



FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ENERGIA ELÉTRICA POR IRRADIAÇÃO SOLAR:
APLICABILIDADES

GOIANÉSIA/GO

2017

DIEGO GONÇALVES DA SILVA

MIRAIR ANTONIO DA COSTA

ENERGIA ELÉTRICA POR IRRADIAÇÃO SOLAR: APLICABILIDADES

**TRABALHO APRESENTADO AO PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA,
COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL.**

ORIENTADOR: EDUARDO MARTINS TOLEDO

GOIANÉSIA/GO

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

DIEGO GONÇALVES DA SILVA.
MIRAIR ANTONIO DA COSTA

Energia elétrica por irradiação solar - Aplicabilidades

59P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

TCC - FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| 1. Energia Solar Fotovoltaica | 2. Módulo fotovoltaico |
| 3. Energia Solar no Brasil | 4. Conexão à rede |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Diego Gonçalves; COSTA, Mirair Antonio; **Energia elétrica por irradiação solar: aplicabilidades.** TCC, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, Goianésia, GO, 59p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Diego Gonçalves da Silva, Mirair Antonio da Costa

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Energia elétrica por irradiação solar - Aplicabilidades.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2017

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

Mirair Antonio da Costa
E-mail: miraircosta@gmail.com

Diego Gonçalves da Silva
diegogslva555@hotmail.com

**DIEGO GONÇALVES DA SILVA
MIRAIR ANTONIO DA COSTA**

ENERGIA ELÉTRICA POR IRRADIAÇÃO SOLAR: APLICABILIDADES

TRABALHO APRESENTADO AO PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADO POR:

**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Me (FACEG)
(ORIENTADOR)**

**FERNANDO DAMASCENO CRUVINEL, Dr (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**BRUNO MAIA (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)**

GOIANÉSIA/GO, 12 de junho de 2017.

RESUMO

Em um momento de instabilidade nos preços cobrados pela energia elétrica e risco constante de apagões, este trabalho tem o objetivo de explicar a geração de energia solar fotovoltaica, incluindo parte da história da energia solar e sua situação até data deste trabalho; a fabricação e mecanismo de funcionamento dos módulos fotovoltaicos; especificações de inversores e baterias; montagem das estruturas de fixação dos sistemas; estudo de caso com análise de viabilidade e documentação necessária para aprovação do projeto junto à concessionária local (no caso a CELG-D). O estudo de caso é datado em abril do ano de 2017. Recentemente todo o mundo passou a investir na geração de energia solar fotovoltaica. Percebe-se o destaque que a energia solar vem ganhando e a perspectiva que está sendo projetada para um futuro próximo. Gradativamente está se tornando uma tecnologia difundida e procurada em busca de economia na conta de energia.

Palavras-chave: sistemas fotovoltaicos, economia, radiação solar, sistema *OnGrid*, energia solar.

ABSTRACT

At a time of instability in prices charged by electricity and constant risk of blackouts, this work aims to explain the generation of photovoltaic solar energy, including the history of solar energy and its situation up to the date of this work; the manufacturing and operating mechanism of the photovoltaic modules; inverter and battery specifications; assembly of system's fastening structures; case study with feasibility analysis and documentation required to get the project approved on the local concessionaire (in this case CELG-D). The case study was dated in April 2017. Recently the entire world started investing in the generation of photovoltaic solar energy. It is noticed the prominence that solar energy has been gaining and the perspective that is being projected for the near future. Gradually it is becoming a widespread and sought-after technology in pursuit of energy bill savings.

Keywords: photovoltaic systems, economics, solar radiation, OnGrid system, solar energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Energia ilimitada.....	12
Figura 2 - Distância entre o Sol e a Terra.....	16
Figura 3 - Satélite orbitando a terra.....	18
Figura 4 - Fluxos de energia em um sistema interconectado.	20
Figura 5 - Sistema Fotovoltaico Autônomo.	21
Figura 6 - Representação de célula, módulo e painel fotovoltaico.....	22
Figura 7 - Bateria Tesla.	25
Figura 8 - Inversor Fronius.....	28
Figura 9 - Fixação em telha cerâmica tipo anzol.....	29
Figura 10 - Parafusos de fixação de telha cerâmica tipo anzol.	29
Figura 11 - Fixação em telha cerâmica tipo Z.....	29
Figura 12 - Parafusos de fixação de telha cerâmica tipo Z.....	30
Figura 13 - Fixação em telhados de fibrocimento.	30
Figura 14 - Fixação em telhados metálicos.	30
Figura 15 - Fixação em terça de concreto.....	31
Figura 16 - Afastamento entre os fixadores(01).....	31
Figura 17 - Afastamento entre os fixadores (02).....	32
Figura 18 - Fixação das placas nos perfis de alumínio (em extremidade).	32
Figura 19 - Fixação das placas nos perfis de alumínio (entre placas).	32
Figura 20 – Localização da edificação.	41
Figura 21 - Posição e Espectro Solar.....	42
Figura 22 - Conta atual de energia do proprietário.....	43
Figura 23 - Resultado de Cálculo pelo simulador Solar.....	45
Figura 24 - Selo do INMETRO do módulo fotovoltaico.	47
Figura 25 - Inversor e Paineis solares.....	47
Figura 26 - Tipos de telhas suportadas por este Microgerador.	48
Figura 27 - Resumo das etapas para conexão da geração ao sistema de distribuição.	50
Figura 28 - Forma de conexão do acessante à rede BT da CELG-D.....	52

LISTA DE EQUAÇÕES

(1)	44
(2)	44
(3)	44
(4)	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índice de incidência de irradiação Solar.....	42
Tabela 2 - Custo de Disponibilidade	44
Tabela 3 - Resumo do Sistema Dimensionado.....	48
Tabela 4 - Detalhamento do Microgerador Solar.....	53
Tabela 5 - Fluxo de Caixa.....	54

LISTA DE ABREVIACOES

A	Ampère
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CELG-D	Centrais Elétricas de Goiás - Distribuição
cm ²	Centímetro Quadrado
E _{CD}	Energia de Compensação em Média Diária
FCO	Fundo de Financiamento do Centro-Oeste
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
kg	Quilograma
km	Quilômetro
kW	QuiloWatt
kWh	QuiloWatt hora
kWp	QuiloWatt Pico
m ²	Metro quadrado
MW	MegaWatt
N _m	Número de Módulos
NR	Norma Regulamentadora
NTC	Norma Técnica CELG-D
UC	Unidade Consumidora
V	Volt
V _{MPP}	Tensão em Máxima Potência
W	Watt
Wp	Watt Pico
Wh/dia	Energia gerada por dia em Watt hora

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivos Gerais.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. JUSTIFICATIVA.....	15
4. REVISÃO TEÓRICA.....	16
4.1 Energia Solar.....	16
4.2 A Energia Solar Fotovoltaica.....	17
4.3 O Sistema Fotovoltaico.....	18
4.4 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.....	19
4.4.1 Sistemas fotovoltaicos interligados a rede (On-Grid).....	19
4.4.2 Sistemas fotovoltaicos autônomos (Off-Grid).....	20
4.5 Equipamentos utilizados nos geradores fotovoltaicos.....	21
4.5.1 Painel Fotovoltaico.....	21
4.5.2 Baterias.....	22
4.5.2 Regulador de Tensão.....	25
4.5.3 Inversores.....	27
4.5.4 Estruturas de fixação.....	28
4.6 Os incentivos para a energia fotovoltaica.....	33
4.6.1 Incentivos em Goiás.....	34
4.7 Vantagens e desvantagens.....	35
4.8 Leituras Complementares.....	37
5. METODOLOGIA.....	39
5.1 Metodologia de pesquisa.....	39
5.2 Procedimentos da pesquisa.....	39
6. PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO.....	40

6.1	Introdução ao processo de implantação.....	40
6.2	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA.....	41
6.2.1	<i>Análise Preliminar</i>	41
6.2.2	<i>Análise do Consumo de Energia Elétrica</i>	43
6.2.3	<i>Dimensionamento do gerador solar</i>	45
6.2.4	<i>Orçamento e detalhamento para o microgerador solar</i>	46
6.2.5	<i>Resumo do Sistema</i>	48
6.3	Requisitos para conexão de microgeração ao sistema de distribuição da CELG-D.....	49
6.4	Análise de viabilidade econômica do sistema	53
6.4.1	<i>Resumo do Sistema</i>	53
6.4.2	<i>Tempo de Retorno do Investimento</i>	53
7.	CONCLUSÃO.....	55
8.	BIBLIOGRAFIA.....	57

1. INTRODUÇÃO

O ritmo de crescimento da população mundial, conforme Fundo de População das Nações Unidas (FNUAP) é 0,33% ao ano com atuais sete bilhões de pessoas, porém segundo estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU), o contingente populacional do planeta atingirá mais de nove bilhões de habitantes em 2050 (NACOESUNIDAS, 2017). Compilando estes dados juntamente com consumo de energia em escala mundial, o desenvolvimento tecnológico, a natureza finita dos combustíveis fósseis e a poluição gerada pela sua queima, torna o modelo de produção de energia atual inadequado e insustentável. A busca por modelos sustentáveis está despertando interesse crescente por energia mais limpa e renovável, de modo a suprir a crescente necessidade humana, sem impactar de maneira acentuada as condições de vida no planeta. Neste contexto, a radiação solar, se apresenta como uma forma de geração de energia elétrica capaz de suprir, com inúmeras vantagens, outras formas tradicionais, como exemplo as usinas termoeletricas.

Considerando a escala terrestre, o sol é uma fonte inesgotável (Figura 1), sendo responsável pela maioria das fontes de energia, mesmo aquelas que não utilizam sua radiação diretamente, dele depende. As hidrelétricas, por exemplo, dependem do volume de águas no leito dos rios, alimentados pelas chuvas, que precipita devido a radiação solar. Os combustíveis renováveis, como etanol, biodiesel e até mesmo a madeira, são provenientes de plantas que dependem da luz solar para se desenvolver (JUNIOR, 2012). O fornecimento anual de energia pela radiação solar, para a superfície terrestre é de $1,5 \times 10^{18}$ KWh (CRESESB, 2006).

Figura 1 - Energia ilimitada.



Fonte: wn.com/Energia_Solar

Com dimensões continentais, localização geográfica próxima aos trópicos e estações climáticas bem definidas, o Brasil possui um grande potencial para o aproveitamento da energia solar, principalmente na região nordeste, onde a incidência de chuvas é menor.

Uma maneira de se obter energia elétrica a partir da radiação solar é através de um sistema fotovoltaico, que consistem em converter a luz solar em energia elétrica por intermédio de materiais semicondutores dispostos em painéis interligados entre si. Este efeito foi observado pela primeira vez em 1839, pelo físico francês Edmund Becquerel. Em 1954, foi construído nos Estados Unidos pelo Laboratório Bell a primeira célula fotovoltaica de silício (TOLMASQUIM, 2003).

A energia elétrica, gerada através dos sistemas fotovoltaicos, trazem diversas vantagens que demonstram a sua viabilidade de implantação, apesar de ter um custo inicial relativamente alto, necessitam de manutenção mínima podendo ainda ser instalada em lugares remotos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Fornecer uma visão geral das características e aplicações do sistema de geração de energia elétrica, através da radiação solar, estabelecendo uma proposta geral para sua implantação. Mostrar as vantagens deste sistema para o meio ambiente e sua viabilidade econômica para o Brasil.

2.2 Objetivos Específicos

- Esclarecer as dúvidas sobre a implantação e a viabilidade econômica do sistema fotovoltaico em residências unifamiliares;
- Apresentar os itens necessários para a montagem de um gerador de energia solar e sua utilização;
- Servir como ponto de partida para futuros empreendedores e entusiastas.
- Demonstrar a viabilidade econômica para nossa região através da apresentação de um estudo de caso.

3. JUSTIFICATIVA

O interesse que fontes renováveis de energia, tem despertado, em diversas áreas de nossa sociedade, devido ao crescimento da população, assim como o consumo cada vez maior de energia para manutenção e expansão da tecnologia voltada ao conforto e ao lazer.

A utilização de recursos renováveis, é hoje, indispensável para o desenvolvimento social e econômico mundial. A geração de energia limpa se faz necessário para manter índices desejáveis de desenvolvimento e garantir os recursos esgotáveis para gerações futuras.

