unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

GUSTAVO DOS SANTOS LOMEU

COMPARAÇÃO ENTRE FORNECIMENTO DE ENERGIA CONVENCIONAL, COM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE, PARCIALMENTE LIGADO E DESCONECTADODA REDE

Guaratinguetá
2015

GUSTAVO DOS SANTOS LOMEU

COMPARAÇÃO ENTRE FORNECIMENTO DE ENERGIA CONVENCIONAL, COM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE, PARCIALMENTE LIGADO E DESCONECTADODA REDE

Trabalho de graduação apresentado ao conselho de curso de graduação em engenharia civil da faculdade de engenharia campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de graduação em engenharia civil.

Orientador: Prof. Dr.Teófilo Miguel de Souza

Guaratinguetá -SP

2015

Lomeu, Gustavo dos Santos
Comparação entre fornecimento de energia convencional com sistema
L845 fotovoltaico conectado a rede, parcialmente ligado e desconectado da rede
/ Gustavo dos Santos Lomeu – Guaratinguetá, 2017.
c 65 f. : il.

Bibliografia : f. 62

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza

1. Geração de energia fotovoltaica. 2. Energia elétrica – consumo
3. Redes elétricas. I. Título

CDU 621.316

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

COMPARAÇÃO ENTRE FORNECIMENTO DE ENERGIA CONVENCIONAL, COM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE, PARCIALMENTE LIGADO E DESCONECTADO DA REDE

GUSTAVO DOS SANTOS LOMEU

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "**GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL**"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza
Orientador/UNESP-FEG

Profa. Thais Santos Castro
UNESP-FEG

Prof. Paulo Armando Panunzio
Membro Externo

Dezembro de 2015

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus, que me concedeu a oportunidade e os meios para alcançar meus sonhos, pois sem ele, nada disso seria possível.

Sou muito grato aos meus pais *Ozeias Lomeu* e *Ivani Lomeu*, por me apoiarem nos momentos difíceis, pela força e pelo carinho, exemplos fundamentais para minha vida. Essa conquista também é deles.

Aos meus irmãos, *Felipe, Suellen e Anderson*, pela amizade, força e apoio de sempre.

A minha vó *Maria Albertina* que sempre confiou em mim, pelo seu carinho e apoio.

Aos meus familiares, primos e tios, família grande que sempre me deu força para continuar.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza*, pela amizade, orientação e auxílio na realização deste trabalho.

Aos amigos*Pedro Maciel, Fabiano Santos, Eduardo Teixeira, Paulo Sergio, Edson Junior, Vanessa Xavier, Marco Aurélio, Denise Torres, Maxwell, Max Ramos, Dona Suelli, Fabi Nunes,Julio Melo, Andressa Cavalcante, Douglas Cavalcante, Leonardo Bernardo, Rafael Mangetti, Usla Andrade, Luana, Raphael Bastos, Jessica Borges, Marcia Amorim, Marcelo Amorim, Vera Lucia, Débora Gondim, José Ricardo, Cesar Augusto, João Paulo, Luis Gustavo, Rose Gama*e aos demais amigos, que estiveram ao meu lado durante a minha graduação. Pela amizade, companheirismo e alegria, aos quais considero como minha segunda família.

A empreiteira, *Francisco Chagas* e *Tatiana Dutra*, pelo incentivo e estagio de 3 anos, pois essa experiência profissional foi fundamental para minha formação.

A construtora,engenheiros*Eduardo e Nildo* pelo estagio de férias e incentivo na carreira.

Aos colegas que fiz nas obras que trabalhei, desde os serventes, pedreiros e engenheiros, pelo apoio e força.

A todos aqueles que me deram uma palavra de incentivo durante minha trajetória, pois nada nessa vida é por acaso e gentileza gera gentilezas.

LOMEU, G. S.**Comparação entre fornecimento de energia convencional, com sistema fotovoltaico conectado a rede, parcialmente ligado e desconectadoda rede.**2015 51f. Trabalho de graduação (graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

RESUMO

Neste trabalho são estudadas asprincipais características dos sistemas fotovoltaicos On-Grid, Off-Grid e parcialmente ligado a rede da concessionária de energia elétrica, visando uma fundamentação teórica sobre as particularidades de cada sistema e comparando-os entre si para uma análise de qual modelo seria mais viável mediante o cenário atual de crise que o Brasil está vivenciando.Devido a falta de água em algumas regiões, como é o caso do estado de São Paulo, a variação do consumo de energia elétrica ocorredevido ao aumento populacional e a inflação nas tarifas energéticas. O estudo aborda também os custos de cada sistema e a existência de incentivos governamentais para que a população tenha acesso através de programas sociais de financiamento subsidiados pelo governo, assim como acontece no programa “Minha Casa Minha Vida” do governo federal.

PALAVRAS-CHAVES: Painel Fotovoltaico. Sistema On-Grid. Sistema Off-Grid. Concessionária.

LOMEU, G. S.**photovoltaic power supply Comparison connected to the network, disconnected from the network and fully and partially connected to the network**. 2015 51f. Graduate work (Graduation in Civil Engineering) - Faculty of Engineering Guaratinguetá Campus, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ABSTRACT

This paper studied the main characteristics of photovoltaic systems On-Grid Off-Grid and partly connected to network electric utility, targeting a theoretical framework of the particularities of each system and comparing them with each other to an analysis of which modelIt would be more feasible by the current situation of crisis that Brazil is experiencing. Due to lack of water in some regions, such as the state of São Paulo, the variation in electricity consumption is due to population growth and inflation in energy prices. The study also covers the costs of each system and the existence of government incentives for the population to get access through social programs funding subsidized by the government, as well as in the program "Minha Casa Minha Vida" from the federal government.

KEYWORDS: Photovoltaic Panel. On-Grid System. System Off-Grid dealership.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ilustração da irradiação global 13
Figura 2-Ilustração da radiação solar no Brasil 15
Figura 3-Ilustração adaptada - situação no mundo de produção de células fotovoltaicas16
Figura 4- Ilustração adaptada - célula de silício monocristalino e policristalino 17
Figura 5- Células de filme fino 18
Figura 6- Módulos concentradores fotovoltaicos 18
Figura 7-Ilustração do agrupamento dos painéis fotovoltaicos 20
Figura 8 - Associação das células em série 21
Figura 9 - Curva característica I-V para um modulo de 220 Wp, 2 módulos idêntico associado em série e 4 módulos idêntico associado em série. 21
Figura 10 - Associação em paralelo das células fotovoltaico 22
Figura 11 - Ligação do diodo de bypass 24
Figura 12 - Inversor 24
Figura 13 - Configuração do sistema off-grid 27
Figura 14 - demonstração do sistema híbrido com geração fotovoltaica e eólica 27
Figura 15 - Configuração do sistema on-grid 29
Figura 16- Sistema fotovoltaico on-grid 29
Figura 17-Relação de normas nacionais e internacionais para módulos fotovoltaicos .. 30
Figura 18 - Modelo de etiqueta fixada nos módulos fotovoltaicos pelo (INMETRO, 2011) 31
Figura 19-Fachada do escritório 34
Figura 20-Imagem de satélite -telhado do escritório 34
Figura 21- Radiação diária- média mensal para cada localidade para uma inclinação aproximada de 23°S 36
Figura 22-Conta de energia elétrica do escritório 38
Figura 23 - Composição do painel fotovoltaico de acordo com a TCPOWEB 47
Figura 24 - Custo de um Sistema On-Grid- Consumo 320kwh/mês 48
Figura 25 - Descrição do Sistema Fotovoltaico On-Grid- Consumo 320kwh/mês 49
Figura 26 - Custo de um sistema on-grid- consumo 320kwh/mês 50
Figura 27- Introdução de dados no simulador online de custos de sistemas fotovoltaicos51
Figura 28 - Ficha técnica de gerador de energia fotovoltaico 52
Figura 29 - Painel fotovoltaico caseiro visita técnica 57

Figura 30 - Imposto de importação das células fotovoltaicas 57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estudo de projeção da eficiência dos módulos para os próximos anos..... 19
Tabela 2 - Classificação de eficiência dos módulos fotovoltaicos segundo o Inmetro .. 32
Tabela 3 - Requisitos mínimos em função do tipo de geração. 33
Tabela 4-Dados da SunData das proximidades do local em questão 37
Tabela 5-Relação de Inversores e suas especificações 40
Tabela 6- Principais características do controlador de carga ProStar PS30 43
Tabela 7-Custo do sistema on-grid 44
Tabela 8 - Custo do sistema off-grid 45
Tabela 9 - Custo do Sistema off-grid sem o uso de baterias 45
Tabela 10 - Orçamento Sistema on-grid com base nos dados da TCPO-WEB..... 46
Tabela 11 - Orçamento Sistema Off-Grid com base nos dados da TCPO-WEB 46
Tabela 12 - Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica53
Tabela 13 - Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica53
Tabela 14 - Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica54
Tabela 15 - Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica54
Tabela 16 - Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica55
Tabela 17 - Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica55
Tabela 18 – Comparação de preços entre os sistemas fotovoltaíco 59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
1.1 MOTIVAÇÃO 11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 13
2.1 RADIAÇÃO SOLAR - FONTE DE ENERGIA LIMPA 13
2.1.1 Energia solar fotovoltaica no Brasil 14
2.2 EFEITO FOTOVOLTAICO 15
2.3 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS 16
2.3.1 Células de silício cristalino 16
2.3.2 Células De Filmes Finos 17
2.3.3 Células de concentrador fotovoltaico 18
2.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 19
2.4.1 Associação dos painéis fotovoltaicos em série 20
2.4.2 Associação dos painéis fotovoltaicos em paralelo 22
2.5 PERDAS DE POTÊNCIA NOS GERADORES FOTOVOLTAICOS 22
2.5.1 Aumento de temperatura nas células fotovoltaicos 22
2.5.2 Descasamento espectral na região de instalação do sistema fotovoltaico.... 23
2.5.3 Posicionamento incorreto dos módulos fotovoltaicos 23
2.5.4 Efeito do sombreamento nos painéis fotovoltaicos 23
2.6 INVERSOR 24
2.6.1 Inversor grid-tie 25
2.6.2 Seguidor de ponto de máxima potência (MPPT) 25
2.7 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS 25
2.7.1 Sistema de geração de energia fotovoltaico off-grid ou sistemas isolados.... 26
2.7.2 Sistemas de geração de energia fotovoltaicos on-grid ou grid tie 28
3 NORMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICO 30
3.1 NORMAS RELACIONADAS PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 30
3.2 COMERCIALIZAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL 31
3.3 NORMAS DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA 32
4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO 34
4.1 ESTUDO DE CASO 34

4.2 DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS ON-GRID 35
4.2.1 Inversor grid-tie 39
4.2.2 Disposição do sistema fotovoltaico 40
4.3 DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS OFF-GRID 40
4.3.1 Dimensionamento do painel fotovoltaico e inversor 41
4.3.2 Dimensionamento do banco de baterias do sistema off-grid 41
4.3.4 Dimensionamento do controlador de carga do sistema off-grid 43
4.4 DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS OFF-GRID SEM O USO DE BATERIAS 43
4.5 ORÇAMENTOS DOS COMPONENTES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID..... 44
4.5.1 Orçamento dos sistemas on-grid, off-grid, e off-grid sem o uso de baterias..... 44
4.5.2 Orçamento dos sistemas fotovoltaicos com base no banco de dados da TCPO-WEB -2015 45
4.5.3 Cotação de sistemas fotovoltaicos no Brasil 47
4.6 SIMULADOR ONLINE DE CUSTOS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS..... 51
4.6.1Relação de empresas consultadas para pesquisa 52
4.7 CASO PARTICULAR SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS 56
5 COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS ON-GRID, OFF-GRID E NÃO CONECTADO A REDE E SEM USO DE BATERIAS..... 58
5.1 CALCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS 58
5.2 CÁLCULO DO TEMPO DE RETORNO DE CAPITAL 59
6 CONCLUSÕES..... 61
REFERÊNCIAS 62
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 64

1INTRODUÇÃO

O recurso de energia elétrica é consumido em grande escala pela humanidade,sendo indispensável para a sociedade além de exercer um papel fundamental nodesenvolvimento econômico de um país.

De acordo com Santana(2014)existe uma comparação quase quelinear sobre odesenvolvimento econômico e o aumento do consumo de energia elétrica de umpaís, especialmenteem países desenvolvidos ondea distribuição de renda é menos acentuada, observa-se uma menor desigualdade social e um maior consumo energético. Sendo assim, o uso correto dos recursos naturais é muito importante e abrange os conceitos de sustentabilidade.Essa conscientização tem ganhado espaço, principalmente no âmbito de geração deenergia elétrica, com as chamadas fontes renováveis,que visam possibilitar a geração de energia elétrica com o menor impacto ambiental e social.

1.1 MOTIVAÇÃO

As fontes de energia renovávelobservadas no processo de geração através de placasfotovoltaicas e eólica são muito importantes. Como características importantes a serem destacadas no processo de geração de energia renovável podem ser citadas anão emissão deCO_2 (dióxido de carbono) entre outros gases poluentes na atmosfera, sendo assim uma alternativa para o uso de combustíveis fósseis, uma vezque,segundo a IEA(Agência Internacional de Energia, 2011), cerca de 59,7% da oferta de energia mundial é feita através do uso de tais combustíveis. Mediante a esse problema de emissão de gases poluente na atmosfera, organizações internacionais e diversas nações através de seus ministérios esecretarias do setor energético têm provido subsídios, como incentivo para esse tipo deprodução energética.Nos últimos anos diversos fatores têm contribuídocoma implementação da tecnologia de geração de energia através de placas fotovoltaicas no Brasil.

Com a crescente popularização da tecnologia de produção de energia renovável observou-se alguns benefícios no uso das mesmas, segundo Almeida (2012), sobre esses benefícios destacam-se a redução do preço dos módulos fotovoltaicos no mercado internacional, as publicações nos meios acadêmicos e empresariais através de congressos e workshops, a mobilização do governo na criação de normas, tendo como exemplos a “Resolução Normativa n° 482/2012” e o chamado“Projeto P&D Estratégico n° 013/2011” da ANEEL(Agencia Nacional de Energia Elétrica) ou no caso de conexões a redes de instalação

elétrica de sistemas fotovoltaicos no país e do interesse da indústria em começar a produção de equipamentos nesse setor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

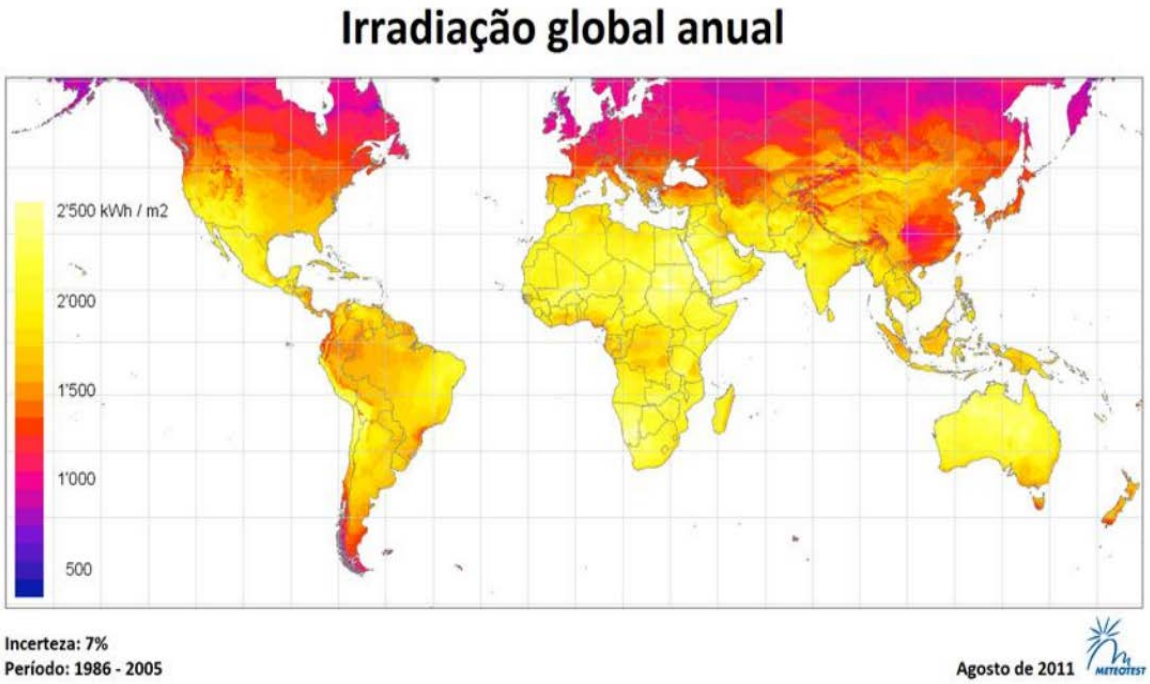
Este capítulo aborda uma fundamentação teórica sobre os sistemas fotovoltaicos disponíveis no mercado e seus conceitos.

2.1 RADIAÇÃO SOLAR - FONTE DE ENERGIA LIMPA

O Sol é uma fonte de energia limpa essencial aos seres vivos,além de ser uma fonte importante de calor para nosso planeta é também fundamental para a fotossíntese, mecanismo pelo qual os vegetais convertem gáscarbônico, água e calor em glicose, que é absorvida pelas plantas e a partir disso liberamoxigênio, gás esse que é indispensável para a manutenção da vida humana e animal na Terra.

O planeta Terra recebe em médiaanualmente $1{,}5x10^{8}$ kWh de energia proveniente do Sol, o que equivale a 10.000 vezes o consumo mundial de energia para esse mesmo período, portanto, é necessário apenas 0,01% para suprir a demanda global de energia elétrica Guimarães (2004). Na figura1 temos uma ilustração gráfica de cores sobre os potencias de irradiação solar pelo globo terrestre, nota-se que na região próximo da linha do equador ocorrem os maiores potenciais.

Figura 1- Ilustração da irradiação global



Fonte: Adaptada - Almeida(2012)

A radiação solar produzida anualmente equivale a energia liberada na queima de 2x10²° galões de gasolina, mais de 10 milhões devezes a produção anual de petróleo da Terra, também corresponde a produção de 10 bilhões de vezes a energia produzida pela hidrelétrica deItaipu.

A energia solar é transmitida através de radiação, aproveitada em sistemas fotovoltaicos e calor para sistemastermo-solares, sendo que essas duas formas de energia são capazes de produzir eletricidade, além do sistema de aquecimento de água chamado desistema solar-térmico. No entanto, o conteúdo deste trabalho de graduaçãoserá voltadopara o Sistema Fotovoltaico.

