

FACULDADES INTEGRADAS DE BAURU
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Alan Victor Brasilio
Victor Ferreira Borges

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
RESIDENCIAL NA CIDADE DE BAURU-SP

BAURU
2017

Alan Victor Brasilio
Victor Ferreira Borges

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
RESIDENCIAL NA CIDADE DE BAURU-SP**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades Integradas
de Bauru para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil, sob a
coordenação da disciplina de TCC.**

**BAURU
2017**

Dados para a catalogação

Borges, Victor Ferreira; Brasilio, Alan Victor.

Análise técnica e econômica de um sistema fotovoltaico residencial na cidade de Bauru-SP. -- Borges, Victor Ferreira; Brasilio, Alan Victor. Bauru, FIB, 2017. 34f.

Monografia, Graduação em Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Bauru

Coordenador: FÁBIO CÉSAR BOVOLENTA

1.Sistema fotovoltaico. 2. Matriz energética. 3. Viabilidade econômica. I. Análise técnica e econômica de um sistema fotovoltaico na FIB- Faculdades Integradas de Bauru II. Borges, Victor Ferreira; Brasilio, Alan Victor. III. Faculdades Integradas de Bauru.

CDD 620

Alan Victor Brasílio
Victor Ferreira Borges

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONOMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
RESIDENCIAL NA CIDADE DE BAURU-SP**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado às Faculdades
Integradas de Bauru para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Civil.**

Bauru, 16 de novembro de 2017.

Banca Examinadora:

Presidente/ Coordenador: FÁBIO CÉSAR BOVOLENTA

Professor 1: ALESSANDRO TIEGHI DE SENE

Professor 2: DANYLO SEMIM GARCIA

**BAURU
2017**

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus por ter me capacitado estar presente em minha vida, a minha família e aos meus pais Valdeci Brasílio e Maria José Oliveira Brasílio por sempre me apoiar e ser meu porto seguro, minha namorada Ana Flavia Toledo por ter me incentivado a iniciar a faculdade e me apoiar em todos os momentos.

Alan Victor Brasílio

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, aos meus familiares, principalmente a minha esposa Carolina Favaro Borges por me apoiar sempre e me ajudar nesta conquista e ao meu filho Matheus Favaro Borges que chegou no último ano do curso pra fechar com chave de ouro.

Victor Ferreira Borges

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbramos um horizonte superior, eivados pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao nosso orientador, FÁBIO CÉSAR BOVOLENTA pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos nossos familiares, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

*“Se você quer transformar o mundo,
experimente primeiro promover o seu
aperfeiçoamento pessoal e realizar
inovações no seu próprio interior”.*

Dalai Lama.

BORGES, Victor Ferreira; BRASILIO, Alan Victor. **ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL NA CIDADE DE BAURU-SP.** 2017. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - FIB. Bauru, 2017.

RESUMO

Neste trabalho foram apresentados os tópicos da Energia Solar Fotovoltaica, abordando os princípios teóricos e os aspectos práticos através de um caso concreto em uma residência. Demonstrou-se a análise técnica e econômica através do cálculo de placas fotovoltaicas e do custo de implantação do sistema em um imóvel com um consumo de 184,59 kWh por mês, destacando-se assim uma forma de geração de energia elétrica atual.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico. Matriz energética. Análise técnica e econômica.

BORGES, Victor Ferreira; BRASILIO, Alan Victor. **ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL NA CIDADE DE BAURU-SP.** 2017. 34f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - FIB. Bauru, 2017.

ABSTRACT

In this work the topics of Photovoltaic Solar Energy were presented, approaching the theoretical principles and the practical aspects through a concrete case in a residence. The technical and economic analysis was demonstrated through the calculation of photovoltaic panels and the cost of installing the system in a building with a consumption of 184.59 kWh per month, thus highlighting a form of current electricity generation.

Keywords: Photovoltaic system. Energy matrix. Technical and economic analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: ESTRUTURA DE PARTICIPAÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA NO BRASIL	18
FIGURA 2: CÉLULA DE SILÍCIO MONOCRISTALINO.....	21
FIGURA 3: CÉLULA DE SILÍCIO POLICRISTALINO.....	21
FIGURA 4: CÉLULA DE SILÍCIO AMORFO.....	22
FIGURA 5: SISTEMAS ISOLADOS (OFF GRID)	24
FIGURA 6: SISTEMAS CONECTADOS À REDE (GRID-TIE)	24
FIGURA 7: ÁREA ÚTIL DO TELHADO PARA INSTALAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS	26
FIGURA 8: RADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA – MÉDIA ANUAL.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: EQUIPAMENTOS ELÉTRICO-ELETRÔNICOS E SEUS CONSUMOS DE ENERGIA E GASTOS EM REAIS.....	27
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CC – Corrente contínua

AC – Corrente Alternada

MIGDI – Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica

SIGFI – Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes

CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

LED – Light Emitter Diode

ANEEL– Agência Nacional de Energia Elétrica

UNICAMP- Universidade Estadual de Campinas

TUE- Tomada de uso Especifico

TUG- Tomada de uso Geral

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	15
1.2	Objetivo geral	16
1.3	Objetivos específicos	16
1.4	Estrutura do trabalho	16
2	HISTÓRIA FOTOVOLTAICA	17
3	A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS E OUTRAS FONTES	18
3.1	Vantagens e Desvantagens da energia solar fotovoltaica	19
4	ESTRUTURA DE UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA	20
4.1	Células de silício monocristalino	20
4.2	Células de silício policristalino	21
4.3	Células de silício amorfo	21
5	SISTEMA FOTOVOLTAICO	22
5.1	Sistemas Isolados (Off-grid)	23
5.2	Sistemas Conectados à Rede (Grid-Tie)	24
6	CONTEÚDO DA PESQUISA	24
6.1	Área útil disponível para instalação das Placas Fotovoltaicas	25
6.2	Cargas elétricas	26
6.3	Níveis de Radiação Solar Incidentes da Região	29
6.4	Cálculo do Projeto Solar Fotovoltaico	30
7	CONCLUSÃO	31
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo da população e do consumo de energia em escala mundial tem motivado interesse crescente por formas de energias mais limpas e renováveis, de modo a permitir a satisfação das necessidades energéticas. Dessa forma, identifica-se a necessidade de um modelo baseado no desenvolvimento sustentável a longo prazo.

