

# CUSTO/BENEFÍCIO E IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

*Mateus Gouveia de Freitas<sup>1</sup>*

*Anízio de Assis Rodrigues Miranda<sup>2</sup>*

## RESUMO

Os geradores de energia solar vêm crescendo e inovando com o passar dos anos, devido ao grande consumo de energia mundial, teve-se a necessidade de criar novos meios de geração de energia, o uso de painéis fotovoltaicos vem se tornando mais comuns em casas, indústrias, edifícios, comércios e etc. Esse projeto tem grande vantagem em ser uma fonte de captação de energia totalmente limpa, não prejudicando o meio ambiente e não gera emissões de gases e poluentes, além de ter um custo de manutenção relativamente barato, embora seja ainda pouco acessível no mercado brasileiro devido a preços ainda elevados. Toda a instalação deve ser regularizada de acordo com as normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), para que seja instalado junto a rede de distribuição de cada região. Neste trabalho vamos explicar todo o processo de instalação, custos e os benefícios desse em residências.

**PALAVRAS CHAVE:** Sistema, Fotovoltaica, Implantação

---

<sup>1</sup>Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UNIRV

<sup>2</sup>Professor da Universidade de Rio Verde – UNIRV – Orientador

## INTRODUÇÃO

O termo fotovoltaico vem do grego (Phos), que significa "luz", e em "volt", a unidade de força eletromotriz, o volt, que vem do sobrenome do físico italiano Alessandro Volta, inventor da pilha. O termo tem sido usado desde 1849. É a energia elétrica produzida pela luz solar, podendo-se obter resultados em dias chuvosos e nublados.

Usando um sistema de células fotovoltaicas feitas de materiais como silício e semicondutores para o processo de conversão de energia solar em elétrica, com a radiação solar sobre uma célula fotovoltaica os elétrons dos materiais se agitam assim gerando energia.

É uma energia totalmente limpa, o seu funcionamento não gera emissão de gases e poluentes para o meio ambiente, é totalmente renovável devida a inesgotável capacidade do sol de gerar energia. Outras vantagens é o custo de manutenção sendo relativamente baixo em comparação com outros tipos de geração de energia, seus componentes tem o tempo de vida útil de 30 anos.

Este artigo descreve o custo/benefício de implantação do sistema de micro geração de energia distribuída, é uma geradora de energia elétrica com a potência menor ou igual a 100 KW e que a fonte seja totalmente de energia renovável conforme regulamentação 482/12 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) instalada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Esse tipo de sistema de energia fotovoltaica é 100 KWP, no Brasil essa tecnologia é totalmente inovadora, a regulamentação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) foi aprovada no fim de 2012, o próprio consumidor gera sua energia em casa com painéis fotovoltaicos instalados no telhado, em 2015 alguns entraves foram resolvidos e essa nova tecnologia começa a ter um crescimento de instalações em residências por todo o país.

## **OBJETIVOS**

### **GERAL**

O principal objetivo deste artigo é apresentar essa nova tecnologia, explicar cada etapa do sistema, mostrar como deve instalar o sistema em residências, informar o custo e os benefícios gerados por essa tecnologia. Esta tecnologia tem um custo de implantação elevado pòs tem-se uma manutenção relativamente baixa.

### **ESPECÍFICOS**

- a)* Instalar uma rede de micro geração de energia em uma residência
- b)* Determinar o custo de instalação, e elaborar um sistema fotovoltaico para uma necessidade energética específica.
- c)* Relatar os resultados que foram alcançados com a instalação.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

Devido ao grande aumento de pessoas consumindo tecnologia, o consumo de energia elétrica foi aumentado ao longo do tempo, e houve a necessidade de novas formas de captação de energia, uma delas é a energia fotovoltaica que transforma a radiação solar em energia elétrica. As tecnologias deste sistema esta a cada ano que passa conseguindo seu espaço no mercado.

Mundialmente até o fim de 2014 foram instalados cerca de 178 GW de geração, depois de anos crescendo gradativamente, nesse mesmo ano o mercado de energia solar manteve o equilíbrio entre as instalações de grande porte (usinas solares) e instalações de geração distribuída (residências, empresas e comércios). O sistema demonstrou uma

capacidade única de oferecer soluções para diversas necessidades, desde suprir uma demanda energética de uma resistência ou produzir em grande escala para fornecer energia para milhares de residências.

Os mercados de energia solar que mais crescem no mundo são a China, Japão e Estados Unidos respectivamente, a Alemanha é o maior produtor de energia solar do mundo contribuindo com 6% da demanda de energia elétrica no país. A energia solar é a terceira mais importante em termos de capacidade instalada a nível mundial, perdendo para a energia hídrica e eólica.