A descentralização da geração de energia e a utilização de materiais abundantes e recicláveis, pode contribuir sistematicamente com a produção de serviços e riquezas, além de combater a exclusão e o isolamento tecnológico de algumas regiões.

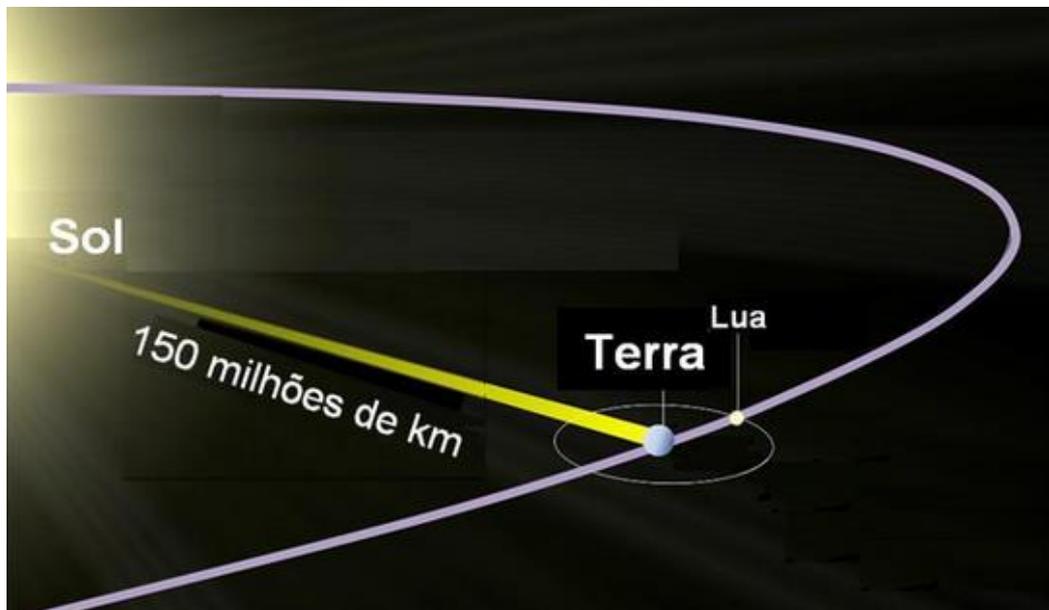
Com aprimoramento na geração de energia, através da utilização de materiais mais eficientes, no processo de conversão da energia solar para elétrica e a diminuição dos custos de implantação, os sistemas de geração fotovoltaica ganham cada vez mais espaço no mercado, justificando, assim, a aplicação deste sistema.

4. REVISÃO TEÓRICA

4.1 Energia Solar

O Sol, nossa fonte de luz, é uma enorme esfera de gás incandescente, em cujo núcleo acontece a geração de energia através de reações termonucleares, fica a aproximadamente cento e cinquenta milhões de quilômetros de distância (Figura 2) e seus raios demoram cerca de oito minutos para atingir a Terra. Ele é responsável por 99,86% da massa do Sistema Solar. Sua massa é 333.000 vezes maior que a da Terra. Seu raio médio é de 696.000 km, cerca de 109 vezes o raio da Terra. O volume do Sol é 1.304.000 vezes maior que o do nosso planeta (INPE, 2017). Do ponto de vista da Terra, sua energia é inesgotável, porém de toda energia produzida por este astro, apenas uma pequena fração chega a superfície terrestre, anualmente cerca de $1,5 \times 10^{18}$ KWh (CRESESB, 2006). Essa pequena fração, que na superfície do Sol, é transformada de energia nuclear para energia luminosa, é composta por pacotes de pequenas partículas denominados fótons¹.

Figura 2 - Distância entre o Sol e a Terra.



Fonte: <http://obaricentrodamente.blogspot.com.br/>

¹ Fóton é uma partícula elementar da luz, nomeada e explicada por Albert Einstein, possui energia e frequência. John W (JEWETT, 2011).

4.2 A Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica² é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores³. Em um fenômeno conhecido como Efeito Fotovoltaico.

Segundo publicações de pós-doutorado da Gazeta da Física, o efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez, em 1839, por Alexandre Edmond Becquerel, um jovem físico francês de apenas 19 anos, estudando o “Espectro Solar”. Ele notou o aparecimento de uma tensão entre os eletrodos de uma solução de selênio, quando esta era iluminado pela luz solar. Mais tarde, em 1877, dois inventores norte-americanos W. G. Adams e R. E. Day, utilizaram as propriedades foto condutoras do selênio para desenvolver o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição à luz, porém a energia fotovoltaica só prosperou após as descobertas da primeira metade do século XX, em especial com Albert Einstein que em 1905 em seu postulado sobre mecânica quântica, explicou o efeito fotovoltaico, a luz e suas partículas (ABINEE, 2012).

Na década de 1950 nos Estados Unidos, foram iniciadas diversas pesquisas para aplicações práticas da tecnologia fotovoltaica. A primeira célula fotovoltaica de silício foi produzida pelo Laboratório Bells⁴ em 1954. A busca de fontes de longa duração para a alimentação de satélites, favoreceu o desenvolvimento destas células que atualmente apresentam um alto grau de confiabilidade, eficiência e vida útil dos equipamentos.

² Fotovoltaico (foto = Luz, Volt = unidade de tensão elétrica) é o termo específico para corrente produzida a partir da radiação solar.

³ Semicondutores são sólidos geralmente cristalinos de condutividade elétrica intermediária entre condutores e isolantes.

⁴ Laboratorio americano, localizado em Washington, DC voltado a pesquisa e ao desenvolvimento científico, fundado por Alexander Graham Bell

Figura 3 - Satélite orbitando a terra.



Fonte : www.commsmea.com

4.3 O Sistema Fotovoltaico

O sistema fotovoltaico define-se como um conjunto de equipamentos reunidos cuja finalidade é transformar a energia solar em energia elétrica, disponibilizando-a para utilização em correntes contínuas ou alternadas, seja em períodos que haja incidência solar ou não.

Para montagem de um sistema fotovoltaico é preciso interligar um ou mais módulos fotovoltaicos e um conjunto de equipamentos complementares, como baterias, controladores de carga, inversores e outros equipamentos de proteção. Os equipamentos para monitoração e controle variam de acordo com a aplicação do sistema.

Os painéis solares absorvem a radiação solar e a converte em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. Dependendo da tensão e da corrente desejada faz-se associações de módulos em série e/ou paralelo. Para evitar uma corrente de retorno para os painéis utiliza-se um diodo em série.

Os principais fatores que influenciam nas características elétricas de um painel são a intensidade luminosa e a temperatura das células. A corrente gerada nos módulos aumenta linearmente com o aumento da intensidade luminosa. O aumento do nível de insolação faz aumentar a temperatura das células e, tende a reduzir a eficiência do módulo. Os módulos de silício amorfo, apresentam menor influência da temperatura em seu desempenho.

Para o gerenciamento da carga gerada em um sistema fotovoltaico faz-se necessário um sistema de regulação, supervisão e controle. Como os painéis fornecem corrente de forma contínua, torna-se necessário o uso de um inversor para utilização de cargas que demandam corrente alternada. Em sistemas fotovoltaicos mais complexos existe um módulo para estabelecer a prioridade de uso quando coexistem diversas cargas alternadas e contínuas.

4.4 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em autônomos e/ou interligados à rede.

4.4.1 Sistemas fotovoltaicos interligados a rede (*On-Grid*)

Um sistema fotovoltaico conectado à rede trabalha convertendo a energia solar em eletricidade e injetando o potencial gerado diretamente à rede de distribuição.

Conforme BIGGI (2012), O sistema *on-grid* depende da rede para funcionar, portanto caso ocorra a queda da rede o mesmo será imediatamente desligado não funcionando como sistema de *backup*. Isto é necessário, pois no caso de uma manutenção a rede não pode estar eletrificada e também para proteger o arranjo fotovoltaico, que não deve funcionar isolado.

Os inversores para sistemas *on-grid* (*grid-tie*) são muito mais sofisticados que os inversores utilizados nos sistemas autônomos, pois são os mesmos que gerenciam todo o sistema. Os inversores *grid-tie* atuais, em sua grande maioria, possuem seguidor do ponto de máxima potência (MPPT), o qual permite aproveitar ao máximo a capacidade de geração do arranjo fotovoltaico ao qual está conectado.

Devido ao fato de não necessitarem de sistemas de armazenamento (controladores de carga e baterias), a rede elétrica age como uma carga, absorvendo a energia elétrica gerada. A eficiência do sistema está intimamente ligada à eficiência dos inversores: quanto mais eficiente o inversor, maior será o potencial aproveitado e injetado na rede de distribuição.

Devido os sistemas *on-grid* serem conectados à rede de distribuição elétrica das concessionárias seu uso deve ser regulamentado pelos órgãos responsáveis, no caso do Brasil a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL que aprovou em abril de 2012 uma nova Resolução Normativa, criando a regulamentação necessária para que os consumidores de energia elétrica interessados em interligar seus geradores de energia solar as redes convencionais sigam.

Figura 4 - Fluxos de energia em um sistema interconectado.



Fonte: www.energyclean.com.mx

4.4.2 Sistemas fotovoltaicos autônomos (Off-Grid)

Um Sistema Fotovoltaico Autônomo depende unicamente da radiação solar para gerar energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos. Esse tipo de sistema, geralmente, possui um sistema de armazenamento de energia constituído por um banco de baterias e necessita, dependendo da aplicação, de controladores de carga e inversores corrente contínua (CC) / corrente alternada (CA).

Conforme o CRESESB- Centro de Referência para Energia Solar e Eólica, os sistemas são bastante duráveis e precisam de pouca manutenção. Os módulos fotovoltaicos normalmente têm garantia de 20 anos. Os dispositivos eletrônicos, inversor e controlador de carga, têm vida útil superior a 10 anos. As baterias são consideradas o ponto fraco do sistema, mas quando bem dimensionadas podem ter vida útil de 4 a 5 anos.

Figura 5 - Sistema Fotovoltaico Autônomo.



Fonte: www.tmsmx.com

4.5 Equipamentos utilizados nos geradores fotovoltaicos

Embora as células solares ou fotovoltaicas sejam os elementos responsáveis pela transformação da irradiação solar em energia elétrica, o uso desta energia, depende de ajustes e transformações em diversos equipamentos, que unidos com esta finalidade, formam os chamados geradores solares.

4.5.1 Painel Fotovoltaico

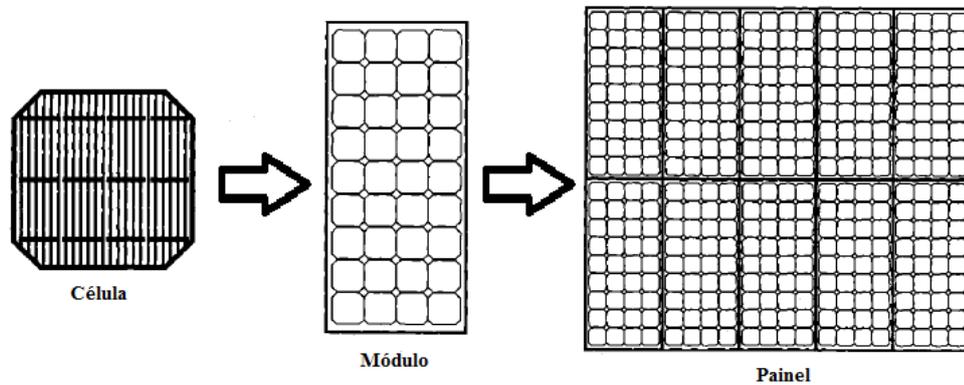
Um módulo fotovoltaico pode ser considerado um arranjo de células fotovoltaicas conectadas entre si, em série e/ou paralelo, para alcançar níveis de tensão e potência desejáveis para determinada aplicação (CHUCO, 2007).

