasolar2011](#)> Acesso em 09.mai.2021.

- [27] Banco de Baterias. **Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito – CRESESB**, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=cse_banco_baterias> Acesso em 09.mai.2021.

- [28] Onda senoidal ou modificada? Entenda a diferença. **TRX SOLAR**, São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://loja.trxsolar.com/loja/noticia.php?loja=655927&id=23>> Acesso em 12.fev.2022.

- [29] Pereira, A. O. ; Barbosa, A. S. ; Barbosa, L. S. ; Santos, S. D. ; PIO, T. S. ; TAVARES, MARCIO DE MORAIS ; MORAIS, W. A. .
DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA OFF GRID DE RENOVAÇÃO DE ÁGUA MARINHA EM UMA INSTALAÇÃO DE PESQUISA NA ILHA DOS ARVOREDOS.
Revista Científica Integrada - RCI, v. 3, p. 1-30, 2018.