A maior parte da energia elétrica produzida no Brasil é de origem hidráulica, oferecendo para a sociedade uma energia renovável e, do ponto de vista dos efeitos globais sobre o clima, uma energia limpa. Mas, a energia elétrica produzida por fonte hidráulica possui certa sazonalidade, pois depende do regime hídrico dos rios, das principais bacias, onde se situam os maiores aproveitamentos. Aproveitar outras fontes de energia, que sejam complementares a este regime sazonal, é uma alternativa bastante conveniente para o país, pois preserva recursos ambientais e econômicos.

As fontes de energia hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e a energia dos oceanos são formas indiretas para transformação em energia elétrica. No caso de radiação solar, a energia pode ser utilizada diretamente como fonte térmica de aquecimento ou para geração de energia elétrica, dentre os quais se destacam a conversão fotovoltaica.

Entende-se como energia fotovoltaica:

A estrutura de oferta e demanda setorial de energia, contemplando as diferentes fontes primárias e secundárias, bem como os diversos usos no sistema socioeconômico, constitui o que usualmente se chama de matriz energética (NOGUEIRA; CARDOSO, 2007, p. 34).

Para a geração de eletricidade, o Brasil utiliza recursos hidráulicos como principal fonte de energia em sua matriz energética. Cerca de 78% da energia elétrica gerada é de origem hidráulica. Apesar de estudos mostrarem que o Brasil utiliza apenas 25% de seus recursos hidráulicos, boa parte encontra-se em lugares de baixas quedas, distantes os grandes consumidores (NOGUEIRA; CARDOSO, 2007).

A energia elétrica produzida a partir de luz solar, e pode ser produzida mesmo em dias nublados ou chuvosos. Quanto maior for a radiação solar maior será a quantidade de eletricidade produzida (PORTAL SOLAR, 2017).

O processo do sistema fotovoltaico é relativamente simples:

A luz solar, através de seus fótons, é absorvido pela célula fotovoltaica. A energia dos fótons da luz é transferida para os elétrons que então ganham a capacidade de movimentar-se. O movimento dos elétrons, por sua vez, gera a corrente elétrica (NEOSOLAR, 2017).

O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células apresentam um índice teórico de eficiência de, aproximadamente, 25% e eficiência comercial de 5 a 15% (conversão da radiação solar em energia elétrica). A insolação diária (média anual) no Centro Oeste e Sudeste no nosso País é de 6 a 7 horas e a média anual nacional de radiação solar diária (figura 8) é de, aproximadamente, 5.700 Wh/m²/dia que é igual a 5,7 KWh/m²/dia (Aneel, 2017)

1.1 Justificativa

Espera-se que este tipo de estudo evidencie que, muito embora a tecnologia de geração de energia fotovoltaica apresente custos de investimentos iniciais elevados, com a desvantagem de proporcionar baixa produtividade de energia em dias nublados ou durante estações do ano com baixos índices de radiação solar, sua aplicação reflita em muitos outros benefícios, tais como:

- **Social:** por intermédio de melhores condições de saúde e segurança do trabalho, e quem instala as placas solares fotovoltaicas, pela emissão “zero” de choques elétricos, ruídos e vibrações;
- **Ambiental:** por intermédio de melhores condições ambientais a população pela emissão “zero” de gases poluentes;
- **Comercial:** pela exploração do marketing social e ambiental e a melhoria da imagem da empresa perante investidores e sociedade em geral;

- **Industrial:** por representar um incentivo à inovação tecnológica;
- **Econômico:** por ser um sistema que não utiliza óleo diesel (combustível fóssil poluente e caro), ou seja, somente fonte solar de energia gratuita.

1.2 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho consiste em reduzir significativamente o consumo de energia elétrica distribuída pela concessionária, obtendo ganhos econômicos.

Analisar a capacidade e a confiabilidade da utilização de placas com células fotovoltaicas na alimentação de equipamentos eletro/eletrônicos residenciais, comerciais ou industriais com o intuito de gerar economia financeira e também cujo impacto ambiental é mínimo.

1.3 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Reduzir significativamente o consumo de energia elétrica distribuída pela concessionária;
- Diminuir a utilização de recursos híbridos, antevendo-se às tendências climáticas (seca de rios, reservatórios de água com níveis abaixo do esperado, entre outros);
- Minimizar o uso de combustíveis fósseis nas termoelétricas (óleo diesel e carvão) e, conseqüentemente, a poluição do meio ambiente;
- Ser sustentável.

1.4 Estrutura do trabalho

- História fotovoltaica;
- A geração de energia elétrica através de módulos solares fotovoltaicos e outras fontes;
- Estrutura de uma Célula Fotovoltaica;
- Sistema Fotovoltaico;
- Conteúdo da pesquisa;
- Conclusão;

- Considerações finais.
- O trabalho foi estruturado em capítulos para uma melhor compreensão.
- O primeiro capítulo trata sobre a introdução, a qual engloba a justificativa, o objetivo geral, os objetivos específicos e a estrutura do trabalho.
- O segundo capítulo fundamenta sobre a história fotovoltaica.
- O terceiro capítulo aborda como se gera energia através dos módulos solares fotovoltaicos e outras fontes.
- O quarto capítulo apresenta a estrutura de uma célula fotovoltaica.
- O quinto capítulo explana os procedimentos metodológicos adotados.
- O sexto capítulo apresenta a conclusão.
- O sétimo são as considerações finais.