A célula solar mais eficiente produzida até agora é uma multi-junção concentradora (Grande área de luz focada sobre a célula através de um dispositivo óptico), com eficiência de 43,5% fabricada pela empresa Solar Junction em abril de 2011. As maiores eficiência alcançadas sem concentração de luz incluem as células fabricadas pela Sharp Corporation com 35,8% usando uma tripla junção e as células produzidas pela Boeing Spectrolab com eficiência de 40,7% também usando um design de três camadas.

A geração de energia fotovoltaica é uma tecnologia de energia limpa, renovável e sustentável, o Brasil tem um grande potencial por ser um país que tem uma grande concentração de radiação solar mais o mercado nacional esta apenas começando com uma instalação de menos de 1 GW.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo serão listados todos os componentes do sistema, suas características e qual seu uso para realizar o projeto e como instalar, esses equipamentos são achados facilmente na internet, mais não são muito acessíveis, devido o custo elevado para um sistema que supre a capacidade energética de uma residência.

### **CÉLULA FOTOVOLTÁICA/PAINEL SOLAR**

Célula solar ou célula fotovoltaica é um dispositivo elétrico que transforma energia solar em energia elétrica com o efeito fotovoltaico, normalmente são usadas 36, 60 ou 72

células solares em linha para se formar um painel fotovoltaico ou modulo fotovoltaico. Em residência estão sendo usadas placas solares de 250 W e em aplicações um pouco maiores

### **Especificações:**

- Condições padrões de teste STC ( STC/CPT: Irradiação de 1000 W/m<sup>2</sup>, Espectro de massa de Ar 1.5 e temperatura de célula de 25°C)
- Máxima Potência: 250 W
- Tolerância: 0/5 W
- Voltagem de máxima potência: 29,8 V
- Corrente de máxima potência: 8.39 A
- Voltagem de circuito aberto: 37,6 V
- Corrente de Curto-Circuito: 8.92 A
- Voltagem máxima do sistema: 1000 V
- Eficiência do painel: 15,4%
- Coeficiente de Temperatura da Potência: -0,42%/°C
- Coeficiente de Temperatura da Corrente: 0,05 A/°C
- Coeficiente de Temperatura da Voltagem: -0,32 V/°C
- Temperatura Nominal de Operação de Célula: 46±2°C

**FIGURA 1:** Painéis Solares



Fonte: <http://www.renovablesverdes.com/las-celulas-fotovoltaicas-corazon-de-los-paneles-solares/>

## CONSTRUÇÃO DE PAINEL SOLAR

Todas as células são alinhadas em superfície plana, em série, uma após a outra, as células individuais ligadas usando uma faixa condutora fina, as tiras são alinhadas de cima para baixo de cada célula, ligando todas as células do sistema, assim criando um circuito. Depois desta etapa todas as células que compõem o sistema são cobertas com uma lamina de vidro temperado tratado com uma substância antiaderente e anti-reflexo emoldurado em um quadro de alumínio. De trás do painel ficam dois condutores que saem de dentro de uma pequena caixa preta que é conhecida como caixa de junção, esses cabos são usados para interligar todos os painéis solares, formando uma série de painéis fotovoltaicos, esse conjunto é conectado ao inversor solar através de cabos de corrente contínua.

## CONTROLADORES DE CARGA

Os controladores de carga ficam entre os painéis solares e as baterias de armazenamento e são usados para controlar a voltagem de entrada evitando sobrecargas ou descargas em excesso, otimizando a vida útil da bateria, os painéis solares captam energia de acordo com a intensidade da radiação, provocando variações na bateria, para resolver esse problema também se utiliza os controladores.

### **Especificações:**

Controlador de carga 60 A 12 V/24 V

-Especificações elétricas:

- Tensão da bateria: 12 Vcc ou 24 Vcc
- Corrente de carga máxima ou descarga: 60 A
- Disjuntor recomendado: 60 A
- Cabo recomendado: 6 AWG ou 16 mm

-Especificações mecânicas:

- Dimensões: (254 x 127 x 64) mm

- Peso: 1,4Kg

**FIGURA 2:** Controlador de carga



Fonte: <http://www.mpptsolar.com/pt/controlador-de-carga-para-painel-solar.html>

## BATERIAS

Armazenam energia para que o sistema seja usado em dias nublados ou chuvosos, em um sistema isolado é necessário controladores e baterias, em sistemas conectados a rede elétrica o funcionamento dispensa a necessidade de baterias, pois não precisam armazenar energia.