2.1.1 Energia solar fotovoltaica no Brasil

Segundo Guimarães (2004), o Brasil possui altos índices de irradiação solar em relação aos países europeus devido a sua posição geográfica. Em países europeusas tecnologias de obtenção de energia elétrica através do sistema fotovoltaico são amplamente divulgadas e aplicadas.No Brasil, apesar do avanço tecnológico passar por uma fase de crescimento, a evolução da implantação desse tipo de tecnologia ainda enfrenta algumas dificuldades.

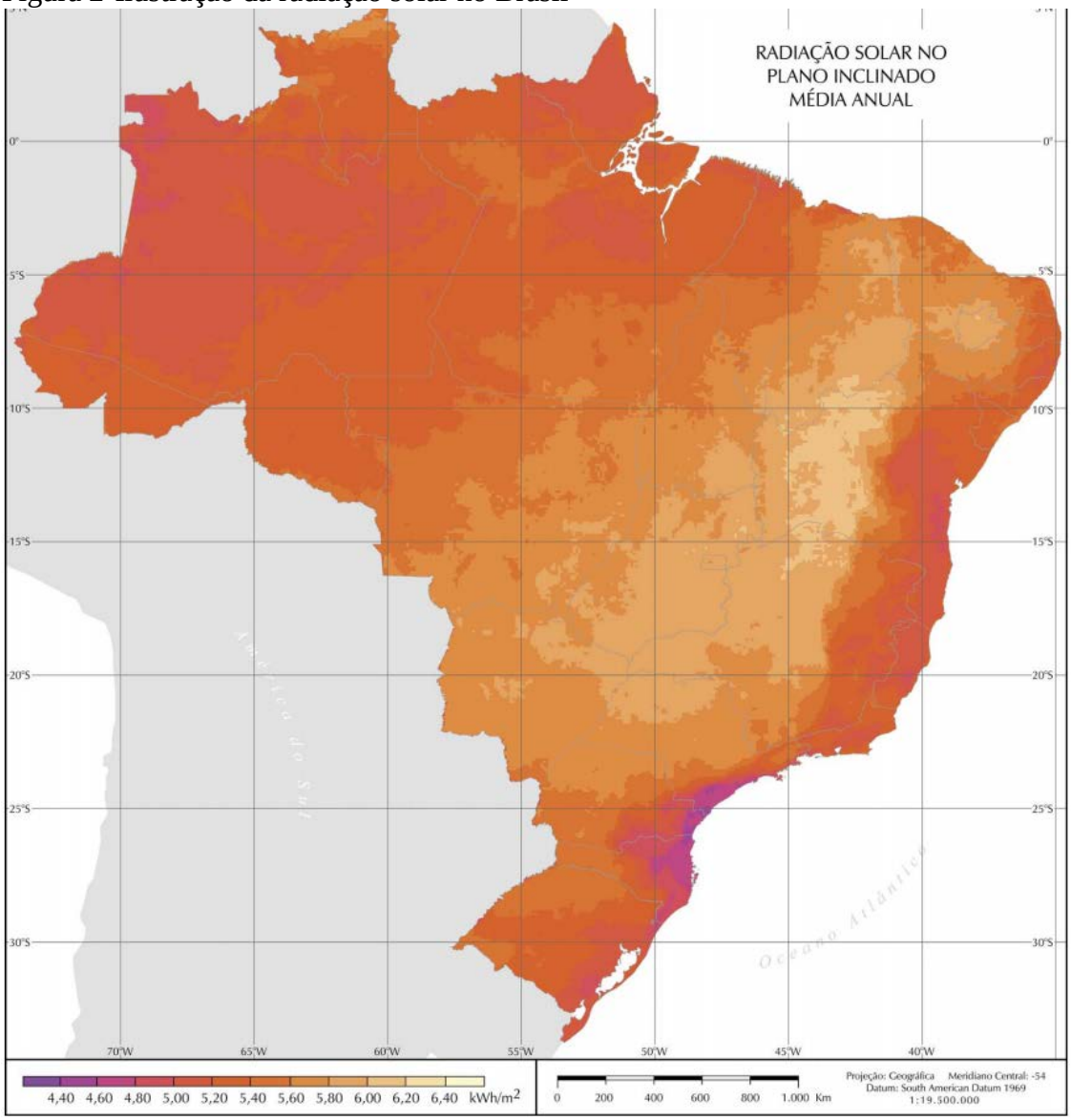
No final dos anos 70 e começo da década de 80 nasceram duas fábricas de módulos fotovoltaico de silício cristalino em território brasileiro, no entanto,por volta da metade da década de 80 muitos grupos de pesquisa voltaram suas atividadespara outros setoresdevido ao fato de não haver incentivos do governo, além da crise político-econômica vivenciada no país. Sendo assim, muitas fábricas diminuíram drasticamente suas produções, ou foram extintas. Hoje o Brasil possui apenas uma fábrica de “encapsulamento” de módulo fotovoltaico em funcionamento (Tecnometal), em Campinas, no interior de São Paulo.

De acordo comGREENPRO (2004), a quantidade de radiação solar fora da atmosfera muda com a distância entre o Sol e o planeta Terra durante o transcorrer do ano, onde varia entre $1{,}47x10^8$ km (Periélio) e $1{,}52x10^8$ km (Afélio). Devido a este fato, a irradiação proveniente do Sol e recebida pelo planeta Terra varia entre 1.325,00 W/m² e 1.412,00 W/m². Segundodados recentes da WMO (World Meterological Organization)o valor médio de irradiação é designado por uma constante solar, EO = 1.367,00 W/m².

A irradiação solar pode ultrapassar os 2.300,00 kWh/m² por ano em regiões localizadas próximas da linha do equador, enquanto que, no sul da Europa, por exemplo, essa

energia de radiação não passados 1.800,00 kWh/m².Os dados típicos de médias anuais de irradiação do Brasil são mostrados a seguir na figura 2.

Figura 2-Ilustração da radiação solar no Brasil

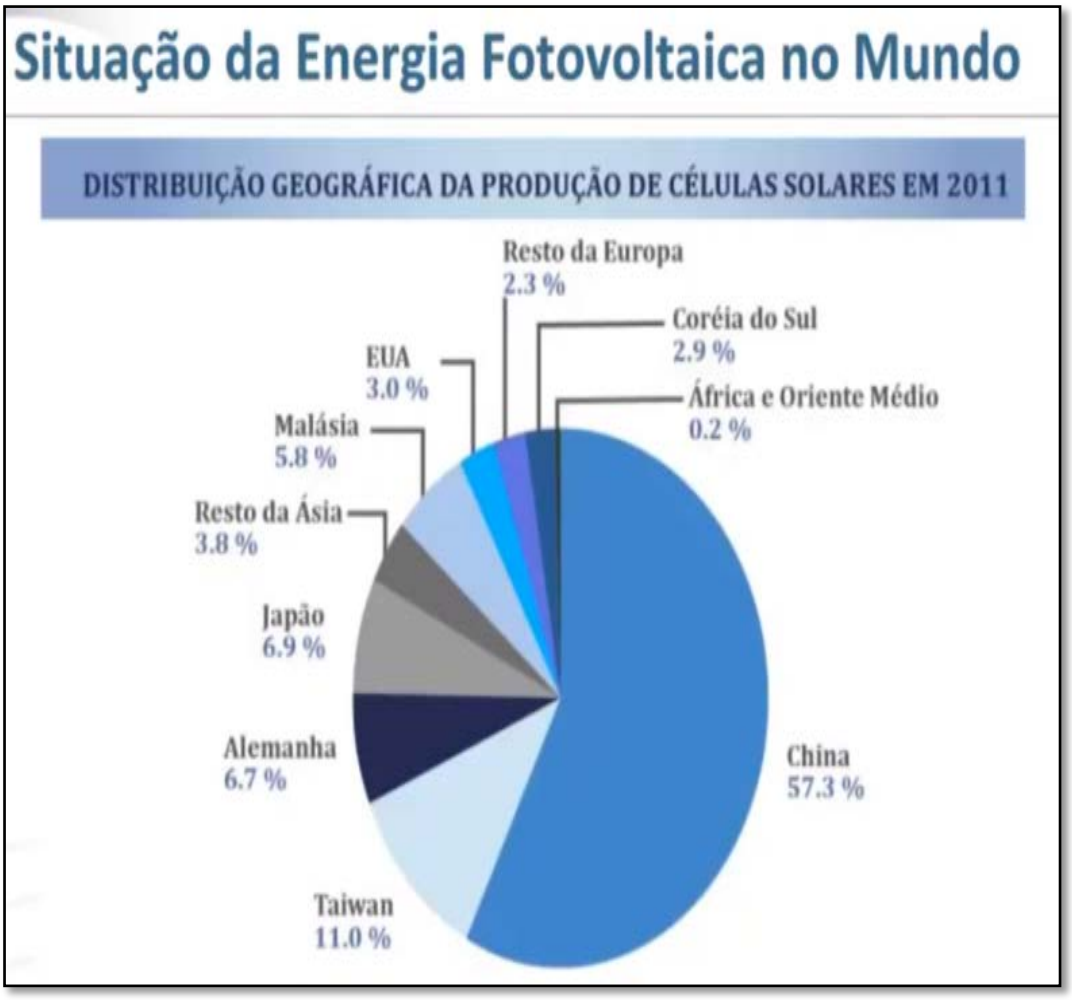


Fonte: Adaptada - Sonda(2006)

2.2 EFEITO FOTOVOLTAICO

A radiação solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (efeito fotovoltaico), a célula fotovoltaica é um dispositivo fabricado com material semicondutorde fundamental importânciano processo de conversãoUNIDO (2015), na figura 3, temos a ilustração gráfica de produção de células fotovoltaico pelo globo terrestre, onde a china se destaca pela produção média de 57,3% da produção mundial.

Figura 3-Ilustração adaptada - situação no mundo de produção de células fotovoltaicas



Fonte: UNIDO(2011)

2.3 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

As tecnologias fotovoltaicas geralmente são classificadas como 1ª geração (silício mono e policristalino), 2ª geração (silício amorfo e filme fino) e/ou 3ª geração (concentrador fotovoltaico).

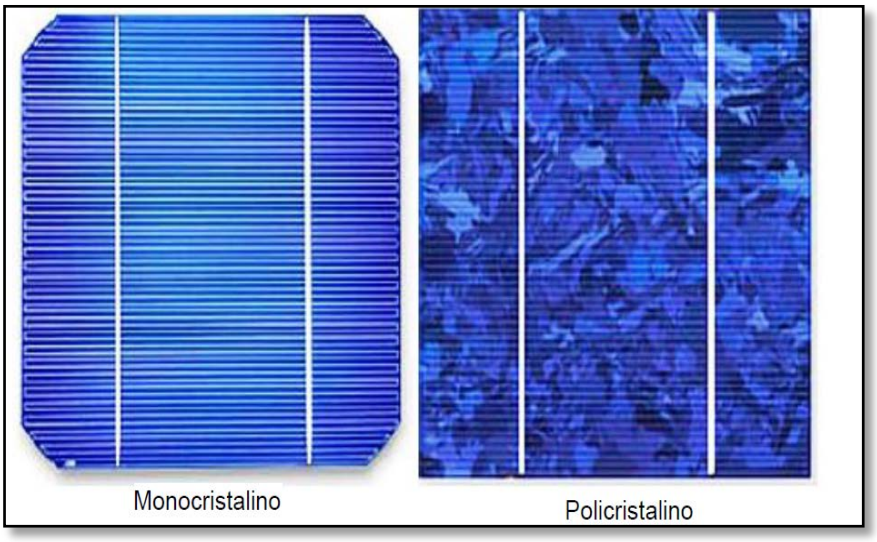
2.3.1 Célulasde silício cristalino

As células desilício cristalino são as mais utilizadas comercialmente. A fabricação de células fotovoltaicas do tipo silício cristalino se divide em dois grupos: os monocristalinos e os policristalinos.

O grupo de fabricação dos monocristalinos trata de uma estrutura homogênea em toda sua extensão e para produção de uma célula fotovoltaica desse grupo, é necessário que o silício tenha 99,9999% de pureza. Sendo assim, a aquisição desse tipo de silício é mais cara do que o silício policristalino, porém apresenta maior eficiência na conversão de energia.

Com relação aos métodos de produção de células policristalinas, elas são distintas da fabricação de células monocristalinas,obeserva-se um menor gasto de energia e também menor rigor no controle do processo de fabricaçãoSantana (2015). Na figura 4 temos uma imagem das células mono e policristalino.

Figura 4- Ilustração adaptada - célula de silício monocristalino e policristalino



Fonte:Adaptada - Santana(2014)

2.3.2 Células De Filmes Finos

Com relação as células de filmes finos, sua fabricação é feita por meio de uma técnica de depósito de camadas extremamente finas de material semicondutor e de proteção mecânica, como vidro e plástico.Os materiais semicondutores comercialmente utilizados na fabricação dos filmes finos são Silício Amorfo (a-Si), Telureto de Cadmio ou Disseleneto de Cobre Índio Gálio (CIGS).

Como elas são depositadas sobre diferentes tipos de substratos de baixo custo, como plásticos, vidros e metais, as películas finas constituem tecnologia de baixo custo quando comparada com as formas cristalinas do silício.O gasto de energia na fabricação de células de filme fino é menor, porém a eficiência na conversão da energia também é menor. Esse tipo de tecnologia tem a eficiência de conversão diminuída acentuadamente logo nos primeiros meses

após a instalação, mesmo que seja menos afetada por temperaturas mais elevadas. Na figura 5 temos a imagem das fotocélulas de filmes finos.

Figura 5- Células de filme fino

Fonte: Adaptada - Santana (2014)

2.3.3 Células de concentrador fotovoltaico

Trata-se de uma tecnologia que utiliza espelhos parabólicos para concentrar os raios solares em uma área menor, aumentando a eficiência de absorção de irradiação e utilizando-se de uma menor quantidade de Células Fotovoltaicas no sistema. Na figura 6 podem ser vistos exemplos de células do tipo concentrador fotovoltaico.

Figura 6- Módulos concentradores fotovoltaicos

Fonte: Adaptada - Santana (2014)

No trabalho de Santana (2014) apresenta uns estudos sobre a eficiência dos módulos fotovoltaicos, segue abaixo a tabela1 com esse comparativo.

Tabela 1- Estudo de projeção da eficiência dos módulos para os próximos anos

Tecnologia	2010 - 2015	2015 -2020	2020 - 2030
Silício			
Monocristalino	17-20%	23%	25%
Multicristalino	14-17%	19%	21%
Filmes Finos			
Cd - Te	12%	14%	15%
Cis/ CIGS	14%	15%	18%
Si- a	10%	12%	15%

Fonte: Adaptada - Santana (2014)

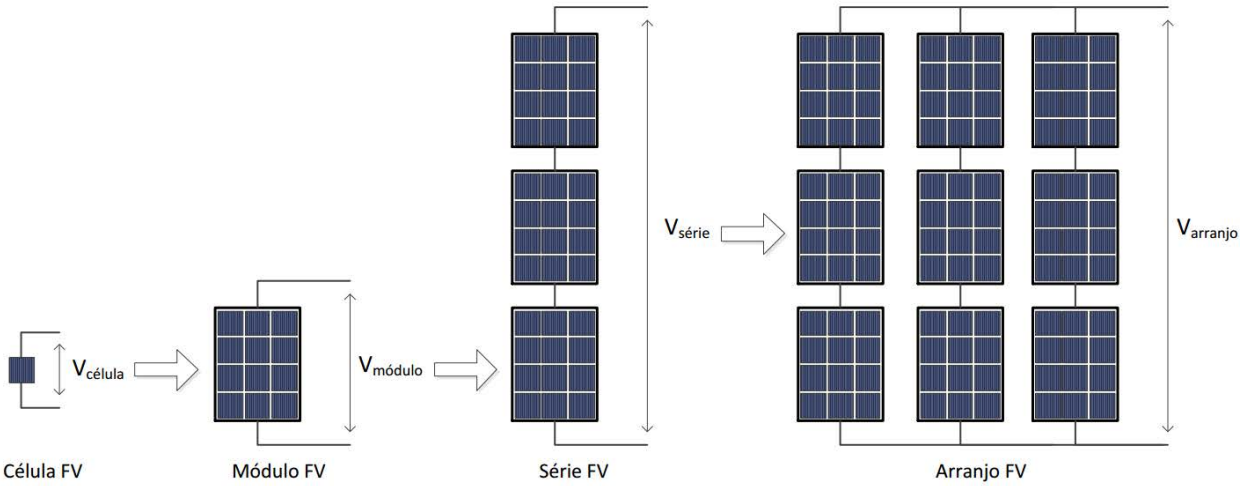
De um modo geral as células fotovoltaicas são conectadas em série por meio de contatos metálicos e são cobertas por um material transparente maleável para garantir o isolamento entre as células e para proteção contra agentes atmosféricos e mecânicos. Dessa forma, constitui-se um módulo fotovoltaico, onde pode ser conectado com outros módulos em série e/ou paralelo formando uma rede ou um Sistema Fotovoltaico.

Neste trabalho serão consideradas somente as células fotovoltaicas do tipo Silício Cristalinas.

2.4 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os módulos fotovoltaicos podem ser conectados em ligações dos tipos série, paralelo e serie/paralelo, isso vai depender da tensão e corrente desejadas. Assim que determinado como serão associados os módulos, deve-se apresentar informações de como será a instalação e os componentes utilizados, sendo assim, as tensões e correntes resultantes precisam ter plena compatibilidade em todos componentes. A figura7 ilustra esses arranjos fotovoltaicos.

Figura 7-Ilustração do agrupamento dos painéis fotovoltaicos



Célula, módulo, série e arranjo FV.

Fonte: Adaptada - Almeida(2012)

2.4.1 Associação dos painéis fotovoltaicos em série

Segundo Guimarães(2004), para associação em série dos painéis, o procedimento inicia-se ao conectar o terminalpositivo ao terminal negativo de outro, e assim sucessivamente. É recomendado que se utilize cabos e conexões específicos para os sistemas fotovoltaicos, que são protegidos contra os efeitos da radiação e das intempéries.

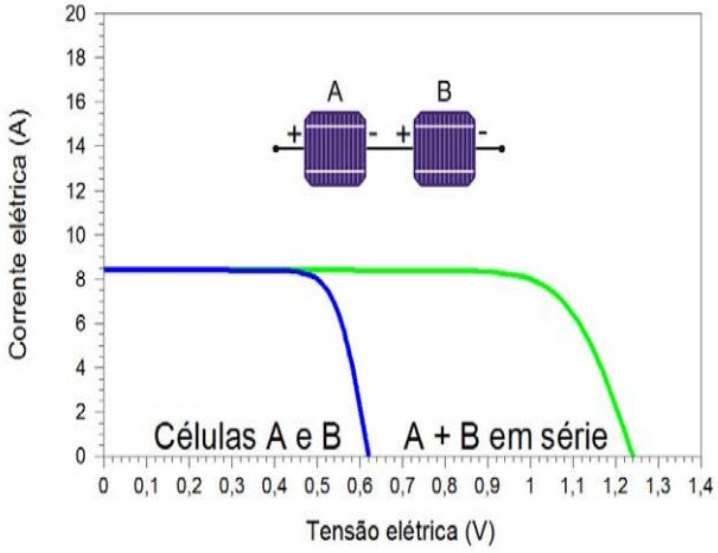
Da mesma maneira a conexão das células fotovoltaicas, quando as ligações dos módulos são em série, as tensões são somadas e a corrente (para módulos iguais) não sãoafetadas, ou seja:

$$V = V1 + V2 + ... + Vn \quad (1)$$

$$I = I1 = I2 = ... = In \quad (2)$$

A figura 8 demonstra essa associação das células fotovoltaico em serie e o gráfico de corrente elétrica x tensão.