2 HISTÓRIA FOTOVOLTAICA

O Efeito Fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Edmund Becquerel, numa solução de selênio. Becquerel notou o aparecimento de uma tensão entre os eletrodos de solução condutora, quando esta era iluminada pela luz solar. Mais tarde, por volta do ano de 1870, o efeito fotovoltaico foi estudado em sólidos, tal como o selênio e, por volta de 1880, a primeira célula fotovoltaica foi construída utilizando-se o selênio. A eficiência desta célula era na faixa de 2%.

Os principais eventos na história do desenvolvimento dos equipamentos de conversão de energia solar fotovoltaica são descritos abaixo:

- (1839) Efeito Fotovoltaico (Becquerel);
- (1870) Efeito Fotovoltaico estudado em sólidos;
- (1880) Construção da primeira célula fotovoltaica;
- (1950) Início das pesquisas para aplicações práticas;
- (1954) Primeira célula fotovoltaica de silício;
- (1973) Estudo de novas aplicações.

O sistema fotovoltaico iniciou-se em 1954, sendo que

Os executivos da Bell Labs (a mesma empresa originada por Alexander Graham Bell, o inventor do telefone) impressionaram a imprensa anunciando a primeira célula solar comercial. Batizada como “Bell Solar Battery”, o equipamento era capaz de energizar um radio transmissor de voz e música. (SOLTICIO ENERGIA, 2017)

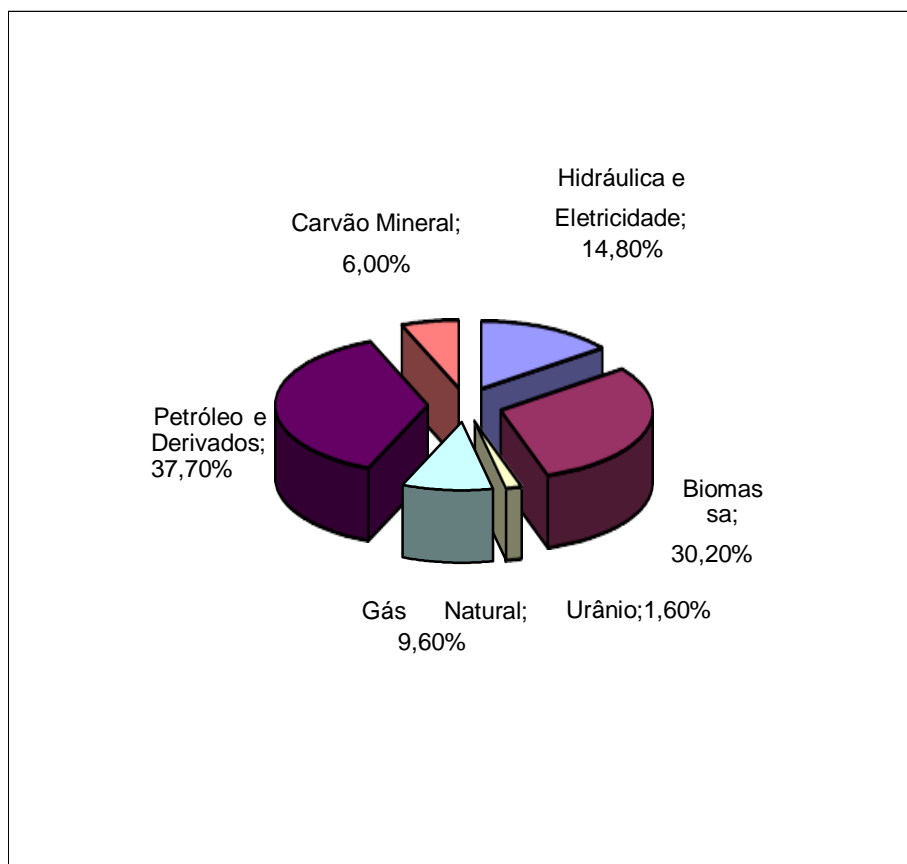
3 A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS E OUTRAS FONTES

Fontes de energia podem ser classificadas em:

- Fósseis, como petróleo, carvão e gás natural;
- Nucleares; exemplos
- Solares, incluindo os raios solares e a energia consequente deles, tais como ondas e ventos, força hidráulica e materiais de origem vegetal, os quais são produzidos pelo Sol através da fotossíntese, como a biomassa.

As turbinas e geradores, necessitam de uma rotina de manutenção mais complexa, devido ao desgaste natural das peças móveis para gerar energia térmica em uma caldeira, precisa queimar combustível fóssil o que emite gases nocivos ao meio ambiente, causando efeito estufa.

Figura 1: Estrutura de participação das fontes de energia no Brasil



Fonte: EPE, 2007

Para gerar a energia fotovoltaica possui apenas células solares,

responsáveis pela geração de energia, e de um conversor CC-CA para estabelecer a tensão e frequência para os valores nominais dos aparelhos. Tornando o processo mais simples, sem emissão de gases poluentes ou ruídos e com uma necessidade mínima de manutenção.

3.1 Vantagens e Desvantagens da energia solar fotovoltaica

São diversas as vantagens da energia solar fotovoltaica. É uma energia limpa, pois não gera nenhum tipo de poluição. A durabilidade dos módulos é superior a 25 anos, com a mínima manutenção. Para fazer a instalação é simples e não há necessidade de consumo de combustível fóssil. Sendo a principal: não há conta para pagar de energia elétrica, afinal, o Sol nasce para todos, e é de graça.