O módulo fotovoltaico é a unidade principal do sistema, nele ocorre a conversão da energia solar para elétrica por meio do princípio do efeito fotoelétrico. O módulo é composto de células solares conectadas arranjadas em série e/ou paralelo de forma a produzir uma corrente e tensão que sejam suficientes para a utilização da energia da forma desejada. Uma vez que se obtém a configuração desejada, o conjunto recebe um encapsulamento com material apropriado para proteção contra possíveis danos externos aumentando, desta forma, a vida útil do componente.

Além de associar células em série/paralelo pode-se também associar os módulos fotovoltaicos visando atender às necessidades do projeto. Tal associação resulta no que é

denominado de painel fotovoltaico. Desta forma, o conjunto de células constitui um módulo e o conjunto de módulos constitui o painel.

Figura 6 - Representação de célula, módulo e painel fotovoltaico.



Fonte: Adaptado de CHUCO, 2007.

4.5.2 Baterias

A função prioritária das baterias, também chamadas de acumuladores eletroquímicos, em um sistema de geração fotovoltaico *off-grid* é acumular a energia que se produz, pois, o grande desafio das fontes alternativas de energia como a solar, está justamente no fato que o consumo não se dá no momento da geração.

Segundo Alvarenga (2001), a eletricidade produzida pelo sistema fotovoltaico pode variar, devido às características da radiação solar. Durante a noite, não há nenhuma geração e, no início da manhã ou no final da tarde, os níveis de energia elétrica gerados são baixos. O mesmo ocorre em dias nublados. Próximo ao meio-dia, a geração está no máximo. Entretanto, a maioria das aplicações de sistemas isolados, necessitem que a energia elétrica esteja sempre disponível, principalmente à noite para iluminação. O armazenamento da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico é realizado através de acumuladores elétricos ou baterias. Nesses equipamentos, a energia elétrica é armazenada sob a forma de energia química. Quando se necessita dessa energia armazenada, esta é novamente convertida em energia elétrica.

Nos sistemas interligados à rede, as fontes alternativas estarão fornecendo energia sempre que os recursos estiverem disponíveis, enquanto que as fontes tradicionais atuarão quando a energia gerada não for suficiente para atender a carga.

Baterias são classificadas em duas categorias, primárias e secundárias. Baterias primárias são dispositivos eletroquímicos que, uma vez esgotados os reagentes que produzem a energia elétrica, são descartadas, pois não podem ser recarregadas. Já as baterias secundárias podem ser regeneradas, ou seja, através da aplicação de uma corrente elétrica em seus terminais pode-se reverter as reações responsáveis pela geração de energia elétrica e, assim, recarregar novamente a bateria. Os sistemas fotovoltaicos utilizam acumuladores secundários. As baterias mais comuns são as de chumbo-ácido e as de níquel-cádmio.

As características das baterias para sistemas fotovoltaicos são assim definidas por Alvarenga (2001):

Tensão - As baterias mais utilizadas em sistemas fotovoltaicos são de 12 V de tensão nominal, sendo também usadas baterias de 6 V. Esta é a tensão nominal já que a tensão realmente presente nos terminais da bateria depende de sua condição de carga e do fornecimento ou solicitação externa de energia. Normalmente a bateria está a plena carga com 14,3 V, não devendo receber mais corrente e, quando atinge 11,3 V, as cargas devem ser desligadas. Essas providências aumentam a vida útil da bateria.

Capacidade de armazenamento de energia - Quanto maior é a capacidade da bateria em armazenar energia, maior autonomia de funcionamento na ausência de radiação solar tem o sistema. A capacidade das baterias determina o número de dias que um dado gerador pode fornecer energia para os equipamentos consumidores sem a presença do sol. Esta capacidade pode ser expressa em Wh ou kWh, mas a forma mais comum é expressá-la em Ah (Ampère-hora). Esta unidade quantifica a corrente elétrica que se pode tirar em determinado tempo da bateria considerando-se condições específicas de descarga, temperatura e tensão mínima. Uma bateria típica utilizada em sistemas fotovoltaicos tem uma capacidade nominal de descarga de 110 Ah em 20 horas - referência a 25°C. Isto significa que se pode tirar 5,5 A durante 20 h quando a temperatura é de 25°C ou 55A durante 2 horas. Entretanto, à medida que a descarga for mais rápida do que o especificado, a capacidade da bateria será ligeiramente diminuída. É preciso considerar que não se deve usar normalmente toda a capacidade da bateria, pois, quando a profundidade da descarga ultrapassa 50% da capacidade total, ocorre uma descarga profunda. Este tipo de descarga reduz a vida útil da bateria e deve ser evitada. Autodescarga - As baterias, devido a seus processos internos, estão permanentemente se descarregando, mesmo quando não conectadas a um circuito externo. Considerando que a energia solar fotovoltaica é normalmente

gerada em pequena escala, deve-se reduzir ao mínimo essa energia perdida internamente. O ideal é que essa auto descarga não ultrapasse 4% ao mês.

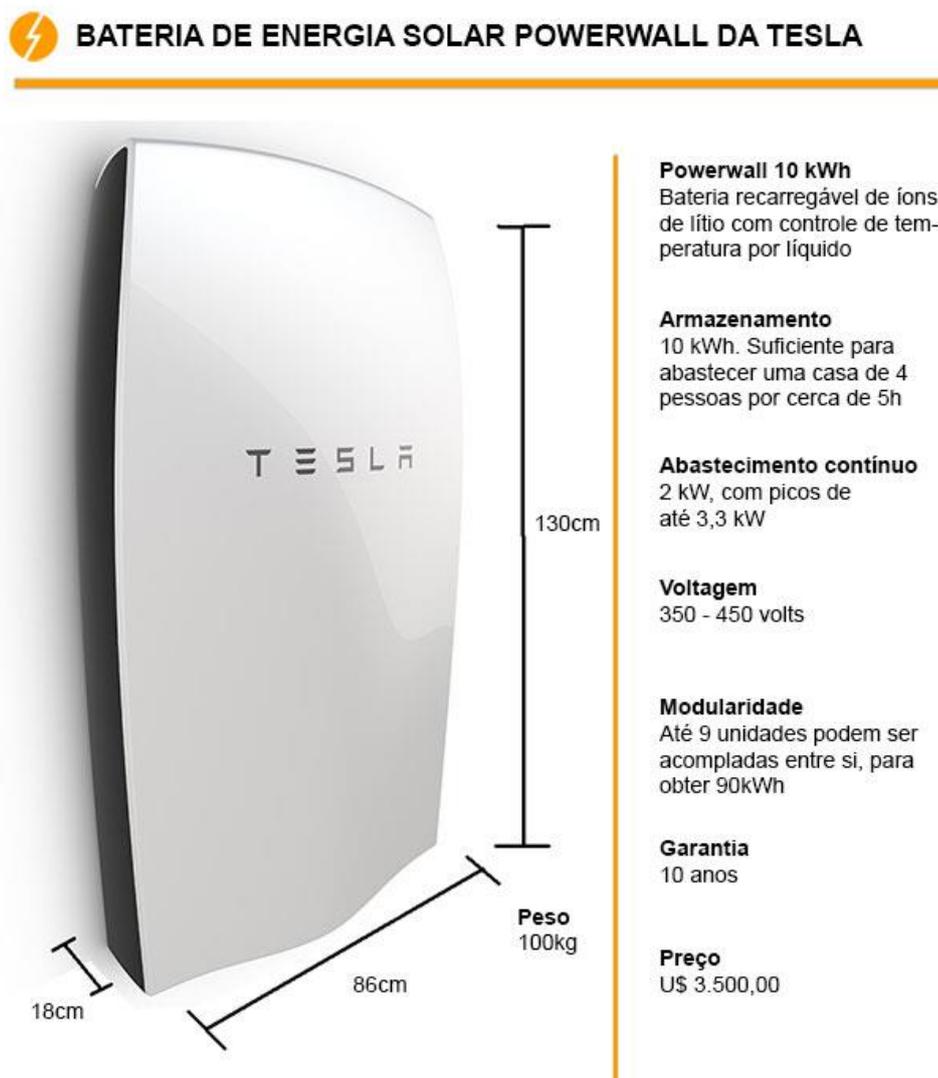
Eficiência - Mostra a relação entre a energia retirada de uma bateria e a quantidade de energia que se tem de colocar para que ela volte ao mesmo estado de carga anterior. Considerando o ciclo diário de carga e descarga das baterias em sistemas fotovoltaicos, é importante que estas apresentem nível de eficiência elevado.

Vida útil - A vida útil de uma bateria termina quando ela não consegue mais armazenar 80% da energia que armazenava quando nova. Isso significa que ela precisa ser substituída. É um problema quando se considera que os sistemas fotovoltaicos estão situados em locais remotos, distantes de centros de manutenção. Além disso, os custos das baterias são relativamente altos para muitos usuários. Portanto, é importante que as baterias para sistemas fotovoltaicos tenham vida longa, de preferência acima de 3 ou 4 anos.

Manutenção - Podem ser usadas em sistemas fotovoltaicos tanto as baterias abertas, que necessitam de inspeção periódica do eletrólito e eventual adição de água, quanto as baterias seladas, do tipo "livre de manutenção", sem necessidade de reposição de água. Em aplicações pequenas em locais remotos, sem estrutura de manutenção, é recomendável que se use a bateria selada. Na compra de baterias, deve-se procurar examinar a documentação técnica do fabricante, principalmente: ciclo de vida para operação em sistemas fotovoltaicos com descarga de 20%; eficiência média por ciclo carga-descarga, tensão máxima de recarga; se há exigência de equalizações periódicas das baterias, qual é a periodicidade e os parâmetros a serem utilizados; corrente de carga; capacidade útil em Ah a uma corrente determinada; gráficos de números de ciclos versus profundidade de descarga, capacidade versus temperatura; tensão versus peso específico do eletrólito (mostrando região de formação de gás); tempo de vida projetado e taxa de auto descarga.

Pesquisas recentes, datada de 2015, mostram uma revolução neste setor. A empresa americana Tesla Motors, anunciou uma bateria de lítio íon, que promete ser um sistema de armazenamento multiuso, com capacidade de armazenamento de médio prazo, o que a tornaria a solução para os sistemas distribuídos para armazenamento de energia residencial para energia solar fotovoltaica.

Figura 7 - Bateria Tesla.



Fonte: Tesla, 2015.

4.5.2 Regulador de Tensão

O Regulador de Tensão ou controlador de cargas, é definido por Alvarenga (2001) como um equipamento utilizado em sistemas fotovoltaicos, basicamente, para proteção das baterias garantindo uma vida útil maior para as mesmas.

Para que um banco de baterias seja carregado, é necessário que a tensão de carga seja sempre superior à tensão da bateria, caso contrário as baterias enviarão energia para o sistema. Essa tensão não deve ser superior a um determinado limite, pois cargas muito rápidas diminuem

a vida útil das baterias, havendo um ponto ótimo de funcionamento. Também é importante monitorar para que descargas muito profundas não ocorram, pois, dependendo da intensidade, podem causar danos irreversíveis às baterias.

Regulador de tensão é um equipamento necessário para controlar a tensão a ser aplicada no banco de baterias, e que não permita a circulação de corrente para os painéis.

Pelas considerações de SBAMPATO (2008), existem muitos tipos de reguladores de carga no mercado, com grande variação de funções e preços, porém a seguir estão algumas características desejáveis.

- Vida útil esperada de pelo menos 10 anos;
- Chaveamento eletrônico (sem componentes eletromecânicos);
- Proteção contra inversão de polaridade dos módulos, baterias e cargas;
- Desconexão da carga para proteção das baterias contra descargas excessivas;
- Capacidade de curto-circuitar o (s) módulo (s) em caso de não utilização da energia gerada;
- Capacidade de suportar a corrente de curto-circuito do (s) módulo (s) especificado(s);
- Compensação das variações de temperatura;
- Indicações visuais (LEDS) para indicação de carregamento da bateria pelo módulo de geração fotovoltaica e para indicação de estado de carga da bateria;
- Proteção contra sobrecarga da bateria;
- Desconexão do módulo e da carga caso a bateria seja desconectada;
- Fusível de proteção contra curto-circuito no lado da carga;
- Capacidade de corrente mínima para o lado da carga de acordo com a aplicação, para o lado dos módulos deve ser compatível com as características dos mesmos;
- Tensão de circuito aberto do módulo fotovoltaico: mínimo de 25,0 V;
- Queda de tensão máxima: 0,55 V;
- Set-points ajustáveis;

- Autoconsumo: até 5 mA;
- Massa conectada ao pólo negativo;
- Faixa mínima de temperatura de funcionamento: 0° a 50°C;
- Existência de dispositivo para redução de tensão mecânica nos cabos e capacidade para receber cabos de bitola até 4mm²;
- Caixa resistente a impacto;
- Inexistência de dispositivo externo para reconexão manual das cargas quando ocorrer o desligamento por subtensão na bateria;
- Não interferência em sistemas de recepção de radiofrequência;
- Desconexão automática da carga caso haja sobretensão no circuito de saída e reconexão quando a tensão voltar ao normal;
- Capacidade para suportar até 25% de sobrecarga por até 1 minuto;
- Regulação de gaseificação da bateria;
- Equalização de bateria;
- Proteção eletrônica sem fusível;
- Capacidade prévia de alerta de subtensão na bateria;
- Capacidade de gerenciar a desconexão de cargas, desligando primeiro as cargas não prioritárias.