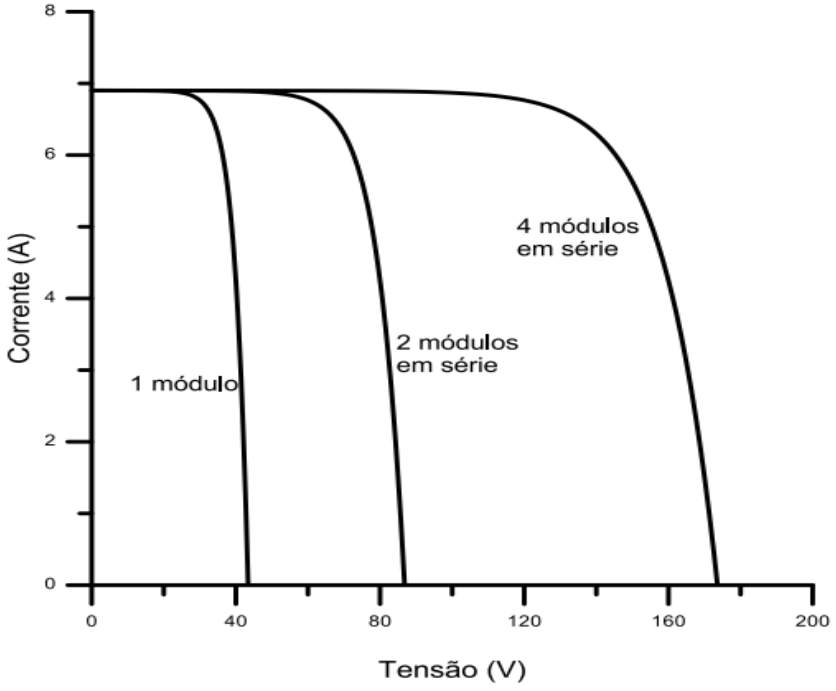
Figura 8-Associação das células em série



Fonte: Adaptada - Guimarães (2004)

Os módulos idênticos e conectados em série têm os seus efeitos ilustrados na curva característica I-V(figura9). Neste exemplo, os módulos são de 200Wp, tem Isc = 6,9A e Voc =43,4V. O arranjo resultante de 4 módulos em série tem potência de 880Wp, Isc = 6,9A e Voc= 173,6V.

Figura 9- Curva característica I-V para um modulo de 220 Wp, 2 módulos idêntico associado em série e 4 módulos idêntico associado em série.



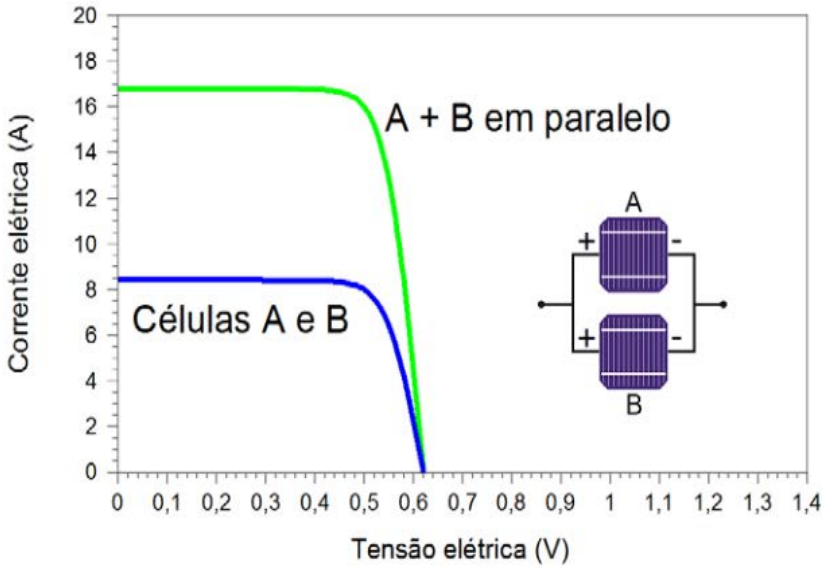
Fonte: Adaptada - Guimarães (2004)

A importância de associar módulos fotovoltaicos idênticos é que as correntes dos módulos são iguais e caso haja uma diferença entre si, irá prevalecer a corrente do módulo de menor corrente.

2.4.2 Associação dos painéis fotovoltaicos em paralelo

Na associação em paralelo as correntes de cada módulo sãosomadas e a tensão não, é de apenas um módulo. Esse tipo de agrupamento não é muito utilizado, salvo em condições muito especiais, o mais usual sãoos arranjos conectados em paralelo (figura10).

Figura 10- Associação em paralelo das células fotovoltaico



Fonte: Adaptada - Guimarães (2004)

2.5 PERDAS DE POTÊNCIA NOS GERADORES FOTOVOLTAICOS

Nesta sessão serão abordadosalguns casos que influenciam na capacidade de geração de energia solar.

2.5.1 Aumento de temperatura nas células fotovoltaicos

De acordo com Almeida(2012) o aumento na temperatura das células fotovoltaicas, é causado por uma redução significativa na tensão e um aumento ínfimo na corrente fotogerada,

resultando na queda de potência fornecida. Esse efeito é agravado no verão e geralmente pior em sistemas integrados a edificação, pelo fato de ocorrer uma diminuição na ventilação. De maneira geral, as potências das placas fotovoltaicas diminuem torno de 0,3 á 0,4% a cada aumento de 1°C.

2.5.2 Descasamento espectral na região de instalação do sistema fotovoltaico

Segundo Fornari (2014), o descasamento espectral mostrou em seus estudos que pode ser responsável por grande parte dos erros de medidas em radiômetros fotovoltaicos, que utilizam elemento sensor de silício e suas perdas podem chegar até 4% em dias nublados para painéis fotovoltaicos de silício cristalino.

2.5.3 Posicionamento incorreto dos módulos fotovoltaicos

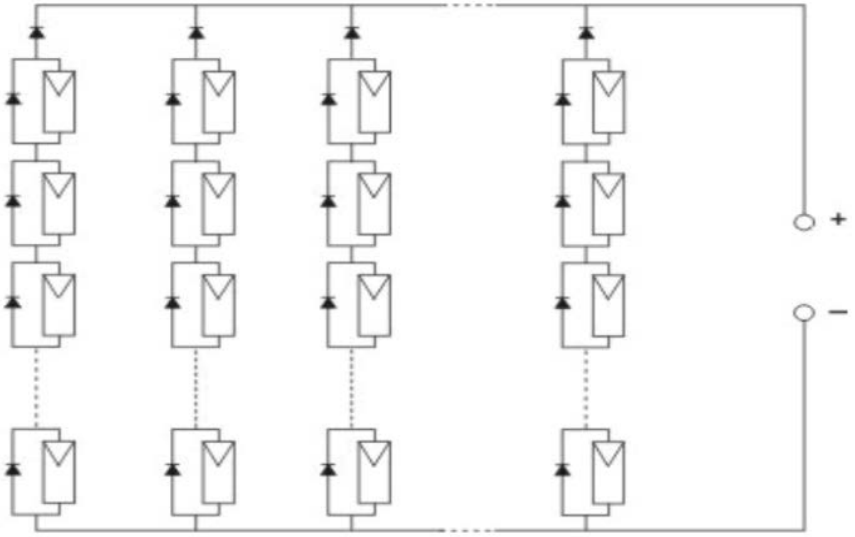
O posicionamento incorreto dos painéis fotovoltaicos reduz a quantidade de irradiação sobre o gerador fotovoltaico e contribui para a reflexão na superfície dos módulos, com isso, reduzindoa quantidade de energia solar disponível para conversão fotovoltaica. Sobre a geração distribuída, os módulos fotovoltaicos não possuem mecanismo de rastreamento solar, pois são instalados diretamente nas estruturas de edificações. Portanto, as próprias características dessas edificações, ou até mesmo por descuido, os painéis fotovoltaicos podem ficar com o posicionamento incorreto, com inclinação e orientação diferente da posição ótima para sua localização geográfica Almeida (2012).

2.5.4Efeito do sombreamento nospainéis fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos estão sujeitos ao sombreamento, seja por fontes conhecidas, como árvores, edificações vizinhas, antenas, pássaros e folhas de árvores. As células fotovoltaicas quando se encontramsombreada se comporta como carga, dissipando acorrente de entrada. Se uma célula não está recebendo nenhuma luz solar, iráaquecer e criar os chamados pontos quentes e com isso, irá reduzir a produção de energia dos módulos. Para reduzir os efeitos de sombreamento, são incorporados no circuito os díodos de bypass, que permitem a passagem dacorrente sem danificar a célulaLopes (2013).

Na maioria das vezes o uso do diodo bypass é instalado em agrupamentos de células, sendo assim, é mais barato quando comparado ao custo de se conectar um diodo em cada célula Figueira (2014). A figura 12 ilustra essa ligação de diodo de Bypass.

Figura 11-Ligação do diodo de bypass

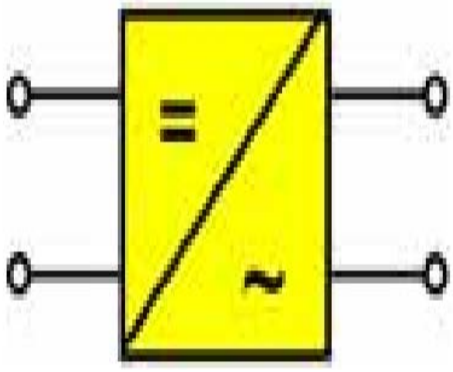


Fonte: Adaptada - Figueira (2014)

2.6 INVERSOR

Segundo GREENPRO(2004) o inversor solar forma a ligação entre o gerador fotovoltaico e a rede AC ou a carga AC. A sua função consiste em converter o sinal elétrico DC do gerador fotovoltaico num sinal elétrico AC e ajustá-lo para a freqüência e o nível de tensão da rede a que está instalado. A figura 13 representa a simbologia do inversor.

Figura 12-Inversor



Fonte: Adaptado GREENPRO(2004)

2.6.1 Inversor grid-tie

O inversor grid-tie tem a função de transferir a energia produzida para o quadro de distribuição de força do local para ser utilizada pela carga. A energia produzida quando os painéis fotovoltaicos estão em contato com a radiação solar será injetada e utilizada, mas se essa energia não suprir a carga exigida, será necessária utilizar aenergia da rede elétrica da concessionária, mas se houver excedente nos painéis fotovoltaicos, esta será injetada na rede elétrica. No período noturno o sistema se conecta a rede elétrica da concessionária, pelo fato dos módulos não produzirem energia. Esse processo é realizado pelo inversor automaticamente, sem a intervenção do usuárioGREENPRO (2004).

As principais funções do inversor grid-tie são:

-Conversão CC/CA;

-Desconexão automática e manual da rede;

-MPPT (maximum power point tracker);

- Registro de dados operacionais;

- Dispositivos de proteção CA e CC (proteção de sobrecarga esobretensão).

2.6.2 Seguidor de ponto de máxima potência (MPPT)

O seguidor de ponto de máxima potência tem a função de regular a tensão e a corrente de operação, garantindo uma produção de energia máxima. A corrente no MPP varia proporcionalmente com a radiação solar e sofre influência da temperatura. O aumento da temperaturacausa variação da tensão no MPP, produzindo uma redução de potência.

2.7TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas fotovoltaicos podem ser rotulados em sistemas conectados à rede, autônomos e híbridos que, em geral, apresenta fontes complementares de energia elétrica para garantir o funcionamento do sistema.

2.7.1 Sistema de geração de energia fotovoltaico off-grid ou sistemas isolados.

Segundo Santana(2014) os sistemas isolados (Off-Grid) não são conectado arede elétrica das concessionárias e geralmente são utilizados em locais remotos, de difícil acesso ou se o custo para se conectar à rede elétrica é alto.

Os sistemas Off-Grid, possuem muitas configurações possíveis para fornecimento de energia, tais como:

***Sistema com carga CC sem armazenamento de energia**:* a energia elétrica é utilizada no momento da geração por equipamentos que operam em corrente contínua, exemplo: sistema de bombeamento de água utilizada bombas de corrente contínua.

Arranjo decarga CC com armazenamento de energia:Quando existe a necessidade de utilizar equipamentos elétricos, em corrente contínua, independentemente de haver ou não geração fotovoltaica instantânea. Nesse tipo de sistema é normal o uso de controlador de energia a fim de proteger as baterias de danos por sobrecarga ou descarga profunda de baterias para armazenamento de energia.

***Sistema com carga CA sem armazenamento de energia**:* Trata-se de um sistema cujo arranjo fotovoltaico é conectado direto ao equipamento ou carga por meio de inversor.

Arranjo de carga CA com armazenamento de energia: Define-se como um sistema parecido com o modelo de CC com armazenamento incluindo o inversor entre a carga, banco de baterias e controlador de carga.

De acordo com a empresa Neosolar Energia (2015) o sistema Off-Grid com armazenamento de carga pode ser representado de maneira simplificada da seguinte forma:

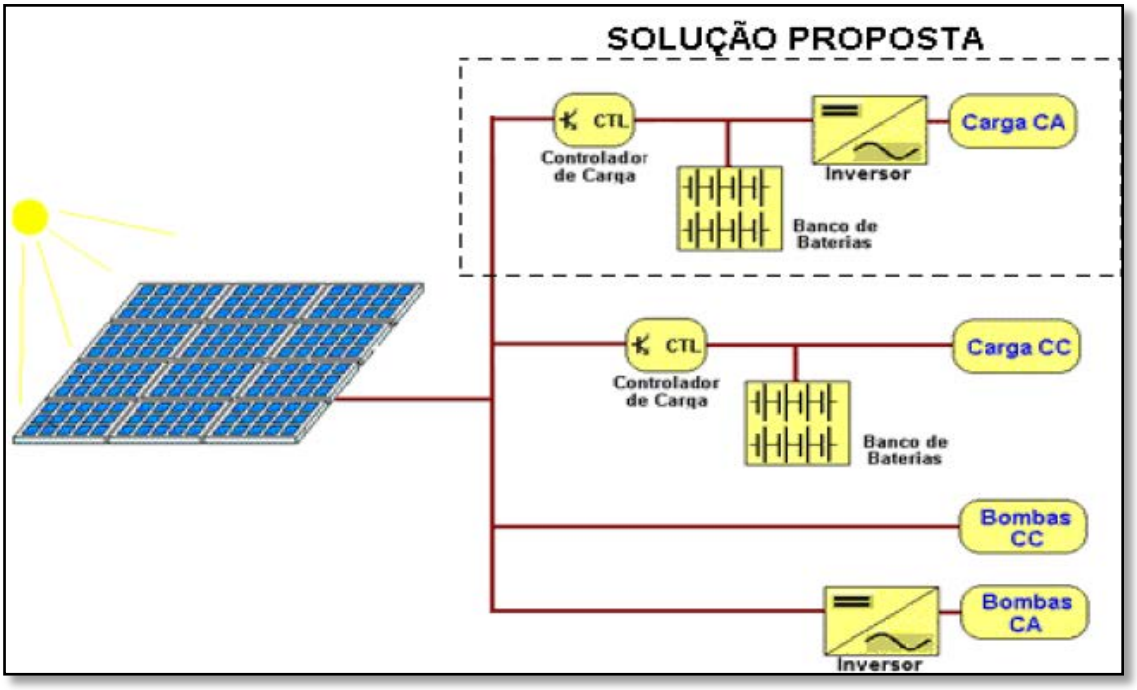
Painéis solares fotovoltaicos ou placas solares: Trata-se de um dos principais componentes do sistema fotovoltaico, onde ele é responsável por gerar a energia elétrica que abastece as baterias. Tem a propriedade de transformar radiação solar em corrente elétrica contínua. Um sistema pode ter apenas um painel ou vários painéis interligados entre si.

Controladores de carga:Tem como função garantir o correto abastecimento das baterias evitando sobrecargas e descargas profundas, aumentando sua vida útil.

Inversores:Tem a função de transformar corrente continua (CC) em corrente alternada (AC), e levar a tensão, por exemplo, de 12V para 127V. Em alguns casos pode ser ligado a outro tipo de gerador ou à própria rede elétrica para abastecer as baterias.

Baterias:Tem a função de armazenar a energia elétrica para ser utilizada nos momentos em que o sol não esteja presente e não haja outra fonte de energia. Na figura 14 temos a configuração de um sistema off-grid

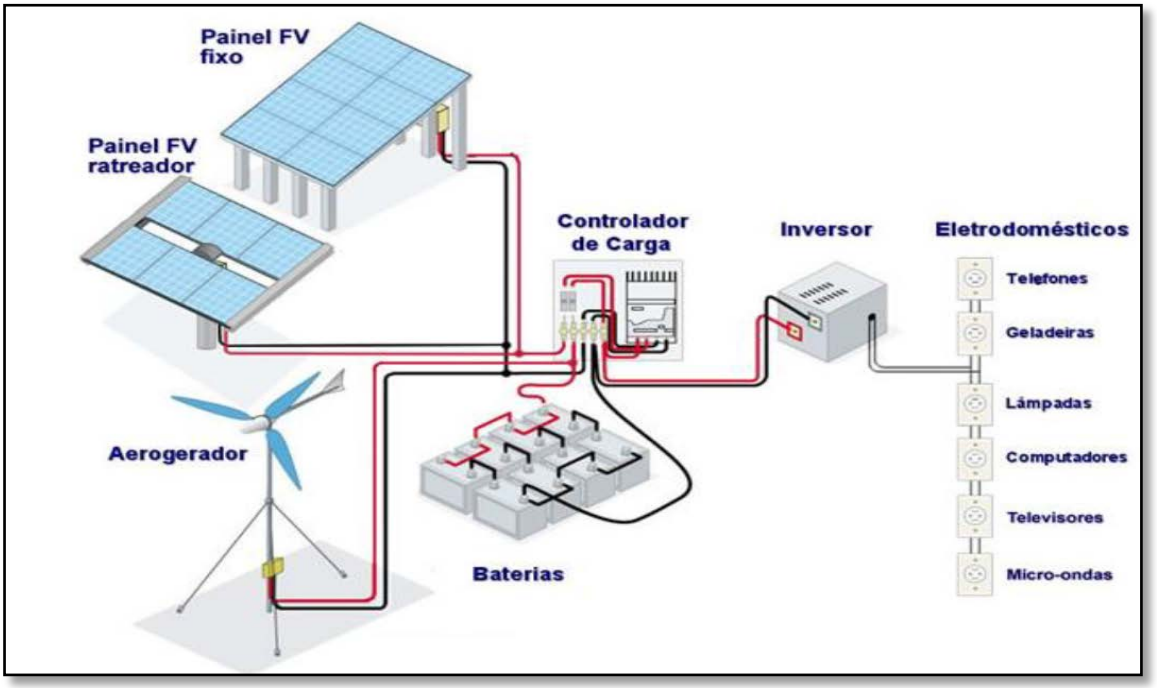
Figura 13-Configuração do sistema off-grid



Fonte: Adaptada – Pereira (2012)

Referente aos sistemas híbridos, são aqueles modelos que quando desconectados da rede elétrica, existe mais de uma forma de geração de energia, como um gerador a diesel, turbinas eólicas e módulos fotovoltaicos, a figura 15 ilustra esse tipo de situação.