As vantagens são:

- Não consome combustível fóssil;
- Não produz poluição nem contaminação ambiental;
- É silencioso;
- Tem uma vida útil superior a 25 anos;
- É resistente a condições climáticas extremas (granizo, vento, temperatura e umidade);
- Não possui peças móveis e, portanto, exige pouca manutenção (só a limpeza do painel);
- Permite aumentar a potência instalada através de incorporação de módulos adicionais;
- Gera energia mesmo em dias nublados.

As principais desvantagens:

- As células fotovoltaicas necessitam de tecnologia sofisticada para a sua fabricação;
- O custo de investimento é elevado;
- O rendimento real de conversão de um módulo é reduzido, face ao custo de investimento;

- Seu rendimento é atrelado ao índice de radiação, temperatura, quantidade de nuvens, dentre outros.

4 ESTRUTURA DE UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA

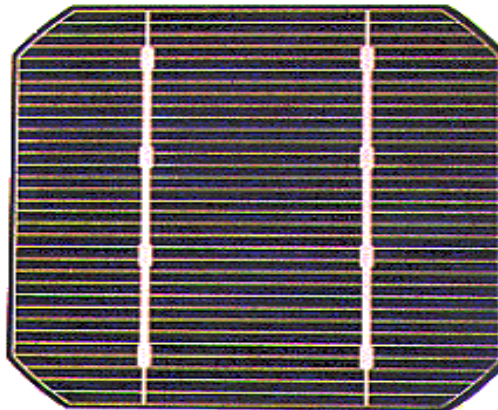
A produção das primeiras células possuíam baixo rendimento, em torno de 2%, e custavam em media US\$ 600/W. Porém, atualmente já se pode encontrar células com rendimento acima de 10%, podendo atingir 18% dependendo do material utilizado e com custo médio de US\$ 6,00/W, tendendo a diminuir cada vez mais. Ao contrario da maioria dos outros semicondutores, o dispositivo fotovoltaico não usa a estrutura normal do silício, como nos diodos, ao invés disso usa uma fina camada de óxido transparente. Estes óxidos são altamente transparentes e tem alta condutividade elétrica. Camadas anti-reflexo podem ser usadas para cobrir uma célula fotovoltaica. Os cristais policristalinos são grãos minúsculos de material semicondutor. As propriedades dos filmes policristalinos são diferentes do silício normal. Ele provou ser melhor para criar um campo elétrico entre dois materiais semicondutores diferentes. Podem ser constituídos e classificados de acordo com a sua estrutura molecular, que são os monocristalinos, policristalinos e silício amorfo.

4.1 Células de silício monocristalino

As células de silício monocristalino são historicamente as mais usadas e comercializadas (figura 2). Para sua fabricação é um processo muito bem constituído. Este material é desoxidado em grandes fornos, purificado e solidificado. Com esse processo atinge um grau de pureza entre 98 e 99% o que é razoavelmente eficiente sob o ponto de vista energético e custo. Com um fragmento do cristal devidamente orientada e sob-rígido controle de temperatura, vai-se extraíndo do material fundido um grande cilindro de silício monocristalino levemente dopado. Este cilindro obtido é cortado em fatias finas de aproximadamente 300 microm.

Dentro da gama de células fotovoltaicas que utilizam o silício como material base, as monocristalinas são, em geral, as que apresentam as maiores eficiências. Um painel solar que use estas células solares obtidas com o processo descrito atinge uma eficiência de até 15% podendo chegar em 18% em células feitas em laboratórios.

Figura 2: Célula de silício monocristalino



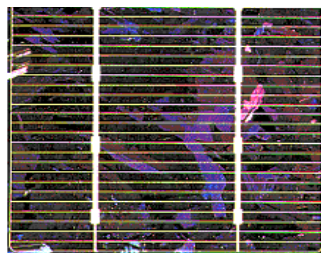
Fonte: Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos

4.2 Células de silício policristalino

Silício policristalino, (também chamado polisilício ou como silício multicristalino), (Figura 3) é um material que consiste em pequenos cristais de silício. São mais baratas que as de silício monocristalino por exigirem um processo de preparação das células menos rigoroso. A eficiência, no entanto, diminui em comparação às células de silício monocristalino.

A eficiência teórica máxima do processo de conversão de luz solar em energia elétrica é de 27%, mas valores nas faixas de 15 a 18% são encontrados em produtos comerciais.

Figura 3: Célula de silício policristalino



Fonte: Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos

4.3 Células de silício amorfo

Estas células são obtidas por meio da deposição de camadas finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal. Uma célula de silício amorfo difere das

demais estruturas cristalinas por apresentar alto grau de desordem na estrutura dos átomos. A utilização de silício amorfo para uso em fotocélulas tem mostrado grandes vantagens tanto nas propriedades elétricas quanto no processo de fabricação. Por apresentar uma absorção da radiação solar na faixa do visível e podendo ser fabricado mediante deposição de diversos tipos de substratos, o silício amorfo vem se mostrando uma forte tecnologia para sistemas fotovoltaicos de baixo custo.

Figura 4: Célula de silício amorfo



Fonte: Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos

5 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Um sistema de energia solar fotovoltaico, também chamado de sistema de energia solar ou, ainda, sistema fotovoltaico, é um sistema capaz de gerar energia elétrica através da radiação solar. É composto por um ou mais módulos fotovoltaicos e por um conjunto de equipamentos complementares, como baterias, controladores de carga, inversores e outros equipamentos de proteção. Esses componentes variam de acordo com a aplicação do sistema fotovoltaico.

- Módulos fotovoltaico – Fazem o papel de coração, “bombeando” a energia Para o sistema. Podem ser um ou mais painéis e são dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade.