### **Especificações:**

- Bateria Estacionaria (70 Ah/60 Ah)
- Capacidade Nominal em 10h: 54 Ah
- Capacidade Nominal em 20h: 60 Ah
- Capacidade Nominal em 100h: 70 Ah
- Tensão: 12 V
- Dimensões: (244 x 175 x 175) mm
- Peso: 14,70 Kg

**FIGURA 3:** Bateria Estacionaria

Fonte: [http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-758415894-bateria-estacionaria-freedom-df1000-70ah-nobreak-alarme-som-\\_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-758415894-bateria-estacionaria-freedom-df1000-70ah-nobreak-alarme-som-_JM)

## INVERSOR SOLAR

O inversor solar tem como objetivo principal inverter a energia elétrica gerada pelos painéis, transformando energia de corrente contínua (CC) em energia de corrente alternada (CA), também tem como objetivo garantir a segurança do sistema e medir a energia gerada pelas placas solares. Nas residências o inversor é normalmente instalado perto do quadro de luz em um lugar abrigado do sol, do calor e da água, em mini-usinas e mini geração distribuída comercial ou industrial pode-se construir um local somente para os inversores, são maiores e usam mais espaço físico do que sistemas residenciais. Os inversores mais usados são inversores Grid Tie, esses tipos de inversores conectam o sistema fotovoltaico de geração de energia com a rede elétrica.

### Especificações:

- Inversor Senoidal 3000 VA/24 Vcc/220 Vca
- Potência máxima de saída: 3000 W
- Potência Extra (tempo): 4500 W (10 seg.)
- Potência Extra (tempo): 6000 W (1,5 seg.)



- Potência de Surto: 6900 W
- Distorção harmônica na saída:  $\leq 3\%$

**FIGURA 4:** Inversor Grid-Tie

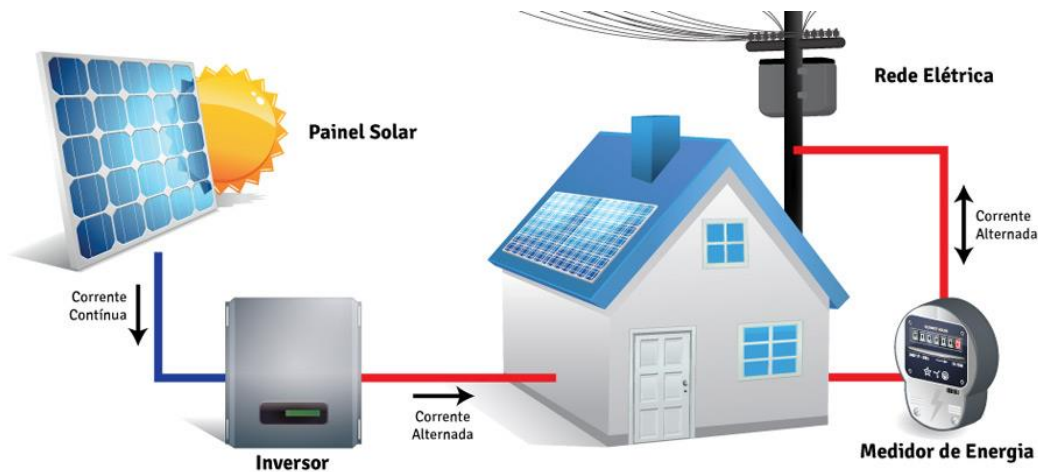


Fonte: <http://www.portalsolar.com.br/o-inversor-solar.html>

## SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE CRÉDITOS

Com a resolução normativa da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) de abril de 2012, representou grandes avanços na regulamentação de micro geração de energia no Brasil, essa norma permite a conversão de geração que ultrapassa a quantidade que o sistema produz, gerando crédito para serem utilizados depois, geram créditos que podem ser consumidos até 36 meses e de acordo com o art. 2 da norma pode-se utilizar o crédito gerado para ser usado em outra unidade que utiliza o sistema fotovoltaico, desde que esteja registrada no mesmo CPF ou CNPJ da unidade responsável pela geração de créditos. A energia gerada em excesso é passada para a distribuidora elétrica da região gerando créditos em KWh para serem abatidos em dia que o consumo de sua casa em geral seja elevado, como em dias chuvosos ou a noite. Cada distribuidora de energia elétrica tem suas normas e procedimentos diferentes umas das outras para conectar sistemas fotovoltaicos na rede elétrica, o relógio de luz antigo vai ser substituído por outro tipo de relógio, que tem o sistema bi-direcional, esse sistema mede a entrada e a saída de energia que entra na residência, desta forma o sistema mede a energia consumida e mede a energia gerada em excesso que volta pra rede assim gerando créditos de energia.