Figura 14-demonstração do sistema híbrido com geração fotovoltaica e eólica



Fonte: Adaptada - Santana(2014)

2.7.2 Sistemas de geração de energia fotovoltaicos on-grid ou grid tie

Segundo Figueira(2014) os sistemas fotovoltaicos conectados, possuem basicamente uma configuração. São sistemas nos quais o arranjo fotovoltaico é uma fonte que complementa o sistema elétrico ao qual está conectado. Não necessitam de armazenamento, pelo fato de que toda energia produzida é consumida e seu excedente é injetado na rede.

O seu funcionamento é dado da seguinte forma

De acordo com a Optpower Energy Solutions (2015) os painéis fotovoltaicos captam a energia solar e a transformam em corrente elétrica contínua (DC), com isso a corrente gerada é enviada aos inversores que transformam a corrente contínua em corrente alternada (AC)e com mesma especificaçãofornecida pelas concessionárias. Os inversores enviam a corrente alternada para o painel central elétrico que alimenta os equipamentos elétricos da instalação, mas o excedente de energia produzido é devolvido à rede elétrica local. Sendo assim, a inserção de energia na rede causa a regressão do relógio medidor o que implica na redução do consumo e conseqüentemente o valor da conta de luz.

Notas a respeito do sistema "Grid-Tie"

Se o sistema não conseguir suprir a demanda, a energia elétrica será abastecida pela rede local, exemplo: à noite quando não há produção de energia pelos painéis ou na falta de incidência solar nos painéis que pode diminuir sua produção de energia.

O saldo de energia, ou seja, a diferença entre o que é produzido e o que é consumidodevem ser aproximadamente nulos. O consumo é o principal parâmetro para o dimensionamento do tamanho do sistema solar.

Se o fornecimento de energia da concessionária é interrompido, o sistema desliga-se automaticamente. Pelo fato de que, caso haja uma manutenção na rede da concessionária, o operador responsável não será afetado devido à inserção de energia na rede pelo sistema fotovoltaico.

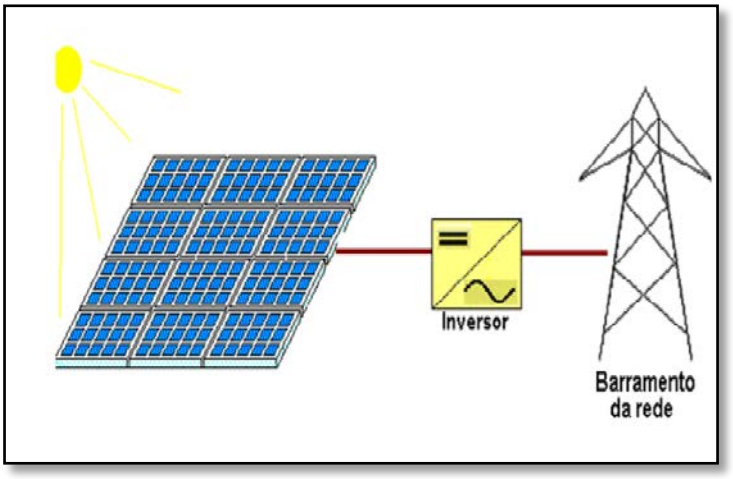
Vantagens do sistema "Grid-Tie"

Sobre o excedente de energia mensal poderá ser usado para compensar, parcialmente ou totalmente as contas de energia elétrica futuras da unidade geradora.

No Brasil, a legislação prevê que o excedente de energia poderá ser usado para compensar as faturas de outras unidades previamente cadastradas para esse fim, atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo da unidade com o sistema de

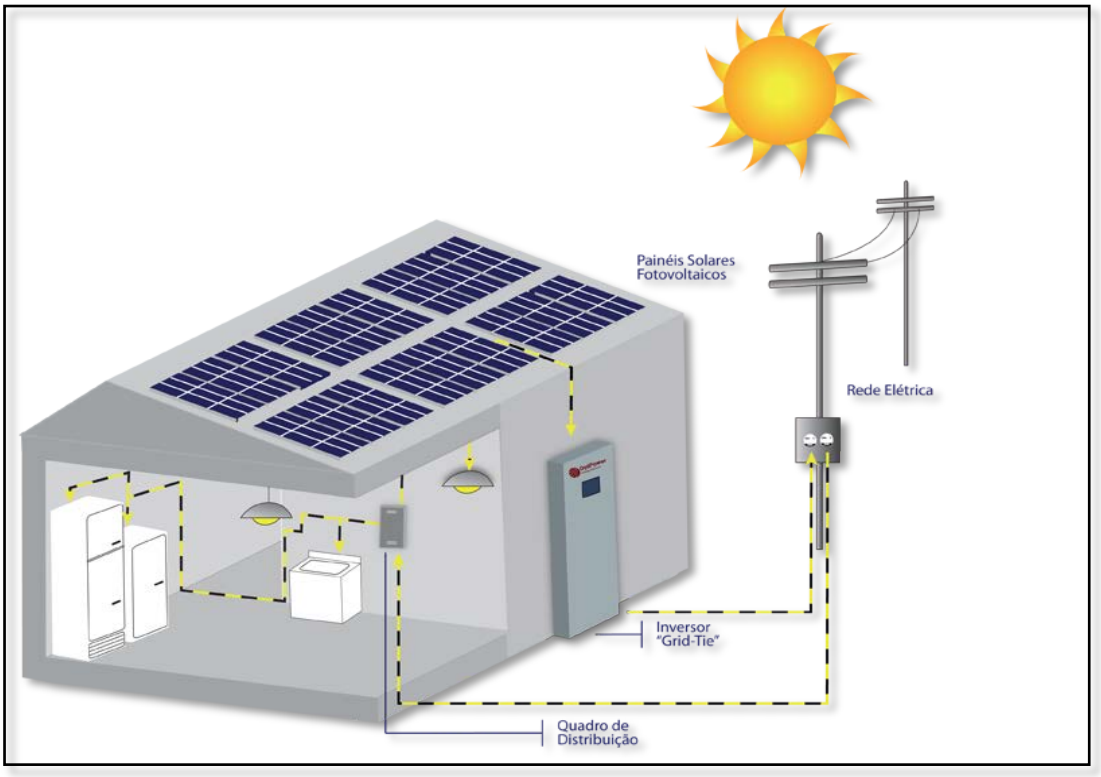
compensação de energia.As figuras-16 e 17 representam essa configuração de arranjos on-grid.

Figura 15-Configuração do sistema on-grid



Fonte: Adaptada – Pereira (2012)

Figura 16- Sistema fotovoltaicoon-grid



Fonte: Adaptada - OPTPOWER(2015)

3 NORMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICO

Este capítulo aborda os assuntos relacionados as normas de geração de energia alternativa.

3.1 NORMAS RELACIONADAS PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

A figura 17demonstraa relação das normas nacionais e internacionais para módulos fotovoltaicos que são recomendadas para estudo, assim como o regulamento de Inmetro.

Figura 17-Relação de normas nacionais e internacionais para módulos fotovoltaicos

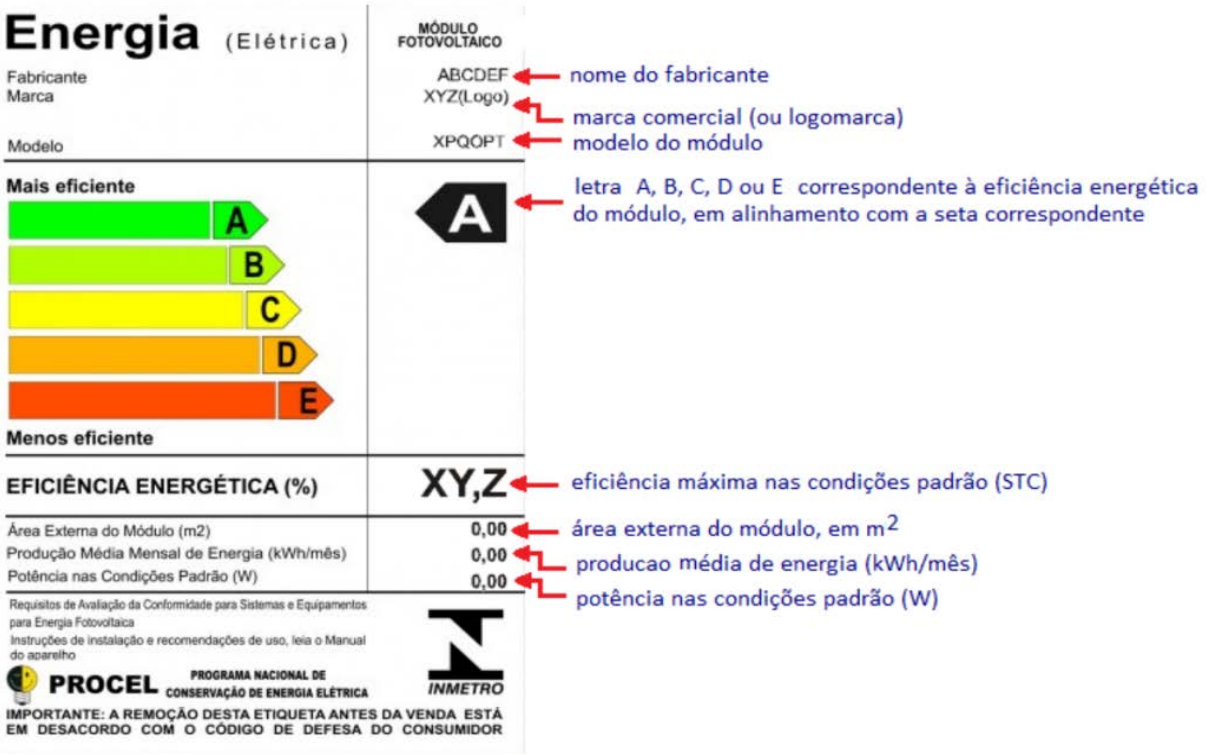
Org.	Código	Título	Descrição	Aplicação
IEC – International Electrotechnical Commissions	61215: 2005	Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval; Edition 2.0;	Estabelece ensaios de qualificação para módulos fotovoltaicos	Módulos de Silício monocristalino (m-Si) e policristalino (p-Si)
	61646: 2008	Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval; Edition 2.0;	Estabelece ensaios de qualificação para módulos fotovoltaicos	Módulos de filmes finos (a-Si, CdTe, CIGS, etc)
	61730-2: 2004	Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part 1: Requirements for construction; Part 2: Requirements for testing,	A Parte 2 estabelece ensaios para verificação da segurança elétrica e mecânica de módulos fotovoltaicos	Módulos fotovoltaicos
	61701:2011	Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules; Edition 2.0	Estabelece o procedimento de ensaio da resistência de módulos fotovoltaicos à corrosão por névoa salina	Módulos fotovoltaicos
	62108:2007	Concentrator photovoltaic (CPV) modules and assemblies - Design qualification and type approval; Edition 1.0	Estabelece ensaios de qualificação para módulos fotovoltaicos	Módulos fotovoltaicos com concentração
ABNT	NBR 11876:2010	Módulos Fotovoltaicos - Especificação; Segunda Edição	Estabelece requisitos e critérios de aceitação de módulos fotovoltaicos de uso terrestre	Módulos fotovoltaicos
INMETRO	Portaria nº 004, de 04 de janeiro de 2011;	Anexo – Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica (Módulo, Controlador de Carga, Inversor e Bateria).	Especifica os procedimentos de ensaio para etiquetagem de módulos fotovoltaicos (e outros equipamentos).	Módulos fotovoltaicos (e outros equipamentos)

Fonte: Adaptada – Guimarães (2004)

3.2 COMERCIALIZAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL

A comercialização dos módulos fotovoltaico no território brasileiro devem seguir os critérios de ensaios estipulados pelo Regulamento de Avaliação de Conformidade(RAC) doInstituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia INMETRO(2011). Na figura 18 temos o modelo de etiqueta fixada pelo INMETRO nos módulos fotovoltaico.

Figura 18 - Modelo de etiqueta fixada nos módulos fotovoltaicos pelo (INMETRO, 2011)



Fonte: Adaptada – Guimarães (2004)

Segundo o Inmetro, a classificação das Categoria de eficiência energética (A a E) é elaborada de acordo com as faixas de eficiência dosmódulos, onde são medida nas condições padrões de teste, mostrada na Tabela2.

Tabela 2 -Classificação de eficiência dos módulos fotovoltaicos segundo o Inmetro

Classe	Faixa
A	Maior que 13,5%
B	Maior que 13% a 13,5%
C	Maior que 12% a 13%
D	Maior que 11% a 12%
E	Menor igual a 11%

Fonte: INMETRO, Certificação de Módulos fotovoltaico, 2011

3.3 NORMAS DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com Figueira(2014)quaisquer projetos de geração de energia elétrica de fonte alternativa devem seguir os critérios impostos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), para garantir a segurança e a qualidade da geração de energia.

Algumas normas são responsáveis pelo relacionamento entre a ANEEL e as distribuidoras, ou seja, tem como foco o compartilhamento de informações entre os dois órgãos. Dessa forma, as informações são padronizadas e normatizam as atividades técnicas relacionadas ao sistema de distribuição elétrica. Essas normas são os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST).

A Resolução Normativa ANEEL Nº 482/12, é responsável por colocar as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica,além de outras providências. Pois o projeto estudado nesse trabalho de graduação é é classificado, segundo a ANEEL, como Microgeração Distribuída.

"Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras", Figueira (2014).

A Tabela3 aborda os critérios básicos para a geração e os critérios de conexão baseado na classificação de geração de energia da ANEEL.

Tabela 3-Requisitos mínimos em função do tipo de geração.

Equipamentos	MicroGeração	Minigeração
Elemento De Desconexão	Sim	Sim
Elemento De Interrupção	Sim	Sim
Transformador De Acoplamento	Não	Sim
Proteção De Sub E Sobre-Tensão	Sim	Sim
Proteção contra desequilibrio de corrente	Sim	Não
Proteção Contra Desbalanço De Tensão	Não	Não
Sobre-Corrente Direcional	Não	Não
Sobre-Corrente Com Restrição De Tensão	Não	Não
Relé De Sincronismo	Sim	Sim
Anti -Ilhamento	Sim	Sim
Estudo De Curto Circuito	Sim	Sim
Medidor De 4 Quadrante	Sim	Sim
Ensaios	Sim	Sim

Fonte: Adaptada - Figueira(2014)

4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

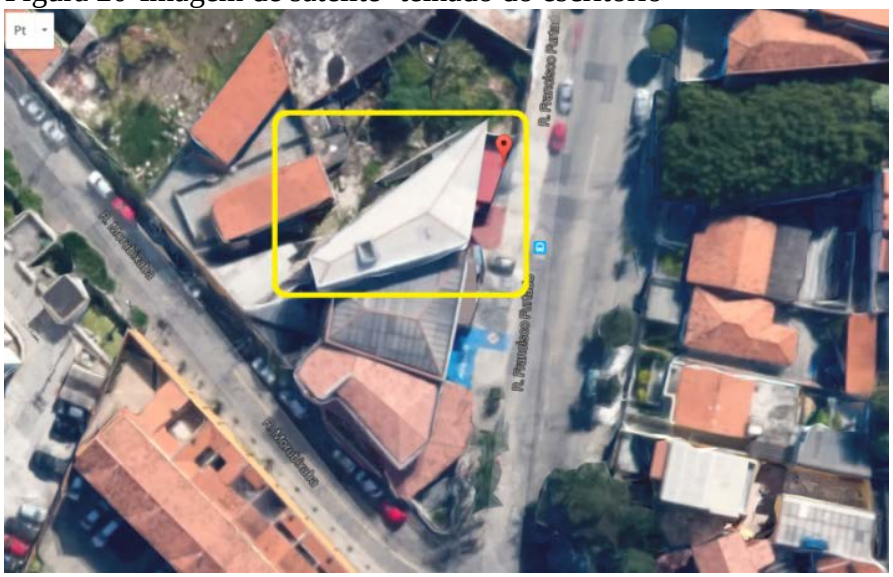
4.1 ESTUDO DE CASO

Para comparar os sistemas fotovoltaico on-grid, off -grid e off-grid sem o uso de baterias, foiutilizado o consumo médio de um escritório de advocacia localizado em São Paulo -S.P. As figuras20 e 21 representam a fachada e a localização geográfica por imagem de satélite do escritório de direito, na cidade de São Paulo, SP.

Figura 19-Fachada do escritório

Fonte: Autoria própria

Figura 20-Imagem de satélite -telhado do escritório



Fonte: Imagem Adaptada -Google Maps, 2015.

Localização: Rua Francisco Furtado, 342 - Cidade Líder, São Paulo - SP, CEP: 08280-200

4.2DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS ON-GRID

Os conceitos de dimensionamento dos painéis fotovoltaicossão baseados nos cálculos de Figuiera(2014).Antes de iniciar o dimensionamento dos painéis, é necessária uma avaliação do potencial de radiação solar global incidente sobre o modulo fotovoltaico para que a energia gerada seja calculada.

Necessita-se determinar o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia atravésdo número de horas de sol pleno (HSP). pois, com essa medida conseguiremos representar o número de horas aproximado por dia em que a radiação solar permanece constante e igual a 1 kW/m^2 , sendo assim, a energia resultante será igual à energia acumulada para o dia.

Através do recurso do site Google Maps ou na sua versão em aplicativo para celulares, é possível visualizara latitude e a longitude aproximada do local aonde deseja instalar o sistema fotovoltaico. Para uma simulação de cálculo estou considerou-se o endereço do escritório de Direito localizado em São Paulo.