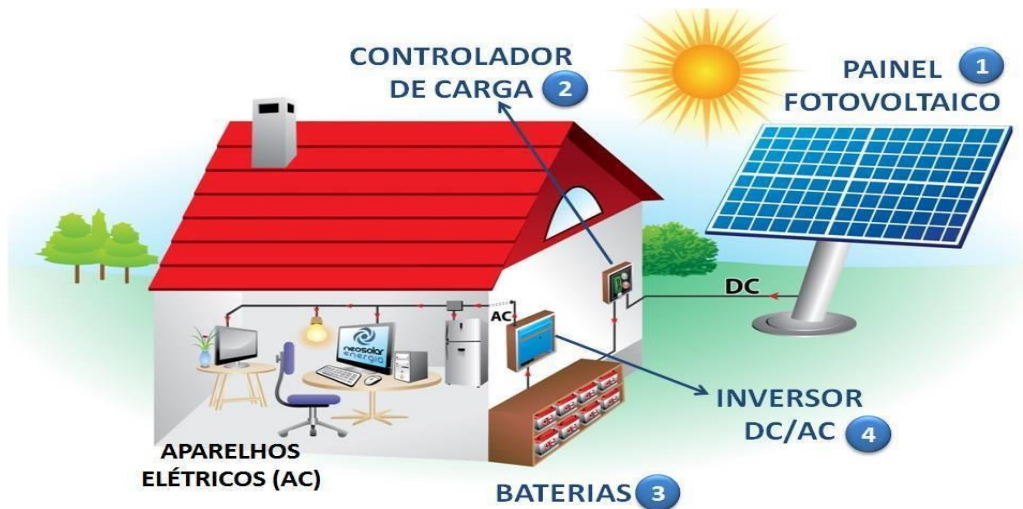
- Controladores de carga – Funcionam como válvulas para o sistema. Servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.
- Inversores – Cérebro do sistema, são responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (AC), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.
- Baterias – Trabalham como pulmões. Armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há sol.

Existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Isolados (**Off-grid**) e Sistemas Conectados à Rede (**Grid-tie**).

5.1 Sistemas Isolados (Off-grid)

Os Sistemas Isolados são utilizados em locais remotos ou onde o custo de se conectar a rede elétrica é elevado. São utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações, bombeio de água, etc. Já os Sistemas Conectados à rede, substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica (RICARDO AGUIAR, SUSANA CASTRO VIANA, ANTÓNIO JOYCE). Os sistemas isolados, representados na Figura 5, são comumente instalados em locais afastados, nos quais a rede elétrica não chega. Neste caso a geração atende uma unidade consumidora apenas. Os sistemas isolados necessitam de algum tipo de armazenamento, através de baterias por exemplo, para que seja possível utilizar energia elétrica em períodos nos quais não há radiação solar. Esses sistemas foram inicialmente regulamentados pela Resolução Aneel Nº 83/2004, que teve influência na inserção de sistemas fotovoltaicos nos programas de eletrificação rural no Brasil. Essa resolução foi substituída pela Resolução Aneel Nº 493/2012, que estabelece procedimentos e condições para Microsistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) além do Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI) (CEPEL, 2014).

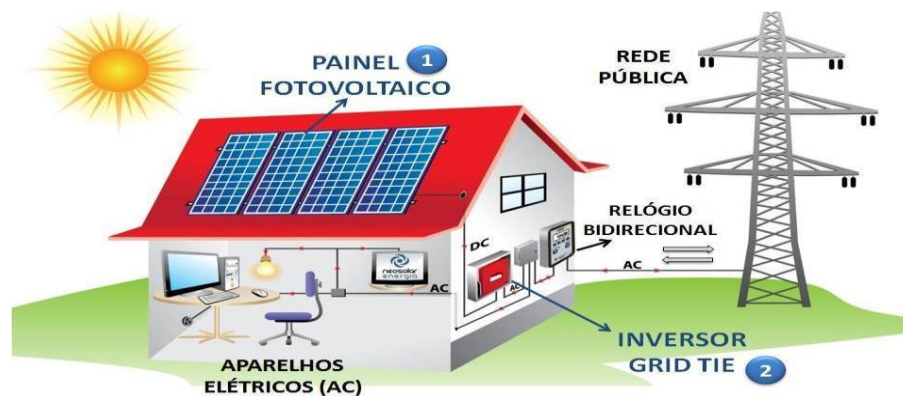
Figura 5: Sistemas Isolados (Off Grid)



5.2 Sistemas Conectados à Rede (Grid-Tie)

Os sistemas conectados à rede (Figura 6) são aqueles em que a potência produzida é entregue diretamente à rede elétrica, permitindo a substituição ou complementação da energia disponível na rede. É necessária a utilização de um inversor que atenda às exigências de qualidade e segurança da rede elétrica. Por outro lado, esse tipo de sistema dispensa o uso de baterias uma vez que, na falta de energia, é possível consumir energia da rede.

Figura 6: Sistemas Conectados à Rede (Grid-Tie)



Fonte: www.neosolar.com.br

6 CONTEÚDO DA PESQUISA

A realização do projeto de instalação de um sistema fotovoltaico exige uma área útil disponível para instalação das placas fotovoltaicas, o levantamento das características da carga elétrica a serem atendidas e sua distribuição ao longo

do dia. Isto são parâmetros que influenciam no tamanho, na otimização do uso e até mesmo na viabilidade técnico-econômica do sistema.

A análise baseou-se na coleta de dados junto às empresas, instituições, internet, literatura pertinente e pessoas envolvidas em energia fotovoltaica.

6.1 Área útil disponível para instalação das Placas Fotovoltaicas

Existem alguns fatores que incidem sobre o correto funcionamento de um sistema fotovoltaico:

- Qualidade dos componentes;
- Dimensionamento;
- Instalação e manutenção do sistema.