**FIGURA 5:** Sistemas conectados a rede



Fonte: <http://t8energiasolar.com.br/sistemas-conectados-a-rede-grid-tie/>

## DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

As unidades de medidas usadas são:

Volt (V): Usado para medir a tensão

Ampére (A): Usado para medir a corrente

Ampére de pico ( $A_p$ ): É a corrente máxima obtida em uma condição ideal.

Ampére hora (Ah): Medida para a corrente máxima produzida ou consumida em uma hora.

Watt (W): Usado para medir a potencia

Watt de pico ( $W_p$ ): Usado para medir a máxima potência obtida em condições ideais.

Watt hora (Wh): Usado para medir a potencia gerada ou consumida por hora.

Para calcular a potencia do sistema (W), deve-se multiplicar a tensão pela corrente, ou seja:  $W=V \cdot A$ . Deve-se fazer a relação de todos os equipamentos que vão ser ligados ao sistema solar, verificar consumo em (W) e o tempo em que cada equipamento vai ficar ligado ao longo do dia. Para cada equipamento multiplicamos a potencia pelo tempo de uso, tal que:  $X=W \cdot h$ , depois somamos totós os resultados (X) e teremos valores com a unidades de medida em (Wh), obtemos então os valores diários multiplicando por 30 dias obtemos uma média mensal (Portal Energia, 2016).

## DIMENSIONAMENTO DO PAINEL SOLAR

Cada painel solar tem uma capacidade diferente de geração, a escolha do painel é devida a quantidade desejada de capacidade de geração em Ah. A potencia é em Watts por dia, deve-se dividir o valor pela tensão do sistema que podem ser encontrados em 12 V ou 24 V e obtém a corrente/dia necessário. Temos que:  $A = W / 12 \text{ V ou } 24 \text{ V}$  (Tensões de 24 V tem que ter no mínimo dois painéis iguais ligados em série). O resultado é dividido pelo tempo médio de insolação (Tempo que as placas ficam expostas por dia a radiação solar), com o valor encontrado em (Ah) é feita a escolha da placa adequada, podendo ser placas com a mesma amperagem ou com maior amperagem na tabela de painéis (Portal Energia, 2016).

## DIMENSIONAMENTO DO CONTROLADOR DE CARGA

Os controladores de carga são ajustados de acordo com a tensão dos módulos de corrente, sua capacidade deve ser maior que a corrente total dos painéis conectados a rede, caso o sistema fotovoltaico tiver uma corrente maior do que a do controlador de carga deve-se colocar controladores suficientes para superar a corrente do sistema (Portal Solar, 2016).

## DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR

Os Inversores são usados para inverter corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC). Deve-se saber em qual tipo de corrente os equipamentos usam para ser ligados corretamente e evitar a queima do equipamento que possui um fator de eficiência ou potência (FP) que é calculado de acordo com a perda do circuito. Para o calculo do consumo em Wh, compare com a capacidade real do inversor ( $W \times FP$ ). O inversor deve ter capacidade maior que o consumo (Portal Solar, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSÕES

Para uma casa de consumo médio de 5 pessoas que gasta cerca de 80.000 KWh, o sistema gerador solar tem que ter uma potencia média de aproximadamente 626,57 KWp, são necessárias 2410 placas fotovoltaicas de 260 Watts, tem uma produção anual de 960.000

KWh/Ano ocupando uma área de 5.012,53 m<sup>2</sup> com o peso de 15 Kg/m<sup>2</sup>, o preço no Brasil para uma sistema dessa dimensão é aproximadamente de R\$ 3.500,00 até R\$ 5.000,00 (Portal Solar,2016).

Os controladores de carga são os equipamentos para a regulação da voltagem de entrada, no mercado brasileiro os preços são aproximados entre R\$100,00 e R\$500,00 e para as baterias estacionarias, utilizadas para a armazenagem de energia gerada que seu valor depende da capacidade podendo variar entre R\$250,00 a R\$1.600,00 esse tipo de instalação chamado de Off-Gríde consiste em um sistema isolado da rede podendo também ser conectado com a rede de energia.

Para um sistema mais eficaz consiste em ter um sistema Off-Gríde integrado com a rede, tornando em um sistema On-Gríde, para sistemas On-Gríde é usado o inversor Grid-Tie que conecta todo o sistema a rede elétrica, tendo preços que variam de R\$5.000,00 até R\$30.000, o medidor convencional é trocado por um medidor bidirecional com preços de R\$500,00

Com a relação de todos os equipamentos tem um sistema com o custo de instalação de aproximadamente R\$13.000,00 mais os custos de mão de obra para a instalação, com preços relativos de acordo com a empresa contratada para esse tipo de serviço, o recomendado é fazer pesquisas de preços em varias empresas para fazer um orçamento de acordo com a necessidade do cliente e o quanto o cliente pretende investir.