4.5.3 Inversores

São equipamentos que convertem energia elétrica de corrente contínua para corrente alternada, sendo por isso também conhecidos como conversores CC-CA. A maioria dos equipamentos elétricos são alimentados em corrente alternada, compatível com a rede elétrica das casas. Podem ser utilizados para alimentar uma carga isolada, ou interligar um gerador fotovoltaico à rede.

Este é um equipamento necessário em sistema fotovoltaico, pois a eficiência deste sistema está diretamente ligada a eficiência do inversor, também está neste equipamento uma das maiores parcelas do investimento total na montagem de um sistema fotovoltaico.

Os inversores podem ser divididos em três categorias:

- Onda quadrada: uso não recomendado.
- Onda senoidal modificada: aceitável para a maioria das aplicações.
- Onda senoidal pura: para aplicações especiais com distorção menor que 5%

Figura 8 - Inversor Fronius.



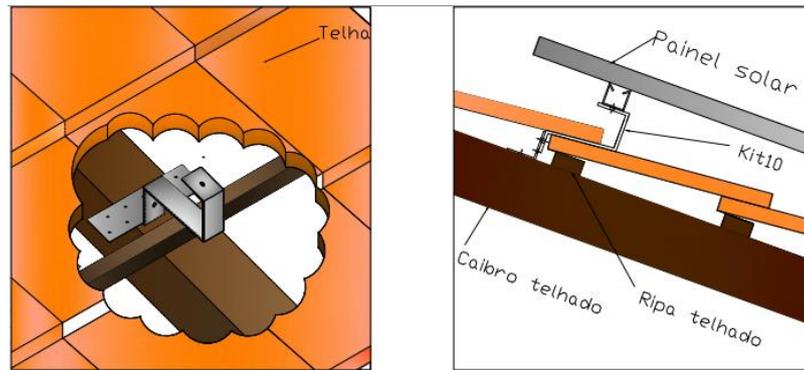
FRONIUS INVERSOR CENTRIUM ENERGY

Fonte: Centrium Energy.

4.5.4 Estruturas de fixação

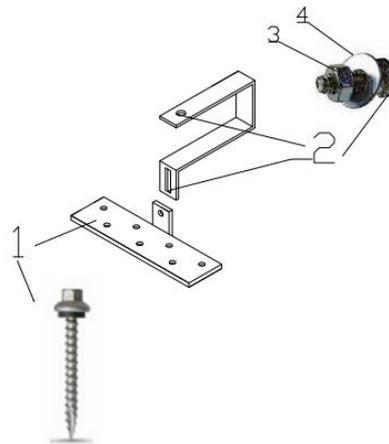
As placas solares, devido à sua área, oferecem uma grande superfície de contato. Isso faz com que estejam extremamente suscetíveis a serem arrancadas dos telhados pela força dos ventos. Utiliza-se, portanto, estruturas de fixação para que sejam corretamente instaladas. A escolha da estrutura de fixação ideal irá depender do tipo de telhado, podendo ser cerâmico, telhados com terço de concreto, telha metálica ou de fibrocimento, entre outros. Atrelados aos fixadores, colocam-se perfis de alumínio, e enfim fixadores entre as placas e os perfis. A seguir, os diferentes telhados e suas fixações.

Figura 9 - Fixação em telha cerâmica tipo anzol.



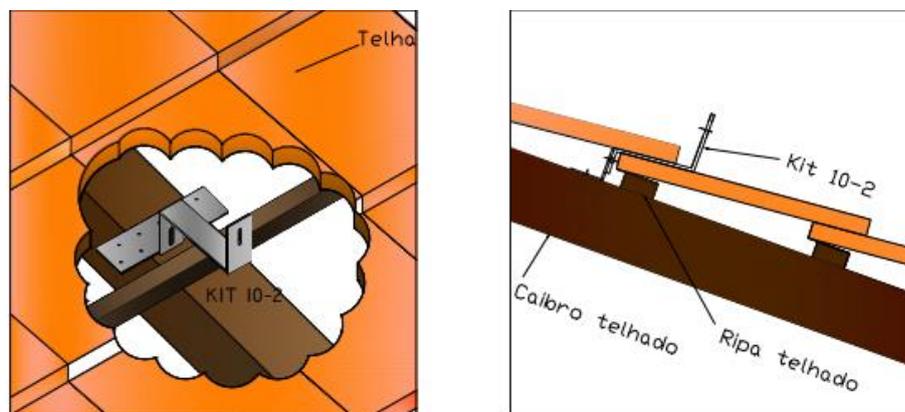
Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA.

Figura 10 - Parafusos de fixação de telha cerâmica tipo anzol.



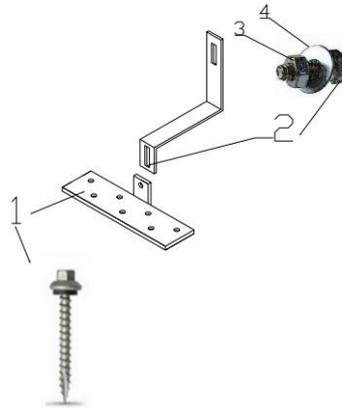
Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA

Figura 11 - Fixação em telha cerâmica tipo Z.



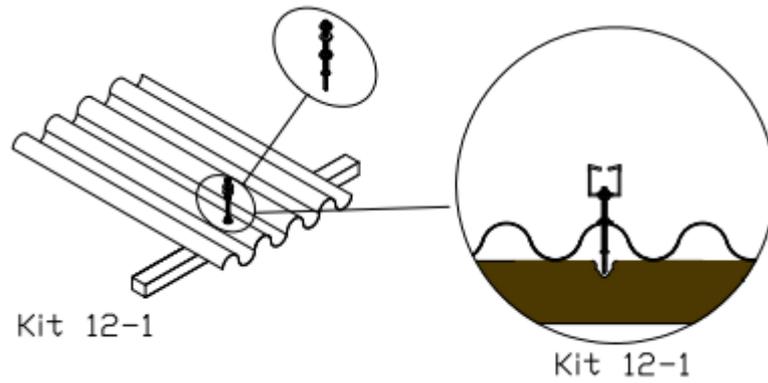
Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA

Figura 12 - Parafusos de fixação de telha cerâmica tipo Z.



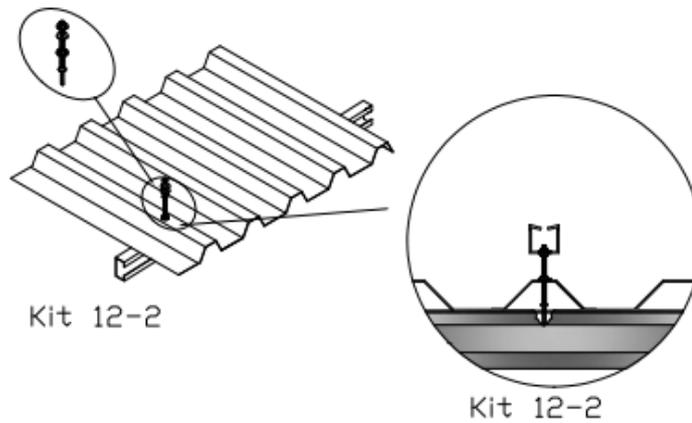
Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA

Figura 13 - Fixação em telhados de fibrocimento.



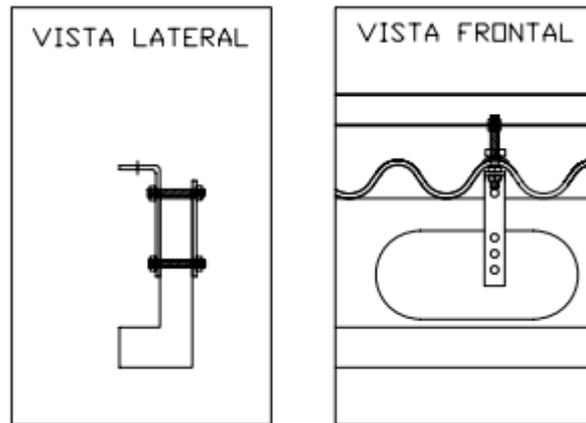
Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA

Figura 14 - Fixação em telhados metálicos.



Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA

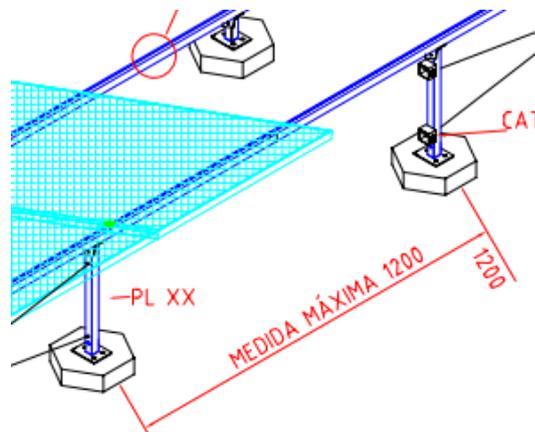
Figura 15 - Fixação em terça de concreto.



Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA.

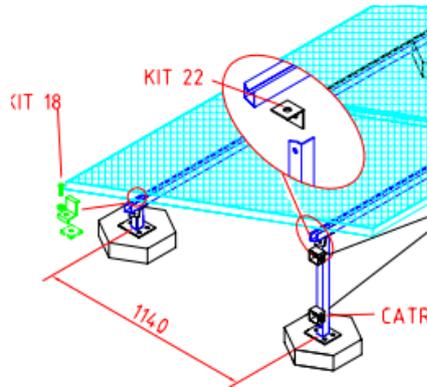
As fixações receberão barras compridas onde serão instaladas as placas. Normalmente são usadas duas barras em paralelo com uma distância pouco inferior à dimensão da placa. As imagens a seguir detalham as barras de suporte das placas.

Figura 16 - Afastamento entre os fixadores (01).



Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA

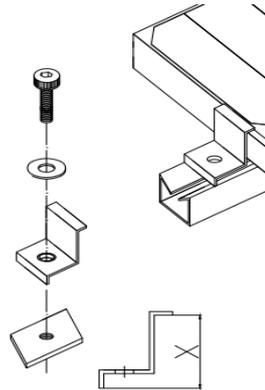
Figura 17 - Afastamento entre os fixadores (02).



Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA

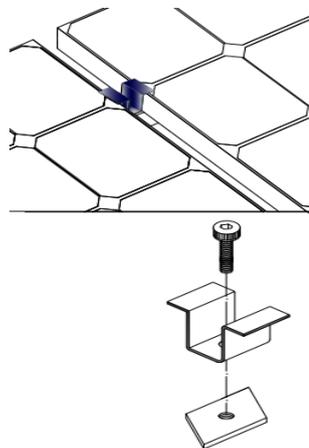
Para fixar as placas nas barras são usadas peças de fixação especiais, basicamente de dois modelos: de extremidade e intermediários. As Figuras 18 e 19 detalham esses fixadores.

Figura 18 - Fixação das placas nos perfis de alumínio (em extremidade).



Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA

Figura 19 - Fixação das placas nos perfis de alumínio (entre placas).



Fonte: WEINGARTNER & NUNES LTDA.

Caso não seja fixada no telhado, mas seja o sistema instalado no solo ou em laje superior plana, trabalha-se com concretagens e estrutura metálica para receber as barras.