Desta forma, devem-se considerar as dimensões dos componentes básicos de um sistema fotovoltaico:

- Módulos fotovoltaicos;
- Controlador de carga;
- Inversor;
- Baterias.

Com relação ao local de instalação dos módulos, este deve ser suficientemente amplo para a instalação destes componentes, assim como, de fácil acesso para a manutenção dos mesmos.

Desta forma, definimos que os locais com as melhores condições para a instalação dos módulos estariam no telhado da residência, conforme apresentado na figura 7.

Num primeiro estudo, foi observada esta área útil do telhado, pois possibilita aproveitamento levando-se em consideração o local de maior exposição ao sol.

O dimensionamento de um módulo fotovoltaico, e por consequência, o dimensionamento de outros componentes do sistema fotovoltaico, é respaldado pelo cálculo da potência nominal gerada a partir da conversão da radiação solar; necessária para atender ao consumo médio diário da instalação a qual pretende se instalar o módulo fotovoltaico.

Figura 7: Área útil do telhado para instalação das placas fotovoltaicas



Fonte: www.plantapronta.com.br

Portanto, a partir da figura anterior foi possível estabelecer uma área disponível no telhado para a instalação dos módulos fotovoltaicos.

6.2 Cargas elétricas

As cargas elétricas de uma residência são supridas por sistemas de distribuição de energia elétrica para cargas atendidas em CA (Corrente Alternada). Para o estudo, foi direcionada uma análise para todas as cargas dos serviços da residência.

O balanço elétrico será feito por um grupo de equipamentos acrescentando 25% de perdas nos painéis e cabos elétricos por efeito Joule e também um acréscimo de 25% de folga para caso seja necessário futuramente a instalação de novos equipamentos elétricos adicionais ou substituição de equipamentos existentes por equipamentos mais robustos que demandem mais energia.

Todos os meses, ao receber a conta de luz, os consumidores devem pagar um valor estipulado pela companhia de energia elétrica referente ao consumo no período. Porém, como as empresas chegam aos valores que são cobrados em sua conta de luz?

Primeiro devemos pensar como vem sendo cobrado a conta de energia elétrica. A conta de energia vem em KWh e cada kW custa em torno de 0,41 centavos. Então precisamos pensar a quantidade que o equipamento elétrico vai consumir de energia. Isso é definido pelo potencia do aparelho que é dada em Watts (W).

Agora que já sabemos tudo isso podemos calcular o custo do consumo residencial de energia através da equação 1:

$$W = P.T \quad (1)$$

Onde:

W = energia consumida (Wh);

P = Potencia do equipamento elétrico (watts);

T = tempo de uso do equipamento (horas);

Exemplo: Calcular quantos reais da sua conta de energia elétrica é destinada para o uso de um chuveiro de 5400 Watts?

$$P = 5400 \text{ W}$$

Vamos considerar que o chuveiro é usado 10 minutos todos os dias então:

$$T = (30.10)/60 = 5 \text{ horas de uso mensal.}$$

Então $W = P.T$; $W = 5400.5 = 27.000 \text{ watts.hora}$ ou dividido por 1000 = 27 kWh. Agora para sabermos quantos reais mensais gastamos com o chuveiro basta multiplicar $27. 0,41 = 11 \text{ reais e } 07 \text{ centavos.}$

Tabela 1: Equipamentos elétrico-eletrônicos e seus consumos de Energia e Gastos em Reais

Equipamentos	KWh	R\$
Aquecedor Solar	$12000 / 1000 = 12$	4,92
Micro-ondas	$3420 / 1000 = 3,42$	1,40
TUE- Geladeira	$323000 / 1000 = 32,3$	13,24
TUE- Motor do portão	$2000 / 1000 = 2$	0,82
Ar condicionado 1	$112300 / 1000 = 11,23$	4,60

Ar condicionado 2	$112300 / 1000 = 11,23$	4,60
Tomadas de uso geral	$186000 / 1000 = 38,4$	15,74
Iluminação de LED	$124800 / 1000 = 12,48$	5,11
TOTAL	123,06	50,43

Fonte: Os autores

Utilizando do mesmo procedimento do exemplo da tabela 1 estão indicados os equipamentos alimentados em corrente alternada (CA), suas quantidades utilizadas na residência e potências totais em Watts. Seriam necessários, aproximadamente, **123,06 kWh** para suprir a demanda energética total destes aparelhos. Acrescentando 50% que corresponde às perdas e folgas o resultado seria de, aproximadamente, **184,59 kWh**.

A escolha das lâmpadas de Super LED, foi feita de acordo com a economia energética e financeira do aparelho. Diferença entre LED e Super LED: O LED (do inglês: light emitter diode) é um componente semicondutor, ou um diodo emissor de luz, a mesma tecnologia utilizada em computadores e celulares que transforma energia elétrica em luz, diferente das lâmpadas convencionais (incandescentes e fluorescentes) que possuem gases tóxicos ou filamentos metálicos.

A história do LED começou em 1963 quando *Nick Holonyac* inventou o primeiro dispositivo, mas apenas na cor vermelha e com baixa intensidade luminosa. Naquela época este era apenas usado para sinalizar o funcionamento ou não de alguns aparelhos. Nos anos 60 a cor amarela foi introduzida no meio, em 1975 foi a vez do verde, com comprimento de onda de 550nm, aproximadamente. Entretanto, só no início dos anos 90 foi possível obter as cores branco e cobrinho, com comprimentos de onda cada vez menores de azul, verde e ciano. Ainda nos anos 90 os LEDs apresentavam no máximo 4000 a 8000 milicandelas, com ângulo de 8° a 30°, no final dessa década apareceu o primeiro LED de potência *Luxeon* com fluxo luminoso (não mais intensidade luminosa) da ordem de 30 a 40 lumens e com ângulo de emissão de 110°.