A fatura de energia de um consumidor que gasta 80.000 KWh é de aproximadamente R\$500,00 levando de 2 a 3 anos para ter o reembolso dos custos de implantação, o inversor deve ter uma garantia de 5 a 10 anos e a garantia de mão de obra entre 1 e 5 anos.

## **CONCLUSÃO**

A energia solar é uma tecnologia que vem sendo usadas por países de primeiro mundo e esta começando a ganhar espaço no mercado brasileiro, ainda com custos elevados mais que em longo prazo compensa o valor investido, as energias renováveis estão crescendo cada vez mais e em um futuro breve tem grande tendência para serem as maiores fontes de energia mundial, poder levar energia para qualquer parte do mundo, trazendo luz a lugares remotos.

## ***COST / BENEFIT AND SYSTEMS DEPLOYMENT PHOTOVOLTAIC***

*Mateus Gouveia de Freitas*<sup>1</sup>

*Anízio de Assis Rodrigues Miranda*<sup>2</sup>

### **ABSTRACT**

The solar power generators have been growing and innovating over the years due to the large consumption of energy worldwide, the need for new energy generation means is had it, the use of photovoltaic panels is becoming more common in homes, industries, buildings, shops and etc. This project has great advantage in being a source of totally clean energy capture, not harming the environment and does not generate greenhouse gas emissions and pollutants, in addition to a cost of relatively inexpensive maintenance, although it is still not available in the Brazilian market due to still high prices. The entire facility should be regularized in accordance with the rules of ANEEL (National Electric Energy Agency), to be installed along the distribution network of each region. In this paper we explain the entire process of installation costs and the benefits of this in homes.

**KEYWORDS:** System, Photovoltaic, Deployment

---

<sup>1</sup>Student the Undergraduate Program in Mechanical Engineering from the University of Rio Verde – UNIRV

<sup>2</sup>Teacher University of Rio Verde - UNIRV – Advisor

## REFERÊNCIAS

BALDINI, Ruberval . Potencial de Geração de Energia Elétrica com Sistemas Fotovoltaicos Fotovoltaicos com Concentrador no Brasil. Disponível em: <[http://www.bioenergia.net.br/congresso2015/br/ecoenergy/Ruberval\\_Baldini.pdf](http://www.bioenergia.net.br/congresso2015/br/ecoenergy/Ruberval_Baldini.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2016.

BATERIA Estacionária Freedom DF1000 (70Ah / 60Ah). Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/bateria-estacionaria-freedom-df1000-70ah-60ah.html>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

CÉLULA Fotovoltaica: O QUE É CÉLULA FOTOVOLTAICA?. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

CHECKLIST DO COMPRADOR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/checklist-do-comprador-de-energia-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

COMO FUNCIONA O PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

COMO INSTALAR ENERGIA SOLAR: Passo a Passo de Como Instalar Energia Solar. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/como-instalar-energia-solar.html>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

CONTROLADORES de carga. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/controladores-de-carga>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

CONTROLADOR de Carga Xantrex C60 60A 12/24V. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/controlador-de-carga-xantrex-c60-60a-12-24v.html>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

DIMENSIONAMENTO de Sistemas Solares Fotovoltaicos. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/dimensionamento-de-sistemas-solares-fotovoltaicos/>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

ENERGIA Fotovoltaica: O que é energia fotovoltaica? Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

INVERSORES. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/inversor.html?cat=19>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

INVERSOR Senoidal Epsolar SHI3000-22 - 3000VA / 24Vcc / 220Vca. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/inversor-senoidal-epsolar-shi1000-22-1000va-24vcc-220vca-926.html>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR: Microgeração de Energia o que é?. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/microgeracao-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 04 jun. 2016.

O INVERSOR SOLAR. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/o-inversor-solar.html>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

O QUE SÃO MICRO E MINIGERADORES SOLARES FOTOVOLTAICOS?. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/guiaFV/>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

PAINEL Solar Fotovoltaico Yingli YL250P 29b (250Wp). Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-yingli-yl250p-29b-250wp.html>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

SIMULADOR Solar. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

SISTEMAS de energia solar fotovoltaica e seus componentes. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

SISTEMA FOTOVOLTAICO: COMO FUNCIONA. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>>. Acesso em: 06 jun. 2016.