Localização: Rua Francisco Furtado, 342 - Cidade Líder, São Paulo - SP.

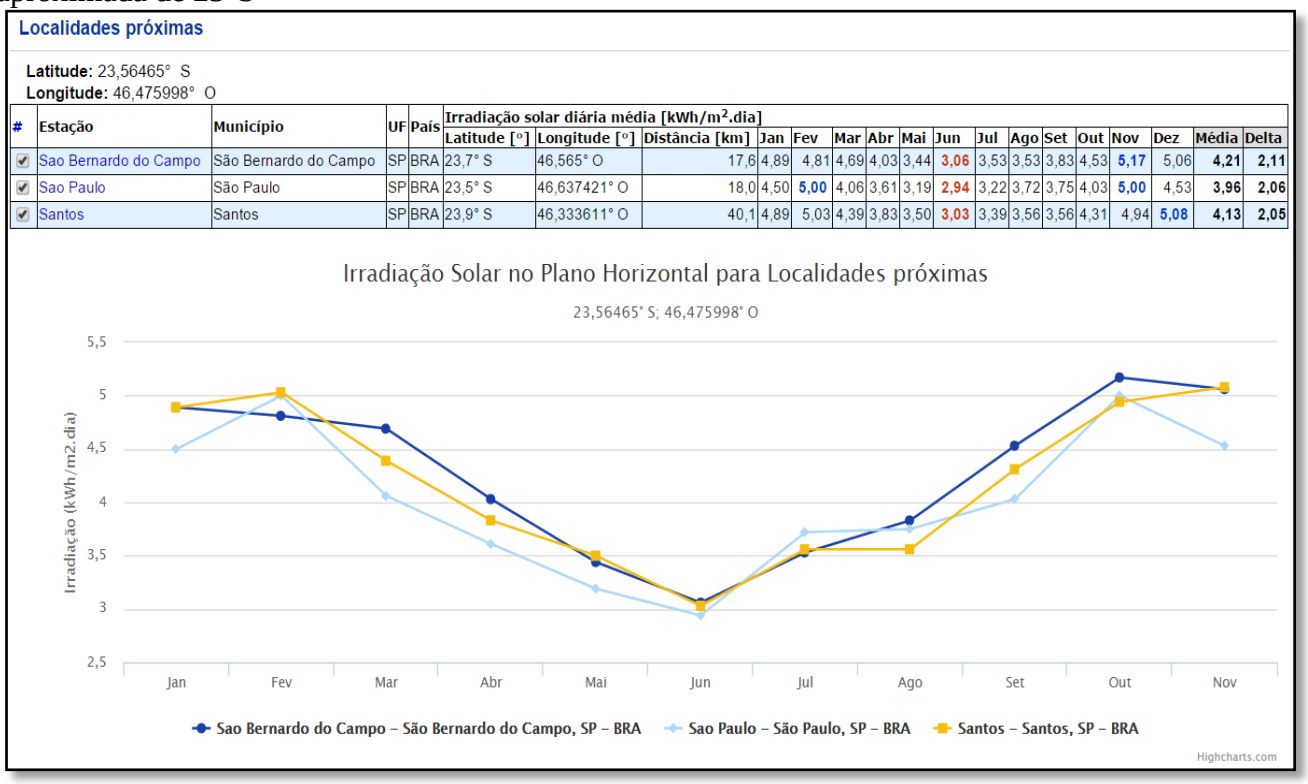
CEP: 08280-200

latitude: -23.564650

longitude: -46.475998

Utilizando o sistema de dadosSundata (www.cresesb.cepel.br) e a localização do escritório, são encontradas 3 localidades próximas e são geradosgráficos das radiações solares diárias médias nesses locais conforme a figura21.

Figura 21- Radiação diária- média mensal para cada localidade para uma inclinação aproximada de 23°S



Localidades próximas

Latitude: 23,56465° S
Longitude: 46,475998° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]																	
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
☑	Sao Bernardo do Campo	São Bernardo do Campo	SP	BRA	23,7° S	46,565° O	17,6	4,89	4,81	4,69	4,03	3,44	3,06	3,53	3,53	3,83	4,53	5,17	5,06	4,21	2,11
☑	Sao Paulo	São Paulo	SP	BRA	23,5° S	46,637421° O	18,0	4,50	5,00	4,06	3,61	3,19	2,94	3,22	3,72	3,75	4,03	5,00	4,53	3,96	2,06
☑	Santos	Santos	SP	BRA	23,9° S	46,333611° O	40,1	4,89	5,03	4,39	3,83	3,50	3,03	3,39	3,56	3,56	4,31	4,94	5,08	4,13	2,05

Fonte: Adaptada - SUNDATA/CRESESB (2015)

No dimensionamento do sistema fotovoltaico será adotado os dados do menor mês com incidência solar, o motivo é para garantir que caso venha ocorrer o pior caso, o sistema funcionará durante todo o período desejado. Com essa hipóteseos cálculos serão facilitados, pelo fato de levar em consideração as perdas do sistema fotovoltaico. Na Tabela4mostra a relação das localidades, suas distâncias em relação às coordenadas escolhidas e a irradiação solar diária média.

Tabela 4-Dados da SunData das proximidades do local em questão

Irradiação Solar Diária Média [kWh/m².dia]			
Estação	São Bernardo do Campo	São Paulo	Santos
Munícipio	São Bernardo do Campo	São Paulo	Santos
UF	SP	SP	SP
País	Brasil	Brasil	Brasil
Latitude (°)	23,7° S	23,5° S	23,9° S
Longitude(°)	46,565° O	46,637421° O	46,333611° O
Distância [km]	17,6	18	40,1
Jan	4,89	4,5	4,89
Fev	4,81	5	5,03
Mar	4,69	4,06	4,39
Abr	4,03	3,61	3,83
Mai	3,44	3,19	3,5
Jun	3,06	2,94	3,03
Jul	3,53	3,22	3,39
Ago	3,53	3,72	3,56
Set	3,83	3,75	3,56
Out	4,53	4,03	4,31
Nov	5,17	5	4,94
Dez	5,06	4,53	5,08
Média	4,21	3,96	4,13
Delta	2,11	2,06	2,05

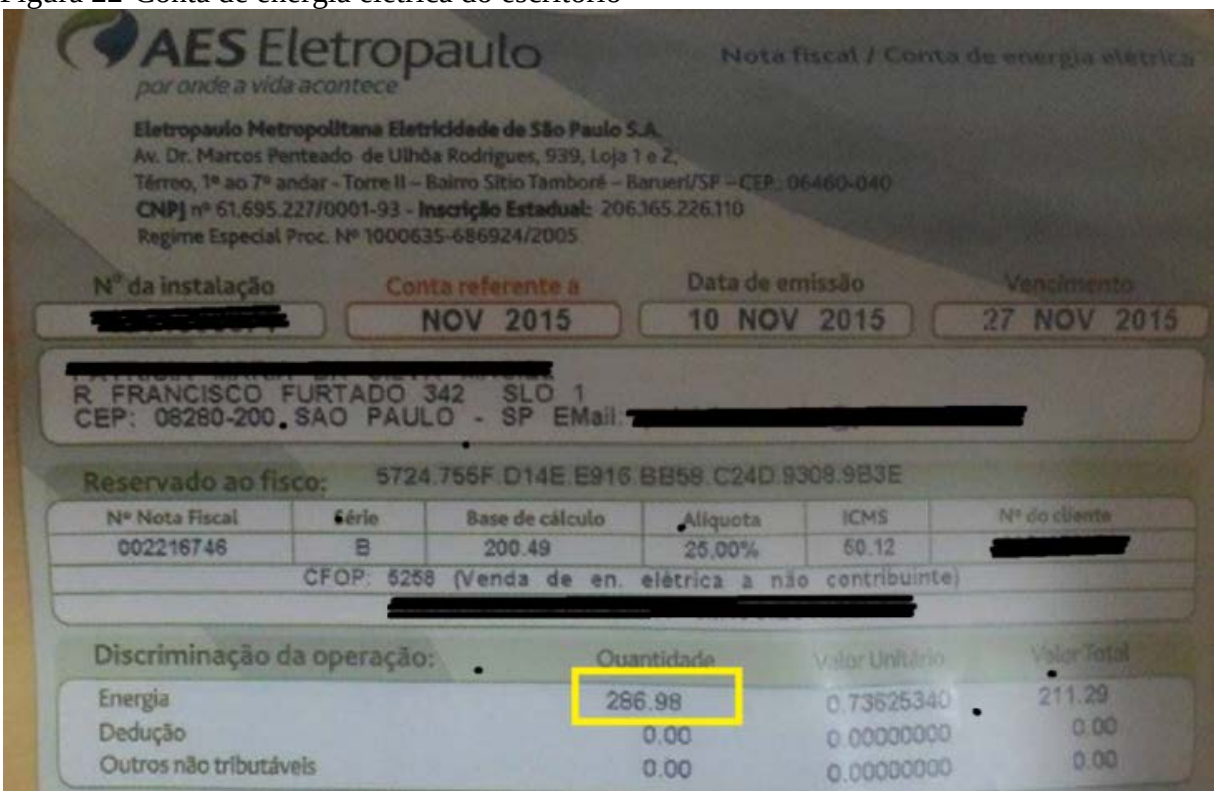
Fonte: Adaptada - SUNDATA/CRESESB (2015)

De acordo com Figueira(2014) esses dados não apresentam uma exatidão nas medições de radiação solar, sendo assim, realizada a média dos meses que possui o menor valor de radiação nas 3 localidades para obter-se as horas de sol pleno.

$$HSP = \frac{3{,}06 + 2{,}94 + 3{,}03}{3} = 3{,}01\ \mathrm{kWh/m^2}\,.\,dia$$

Na figura22 mostra o consumo real desse escritório.

Figura 22-Conta de energia elétrica do escritório



Fonte: Autoria própria

A potência (P) mínima do sistema para suprir o consumo diário do escritório de advocacia.

Temos:

$P' = \frac{286{,}8\text{KW}}{30\text{DIAS}} = 9{,}56\text{kWh}$

Logo: $P = \frac{\text{P}'}{\text{HSP}} = \frac{9{,}56}{3{,}01} = 3{,}17\text{kWh/dia}$

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico foi adotado o modeloKD325GX-LFB da Kyocera Solar, onde a folha de dados encontra-se no Anexo A. Conforme as especificações elétricas em STC (Standard Test Conditions), esse módulo possuias seguintes características:

-Máxima potência = 325 W;

- Tensão de máxima potência = 40,3 V;

- Tensão de circuito aberto = 49,7 V;

- Corrente de máxima potência = 8,07 A.

Cada painel possui 80 células, ocupando uma área de 2,27 m². Com base nessa informação, para atender o caso propostos teremos os seguintes números de painel:

$$N = \frac{3170}{325} = 9{,}75$$

N – números de painéis;

Portanto, serão utilizados aproximadamente 10 módulos.

A área de captação solar será de 22,7m² para possibilitar a circulação de pessoas.

- Potência instalada = 3,17 kWp

Ocálculo da energia gerada pelo arranjo pode ser estimado conforme aequação (3) e a tensão do arranjo de acordo com a equação (4).

$$W_{arranjo}(kWh) = HSP \times P_{MAX_{painel}} \times N \quad \textbf{(3)}$$

$$V_s(V) = \sum_{i=1}^{\infty} V_{s_i} \quad \textbf{(4)}$$

- Produção de energia diária aproximada =(3,01)*(325)*(10)= 9,78 kWh

4.2.1 Inversor grid-tie

Segundo Figueira(2014) a escolha do inversor é baseada de acordo com as especificações do sistema aonde está instalado. Apotência máxima do inversor tem que ser igual ou superior à potência da demanda. É necessário observara capacidade de sobrecorrente, especialmente com a existência de motores no sistema, pelo fato de que, na maioria das ocasiões os motores apresentam uma corrente de partida de até sete vezes o valor da corrente nominal.Portanto, o dimensionamento do inversor depende da geração do arranjo fotovoltaico, ele é diretamente proporcional a potência nominal do sistema. Conforme a referênciaANEEL(2015) a potência do inversor deve ser:

$$0{,}7 \times P_{SF} < P_{INV\ DC} < 1{,}2 \times P_{SF}$$

Onde:

PSF = Potência do sistema fotovoltaico;

P_{INVDC}= Potência do inversor;

Logo,

Para o caso do escritório em questão temos:

2,219<$PINVDC$< 3,804;

Outros pontos foram levados em conta para a seleção doInversor:

Ter um MPPT (maximum power point tracker);

Possibilidade de assistência técnica no Brasil;

Tensão de entrada do inversor deve ser superior à tensão de circuito aberto do arranjo fotovoltaico;

Temperatura de operação.

O inversorescolhido para o sistema On-Grid do Escritório, foi de 12 kW, com tensão máxima de 600 V, temperatura de operação de -25°C a 50°C, possuem MPPT com tensão de operação no intervalo 230 V a 500 V.

A Tabela5 mostra uma relação de inversores para análise do dimensionamento do sistema On-Grid, e o inverso escolhido para o dimensionamento foi o Fronius.

Tabela 5-Relação de Inversores e suas especificações

Fabricante	Xantrex	Zhejiang Tress Electronic Technology	Fronius	Mastervolt	Siemens
Modelo	Inversor Grid-Tie Solar GT 5.0	TLS-ZB 10kw	IG Plus 150 V	SunmasterIS10	SINVERT PVM20
Potência	5	10	12	13	20
Corrente de entrada max (A)	22	30	55,6	3x30	41
Tensão de entradamax (V)	600	620	600	550	1000
MPPT	sim	sim	sim	sim	sim
Tensão de operação do MPPT (V)	[235 -550]	[200 660]	[230 500]	[180 480]	[480 850]
Temperatura de operação (°C)	[-25 65]	[-10 50]	[-25 55]	[-20 60]	[-25 55]
Preço em Real	21.147,00	4.134,50	7.325,71	8.618,30	12.520,95
Opera fora da rede	sim	sim	não	não	não
Assistência técnica	sim	não	não	não	não

Fonte - Adaptada - Figueira(2014)

4.2.2 Disposição do sistema fotovoltaico

O Escritório de Advocacia terá a seguinte distribuição em seu telhado.

- 2 fileiras em paralelo de 5 painéis em série;

-$V_{OC} = 5 \times 49{,}7 = 248{,}5V$;

-$V_{MPPA} = 5 \times 40{,}3 = 201{,}5V$.

4.3DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS OFF-GRID

De acordo com Pereira (2012) o dimensionamento do sistema off-Grid é com base no consumo Wh/dia.

4.3.1 Dimensionamento do painel fotovoltaico e inversor

Considerando o consumo médio mensal do escritório de advocacia.
286,98kwh.

Os cálculos de dimensionamentos para os painéis fotovoltaicos e inversores são o mesmo. Portanto, será aproveitado os cálculos de dimensionamento do sistema off-grid.
Sendo assim:

-10 módulos fotovoltaicos;

-1 inversor.

As características dos módulos fotovoltaico são os mesmo do sistema On-Grid, pelo fato de ter como referência o consumo diário do sistema.

Segue as características dos painéis fotovoltaicos e inversores:

Painel fotovoltaico:

ModeloKD325GX-LFB da Kyocera Solar, onde a folha de dados encontra-se no Anexo I. Conforme as especificações elétricas em STC (Standard Test Conditions), esse módulo possuias seguintes características:

-Máxima potência = 325 W;

- Tensão de máxima potência = 40,3 V;

- Tensão de circuito aberto = 49,7 V;

- Corrente de máxima potência = 8,07 A.

Cada painel possui 80 células, ocupando uma área de 2,27 m² da cobertura.

Inverso de freqüência do sistema off-grid:

-Modelo Bornay BM2524 (2500W);

-Voltagem de Entrada Inversor Off-Grid (Vcc) 24 V;

-Voltagem de Saída Inversor Off-Grid (Vca) 110 V;

-Potência Nominal 2500(W);

-Potência de Surto 5000(W);

-Freqüência 60(Hz);

-Eficiência de 90%.

4.3.2 Dimensionamento do banco de baterias do sistema off-grid

De acordo com Pereira(2012) o dimensionamento terá como base o consumo diário de 9,78 kWh, para atender a demanda do escritório, será considerado a eficiência de 90% do inverso, portanto o valor a ser gerado diariamente pelosistema fotovoltaico na entrada do inversor será:

Ssf=9780wh/dia.

$$\mathrm{Ssf} = \frac{9780\mathrm{wh/dia}}{0{,}90} = 10{,}86\mathrm{kwh/dia}$$

Ssf é a potência a ser fornecida pelo sistema fotovoltaico.

Por se tratar de um sistema totalmente autônomo, será considerado uma autonomia (Nb) de quatro dias com a finalidade de suprir o sistema em tempos de pouca insolação, portanto:

Nb =4;

Onde: Nb - Numero de baterias.

O cálculo da capacidade útil do banco de baterias, para quatro dias de autonomia, é apresentado na equação:

$$\mathrm{Cu} = \frac{\mathrm{Ssf} * \mathrm{Nb}}{\mathrm{Vi}} = \frac{\frac{10{,}86\mathrm{kWh}}{\mathrm{dia}} * 4}{12\mathrm{V}} = 3620\mathrm{Ah}$$

Onde:

Cu é a capacidade útil do banco de baterias;

Vi é a tensão de operação do sistema.

Quanto maior a profundidade da descarga dabateria, menor seu tempo de vida útil. Sendo que quatro dias de autonomia eprofundidade de descarga no fim equivale a 60%, temos em torno de 15%de profundidade de descarga diária, e a projeção de mais de 1800 ciclos de cargae descarga, ou seja, vida útil estimada para o banco de baterias de quatro anos Pereira (2012).

Onde:

-Cr é a capacidade real do banco de baterias;

-Pd é a profundidade de descarga das baterias.

$$\mathrm{Cr} = \frac{\mathrm{Cu}}{\mathrm{Pd}} = \frac{3620\mathrm{hA}}{0{,}6} = 6033\mathrm{Ah}$$

O banco de baterias terá a capacidade real de 6033 Ah para prover a potência de 10,83k Wh/dia por quatro dias.

Será adotada a bateria estacionária do fabricante Freedom, modelo Freedom DF4001, (Cn=240 Ah). A quantidade de baterias (NB) em paralelo é definido por:

$$NB = \frac{Cr}{Cn} = \frac{6033hA}{240hA} = 26$$

O sistema irá trabalhar com 12Vcc as baterias serão conectadas em paralelo.

4.3.4 Dimensionamento do controlador de carga do sistema off-grid

Segundo Pereira(2012) o controlador de carga precisará suportar a corrente de curto circuito do modulo fotovoltaico, queserá o pior caso.

Isc-total=Mp*Isc-modulos=2*8,37=16,74A;

Onde: -Mp: número de módulos fotovoltaico ligado em paralelo;

-Isc-total: Corrente total do sistema;

-Isc-modulos: Corrente do modulo fotovoltaico;

E assim esta será a menor corrente que o controlador deverá suportar.