4.6 Os incentivos para a energia fotovoltaica

Elaborar incentivos fiscais ou subsídios para que uma novidade seja emplacada no mercado é uma tarefa que agrega complicações ao longo de sua realização. Temos o exemplo da Alemanha, que para que a indústria não fosse desestimulada de implantar os novos sistemas, elevou o preço de venda de energia por parte do cidadão para a concessionária de energia, ou seja, o cidadão começou a lucrar mais com a mesma quantidade de energia produzida. Nos Estados Unidos foi implantado a mesma forma de incentivo, entretanto com maior rentabilidade ainda para o cidadão.

No Brasil a homologação de um sistema de energia solar de microgeração só passou a ser permitida a partir de 2012. Antes disso havia somente sistemas isolados para casos os quais a rede da concessionária de energia local não alcançava a região em questão e também para usinas solares de grande porte. A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) publicou em novembro de 2015 uma atualização da norma NR 482 (que rege a aprovação de um sistema de geração energia solar conectado à rede em qualquer concessionária do país), esta que aumentou os benefícios de quem tem em seu imóvel um sistema de micro geração fotovoltaica. As modificações são principalmente, a maior facilidade de homologar um sistema na concessionária local, reduzindo os prazos de resposta à homologação por parte da concessionária e a melhoria na dinâmica de aproveitamento de crédito. O aproveitamento de crédito ocorre quando a produção de energia é maior que o consumo, gerando, portanto, um valor que pode ser abatido em qualquer conta de energia nos próximos 60 meses ou ser creditado em uma conta de energia de outra UC (Unidade consumidora), desde que seja do mesmo proprietário da UC que gerou a energia e esteja regido pela mesma concessionária.

O Conselho Nacional da Política Fazendária – Ministério da Fazenda (CONFAZ), através do Ajuste SINIEF 2 em 2015, fez uma revogação no Convênio que estabelecia a tributação do ICMS da energia produzida pelas placas fotovoltaicas e lançada na rede. A partir dessa revogação, cada estado tem a opção de fazer ou não a cobrança do referido tributo. A seguir, os estados que já removeram a tributação do ICMS: Acre, Alagoas, Bahia, Ceará,

Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Maranhão, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, São Paulo e Tocantins.

Além dos incentivos diretos à energia solar, que estão progredindo de forma paulatina, percebemos também os fatores indiretos. O Brasil enfrenta atualmente problemas com a precificação de energia, que está cada vez mais cara. Em 2013 a presidente Dilma Rousseff anunciou que a tarifa de energia elétrica sofreria uma redução de até 20%. Esse referido procedimento só foi viabilizado devido às reduções ou até extinções de encargos sobre a tarifa, seguidas de renovações de contratos de concessão energética (geração e transmissão) pagando menos. Entretanto esse ajuste foi entendido posteriormente como um meio de ponderar suas contas pois em 2015 os aumentos na tarifa foram mais intensos. A presidente Dilma emitiu um comunicado no dia 11/08/2015 no qual alega estar lastimando o aumento na conta de luz. Sua justificativa foi que a falta de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas forçou a compra de energia das usinas termoeletricas, sendo que as termoeletricas vendem por um preço mais alto.

Há um consenso a nível nacional de que o país precisa das energias renováveis contribuindo significativamente com a produção de energia. É perceptível que o Brasil tem um potencial gigantesco para tal feito. Além disso seriam gerados inúmeros empregos. O momento ideal para as energias renováveis é este.

4.6.1 Incentivos em Goiás

Lançado em 14/02/2017, o Programa Goiás Solar foi criado pelo governo do estado, visando incentivar a geração e o consumo de energias renováveis, focando especialmente na energia solar em Goiás. Programa traz inúmeras ações de incentivo à energia solar em Goiás, dos quais podemos destacar a criação da linha de crédito FCO (Fundo de Financiamento do Centro-Oeste) Sol, programada para o primeiro semestre de 2017. A instalação de placas solares em casas de habitação social e a simplificação do licenciamento ambiental para projetos de energia solar fotovoltaica.

Fora essas ações de incentivos diretas, o programa visa ainda a negociação com instituições financeiras, públicas e privadas, para o lançamento de linhas de crédito adequadas ao fomento da energia solar fotovoltaica dentro do estado, além de buscar a simplificação e

agilidade nos processos burocráticos das conexões dos sistemas junto às concessionárias de energia.

Por fim, o programa possui ainda uma parte com foco na conscientização sobre os benefícios e as qualidades da energia solar fotovoltaica, a qual irá promover a capacitação e formação de profissionais para atuarem em todas as etapas da cadeia produtiva da energia solar fotovoltaica.

Segundo o site bluesol.com.br, como prova do comprometimento do estado com a geração fotovoltaica, algumas das ações do programa já estão em vigor, como a isenção do ICMS para micro e mini geração de energia, além de estudarem a aprovação de um projeto de lei que visa isentar esse imposto para equipamentos e insumos prioritários na construção de usinas fotovoltaicas.

Ainda voltado ao segmento de empresas, o estado também ampliou, de R\$ 50 mil para R\$ 200 mil, a linha de financiamento de energia solar fotovoltaica, através do Goiás Fomento, agência de fomento do estado.

4.7 Vantagens e desvantagens

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR, a energia solar fotovoltaica, como toda forma de energia existente já descoberta até hoje, possui suas vantagens e desvantagens.

Vantagens: A maioria das vantagens da energia solar está relacionada com os seus benefícios ambientais. Dentre os principais pontos, podemos destacar:

- **É renovável:** a energia advinda do sol pode ser considerada inesgotável. As tecnologias atuais, inclusive, permitem o armazenamento de calor durante certo tempo, de forma que, quando não há sol, a produção de eletricidade não é prejudicada.
- **É gratuita.** A energia advinda do sol não possui custos, haja vista que é um recurso oferecido pela natureza. A correta localização das usinas solares permite o máximo aproveitamento.
- **Ocupa pouco espaço.** Ao contrário, por exemplo, das hidrelétricas, a produção de energia solar não demanda a ocupação de grandes áreas, com processos de

desocupação de regiões naturais. Cada metro quadrado de energia solar equivale à inundação de cinquenta e seis metros quadrados de terras férteis que poderiam ser destinadas para produção de outros produtos

- **Não emite poluentes.** Ao contrário de outras fontes produtoras de energia, como as termoelétricas, as usinas solares não emitem poluentes na atmosfera.
- **Baixa necessidade de manutenção.** Apesar de ser uma tecnologia cara, os painéis ou placas utilizadas na produção de energia são resistentes e praticamente não oferecem custos de manutenção.
- **Acessível em lugares remotos.** Por não demandar grandes investimentos em linhas de transmissão, as usinas solares ou placas fotovoltaicas conseguem beneficiar aquelas comunidades mais afastadas dos grandes centros urbanos.
- **Fácil Instalação.** O sistema fotovoltaico é muito fácil de se instalar, mais fácil do que instalar um ar condicionado central ou aquecedor solar.

Desvantagens: Todo sistema de produção de energia possui o seu lado B, isto é, os seus efeitos colaterais. Com a energia solar não é diferente. Dentre as suas desvantagens, podemos citar:

- **Custo elevado.** Atualmente, a tecnologia de produção de energia solar é cara. As placas residenciais, por exemplo, são exclusividades da população economicamente mais rica, exceto nos casos em que o governo custeia ou financia o equipamento para lares de baixa renda. No entanto, a tendência é que esse equipamento fique mais barato nos próximos tempos.
- **Dependência climática.** As variações climáticas interferem rapidamente sobre a produção de eletricidade. Nas usinas solares, por exemplo, a produção interrompe-se quando o sol fica encoberto por mais de 23 horas seguidas, que é o tempo máximo de armazenamento de energia nessas unidades.
- **Baixa capacidade de armazenamento.** Apesar de a energia produzida ter o seu armazenamento viável e possível, ele não acontece em grandes quantidades em comparação a outras fontes de energia.
- **Baixo rendimento.** Os painéis e usinas solares de tecnologia fotoelétrica ou fotovoltaica possuem uma capacidade de rendimento muito baixa. Já nas usinas

solares térmicas, esse problema é um pouco menor, a exemplo da *Ivanpah Solar Electric Generating System*, a maior usina solar do mundo, localizada nos Estados Unidos.

- **Prejuízos ambientais.** As usinas solares não são tão ambientalmente corretas quanto se imagina. Apesar de não emitirem poluentes, elas são responsáveis por uma grande mortalidade de pássaros, que literalmente queimam em função do calor gerado no local de produção. Os espelhos das placas das usinas atraem-nos, fazendo com que morram.
- **Falta de Incentivos no Brasil.** O nosso Governo, não incentiva muito a energia solar com financiamentos a juros baixos e incentivos fiscais para tornar esta fonte de energia limpa e renovável acessível a todos.

4.8 Leituras Complementares

A importância do sol, e sua capacidade para a geração de energia elétrica limpa através de painéis de células fotovoltaicas, é muito bem abordada por MATAVELLI (2013). Em sua dissertação o autor, além de ressaltar a importância de nosso astro rei, descreve de maneira clara a relevância da energia elétrica para o padrão de vida da sociedade moderna. Traz ainda de maneira bem elaborada um descritivo dos materiais utilizados na montagem dos painéis fotovoltaicos, utilizados na transformação da radiação solar em energia elétrica.

O passo a passo para a montagem e implantação de um sistema de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos, assim como o conjunto de equipamentos que visam otimizar o aproveitamento da energia solar, foram abordados por RIBEIRO (2012). Nesta obra, *IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA*, o autor ainda esclarece todos os benefícios e as variáveis que interferem na conversão da energia solar em energia elétrica. Com uma linguagem clara e lógica, este trabalho teve grande importância na elaboração e no desenvolvimento deste estudo.

O artigo publicado por SHAIANI, OLIVEIRA e CAMARGO (2006), no “V CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGETICO”, traz um bom comparativo entre os custos de produção de energia por irradiação solar utilizando painéis fotovoltaicos e outros sistemas de produção de energia.

A possibilidade da utilização da fonte geradora de energia solar conectado à rede elétrica convencional, assim como os processos burocráticos e as vantagens para o

consumidor, foram abordados por BIGGI (2013). Em sua publicação, o autor apresentou, os passos para a implantação de um sistema fotovoltaico, conectado à rede elétrica tradicional, regulamentado pela ANEEL para todo país.

A ENOVA SOLAR, empresa de distribuição de materiais para montagem de usinas fotovoltaicas, em sua publicação, GUIA PARA EMPREENDEDORES FOTOVOLTAICOS (2016), apresenta dados atuais e completos que podem complementar quaisquer estudos já desenvolvidos neste contexto, além de traçar um caminho completo para engenheiros e outros profissionais que tenham interesse em desenvolver sua carreira de maneira sólida nesta área, fugindo um pouco do tradicional. Esta obra teve uma grande participação para o entendimento da viabilidade de utilização deste recurso alternativo de energia, além de motivar o desenvolvimento deste trabalho.

5. METODOLOGIA

Para entender o método de pesquisa utilizado neste trabalho, se faz necessário o entendimento de sua elaboração. Uma pesquisa de natureza qualitativa e informativa, foi elaborada, buscando identificar e compreender, os passos e os materiais utilizados, para a geração de energia elétrica a partir da radiação solar.

5.1 Metodologia de pesquisa

Uma pesquisa bibliográfica realizada, com o propósito de conhecer os equipamentos e métodos, necessários para caracterizar o funcionamento de um sistema fotovoltaico. Por ser um assunto, que está sendo estudado a mais de dois séculos, possuindo assim um longo histórico, embora, somente se tornou objeto de estudos mais complexos e detalhados à pouco tempo, por isso, o acervo de livros e artigos científicos, especialmente em português, não é tão vasto quanto outros temas tralhados. O acervo utilizado para este estudo consta de livros, artigos científicos e documentos sobre o tema. Foram utilizados, também, artigos e dissertações de graduação e mestrado.

5.2 Procedimentos da pesquisa

A construção deste trabalho, deu-se em duas vertentes, primeiramente, a análise de diversas publicação correlatas ao tema, para se obter uma melhor compreensão do assunto abordado. Em seguida, baseado em publicações e consultas a órgãos reguladores, foi montado um modelo para implantação do sistema de geração de energia através de células solares, na modalidade *on-grid*, apresentando todos os passos necessários desde a compra dos equipamentos, o dimensionamento e a apresentação dos projetos necessários para a implantação do mesmo.