O que tem chamado a atenção de todo mundo é a economia das lâmpadas LED, cerca de 95% mais econômicas, comparadas às incandescentes.

Por ser uma tecnologia relativamente recente, a diferença entre as lâmpadas LED e Super LED é quase imperceptível. Sobre as LEDs:

- Iluminam pouco; relacionada a iluminação incandescente
- Servem, muitas vezes, apenas como luzes sinalizadoras;
- Não há presença de infravermelho no feixe luminoso;
- A luz que é emitida é fria.

Os Super LEDs tem uma vantagem, que pode ser fundamental na escolha desse produto: a iluminação é muito maior, cerca de 50 a 100 lumen/watts, aliado a não produção de calor e não emissões de irradiações infravermelhas, como nos LEDs normais (UNICAMP, 2015).

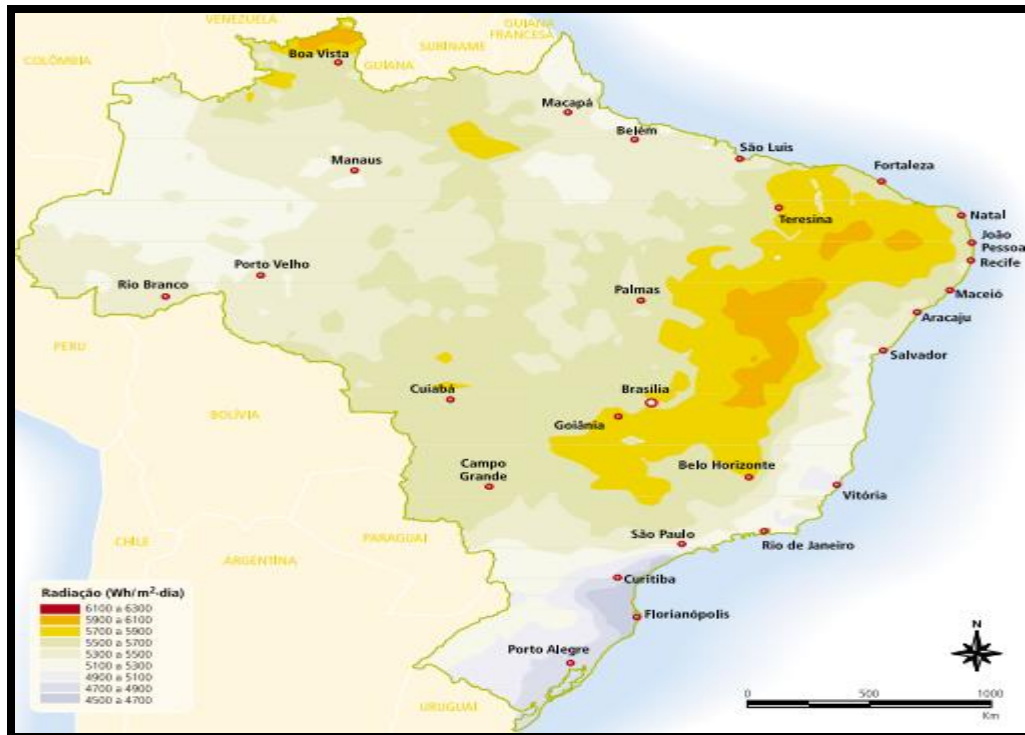
6.3 Níveis de Radiação Solar Incidentes da Região

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar, etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução).

O simples conhecimento da demanda média ou da curva de carga de apenas um dia típico em uma localidade não garante a estimativa precisa da carga a ser atendida pelo sistema de geração de energia. Na ausência de dados para pelo menos um ano inteiro, pode-se extrapolar essa curva para os outros dias do ano, considerando períodos de chuva, frio ou calor, e prováveis sazonalidades no consumo, por exemplo. Essa extrapolação, apesar de necessária, introduz imprecisões na estimativa da carga.

A radiação solar pode ser diretamente convertida em energia elétrica, por meio de efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico.

Figura 8: Radiação solar diária – média anual



Fonte: Aneel, 2017

6.4 Cálculo do Projeto Solar Fotovoltaico

Projeto na cidade de Bauru-SP, teremos um índice solarimétrico local de: 5,7 kWh/m²/dia

Consumo médio do cliente (referência nos últimos 12 meses + (50% sendo 25% de perda e 25% de ampliação futura)): **184,59 kWh/mês** (k=1000, W=watts, h=hora e mês=30 dias)

Eficiência do Projeto Fotovoltaico (inferência padrão): 83% (perdas na geração e transmissão de potencia).

Cálculos:

- Transformar o dimensional (kWh/mês) para (Wh.mês), basta multiplicarmos por 1000 (k=1000)
- 184,59 kWh/mês = 184.590 Wh/mês
- Calcular o consumo que está medido em um mês, para o consumo médio de um dia. Para isto basta dividir a grandeza “mês” por 30, e teremos o consumo em “dia”.
- 184.590 Wh/30 = 6.153 Wh/dia

Se em um dia temos um consumo médio de 6.153 Wh/dia, quantas placas serão necessárias para gerar esta potência, em um local com índice solarimétrico de 5,7 kWh/m²/dia?

- Potência de placas necessária = $6.153/5,7 = 1.079,47$ watts
- Assumindo Eficiência de 83%: $1.079,47/0,83 = 1.300,56$ watts

Supondo que você irá adquirir placas de 260 watts, teremos que adquirir quantas placas?