Característica do controlador de carga: fabricante Morningstar modelo ProStar PS30 12V, comas características indicadas na tabela-6 a seguir.

Tabela 6- Principais características do controlador de carga ProStar PS30

Modelo	ProStar PS30
Corrente Nominal do Painel Solar	30A
Corrente Nominal da Carga	30A
Tensão do Sistema	12/24V
Temperatura de Operação	-40°C a +60°C
Consumo Próprio	22mA

Fonte- Pereira (2012)

4.4DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS OFF-GRID SEM O USO DE BATERIAS

O sistema Off-Grid e sem o uso de baterias, trata-se de um sistema que não é conectado na rede da concessionária e não faz o uso de banco de bateria para o uso noturno, sendo assim, esse sistema só terá utilidade nos períodos de Sol e nos períodos noturno o cliente terá que mudar manualmente o sistema de módulos fotovoltaico para o da rede da concessionária, evitando ficar sem energia elétrica.

Esse sistema terá o mesmo número de painéis fotovoltaicos e o inversor de freqüência iguais ao sistema on-grid.

Utilizando os mesmos cálculos do sistema on-grid.

10 módulos fotovoltaicos;

1 inversor.

As características dos módulos e do inversor são as mesmas do sistema on-grid.

4.5 ORÇAMENTOS DOS COMPONENTES DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID

4.5.1 Orçamento dos sistemas on-grid, off-grid, e off-grid sem o uso de baterias

Neste trabalho de graduação foram consultadas dezenas de empresas do seguimento e nos cálculos de orçamentos o custo de manutenção é20%, o valor dos painéis fotovoltaicos, o inversor e os custo de instalação 20% sobre o conjunto de módulos fotovoltaico. Para uma estimativa de cálculo de orçamento do sistema fotovoltaico, será considerado manutenção mais instalação do sistema igual a 40% sobre o conjunto de painéis + Inversor.

O custo de projeto para implementação do sistema na residênciaestá em torno de 10% sobre o custo geral do sistema.

A Tabela7 mostra o custo do sistema de acordo com os valores estipulado por Figueira(2014).O custo de projeto de aprovação do sistema on-grid tem como base as cotações realizadas com as empresas de energia renováveis.

Tabela 7-Custo do sistema on-grid

Equipamento	Quantidade	Custo Unitario(R$)	Custo Parcial(R$)
Painel Solar Kyocera KD325GXLFB	10	R$ 1.000,00	R$ 10.000,00
Inversor Fronius IG Plus 150 V	1	R$ 7.325,71	R$ 7.325,71
Mão de Obra + Estrutura de Instalação + Manutenção	1	R$ 6.930,28	R$ 6.930,28
Projeto de Aprovação do Sistema On-grid	1	R$ 2.500,00	R$ 2.500,00
Total			R$ 26.755,99

Fonte: Adaptação Figueira (2014)

A Tabela 8 mostra os custos do sistema de acordo com os valores estipulado por Pereira, (2012).

Tabela 8-Custo do sistema off-grid

Equipamento	Quantidade	Custo Unitario(R$)	Custo Parcial(R$)
Painel Solar Kyocera KD325GXLFB	10	R$ 1.000,00	R$ 10.000,00
Inversor Bornay BM2524 (2500W)	1	R$ 4.490,00	R$ 4.490,00
Mão de Obra + Estrutura de Instalação + Manutenção	1	R$ 18.920,00	R$ 18.920,00
Controlador de Carga - modelo ProStar PS30 12V	1	R$ 856,00	R$ 856,00
Bateria Estacionária 220Ah/240Ah Freedom DF4001	26	R$ 1.229,00	R$ 31.954,00
(CABOS E ACESSORIO)	1	R$ 2.270,40	R$ 2.270,40
Total			R$ 68.490,40

Fonte: Adaptação Fonte- Pereira (2012)

A Tabela9 mostra os custos do sistema não conectado à rede.

Tabela 9-Custo do Sistema off-grid sem o uso de baterias

Equipamento	Quantidade	Custo Unitario(R$)	Custo Parcial(R$)
Painel Solar Kyocera KD325GXLFB	10	R$ 1.000,00	R$ 10.000,00
Inversor Fronius IG Plus 150 V	1	R$ 7.325,71	R$ 7.325,71
Mão de Obra + Estrutura de Instalação + Manutenção	1	R$ 6.930,28	R$ 6.930,28
Total			R$ 24.255,99

Fonte: Adaptação Figueira (2014)

4.5.2 Orçamento dos sistemas fotovoltaicoscom base no banco de dados da TCPO-WEB-2015

O banco de dados da TCPOWEB pertence a empresa PINI, é uma empresa de informação especializada no atendimento às necessidades dos profissionais e empresas da indústria da construção civil. Atua nos segmentos de Mídia, Educação, Sistemas, Dados e Consultoria.Os bancos de dados da TCPOWEB sãoutilizados em grande escala pelas

empresas da construção civil, devido a qualidade nas informações que é passada aos assinantes. As estimativas de custo foram baseadas no consumo médio do escritório de advocacia, aproximadamente 300kwh/mês.

A Tabela10 mostra os custos do sistema On-Grid de acordo com os valores estipulado por TCPO-WEB(2015).

Tabela 10- Orçamento Sistema on-grid com base nos dados da TCPO-WEB

Equipamento	Quantidade	Custo Unitario(R$)	Custo Parcial(R$)
Codigo: 11300-E-PLACAS COLETORAS DE ENERGIA SOLAR HORIZONTAL, MEDINDO 1X2M	10	R$ 711,75	R$ 7.117,50
Inversor (3.100W)	1	R$ 8.090,00	R$ 8.090,00
Mão de Obra + Estrutura de Instalação + Manutenção	1	R$ 6.083,00	R$ 6.083,00
Projeto de Aprovação do Sistema On-grid	1	R$ 2.500,00	R$ 2.500,00
Total			R$ 23.790,50

Fonte: TCPOWEB (2015)

A Tabela11 mostra os custos do sistema off-grid de acordo com os valores estipulado por TCPO-WEB (2015).

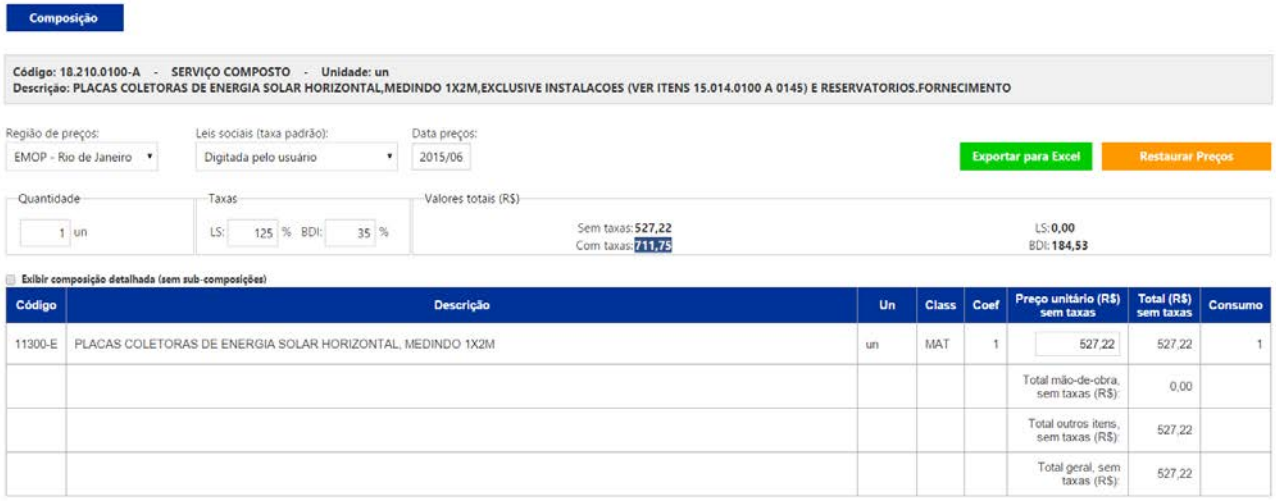
Tabela 11-Orçamento Sistema Off-Grid com base nos dados da TCPO-WEB

Equipamento	Quantidade	Custo Unitario(R$)	Custo Parcial(R$)
Codigo: 11300-E-PLACAS COLETORAS DE ENERGIA SOLAR HORIZONTAL, MEDINDO 1X2M	10	R$ 711,75	R$ 7.117,50
Inversor (2500w)	1	R$ 3.546,00	R$ 3.546,00
Mão de Obra + Estrutura de Instalação + Manutenção	1	R$ 17.389,40	R$ 17.389,40
Controlador de Carga	1	R$ 856,00	R$ 856,00
Bateria Estacionária 220Ah/240Ah Freedom DF4001	26	R$ 1.229,00	R$ 31.954,00
(CABOS E ACESSORIO)	1	R$ 2.086,73	R$ 2.086,73
Total			R$ 62.949,63

Fonte: TCPOWEB (2015)

A figura -23 é uma imagem do painel de composição da TCPO-WEB 2015, onde ele aborda a composição de custo do painel fotovoltaico no Brasil.

Figura 23-Composição do painel fotovoltaico de acordo com a TCPOWEB



Fonte: TCPOWEB (2015)

4.5.3 Cotação de sistemas fotovoltaicos no Brasil

Algumas empresas do ramo de sistemas fotovoltaico montam quites de sistemas on-grid e off grid para vender, o intuito é chamar atenção dos clientes, porque traz uma sensação de facilidade para ter um sistema instalado na residência.

Nos orçamentos de kits fotovoltaico oferecido pelas empresas, foram tomados como referência o consumo médio do escritório de advocacia, aproximadamente 300kWh/mês.

Relação de empresas:

Empresa: Neosolar Energia

Endereço: Rua Coronel Paulino Carlos, 176 - Paraíso, CEP 04006-040 - São Paulo/SP - Brasil.

A figura 24 mostra o custo de um sistema on-grid para um consumo de até 320kwh/mês

Figura 24-Custo de um Sistema On-Grid- Consumo 320kwh/mês

Gerador Solar Fotovoltaico FRONIUS 2,30 kWp (9x 255Wp) - até 320 kWh/mês

GS0230-001 Mais informações

ESGOTADO

Disponível: Esgotado

Preço: R$23.490,00

Fonte: Adaptado - Neosolar Energia (2015)

A figura 25descreve um sistema on-grid para um consumo de até 320kWh/mês

Figura 25- Descrição do Sistema Fotovoltaico On-Grid- Consumo 320kwh/mês

Kit de energia solar fotovoltaica. Gera entre 240 e 320 kWh/mês, conforme local da instalação.

DESCRIÇÃO

Os Geradores de Energia Solar Fotovoltaica Grid Tie ou conectados à rede podem fornecer de 0 a 100% da energia elétrica consumida, reduzindo o valor da conta de energia elétrica.

Este kit de energia solar é capaz de gerar até 320kWh/mês na região Nordeste. Na região Sul gera até 240kWh/mês

A conexão deve ser feita em 60Hz e 220V (também pode ser instalado em locais onde a tensão é 110V ou 127V, conectando entre 2 fases)

(saiba mais)

Todos os itens que compõe este kit são conhecidos, testados, certificados e utilizados mundialmente. São marcas de primeira linha e e equipamentos com garantia do fabricante.

Este Kit Contém

- 9 painéis solares fotovoltaicos Canadian CSI CS6P-255P ou equivalente - saiba mais
- 1 Inversor FRONIUS modelo Galvo 2.0-1 (2.000W) com sistema de monitoramento integrado - saiba mais
- 3 kit de montagem Thesan para telhados inclinados 3 painéis - saiba mais
- 2 Jogo de união para perfis Thesan - saiba mais
- 1 quadro elétrico de proteção Corrente Contínua - saiba mais
- 30m de Cabo Solar Prysmian preto 4mm - saiba mais
- 2 pares de conectores MC4 - saiba mais

Este Kit não Contém

- Serviço de Instalação, mão de obra ou equipamentos a serem utilizados na instalação como cabos e disjuntores

INSTALAÇÃO

Consulte nossos preços e condições para instalação e regularização do sistema em todo o Brasil.

DIFERENCIAIS

- Confiabilidade dos produtos e marcas
- Sistema completo

YINGLI SOLAR fronius THESAN ABB PRYSMIAN

GARANTIAS

- Painéis: 10 anos contra defeito de fabricação e materiais. 25 anos contra perda de produção (80%)
- Inversores: 5 anos de garantia contra defeito de fabricação e materiais
- Estrutura de Montagem: 12 anos contra defeito de fabricação e materiais

Fonte: Adaptado - Neosolar Energia(2015)

Empresa: MINHA CASA SOLAR - L&F Comércio, Projetos e Consultoria LTDA

Endereço: Rua Deputado Claudio Pinheiro de Lima, 1133, bairro Gloria, CEP: 30870-020 Belo Horizonte, MG - BRASIL

A figura 26mostra o custo de um sistema on-grid para um consumo de até 320kWh/mês.

Figura 26-Custo de um sistema on-grid- consumo 320kwh/mês

Fonte: Adaptada - MINHA CASA SOLAR(2015)

O gerador fotovoltaico GGT-3570W-B produz cerca de 321kWh/mês a 643kWh/mês, em média, dependendo da região do Brasil. Toda essa energia pode ser utilizada para redução da fatura de energia elétrica, conforme regras da ANEEL.

Itens inclusos

-12 Módulos Fotovoltaicos de 255W(p), marca Canadian Solar, modelo GGT-3570W-B

-01 Inversor com potência de 3,0kW, marca ABB, modelo PVI 3.0-TL-OUTD-S

-40 Metros de cabo fotovoltaico com diâmetro de 6mm nas cores azul e preto (20m de cada cor), marca Minha Casa Solar, modelo TECSUNPT+AZ

-02 Pares de conectores fotovoltaicos do tipo MC4, marca Minha Casa Solar, modelo MC40406

-01 String box CC, marca ABB, modelo 1SL0605A00

-03 Estrutura em alumínio para fixação em telhados com telhas romanas, italianas e francesas, marca Minha Casa Solar, modelo CK-990x4

-04 Emendas para estrutura em alumínio, marca Minha Casa Solar, modelo CK-FT-SKA

Acessórios recomendados (não inclusos)

Estruturas e suportes - Para fixação dos painéis fotovoltaicos

Cabos elétricos fotovoltaicos - Próprios para ambientes quentes e expostos ao sol.

Conectores e terminais - Para uma conexão elétrica segura e durável.

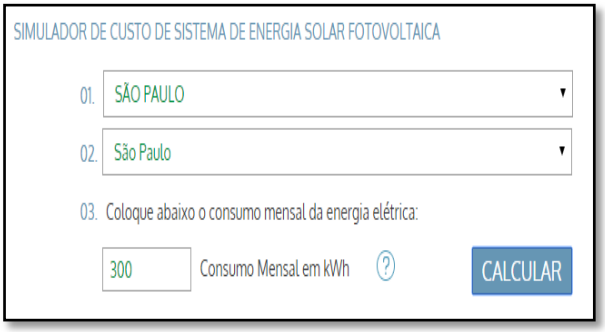
4.6 SIMULADOR ONLINE DE CUSTOS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O simulador online sobre custos de sistemas fotovoltaico pertence a empresa Portal Solar.

A Portal Solar trabalha para difundir e viabilizar a energia solar fotovoltaica no Brasil. Com isso, ajuda os consumidores a entender e encontrar as melhores soluções do mercado e colocando eles em contato com fornecedores qualificados.Eles possuem um cadastro nacional de fornecedores e instaladores de sistemas fotovoltaico espalhado pelo território nacional. Com base nesse banco de dados de cadastro foi possível entrar contato com diversa empresas para realizar uma cotação e tirar dúvidas sobre o sistemas fotovoltaicos.

O simulador, incluindo os dados básicos como Estado, cidade e consumo mensal de kwh, é possível ter um parâmetro de valores médio praticada na região que deseja instalar o sistema fotovoltaico.Osdados introduzidos foram: Estado: São Paulo, Cidade: São Paulo e consumo de 300kWh. A figura27 demonstra essa simulação.

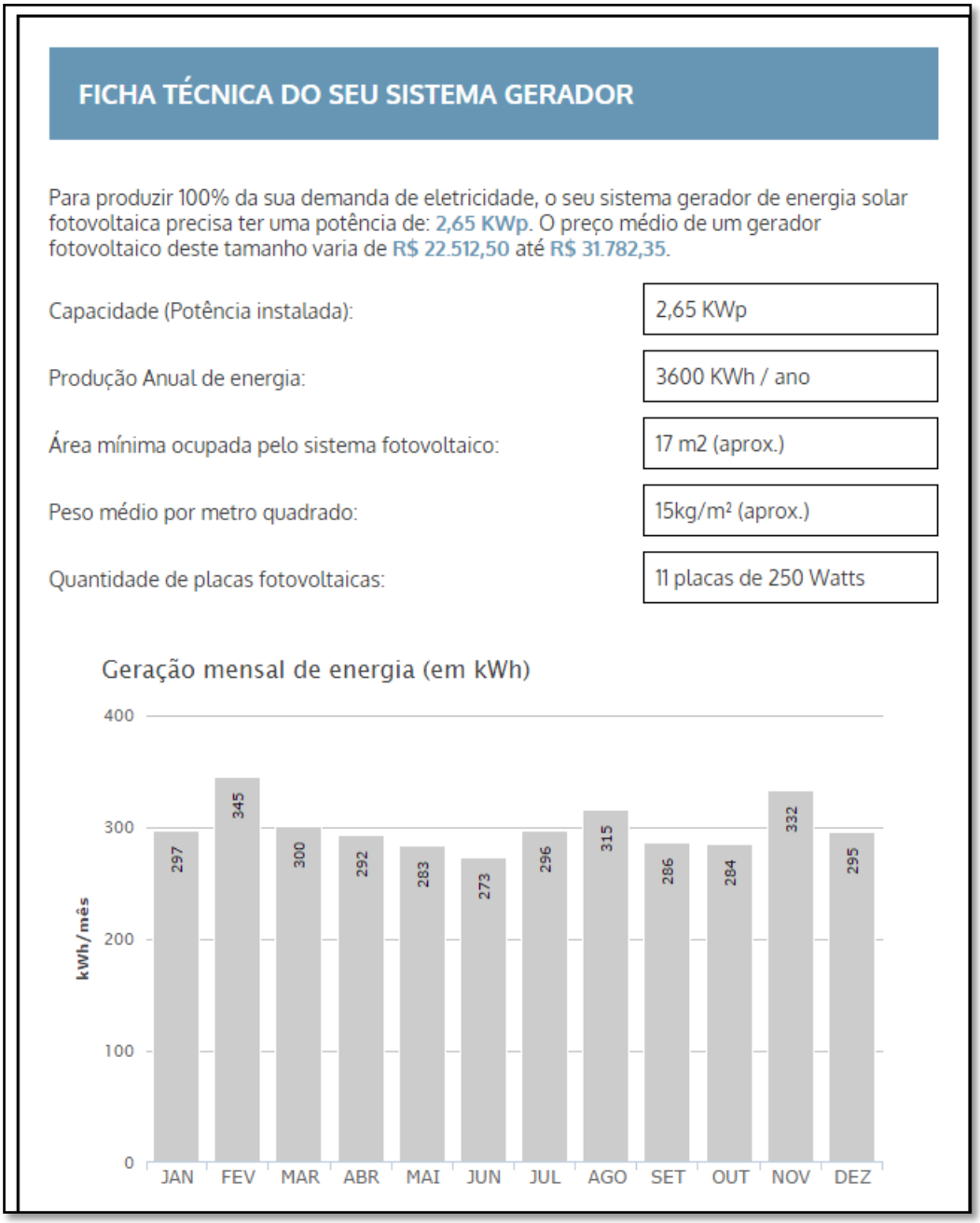
Figura 27-Introdução de dados no simulador online de custos de sistemas fotovoltaicos



Fonte: Portal Solar (2015)

A figura28mostra o resultado dessa simulação, onde o mesmo apresenta uma ficha técnica e um gráfico de geração mensal de energia (kWh).