Ao termino deste trabalho, deverá constar a importância da energia solar, fonte inesgotável e limpa de energia, levando em consideração a escala terrestre. Outra conclusão, é a viabilidade econômica proporcionada pelo uso dos atuais módulos de geração de energia em nossa região.

6. PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO

6.1 Introdução ao processo de implantação

Após publicação da REN 482 em abril/2012 pela ANEEL, foi aberto a possibilidade de qualquer pessoa ou empresa, que tenha uma unidade consumidora de energia elétrica, gerasse sua própria energia através de uma micro ou mini usina de geração de energia. Em novembro de 2015 foi publicada a alteração da REN 482, sendo denominada REN 687, sendo que esta entrou em vigor em 1º de março de 2016, pois foi dado um prazo para as distribuidoras se adequarem as novas regras.

As principais mudanças da REN 687 melhorou os prazos e adicionou novas possibilidades de geração distribuída, as principais mudanças foram:

- a) Prazo de aprovação do acesso ao sistema de compensação de energia passou de 82 dias para 32 dias;
- b) Microgeração passou de até 100 KW para até 75 KW;
- c) Minigeração passou de 100 KW até 1 MW para 75 KW até 5 MW;
- d) Possibilitou que sejam criados consórcios ou cooperativas entre várias unidades consumidoras.

Essas mudanças da REN 687 tornou mais viável e simples o processo do consumidor produzir sua própria economia.

O projeto a seguir, procura demonstra de maneira detalhada a viabilidade de um sistema de microgeração, *on-grid*, conectado à rede convencional com energia solar fotovoltaica, baseando-se na REN 482 e sua alteração REN 687. O estudo é proposto para uma residência unifamiliar real que ainda está em construção na cidade de Goianésia, Goiás, com dados reais e atualizados. Esta casa produzirá sua própria energia, sendo que gerará 90% do consumo mensal de energia. Para que seja gerado tal percentagem, um dimensionamento é feito, levando em conta os potenciais de geração de módulos fotovoltaicos, a média de horas de sol anual do local, inclinação e orientação ideal dos módulos.

Após o dimensionamento é feito o projeto e processo com a concessionária local de energia, que nesse caso é a CELG-D. O processo será descrito a seguir, assim como o orçamento de materiais e mão de obra necessários para a instalação dos equipamentos, e para que seja feita a ligação do sistema.

6.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

6.2.1 Análise Preliminar

Para dar início ao projeto, será calculado a média de consumo de energia do residente e conhecida a irradiação solar local da futura unidade consumidora. A média será calculada levando em conta os últimos 12 meses de consumo de energia elétrica da residência, esses dados estão presentes na conta de energia elétrica. Neste caso que a edificação está em construção, será feito uma estimativa baseada no projeto elétrico e nos equipamentos que vão ser usados pelo proprietário e no número de pessoas que habitará o local.

A começar pela irradiação solar local: a partir do endereço são retiradas a latitude e longitude local. Isso é feito através do Google Maps ou Google Earth. É necessário também que, nessa análise preliminar, sejam identificados todos e quaisquer obstáculos que possam vir a gerar sombreamento no sistema. A seguir, é mostrada a residência no Google Earth:

Figura 20 - Localização da edificação.

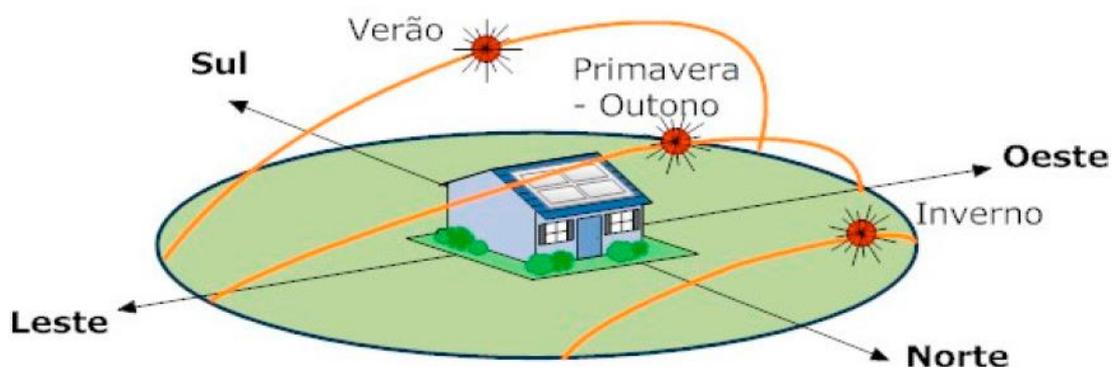


Fonte: Google Earth

Com a verificação da imagem e uma possível visita ao local, são retirados os seguintes dados:

- Sombreamento: Não há nenhum prédio ou outros obstáculos como grandes árvores fazendo sombra;
- Latitude: 15° S, sendo assim, os módulos ficarão posicionados para o Norte com inclinação ideal de 15°;
- Orientação do telhado: Pelo projeto pode-se ver que uma boa parte do telhado está situada para o norte, sendo que com medição no local será calculado a orientação ideal dos módulos.

Figura 21 - Posição e Espectro Solar.



Fonte: www.electronica-pt.com/instalacao-sistema-fotovoltaico

Com esses dados descobre-se que tem espaço disponível no telhado do residente, a inclinação dos módulos ideal é de 15° para o norte e não há sombreamento que diminuirá a eficiência do sistema.

Tabela 1 - Índice de incidência de irradiação Solar

REGIÃO	kW	kWh/m ²	kWh/Mês
Sul	1,0	4,2	134
Norte	1,0	4,5	145
Centro Oeste	1,0	5,2	167
Sudeste	1,0	4,5	145
Nordeste	1,0	5,6	178

Fonte: Solar Centrium Energy

Em seguida serão extraídos alguns dados da conta de energia atual do proprietário para o mês de Fevereiro/2017 para futuros cálculos.

Figura 22 - Conta atual de energia do proprietário.

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA FATURAMENTO / FORNECIMENTO				LANÇAMENTOS			QUANTIDADE	TARIFA	VALOR	
ATIVIDADE 6399-2/00 OUTRAS ATIVIDADES DE PRESTACAO DE SERVICOS DE CLASSE / TIPO DE LIGAÇÃO 03 01 RESIDENCIAL NORMAL MONOFÁSICO (0 a 12 kW) VENCIMENTO BASE BANCO AGÊNCIA CONTA CORRENTE 09/03/2017				CONTRIB. CUSTEIO DA ILUMIN.PUBLICA - CIP CONSUMO KWH + ICMS/PIS/COFINS 333,00 0,649240					RS****21,08	
DADOS DA MEDIÇÃO LEITURA ATUAL 68116 LEITURA ANTERIOR 67783 DIFERENÇA LEITURA 333 FM 1,000 TOTAL CONSUMO 333 MEDIDOR kWh 1665054-9 MÊS DE REFERÊNCIA 02/2017 DATA DE LEITURA ATUAL 20/02/2017 DATA DA LEITURA ANTERIOR 20/01/2017 DATA DA PRÓXIMA LEITURA 21/03/2017 DATA DA APRESENTAÇÃO 20/02/2017 NÚMERO DE DIAS FATURADO 31 MÉDIA / DIA 10,7419 MÉDIA TRIMESTRAL 334,6670 MÉDIA ANUAL 329,5830				COMPENSAÇÃO DE FIC MENSAL RS****-3,28 COMPENSAÇÃO DE FIC ANUAL RS****-0,23 COMPENSAÇÃO DE FIC TRIMESTRAL RS****-0,09						
HISTÓRICO DE CONSUMO				GRÁFICO						
REFERÊNCIA	HISTÓRICO CONSUMO	ENERGIA FATURADA								
FEV / 2017	333,00	LIDA								
JAN / 2017	362,00	LIDA								
DEZ / 2016	309,00	LIDA								
NOV / 2016	360,00	LIDA								
OUT / 2016	323,00	LIDA								
SET / 2016	344,00	LIDA								
AGO / 2016	335,00	LIDA								
JUL / 2016	312,00	LIDA								
JUN / 2016	306,00	LIDA								
MAI / 2016	291,00	LIDA								
ABR / 2016	340,00	LIDA								
MAR / 2016	340,00	LIDA								

Fonte: www.celg.com.br

Da conta de energia podem ser extraídos os seguintes dados:

- Média anual de consumo de energia: 329,5830 kWh;
- Tipo de Ligação: Monofásico;
- Valor da Tarifa do kWh: R\$ 0,649240

6.2.2 Análise do Consumo de Energia Elétrica

Mesmo quando o proprietário gera sua própria energia, este é obrigado a pagar à concessionária um valor referente à disponibilidade do serviço prestado e à disposição do sistema elétrico, chamado de Custo de Disponibilidade e em Goianésia, por herança da última administração, a taxa de iluminação pública rateada chama de CIP. O valor para o Custo de Disponibilidade foi definido pela Aneel para cobrir os custos de transmissão da energia e de manutenção do sistema e é cobrado de acordo com o Tipo de Ligação da Unidade Consumidora:

Tabela 2 - Custo de Disponibilidade

TIPO DE LIGAÇÃO	CUSTO DE DISPONIBILIDADE
Monofásico	30 kWh/mês
Bifásico	50 kWh/mês
Trifásico	100 kWh/mês

Fonte: ANEEL

Sendo assim, é interessante dimensionar o sistema para gerar o montante médio consumido em kW subtraindo-se o Custo de Disponibilidade, uma vez que o proprietário continuará pagando essa tarifa mínima de qualquer maneira. Desse modo, o cálculo do que o sistema deve gerar ficará assim:

$$Geração\ Ideal = CMA - CD \quad (1)$$

Onde:

- *CMA* : Consumo Médio Anual;
- *CD*: Custo de disponibilidade.

Nesse projeto, o proprietário tem uma Ligação do Tipo Monofásico (30 kWh) e o Consumo médio anual é de 329,58 kWh, sendo assim o cálculo ficará desse modo:

$$Geração\ Ideal = 330\ kWh - 30\ kWh \quad (2)$$

$$Geração\ Ideal = 300\ kWh$$

A Geração Ideal é de aproximadamente 300 kWh. Isso significa que, no final dos 30 dias do mês (em média) o Sistema Fotovoltaico deverá gerar em torno de 300 kWh (por isso os 300 kWh/mês). Para o dimensionamento, é melhor trabalhar com o valor de geração diária. Aplica-se então a equação abaixo, para determinar o valor da “Energia de Compensação em Média Diária”:

$$E_{CD} = \frac{Geração\ Ideal\ do\ Sistema\ mensal}{30} \quad (3)$$

Onde:

- *E_{CD}*: Energia de Compensação em Média Diária – em kWh/dia;
- 30: Constante relativa à quantidade de dias do mês, em média.

Aplicando-se esta equação a esta unidade consumidora, tem-se:

$$E_{CD} = \frac{300 \text{ kWh/mês}}{30} \quad (4)$$

$$E_{CD} = 10 \text{ kWh/dia}$$

Assim, o sistema ideal deve ser dimensionado para gerar um pouco mais que 10 kWh/dia devido às perdas ocorridas nos cabearmentos e no inversor de cerca de 2 e 3% respectivamente.

6.2.3 Dimensionamento do gerador solar

São muitas variáveis envolvidas nestes cálculos, para evitar possíveis erros e tornar viável e seguro a implantação deste projeto, foi feito um credenciamento junto a empresa Solar Centrium Energy, para o fornecimento de dados, orçamento e simuladores, tornando o cálculo rápido, preciso e com dados monitorados por profissionais com anos de experiência neste mercado.

Figura 23 - Resultado de Cálculo pelo simulador Solar.