- Quantidade de placas: $1.300,56/260 = 5$ **placas de 260 watts.**

7 CONCLUSÃO

Para atender a sua demanda de eletricidade, o seu sistema gerador de energia solar fotovoltaica precisa ter uma potência de: **184,59 kWh.**

- O preço médio de um gerador fotovoltaico deste tamanho varia no mercado de: **R\$ 12.155,00** até **R\$ 14.014,00**
- Quantidade de placas fotovoltaicas: **05** de **260** Watts
- Produção anual de energia 2215,08 kWh/ano aproximadamente
- Área mínima ocupada pelo sistema: 11,44 m²
- Peso médio por metro quadrado: 15 kg / m²

Fonte: www.portalsolar.com.br/Simulador/PDF

O retorno do investimento é de até 20% ao ano. Em média um projeto se paga entre cinco e dez anos e dura mais de vinte e cinco anos. Além de valorizar o imóvel e a questão da sustentabilidade.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante frisar que a transformação de energia elétrica através da conversão fotovoltaica, por de placas solares-elétricas, é uma fonte alternativa bastante eficiente de produção de energia elétrica e não emite qualquer ruído, vibração, tampouco expeli gases de qualquer natureza. Há de se considerar também a utilização da ANEEL de bandeiras tarifárias.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) determina a cor da bandeira tarifária, que pode incluir uma cobrança extra para o consumo. O sistema

foi criado para equilibrar os gastos extras por conta da utilização de usinas termelétricas, mais caras que as hidrelétricas.

A **cor da bandeira tarifária** é impressa na conta de luz – podendo ser verde, amarela ou vermelha (1 ou 2). Essa informação indica o valor do kWh em função das condições de geração de energia.

As bandeiras **amarelas e vermelhas** costumam ser utilizadas em períodos com níveis de chuva mais baixos, obrigando a ativação de usinas termelétricas, que são mais caras, mas garantem o atendimento à carga exigida pelo sistema. Por outro lado, em períodos de chuvas prolongadas, a bandeira fica **verde**, pois os reservatórios das usinas hidrelétricas ficam cheios e não há a necessidade de produzir energia com as termelétricas.

Por isso aconselhamos a instalação do **sistema fotovoltaico Grid-Tie**, porque além das vantagens que o sistema fotovoltaico oferece descrito acima. A energia que for produzida a mais o consumidor ganha crédito da concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica que será usada em dias com muitas chuvas.

A Resolução Normativa da ANEEL nº 482, de abril de 2012, representou um grande avanço para a regulamentação da micro e minigeração de energia no país pois ela permite a conversão do excedente de energia gerado pelo sistema fotovoltaico em créditos de energia para serem utilizados posteriormente.

A compensação é realizada a partir da energia excedente injetada pelo micro ou minigerador na rede da distribuidora de energia, a qual gera créditos de energia equivalentes para serem consumidos em um período de até 36 meses. Ainda, de acordo com o art. 2º, é possível que o crédito gerado seja utilizado por outra unidade consumidora, desde que esta esteja relacionada ao mesmo CPF (Cadastro de pessoa Física) ou CNPJ (Cadastro de Pessoa Jurídica) da unidade consumidora responsável pela geração dos créditos. Em outras palavras, a energia que você gera em excesso, por exemplo na hora do almoço quando tem muito sol, é “jogada” para rede elétrica da distribuidora lhe gerando créditos em kWh para serem abatidos do seu consumo noturno ou em dias chuvosos. (PORTAL SOLAR 2017).

E também não tem necessidade de obter banco de baterias para armazenar a energia elétrica, se tornando mais barato a instalação.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Ricardo ; VIANA, Susana Castro ; ANTÓNIO, Joyce. Estimativas Instantâneas do Desempenho de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Portugal Continental, XI Congresso Ibérico / VI Congresso Ibero Americano de Energia Solar, Albufeira, Setembro 2002.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Radiação solar diária – média anual.** Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso: 2 outubro de 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520:** informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028:** resumos. Rio de Janeiro, 2003. 3 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LAKATOS, Eva Maria ; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MAIS ENGENHARIA. Benefícios de utilizar um sistema fotovoltaico. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/eletrico/6-beneficios-de-utilizar-um-sistema-fotovoltaico/>>. Acesso em: 19 junho 2017.

NASCIMENTO, Cassio Araújo do. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica.** Disponível em http://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf>. Acesso em: 19 junho 2017.

NEOSOLAR. Energia solar fotovoltaica. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 19 junho 2017.

PORTAL ENERGIA. Energia solar fotovoltaica. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/energia-solar-fotovoltaica>>. Acesso em: 19 junho 2017.

PORTAL ENERGIA. Principais tipos de células fotovoltaicas constituintes de painéis solares. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/principais-tipos-de-celulas-fotovoltaicas-constituintes-de-paineis-solares/>>. Acesso em: 19 junho 2017.

PORTAL SOLAR. Sistema fotovoltaico: como funciona. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>>. Acesso em: 19 junho 2017.

PORTAL SOLAR. Tipos de painel solar fotovoltaico. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 19 junho 2017.

PORTAL SOLAR. Simulador solar. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 30 de outubro 2017.

SHAYANI, RAFAEL AMARAL ET MARCO AURÉLIO GONÇALVES DE OLIVEIRA. Medição do rendimento global do sistema fotovoltaico isolado. Dissertação de mestrado a ser apresentada ao departamento de engenharia elétrica da faculdade de tecnologia da Universidade de Brasília. 2006.

SOLTICIOENERGIA. Um pouco de história: a célula fotovoltaica faz 60 anos. Disponível em: <<https://www.solsticioenergia.com/2014/04/25/celula-fotovoltaica-faz-60-anos/>> Acesso em: 19 junho. 2017.

UNICAMP. Informações sobre lâmpadas super LED. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>> Acesso em: 8 setembro 2017.