Figura 28-Ficha técnica de gerador de energia fotovoltaico



Fonte: Portal Solar (2015)

4.6.1 Relação de empresas consultadas para pesquisa

Com base no banco de dados do site Portal Solar, foi possível consultar diversas empresa do ramo para o levantamento de custos e dúvidas sobre os sistemas fotovoltaicos instaladas no Brasil. As tabelas a seguir são referentes as empresas que foram consultadas para o levantamento de dados deste trabalho de graduação.

Tabela 12-Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica

Site:	Nome da Empresa	Data
http://www.neosolar.com.br/loja/	Neosolar Energia Avenida Brigadeiro Luís Antônio, 3005 - Casa 4 - Jardim Paulista - CEP 01401000 - São Paulo/SP - Brasil - Telefone: 11 - 4328-5113	07/08/2015
http://energyteambrasil.com.br/	Energy Team Brasil Ltda Rua José Jorge Pereira 202, Condomínio Empresarial Módulos, Galpão 14, Buraquinho - Cep: 42.700-000 - Lauro de Freitas/BA Tel. +55 (71) 3369 4449 / +55 (71) 4042 9042 / +55 (71) 8171 0830	07/08/2015
http://minhacasasolar.lojavirtualfc.com.br/	MINHA CASA SOLAR - L&F Comércio, Projetos e Consultoria LTDA - CNPJ: 11.945.569/0001-46 / Inscrição Estadual: 001597030.00-55 Endereço: Rua Deputado Claudio Pinheiro de Lima, 1133, bairro Gloria CEP: 30870-020 Belo Horizonte, MG - BRASIL	07/08/2015
http://atriaeenergy.com.br/	ATRAI ENERGY R. Aguaçu, 171 conj. M01 e M02 Edificio Açaí - Alphaville Campinas - SP - Brasil CEP 13.098-321 Tel: +55 (19) 3258-2282	07/08/2015
https://www.energiapura.com	São Paulo Av. Brig. Faria Lima 1982 Cj. 1401 CEP: 01452-000 São Paulo - SP Tel / Fax: (11) 4371-2002 / 4371-3003 Rio de Janeiro Rua Aldmar G. Duarte Coelho sl. 15 Paraty - RJ CEP: 23970-000 Tel / Fax: (24) 3371-1132	07/08/2015

Fonte: Autoria própria

Tabela 13-Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica

Site:	Nome da Empresa	Data
http://energiatecsolar.com.br/contato/	aloisiosantos.2012@bol.com.br	07/08/2015
http://www.atomra.com.br/	Powered by WordPress AtomRA Engenharia em Energia Renovável - Todos os Direitos Reservados R: Doutor Luiz Migliano nº 1986, Office: 1116 - Zip: 05711-001 Building Bonnaire Office - Morumbi - São Paulo Phone: +55 (11) 2506-1566 / www.atomra.com.br	12/08/2015
http://www.redimax.com.br	REDIMAX SISTEMAS SOLARES Entre em contato conosco através do telefone +55 (11) 5678.3362	12/08/2015
http://www.absolar.org.br/index.php	ABSOLAR-ASSOCIAÇÃO Av. Paulista, 1636, 7º andar, conj. 706 • Bela Vista • São Paulo - SP • 01310-200 Telefone: +55 11 3197 4560	12/08/2015
http://www.ebes.com.br/	Matriz Operacional Av. Alexander Graham Bell, 200, Bl. B, Mód. B.03 Techno Park, Campinas – SP – Brasil +55 19 3517-7400	12/08/2015
http://www.blue-sol.com	BLUE-SOL Ribeirão Preto: (16) 4009-5600 Av. Antonio Diederichsen, 400 Jardim América, Ribeirão Preto, SP CEP: 14020-250	12/08/2015
http://www.sssolar.com.br/	SS SOLAR Tel: 55 11 3500.4560 sssolar@sssolar.com.br Escritório Av. Das Nações Unidas, 12.399 - Sala 139 A CEP 04578-000 - São Paulo-SP - Brasil	12/08/2015
http://www.solsticioenergia.com.br/	Solstício Energia Avenida Oscar Pedroso Horta, nº 297 UNICAMP - Campinas, SP (19) 3305-1153	12/08/2015
http://www.portalsolar.com.br	contato@portalsolar.com.br	12/08/2015
http://www.solarterra.com.br/	SOLAR- TERRA Rua Demóstenes, 627 Conj. 112 - Campo Belo - São Paulo/SP Tel: 55 11 5587-3929 / 3807-3929 E-mail: contato@solarterra.com.br	12/08/2015

Fonte: Autoria própria

Tabela 14-Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica

Site:	Nome da Empresa	Data
http://solarenergy.com.br/	atendimento@solarenergy.com.br	12/08/2015
ttp://www.portalsolar.com.br/fornecedores/empres	LISTA DE EMPRESAS NO BRASIL	12/08/2015
http://agenciarenova.com.br/	orçamento. (11) 3853-3244 Jean Vinicius Tremura (11) 9 8502-3582 (11) 9 9497-2025 jean@agenciarenova.com.br	12/08/2015
http://loja.emporionautico.com.br/	Central de atendimento ao cliente por telefone (11) 3021-4900 (11) 3021-9698	12/08/2015
http://www.allteck.com.br/	comercial@allteck.com.br; dp.tecnico@allteck.com.br	12/08/2015

Fonte: Autoria própria

Tabela 15-Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica

Site:	Nome da Empresa	Data
http://www.multitechecosystems.com.brx	contato@multitechecosystems.com.br	14/08/2015
contato@geracaosolar.com	http://geracaosolar.com	14/08/2015
contatomilton@ultrasol.eco.br	http://www.ultrasol.eco.br/	14/08/2015
http://www.ideatek.com.br/	Telefone: +55 (11) 2376-3387 / +55 11 2376-3392 e-mail: info@ideatek.com.br LOCALIZAÇÃO Rua Maranhão, 1527 - Santa Paula São Caetano do Sul - SP CEP: 09541-001	15/08/2015
http://www.redimax.com.br	Entre em contato conosco através do telefone +55 (11) 5678.3362.	16/082015
http://www.alltomatic.com.br/	Rua Comendador Elias Zarzur, 235 – cj. 6 Alto da Boa Vista – 04736-000 "contato@alltomatic.com.br" <contato@alltomatic.com.br> São Paulo – SP – Brasil – Fone: 11 4564-6353	16/08/2015
http://www.logik.com.br/html/energia_solar.html	11 2691 7481 . 11 2691 7465 . vendas@logik.com.br	17/08/2015
http://www.smartsolar.com.br/	11 2478-8590 (SP) 11 94489-0275 (SP) 21 97265-2763 (RJ) 27 99888-3784 (ES) 35 9753-0117 (MG)	17/08/2015
http://www.usinazul.com.br/	(11)3042-8300 usinazul@usinazul.com.br	17/08/2015
http://www.solenenergia.com.br/	(26)2691-5883 eugenio@solenenergia.com.br	17/08/2015
http://www.vistechnology.com.br/	Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - CIETEC São Paulo - S. Paulo CEP:05508-000 Telefone: (11) 2507-1669 marketing@vistechnology.com.br vendas@vistechnology.com.br	17/08/2015

Fonte: Autoria própria

Tabela 16-Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica

Site:	Nome da Empresa	Data
http://www.arquiteturasolar.com.br/	Avenida Visconde de Indaiatuba, 272 Centro – Indaiatuba/SP CEP: 13347-400 Telefone (19) 3392-1268 Email: comercial@arquiteturasolar.com.br	18/08/2015
http://www.csesolarenergy.com.br/	carlos@csesolarenergy.com.br	18/08/2015
http://www.accesshome.com.br/	(19) 9338-6861 (19) 9280-7317 Email:contato@accesshome.com.br Web: www.accesshome.com.br	18/08/2015
http://nextsolar.com.br/	Localização: Rua: Álvaro Antonio Zini, 417 Campinas – SP CEP 13070-150 Fale Conosco: Fone: (19) 98221-2229 – WhatsApp Email: renato@nextsolar.com.br	18/08/2015
http://antaresenergia.com	R. Quirino do Amaral Campos, 144 , 12° Andar (esquina com Alecrins) Cambuí - Campinas/SP CEP - 13023-570 19 2512.6017 | 19 2512.6019 E-mail: antares@antaresenergia.com	18/08/2015

Fonte: Autoria própria

Tabela 17-Consultas de orçamentos de empresas no segmento de energia fotovoltaica

Site:	Nome da Empresa	Data
http://www.energiaextra.com.br/	11 2359-6651 | 11 986-106-903 marcelo@energiaextra.com.br	17/08/2015
http://www.ciatrading.com.br/contato.php	el.: +55 11 3306.9595 Tel.: +55 47 3045.1383 E-mail: comercial@ciatrading.com.br São Paulo Alameda Araguaia, 2044 - Torre 2 - 5º Andar - Sl. 510/511 Alphaville - Barueri/SP - Brasil - CEP: 06455.000 Santa Catarina Av. Cel. Marcos Konder, 1177 - Sala 501 Centro - Itajaí/SC - Brasil - CEP: 088301-303	18/08/2015
http://www.mes-energia.com.br/index.php	pcosta@mes-energia.com.br Al. Rio Negro, 161 - 9º andar - cj 903/sala 2 - Alphaville | CEP 06454-000 | Barueri - SP - Brasil | Telefone: +55 11 4302 4060	18/08/2015
http://www.jovic.eco.br/	contato@jovic.eco.br 11-4192-2256 11-4192-1688 11-99275-8880 Jovic Equipamentos e Sistemas Ltda Av. dos Patos 123 - cj 7 06429-120 Barueri - SP	18/08/2015
http://www.smartliving.eng.br/	Rua Aparício Galrão de França, 169 - Mairiporã - SP - 07600-000 Tel: (11) 3090-0620 e-mail: contato@smartliving.eng.br	18/08/2015
http://www.jpasmartenergy.com.br/	JP&A Smart Energy Comércio & Serviços - MEI Rua João Batista Nogueira, 500 Vila Nova Cumbica . Guarulhos . SP . Brasil . CEP 07230.451 Phone 55 11 99742-0253 e-mail: jpasmartenergy@gmail.com www.jpasmartenergy.com.br	18/08/2015
http://www.multitechecosystems.com.br/	contato@multitechecosystems.com.br Telefone:(11) 2324 - 2527	18/08/2015
http://www.ebfsolar.com.br/	Telefone Celular: (11) 98873-0277 Email Vendas: vendas@ebfsolar.com.br Dúvidas: duvidas@ebfsolar.com.br	18/08/2015
http://www.sorosolar.com.br/	SOROSOLAR Energia Solar Fotovoltaica Sorocaba - SP E-mail: contato@sorosolar.com.br Fone: 15-3411-4441	18/08/2015

Fonte: Autoria própria

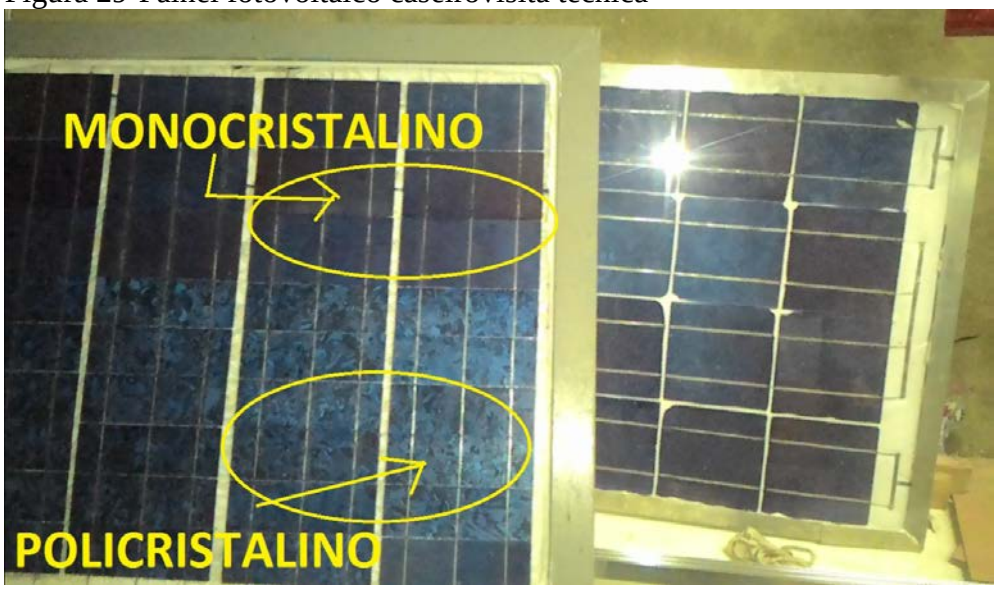
4.7 CASO PARTICULAR SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Com base nas pesquisas desenvolvida neste trabalho de graduação, foi possível notar inúmeros vídeos online sobre instalações e montagem de painéis fotovoltaicos, onde grande parte eram caseiros e ensinavam os internautascomuns e sem conhecimento técnico sobre instalações e circuitos elétricos, a montar em casa o seu próprio painel solar.

Assim como tem pessoas queconstroem sua própria casa sem o acompanhamento técnico de um engenheiro ou arquiteto, existem pessoas comuns montando na sua própria residência painéis a partir das células fotovoltaico. Como os arranjos fotovoltaico ainda tem um custo elevado para a maioria das famílias brasileiras, a montagem dessesmódulos na própria residência diminuiria os custos dessesistema, masas garantias de qualidade desses painéis caseiros seriam duvidosas, pois não passariam por testes do INMETRO e muito menos estariam seguindo as normas técnicas para instalaçõesdesses arranjos fotovoltaicos.

Com base nessa informação foi realizado uma visita técnica a residência do cidadão: Heitor Alvim, profissão: economista, onde ele teve a iniciativa de construir em sua residência um arranjo de painéis fotovoltaicos, com o objetivo de diminuir o custo desse sistema na sua casa. A princípio os módulos estão gerando energia normalmente e não apresentaram nenhum defeito. Na figura 29 é possível visualizar esses painéis e um erro comum que foi misturar as fotocélulas monocristalina com policristalina. A importância de associar células idênticos é que as correntes das fotocélulas são iguais e caso haja uma diferença entre si, irá prevalecer a corrente do modulo de menor correnteGuimarães(2004).

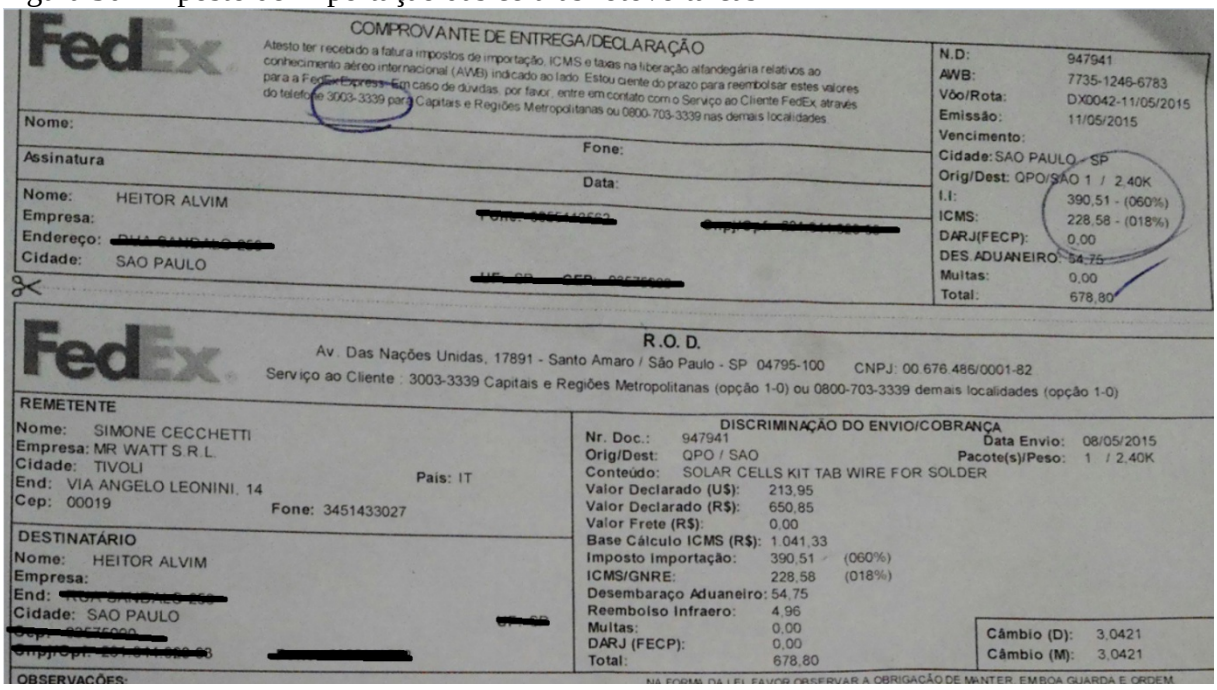
Figura 29-Painel fotovoltaico caseirovisita técnica



Fonte- Imagem adaptada da visita técnica -Autoria própria

O senhor Heitor Alvim apresentou uma nota fiscal do custo de importação das células fotovoltaicos para o Brasil. Até o presente momento o Brasil não possui uma fábrica de células. Na figura30 é possível notar o custo de 250 células fotovoltaico e os impostos incidentes nelas, com base nessa informação é visívela falta de incentivo do governo para reduzir impostos sobre esse material.