The image shows a web-based solar simulator interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home / Simulador Solar Centrium Energy'. Below this is a header 'SIMULADOR SOLAR'. The main area is divided into input fields on the left and output results on the right. The input fields include: 'Estado' (Goiás), 'Cidade' (Goiânia), 'Consumo médio mensal (kWh)' (300), 'Valor kWh de sua cidade (R\$)' (R\$ 0,65), 'Cobertura Desejada: 300(kWh)' (100%), and 'Incidência Solar' (4.5 (Kwh/M²)). The output results are: 'Capacidade (Potência mínima necessária)' (2.22 kwp), 'Área ocupada pelo sistema no telhado' (15.30 m²), 'Peso sobre o telhado' (229.50 Kg), 'Produção estimada de energia' (3596.40 KWh / Ano), 'Sustentabilidade' (907 Kg CO² Ano), and 'Economia estimada' (R\$ 2.340,00 / Ano).

Fonte: Solar Centrium Energy

Com o uso de simulador fornecido pela Centrium, pode ser extraído os seguintes dados:

- Potencia mínima necessária de 2.22 kWp – Kilo-Watt-Pico
- Área ocupada pelo sistema no telhado de 15,30m²
- Peso sobre o telhado de 229,50 kg
- Economia estimada de R\$ 2.340,00 por ano.

6.2.4 Orçamento e detalhamento para o microgerador solar

O Microgerador solar, já especificado neste trabalho, é composto de vários itens e sua fixação assim como seu preço final dependerá em parte do tipo de telhado ao qual será colocado. Para este projeto, o telhado será em telhas galvanizadas, abaixo especificaremos cada item a ser utilizado:

O gerador de energia fotovoltaico de 2,56 kWp é composto por:

- 1 Inversor Fronius 4200013 galvo 2.5.1 wlan/lan/webserver
- 1 Painel solar Canadian cs6x-320p 72 células policristalino 6 polegadas 320w
- 25m Cabo solar Nexans energyflex br 0,6/1kv (1500 v dc) preto
- 25m Cabo solar Energyflex br 0,6/1kv (1500 vdc) vermelho
- 4 Conector mc4 Multi-contact 32.0016p0001-ur pv-kbt4/6ii-ur acoplador femea
- 4 Conector mc4 Multi-contact 32.0017p0001-ur pv-kst4/6ii-ur acoplador macho
- 2 Estruturas romagnole 410011 rs-136 solar p/telha ondulado zinco/fibrocimento 4 placas
- 1 String box abb 1slm300101a0790 quadro 01 ou 02 entradas/1 saída 1tr 25a 1000v

Figura 24 - Selo do INMETRO do módulo fotovoltaico.

Energia (Elétrica)		MÓDULO FOTOVOLTAICO
Fabricante		CANADIAN SOLAR BRASIL
Marca		CANADIAN SOLAR
Modelo		CS6X-320P
Mais eficiente		
Menos eficiente		
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (%)		16,7
Área Externa do Módulo (m ²)		1,92
Produção Média Mensal de Energia (kWh/mês)		48,06
Potência nas Condições Padrão (W)		320,00
<small>Relatório de Avaliação de Conformidade com Sistema e Equipamento para Energia Fotovoltaica Instruções de Instalação e recomendações de uso, veja o Manual do aparelho</small>		
<small>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTA EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</small>		

Fonte: Solar Centrium Energy

De acordo com a Aneel todos módulos fotovoltaicos devem ser homologados pelo Inmetro, este módulo está registrado sobre o número 004693/2015 no Inmetro.

O Paine solar CANADIAN CS6X-320P 72 célula policristalino 6 Polegadas 320W de 320W foi o escolhido, contendo uma garantia de 10 anos contra defeitos de fabricação e 25 anos de até 80% da eficiência.

O inversor escolhido foi o **FRONIUS 4200013 GALVO 2.5.1** que possui até 7 anos de garantia.

Figura 25 - Inversor e Painéis solares.

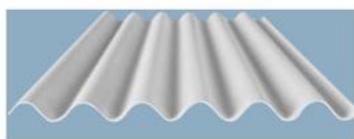


Fonte: Solar Centrium Energy

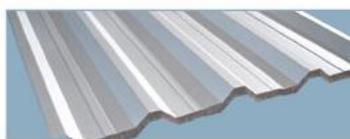
Figura 26 - Tipos de telhas suportadas por este Microgerador.

Estrutura para:

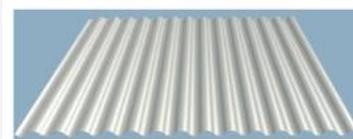
Telha Ondulada



Telha Sanduiche



Telha Zinco



Fonte: Solar Centrium Energy

6.2.5 Resumo do Sistema

Após esses cálculos, o sistema escolhido é:

Tabela 3 - Resumo do Sistema Dimensionado.

Potência pico do sistema	2,22 kWp
Área ocupada pelos módulos	16 m ²
Radiação solar do local	4,5 kWh/m ² /dia
Geração anual do sistema	3.596,40 KWh/ano
Economia anual	R\$ 2.340,00
Valor do Sistema	R\$ 10.333,17
Mao de Obra (instalação)	R\$ 2.500,00
Total do Investimento	R\$ 12.833,17
Retorno do Investimento	5,5 anos

Fonte: Próprio autor

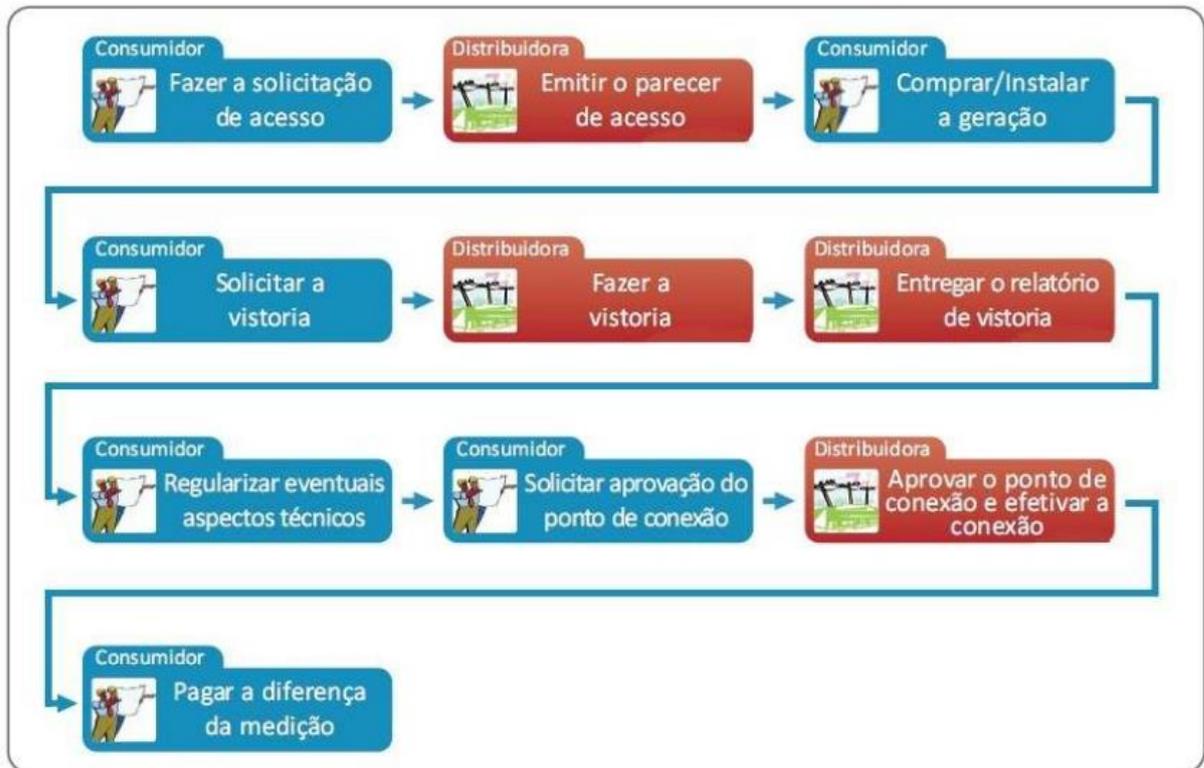
6.3 Requisitos para conexão de microgeração ao sistema de distribuição da CELG-D

A normativa da CELG-D que rege as exigências para conexão de um sistema de geração solar fotovoltaica à concessionária de energia é a NTC-71, Revisão 2. Ela é baseada principalmente nas Resoluções Normativas da ANEEL nº 414, nº 482 e nº 687. A resolução nº 414 foi datada em 09/09/2010 e estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica; a nº 482 é de 17/04/2012 e dita as condições para o acesso de minigeração e microgeração distribuída ao sistema de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e outras considerações; a nº 687 foi datada em 24/11/2015 e atualiza a resolução normativa nº 482.

A compensação de energia elétrica é a questão relevante financeiramente. Em outros países, existe o pagamento por parte da concessionária à unidade consumidora quando esta produz mais energia do que precisa. Entretanto aqui no Brasil existe somente a geração de crédito para abatimento em meses futuros. Funciona assim: é instalado um medidor bidirecional; durante o dia o sistema fotovoltaico instalado gerará energia para a edificação; o excedente é injetado no sistema de distribuição gratuitamente gerando crédito; o crédito gerado poderá ser usado durante a noite e, se ainda houver crédito no fim do mês, o remanescente ainda pode ser usado para abatimento em futuras contas de energia por um prazo de 60 meses (5 anos). Todo esse trabalho de compensação só se torna possível com a instalação do medidor bidirecional.

Para viabilizar um projeto ou para alterar a carga da geração o procedimento é o mesmo. A seguir, uma imagem que esquematiza a viabilização do acesso.

Figura 27 - Resumo das etapas para conexão da geração ao sistema de distribuição.



Fonte: NTC-71

Na figura: os itens na cor azul são atividades que devem ser desempenhadas pelo solicitante da ligação. Os itens em vermelho representam as etapas correspondentes à concessionária de energia.

A solicitação de acesso, primeiro item do procedimento, é um requerimento entregue à CELG-D, que será sujeito a análise de acordo com a ordem cronológica deste e de outros protocolos também entregues. Para microgeração, o formulário de solicitação pode ser encontrado nos anexos E (igual ou inferior a 10 kW) e F (superior a 10 kW) da NTC-71. Para minigeração, anexo G. Com a avaliação da solicitação de acesso a CELG-D emitirá o parecer de acesso. Somente a partir deste momento as obras podem ser iniciadas. Então virão a compra e instalação do equipamento.

Os prazos de emissão do parecer de acesso após receber a solicitação:

- Para microgeração: até 15 dias caso não haja necessidade de melhorias ou reforços e até 30 dias caso haja a referida necessidade;

- b) Para minigeração: até 30 dias para o caso de não haver necessidade de melhorias ou reforços e até 60 dias caso não haja.

Para a instalação do sistema fotovoltaico, são necessários os seguintes itens:

- a) Projeto Elétrico padronizado para o formato apresentado na ABNT NBR 10068 que defina o sistema de aterramento, apresente o layout da instalação e indique os dispositivos de proteção;
- b) A Anotação de Responsabilidade Técnica – ART deve acompanhar o projeto;
- c) Memorial Descritivo do projeto, que contempla a finalidade do projeto; a localização; especificações dos componentes; nome e assinatura do proprietário;
- d) Cronograma de Implantação;
- e) Diagrama Unifilar, apresentando seção e características de todo e qualquer condutor; dispositivos de proteção e suas características; indicação das cargas;
- f) Certificados dos Inversores;
- g) Formulário de informações para registro na ANEEL (Anexo D da NTC-71);
- h) Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (para o caso de geração compartilhada).

Vale lembrar que a instalação deve ser realizada conforme o descrito em projeto. Após todo esse procedimento, solicita-se a vistoria. O solicitante vai às agências (ou postos de atendimento) da CELG-D e informa o término das atividades necessárias para que o sistema comece a funcionar. A solicitação de vistoria deverá acontecer em até 120 dias após a obtenção do parecer de acesso. A concessionária terá então 7 dias para vistoriar o projeto em questão.

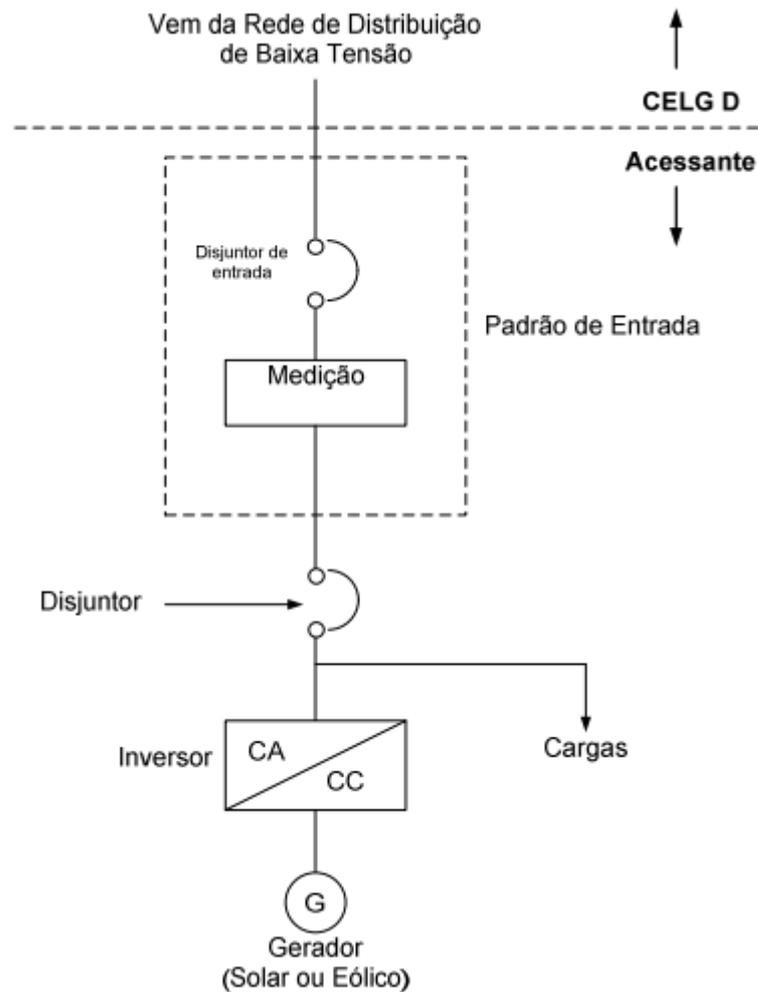
Na solicitação de vistoria deve estar contido:

- a) Relatório de comissionamento indicando as condições finais do sistema instalado;
- b) ART de execução;
- c) ART de execução do comissionamento.

Cabe à CELG-D arcar com as responsabilidades técnicas e financeiras do sistema de medição.

A forma de conexão com a rede, então, é representada no esquema a seguir:

Figura 28 - Forma de conexão do acessante à rede BT da CELG-D.



Fonte: NTC-71

6.4 Análise de viabilidade econômica do sistema

Ao se considerar a viabilidade econômica para este sistema, será mostrado a análise de VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno) em cima de um orçamento com a empresa Centrium e com mão de obra especializada da empresa Energize de Anápolis.

6.4.1 Resumo do Sistema

Em conformidade com nossa análise e seguindo sugestão do distribuidor Centrium após os dados por nos coletados e a ele apresentados, apresentamos aqui o orçamento para a solução escolhida.

Tabela 4 - Detalhamento do Microgerador Solar.

DESCRIÇÃO	VALOR TOTAL
33142-5 - Gerador de energia solar telha ondulada centrium energy - GEF-2560FGMS 2,56 KWP galvo mono 220v	R\$ 10.437,55
Materiais elétricos (projeção)	R\$ 800,00
Projeto e Solicitação na Concessionária	R\$ 500,00
Instalação e comissionamento	R\$ 2.500,00
Valor total do sistema instalado	R\$ 14.237,55

Fonte: Próprio autor – Dados da Centrium

6.4.2 Tempo de Retorno do Investimento

Para o cálculo do tempo de retorno do investimento, leva-se em conta a tarifa vigente de R\$ 0,65/kWh, o valor do sistema instalado de R\$ 14.237,55 e como foi apresentado nos cálculos acima a economia anual é de R\$ 2.695,00 no primeiro ano. Será considerado que os módulos têm uma perda anual de 0,7 % no rendimento, sendo que estes terão uma vida útil de 25 anos, sendo assim, no final dos 25 anos. Estes vão produzir no mínimo 80 % de sua eficiência nominal.

Levou-se em conta também um custo de capital de 6% ao ano, taxa esta que é igual ao rendimento da poupança no Brasil atualmente, e também inflação energética projetada de 6% ao ano.

Começa-se mostrando o fluxo de caixa do investimento:

Tabela 5- Fluxo de Caixa

ANO ÍNDICE	ENERGIA GERADA (MW)	RETORNO	CUSTOS	FLUXO DE CAIXA	FLUXO DE CAIXA TOTAL
0	4,14		-R\$ 14.237,55	-R\$ 14.237,55	-R\$ 14.237,55
1	4,14	R\$ 2.695,00	-R\$ 854,25	R\$ 1.840,75	-R\$ 12.396,80
2	4,11	R\$ 2.836,70	-R\$ 743,81	R\$ 1.957,34	-R\$ 10.439,46
3	4,08	R\$ 2.985,86	-R\$ 626,37	R\$ 2.060,26	-R\$ 8.379,20
4	4,05	R\$ 3.142,85	-R\$ 502,75	R\$ 2.168,59	-R\$ 6.210,61
5	4,03	R\$ 3.308,10	-R\$ 372,64	R\$ 2.282,61	-R\$ 3.928,00
6	4,00	R\$ 3.482,04	-R\$ 235,68	R\$ 2.402,63	-R\$ 1.525,37
7	3,97	R\$ 3.665,13	-R\$ 91,52	R\$ 2.528,96	R\$ 1.003,59
8	3,94	R\$ 3.857,84		R\$ 2.661,93	R\$ 3.665,52
9	3,91	R\$ 4.060,69		R\$ 2.801,90	R\$ 6.467,42
10	3,89	R\$ 4.274,20		R\$ 2.949,22	R\$ 9.416,64
11	3,86	R\$ 4.498,94		R\$ 3.104,29	R\$ 12.520,93
12	3,83	R\$ 4.735,49		R\$ 3.267,52	R\$ 15.788,45
13	3,81	R\$ 4.984,48		R\$ 3.439,32	R\$ 19.227,77
14	3,78	R\$ 5.246,57		R\$ 3.620,16	R\$ 22.847,93
15	3,75	R\$ 5.522,43		R\$ 3.810,51	R\$ 26.658,44
16	3,73	R\$ 5.812,80		R\$ 4.010,87	R\$ 30.669,31
17	3,70	R\$ 6.118,44		R\$ 4.221,76	R\$ 34.891,07
18	3,67	R\$ 6.440,15		R\$ 4.443,74	R\$ 39.334,81
19	3,65	R\$ 6.778,77		R\$ 4.677,39	R\$ 44.012,20
20	3,62	R\$ 7.135,20		R\$ 4.923,33	R\$ 48.935,53
21	3,60	R\$ 7.510,37		R\$ 5.182,20	R\$ 54.117,73
22	3,57	R\$ 7.905,26		R\$ 5.454,68	R\$ 59.572,41
23	3,55	R\$ 8.320,92		R\$ 5.741,48	R\$ 65.313,89
24	3,52	R\$ 8.758,43		R\$ 6.043,37	R\$ 71.357,26
25	3,50	R\$ 9.218,95		R\$ 6.044,37	R\$ 77.401,63

Fonte: Próprio Autor

A partir desse fluxo de caixa identifica-se que o investimento se paga no ano 6 e terá alta rentabilidade nos anos futuros.

7. CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentamos um breve histórico do desenvolvimento das células solares, objeto principal para a geração de energia elétrica por irradiação solar, o conceito de sistemas *On-grid* e *Off-grid*, as vantagens, a regulamentação e o potencial da energia solar fotovoltaica. Também um projeto para implementação real de um sistema *On-grid* de energia solar fotovoltaica homologada para uma residência unifamiliar.

Vale ressaltar que a sustentabilidade atualmente é um quesito muito importante ao sucesso de um empreendimento e que a mesma busca um equilíbrio baseado em um tripé fundamental: O ambiental, o financeiro e o social. Embora com incentivos governamentais ainda pequenos, a energia solar se adequa a este tripé.

As fontes de energia de origem solar apresentam processo de geração de eletricidade mais simples do que a obtenção de energia através de combustíveis fósseis ou nucleares. A sua utilização de forma distribuída apresenta as vantagens de redução de gastos com os sistemas de transmissão. Como se observou o país vem tentando ao longo dos anos estimular a fonte solar fotovoltaica, que é uma fonte de energia renovável alternativa, através de alguns programas de incentivo, e desta forma aumentar sua participação na matriz energética nacional. Porém, o que se tem feito não é suficiente, principalmente quando se leva em consideração que o Brasil possui um elevado potencial de aproveitamento de energia solar.

Consideramos ser de grande importância, que a população saiba dos benefícios e vantagens em se optar por esse tipo de tecnologia, através de campanhas promocionais e explicativas, pois o que é desconhecido normalmente sofre rejeição gerando baixa demanda.

Conclui-se que além da energia solar fotovoltaica ter um apelo muito grande à sustentabilidade e à construção de um mundo melhor para as novas gerações, esta tecnologia se mostra viável economicamente, considerando os fatores ambientais, o custo dos equipamentos, a disponibilidade de mão de obra na região, e a eficiência dos atuais módulos encontrados no mercado, como foi demonstrado no estudo de caso.

Outro ponto a se levar em conta é o número de empregos que esse setor tende a trazer para o Brasil. Com novas empresas abrindo a cada mês, a previsão é de que se empregue 4 milhões de pessoas até 2030, e que, nesse mesmo ano, o setor estará movimentando 100 bilhões de reais.

O que falta para que este setor cresça mais rápido no Brasil são incentivos tributários e econômicos, como subsídios em impostos municipais, estaduais e federais, além de financiamentos com juros subsidiados com prazos entre 5 e 10 anos.

8. BIBLIOGRAFIA

ABINEE; **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. 2012. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, 2012.

ENOVA SOLAR; **Guia para Empreendedores Fotovoltaicos 2016**.

<<http://www.enovasolar.com.br/cursos>. Acessado em fevereiro de 2017>

LAMARCA JUNIOR, M. R.; **Políticas públicas globais de incentivo ao uso da energia solar para geração de eletricidade**. 2012. 180 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP, São Paulo, 2012.

CRESESB.; **Energia Solar**: princípios e aplicações. Rio de Janeiro, 2006.

MATAVELLI, A. C.; **Energia solar: geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas**. 2013. 34f. Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Engenheiro Químico.

RIBEIRO, C. H. M. ; **Implantação de um Sistema de Geração Fotovoltaica**, 2012. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G.; CAMARGO, I. M. T.; **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**, 2006. 16f. Artigo do V CBPE : Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, dentro do tema Políticas públicas para a Energia: Desafios para o próximo quadriênio.

PEREIRA, A. C.; **Geração de Energia para Condomínio Utilizando Sistema Fotovoltaico Autônomo – Estudo de Caso em Edifício Residencial com Seis Pavimentos**, 2010.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG

ALVARENGA, C. A. Energia Solar. Lavras: UFLA / FAEPE, 2001.

Monografia apresentada ao departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação Latu Sensu em FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA.

CHUCO B. Otimização de operação em sistema isolado fotovoltaico utilizando técnicas de inteligência artificial. UFMS, Campo Grande, 2007.

Dissertação apresentada ao departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

BRAGA, R. P.; **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações** 2008. Monografia apresentada ao Curso de Engenheiro Eletricista da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BLUESOL. **Energia Solar: Como Funciona? – O Efeito Fotovoltaico**, disponível em <<http://www.blue-sol.com/energia-solar/energia-solar-como-funciona-o-efeito-fotovoltaico/>>, publicado em 23 de dezembro de 2011, último acesso em 26 de fevereiro de 2016.

Catálogo de produtos de fixação de estruturas, banco de dados da empresa Weingartner & Nunes LTDA

<<https://nacoesunidas.org/novo-estudo-da-onu-indica-que-mundo-tera-11-bilhoes-de-habitantes-em-2100>>, Acessado em abril de 2017

Eletricidade solar na faculdade Ciencias da Universidade de Lisboa
<www.solar.fc.ul.pt>, Acessado em abril de 2017