Figura 30- Imposto de importação das células fotovoltaicas


FedEx

COMPROVANTE DE ENTREGA/DECLARAÇÃO

Atesto ter recebido a fatura impostos de importação, ICMS e taxas na liberação alfandegária relativos ao conhecimento aéreo internacional (AWB) indicado ao lado. Estou ciente do prazo para reembolsar estes valores para a FedEx Express. Em caso de dúvidas, por favor, entre em contato com o Serviço ao Cliente FedEx através do telefone 3003-3339 para Capitais e Regiões Metropolitanas ou 0800-703-3339 nas demais localidades.

Nome:
Fone:
Assinatura
Data:
Nome: HEITOR ALVIM
Empresa:
Endereço:
Cidade: SAO PAULO

N.D: 947941
AWB: 7735-1246-6783
Vôo/Rota: DX0042-11/05/2015
Emissão: 11/05/2015
Vencimento:
Cidade: SAO PAULO - SP
Orig/Dest: QPO/SAO 1 / 2,40K
I.I: 390,51 - (060%)
ICMS: 228,58 - (018%)
DARJ(FECP): 0,00
DES.ADUANEIRO: 54,75
Multas: 0,00
Total: 678,80

FedEx

R.O. D.

Av. Das Nações Unidas, 17891 - Santo Amaro / São Paulo - SP 04795-100 CNPJ: 00.676.486/0001-82

Serviço ao Cliente : 3003-3339 Capitais e Regiões Metropolitanas (opção 1-0) ou 0800-703-3339 demais localidades (opção 1-0)

REMETENTE
Nome: SIMONE CECCHETTI
Empresa: MR WATT S.R.L.
Cidade: TIVOLI
End: VIA ANGELO LEONINI, 14
Cep: 00019
Pais: IT
Fone: 3451433027

DESTINATÁRIO
Nome: HEITOR ALVIM
Empresa:
End:
Cidade: SAO PAULO

DISCRIMINAÇÃO DO ENVIO/COBRANÇA

Nr. Doc.: 947941
Data Envio: 08/05/2015
Orig/Dest: QPO / SAO
Pacote(s)/Peso: 1 / 2,40K
Conteúdo: SOLAR CELLS KIT TAB WIRE FOR SOLDER
Valor Declarado (U$): 213,95
Valor Declarado (R$): 650,85
Valor Frete (R$): 0,00
Base Cálculo ICMS (R$): 1.041,33
Imposto Importação: 390,51 (060%)
ICMS/GNRE: 228,58 (018%)
Desembaraço Aduaneiro: 54,75
Reembolso Infraero: 4,96
Multas: 0,00
DARJ (FECP): 0,00
Total: 678,80

Câmbio (D): 3,0421
Câmbio (M): 3,0421

OBSERVAÇÕES:

Fonte- Imagem adaptada da visita técnica -Autoria própria

5COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS ON-GRID, OFF-GRID E NÃO CONECTADO A REDE E SEM USO DE BATERIAS.

Neste trabalho foram analisados os 3 sistemas propostos.O sistema on-grid se tornou o mais viável entre os demais e o seu maior diferencial é a compensação de energia com as concessionárias de energia elétrica e essa atividade é regulamentada no Brasil, para sistemas urbanos e próximos de rede de energia elétrica convencional.

Sistema fotovoltaico off-grid:

Não foi escolhido esse sistema devido ao alto custo no orçamento (aproximadamente duas vezes mais caro que o on-grid), pela quantidade de bateria para garantir a autonomia do sistema, custo de manutenção alto e a renovação do banco de baterias a cada 4 anos.

Esse sistema para uso residencial não é viável, somente no caso de não ter acesso a rede da concessionária de energia para diminuir o banco de baterias, mas para aplicação de pouco consumo de energia ele se torna viável. (Exemplo: bombeamento de poço artesiano)

Outra desvantagem é que a maioria das empresas que participaram das consultas não trabalhavam com o sistema Off-Grid devido ao alto custo desse sistema.

Sistema fotovoltaico off-grid sem o uso de baterias:

Não apresenta muita vantagem para o uso residencial, apesar de ser mais barato que os demais sistemas (On-grid e Off-Grid). A sua desvantagem é o fato de mudar manualmente de um sistema para outro (rede da concessionária), isso acaba gerando um transtorno ao usuário da rede, o consumo de energia noturna é feito pela rede da concessionária eo custo desse arranjo é muito próximo de um sistema on-grid.

Sua aplicação seria mais para uso de pequena capacidade de carga(bombeamento de poço artesiano), sendo assim, investir num sistema desse, com o custo parecido do on-grid não é viável, pois deixa de receber osbenefícios de compensação das concessionárias.

5.1 CALCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Segundo Figueira (2014) para os investimentos em energias alternativas, são necessários verificar a sua viabilidade econômica. Em regra geral, essas análises empregam índices econômicos, permitindo a transparênciana atratividade de um investimento. Os itens mais utilizados são o valor presente líquido e o tempo de retorno de capital (*payback*). Mas nesse trabalho de graduação será utilizado somente o índice do tempo de retorno de capital,

pelo fato de ser considerado os mais abordados nos projetos de instalações fotovoltaicos nos dias atuais.

5.2 CÁLCULO DO TEMPO DE RETORNO DE CAPITAL

Critério do tempo de retorno de capital, ou "*payback*".

$$\text{Tempo de retorno simples} = \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{A}}$$

Onde:

I – Custo de Implantação [R$];

A – Benefício [R$]

O custo de implantação do projeto proposto está demonstrado no item 4.5.1 e os cálculos do benefício anual será demonstrado a seguir.

Como o objetivo é zerar a conta de energia do usuário, e tomando como referência o consumo médio no caso em estudo deste trabalho.O custo da energia está em torno de 0,73625340 R$/kWh, podemos então calcular o benefício anual e consumo mensal considerado nesse projeto é 286,98kWh.

Logo,

A=(0,73625340 R$/kWh * 286,98kWh - Taxa-Min)*12meses ;

A=(0,73625340 R$/kWh * 286,98kWh - 26 R$)*12;

A=(185,29 R$)*12=R$2.223,48.

Onde:

Taxa-Min - taxa mínima de manutenção da concessionária[R$/kWh].

Tabela 18 – Comparação de preços entre os sistemas fotovoltaíco

Descrição	Custo de Implantação [I]	Custo de Benefício Anual [A]	Tempo de Retorno Simples [anos]
Sistema fotovoltaico On-Grid	R$ 26.755,99	R$ 2.223,48	12,03
Sistema fotovoltaico Off-Grid	R$ 68.490,40	R$ 2.223,48	30,80
Sistema fotvoltaico Off-Grid sem o uso de baterias	R$ 24.255,99	R$ 2.223,48	10,91

Fonte: Figueira (2014)

Os sistemas fotovoltaicos on-grid tem aproximadamente 30 a 40 anos de vida útil, e os módulos fotovoltaicos tem garantia de 25 anos para produção de pelo menos 80% da potência

nominal.Os inversores apresentam garantia de 5 a 10 anos e uma vida útil esperada de 10 a 15 anos.

Nosarranjos off-grid, os inversores e controladores de carga têm garantia de dois anos e vida útil de 5 a 10 anos, as baterias têmem média a vida útil de 4 anos. Tornando, esse sistema é o mais caro.

Portanto o arranjo mais viável em relação ao custo e benefício é o sistema fotovoltaico On-Grid, com o diferencial de compensação de energia com as concessionárias de energia, sendo que essa compensação é regulamentada pela ANEEL.

6CONCLUSÕES

Os arranjos fotovoltaicos necessitam de um alto investimento inicial, porém a longo prazo demonstrou ser viável conforme os cálculos de viabilidade econômica, pois esses sistemas diminuem ou anulam os custos de energia com as concessionárias, onde reduziria o impacto na rede de distribuição. Atualmente é perceptível os avanços tecnológicos nesses segmentos e cada vez mais comum ver propagandas desse tipo de serviços nasmídias sociais. Para as obras novas, esse investimento é mais facilitado, pois é possível incluir no orçamento das edificações esses custos e com taxa de juros menores.

No perímetro urbano, onde as concessionárias de energia estão presentes e fornecem energia elétrica para as edificações, o sistema de painéis fotovoltaico on-grid demonstrou ser o mais adequado, e traz um melhor custo benefício e um menor tempo de retorno do investimento, algo próximo de 12 anos.

Em locais isolados, onde não tem o acesso das concessionárias de energia, o sistema fotovoltaico off-grid, é a única solução de fornecimento de energia elétrica e seu tempo de retorno de investimentos ficou próximo dos 30 anos, exemplo de aplicação desse sistema seria uma ilha afastada da costa do país ou um lugar isolado na Amazônia.

Para pequena utilização de consumo de energia e sem o uso de banco de baterias, o sistema off-grid sem baterias foi a melhor opção, pois tem o melhor custo benefício, o seu tempo de retorno é de 10 anos, exemplo dessa atividade, bombeamento de poços artesianos.

Em relação ao tempo de retorno do investimento evidenciou que, econômica e financeiramente, o investimento inicial do projeto é pago ao longo da sua vida útil do sistema. Portanto,provou que é viável e ainda favorece as questões ambientais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. P.**Qualificação de sistemas fotovoltaicos conectados á rede**, Programa de pós-graduação em engenharia PPGE, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. 52p. Disponível em: <www.iee.usp.br/lsf/sites/default/files/Mestrado_Marcelo_Pinho_Almeida.pdf >. Acesso em: 15 out. 2015.

BRASIL.Agência Nacional de Energia Elétrica.**Grid-Tie**.Brasília: ANEEL, 2015.Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>.Acesso em: 10 out. 2015.

_____. Instituto Nacional de Metrologia. **Certificação de Módulos fotovoltaico.** Brasília:INMETRO, 2011. Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2015.

FIGUEIRA, F. F. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede para alimentar a sala de computação da escola municipal tenente antônio joão**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014. 52 p.

FORNARI, C. I. et al.**Influência da variação espectral na resposta de radiômetros fotovoltaicos.**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Laboratório Associado de Sensores e Materiais –LAS. São José dos Campos, 2014. Disponível em: <http://plutao.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/plutao/2014/06.03.19.27/doc/fornari_influencia.pdf>. Acesso 01 nov. 2015.

GOOGLE MAPS.**Coordenadas geográficas**.Califórnia, 2015.Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/23%C2%B033'53.7%22S+46%C2%B028'33.5%22W/@-23.565124,-46.4761036,90m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x0:0x0> . Acesso 01 nov. 2015.

GREENPRO,**Energia Fotovoltaica manual sobre tecnologias, projeto e instalação**: Portal energia. Energia renováveis,2004. 368p. Disponível em: <http://www.portal-energia.com/downloads/guia-tecnico-manual-energia-fotovoltaica.pdf>. Acesso em: 12 set. 2015.

FRANÇA. **Agência Internacional de Energia**. Paris: IEA, 2015. Disponível em: <http://www.iea.org/>. Acessado em: 10 out. 2015.

LOPES, R. J. C.**Efeito do sombreamento nos painéis fotovoltaicos**. Instituto Superior de Engenharia De Lisboa. Área Departamental de Engenharia de Sistemas de Potência e Automação. Universidade De Évora. Portugal-Lisboa, 2013 128p. Disponível em: <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/3217/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf> Acesso: 12 out. 2015.

NEOSOLAR, **Sistemas de geração de energia fotovoltaico - Off-Grid**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-isolados-off-grid>. Acessado em: 07 jun. 2015.

MINHA CASA SOLAR.**Empresa de instalação de venda de quites fotovoltaico on-grid e off-grid**. Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <https://www.minhacasasolar.com.br/ />.Acesso 14 out. 2015.

OPTPOWER.**Sistemas de geração de energia solar on-grid ou grid tie**. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://www.optpower.com/entenda_integra.php?id=2>. Acessado em 19 jun. 2015, Acesso: 17 jul. 2015

PEREIRA, A. C.**Geração de energia para condomínio utilizando sistema fotovoltaico autônomo - estudo de caso em edifício residencial com seis pavimentos**,Monografia,Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012. 46p.

GUIMARÃES,Ana Paula, C. et al. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CRESESB-CEPEL. Rio de Janeiro, 2004. 207p.Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.Pdf> .Acesso em: 10 out. 2015

PORTAL SOLAR.**Portal de Energia Solar do Brasil**:lista de empresas de energia solar fotovoltaica no Brasil.Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/o-portal-solar.html>. Acesso em: 14 jun. 2015.

SANTANA, F. S.**Projeto de um sistema de geração fotovoltaica para a UFRJ**.Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014 100p. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011855.pdf>. Acessado em: 12 ago. 2015.

SONDA.**Atlas Brasileiro de Energia Solar**,Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais. São José dos Campos, 2006. 64p. Disponível em:< http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2015.

SUNDATA. CRESESB.**Centro de referência para energia Solar e Eólica Sérgio Brito**.Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata> Acesso: 01 nov. 2015.

TCPOWEB.**Banco de dados online para orçamento de obras na construção civil**.Tabela de Composições de Preços para Orçamentos.Grande São Paulo, 2015. Disponível em: <http://tcpoweb.pini.com.br>. Acesso: 02 nov. 2015.

WORLD METEROLOGICAL ORGANIZACIONATION.**Study of the behavior of the Earth's atmosphere**.Suíça, 2015.Disponível em: <https://www.wmo.int/pages/index_en.html>. Acesso 10 out. 2015.

UNIDO. **Observatório de Energias Renováveis para América Latina e Caribe.** São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.renenergyobservatory.org/br/missao.html>. Acesso: 12 nov. 2015

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BRASIL. Balanço Energético Nacional. Brasília: BEN, 2015. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>. Acesso em: 07 out. 2015.

BLUE SOLAR. **Documentário sobre sistema fotovoltaico**. Ribeirão Preto. 2009. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KJEw0keImyU>. Acesso em: 07 jun. 2015.

CASTRO, R. M.G. **Energias renováveis e produção descentralizada:**Introdução à energia fotovoltaica, Universidade Técnica De Lisboa Instituto Superior Técnico, deec / Secção de Energia. Lisboa, 2002. 48p. Disponível em: <http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/Introducao_a_Energia_Fotovoltaica.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2015.

MARINOSKI, D. L. et al.**Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico:**
Estudo de caso do edifício sede do CREA-SC.Universidade Federal de Santa. São Paulo, 2004. 14p. Disponível em:<http://www.labeee.ufsc.br/antigo/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/pre_dimensionamento.pdf>. Acesso em: 17 set. 2015.

MARQUES, J. P. P. T.**Modelação e controlo de conversor DC/AC para interligação de painéis fotovoltaicos à rede.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.Porto, 2009. 128p. Disponível em:<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59728/1/000135083.pdf>. Acesso 14 out. 2015.

SOLSTICIOENERGIA. **Sistemas fotovoltaicos**. Campinas, 2012. Disponível em: <https://www.solsticioenergia.com/> . Acessado em: 06 jun. 2015.

ANEXO

ANEXO A -Modelo de Painel fotovoltaico

KD 300-80 F SERIES

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Standard Test Conditions (STC) *STC = 1000 W/M² irradiance, 25°C module temperature, AM 1.5 spectrum**	KD325GX-LFB	KD320GX-LFB	
P_{max}	325	320	W
V_{mp}	40.3	40.1	V
I_{mp}	8.07	7.99	A
V_{oc}	49.7	49.5	V
I_{sc}	8.69	8.60	A
$P_{tolerance}$	+5/-3	+5/-3	%
Nominal Operating Cell Temperature Conditions (NOCT) *NOCT = 800 W/M² irradiance, 20°C ambient temperature, AM 1.5 spectrum**			
T_{NOCT}	45	45	°C
P_{max}	234	230	W
V_{mp}	36.2	36.1	V
I_{mp}	6.47	6.40	A
V_{oc}	45.5	45.3	V
I_{sc}	7.04	6.96	A
PTC	287.8	283.3	W
Temperature Coefficients			
P_{max}	-0.45	-0.45	%/°C
V_{mp}	-0.47	-0.51	%/°C
I_{mp}	0.025	0.0065	%/°C
V_{oc}	-0.36	-0.36	%/°C
I_{sc}	0.060	0.060	%/°C
Operating Temp	-40 to +90	-40 to +90	°C

System Design	
Series Fuse Rating	15 A
Maximum DC System Voltage (UL)	600 V
Hailstone Impact	1in (25mm) @ 51mph (23m/s)

* Subject to simulator measurement uncertainty of +/- 3%.
KYOCERA reserves the right to modify these specifications without notice.

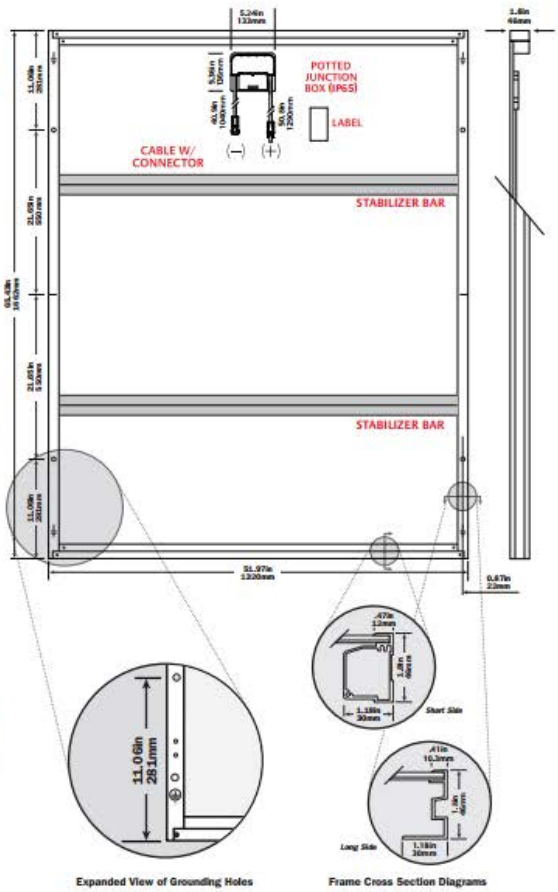
NEC 2008 COMPLIANT
UL 1703 LISTED

MODULE CHARACTERISTICS

Dimensions: *length/width/height*	65.43in/51.97in/1.8in (1662mm/1320mm/46mm)
Weight:	60.6lbs (27.5kg)

PACKAGING SPECIFICATIONS

Modules per pallet:	20
Pallets per 53' container:	22
Pallet box dimensions: *length/width/height*	66in/53in/47in (1675mm/1330mm/1190mm)
Pallet box weight:	1323 lbs (600kg)



Expanded View of Grounding Holes

Frame Cross Section Diagrams

WARNING: Read the instruction manual in its entirety prior to handling, installing & operating Kyocera Solar modules.

Legend
MOUNTING HOLES .35in (9mm)
DRAINAGE HOLES
GROUND HOLE .28in (7mm) (with symbol ⊕ & GR)