



## VERIFICAÇÃO DO POTÊNCIAL ENERGÉTICO NO USO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS: estudo de caso na região de videira

Marina Santi<sup>1</sup>; Daniel Grigolo<sup>2</sup>; Fernando Vieceli<sup>3</sup>; Tiago Possato<sup>4</sup>; Carlos Oliboni<sup>5</sup>

### 1 - INTRODUÇÃO

A demanda de energia elétrica vem crescendo fortemente nos últimos anos, motivado pelo aumento populacional associado ao desenvolvimento tecnológico e o crescimento do país. Dados do ONS (Operador Nacional do Sistema) mostram que no período dos últimos 20 anos, a demanda de energia elétrica teve um acréscimo na ordem de 76%, passando de 303,71 TWh em 1996 para 537,30 TWh em 2015 (ONS, 2016).

A geração de energia no Brasil é predominantemente através de usinas hidrelétricas, com 68,1%, seguido do uso do Gás Natural com 9,1%, Biomassa com 8,2%, derivados do petróleo com 3,7% e apenas 5,4% de fontes alternativas de energia, como a eólica e solar (EPE, 2017). Esses dados demonstram que a participação de fontes alternativas na matriz energética ainda é muito baixa, e com o crescimento da demanda de energia elétrica no país, se faz necessário buscar novos incentivos e alternativas para geração dessa energia. Uma dessas alternativas é a utilização da energia solar, fonte renovável que pode ser considerada como inesgotável (MARINOSKI; SALAMONI; RUTHER, 2004).

O uso de painéis fotovoltaicos para aproveitamento da energia solar tem se destacado como uma fonte complementar para a demanda de energia, pois sua flexibilidade e reduzida necessidade de espaço permitem que sejam implementadas

<sup>1</sup> Aluna do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. Curso Técnico em Eletroeletrônica Integrado ao Ensino Médio. E-mail: [masanti319@gmail.com](mailto:masanti319@gmail.com)

<sup>2</sup> Aluno do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. Curso Técnico em Eletroeletrônica Integrado ao Ensino Médio. E-mail: [dgrigolo2015@gmail.com](mailto:dgrigolo2015@gmail.com)

<sup>3</sup> Aluno do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. Curso Técnico em Eletroeletrônica Integrado ao Ensino Médio. E-mail: [fernando.vieceli@hotmail.com](mailto:fernando.vieceli@hotmail.com)

<sup>4</sup> Técnico Coorientador do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. Curso Técnico em Eletroeletrônica Integrado ao Ensino Médio. E-mail: [tiago.possato@ifc-videira.edu.br](mailto:tiago.possato@ifc-videira.edu.br)

<sup>5</sup> Professor Orientador do Instituto Federal Catarinense, Campus Videira. Curso Técnico em Eletroeletrônica Integrado ao Ensino Médio. E-mail: [carlos.oliboni@ifc-videira.edu.br](mailto:carlos.oliboni@ifc-videira.edu.br)



rapidamente. Atualmente, as centrais geradoras solares fotovoltaicas representam uma pequena parcela na matriz energética brasileira, com apenas 45 empreendimentos em operação e 27,76 MW de potência instalada, totalizando 0,02% de toda potência instalada de geração em operação no Brasil (ANEEL, 2017).

Entretanto, com a publicação da Resolução Normativa Nº 482, posteriormente alterada pela Resolução Normativa Nº 517, ambas da ANEEL, estabeleceu condições gerais para implementação de mini e micro geração distribuída no país, permitindo que sistemas de pequeno porte sejam interligados ao sistema elétrico da concessionária. A geração distribuída com a utilização de energia fotovoltaica tem se destacado no cenário nacional, com 57.606 kW de potência instalada até o mês de janeiro de 2017, sendo a maioria das conexões residenciais de pequeno porte (MME, 2017).

Contudo, a energia fotovoltaica ainda precisa vencer alguns desafios, principalmente na baixa eficiência de conversão dos painéis. Comercialmente, os painéis fotovoltaicos de silício policristalino apresentam eficiência entre 11% a 15%, chegando aos 25% em testes de laboratório (FARICELLI, 2008).

Nos últimos anos, a pesquisa e desenvolvimento de materiais e técnicas para incrementar a eficiência das células e painéis fotovoltaicos tornaram-se muito importantes. Dentre as soluções utilizadas, pode-se citar sistemas de rastreamento da posição solar, configuração e geometria da placa solar, novos materiais e tecnologias (CARVALHO, 2012)

De toda energia solar, apenas uma pequena parcela atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Dessa energia, parte pode ser perdida devido ao desalinhamento do painel em relação ao sol. Uma vez que o painel esteja desalinhado, a área efetiva que os raios solares atingem o painel se reduzirá, pois há diminuição da densidade de radiação solar e uma subutilização do potencial do painel (ANEEL, 2005)

Uma das medidas que podem ser tomadas para aumentar a eficiência dessa tecnologia é a de rastreamento solar através da maximização da entrada de radiação, alterando a posição do módulo fotovoltaico de forma que a radiação incidente esteja perpendicular ao painel. Essa medida aumenta a área efetiva de



captação de energia solar, onde geralmente permite aumento do montante de energia gerada (TESSARO, 2005).

Nesse contexto, este trabalho apresenta os resultados de estudos de desempenho com painel fotovoltaico com sistema fixo e painel fotovoltaico com sistema de rastreamento solar. Ambos os painéis apresentam as mesmas dimensões, características e estão instalados no mesmo local, possibilitando a comparação entre os dois modelos. Para o rastreamento solar do sistema seguidor, foi desenvolvido sistema eletrônico automático, com controle da posição do painel baseado na hora do dia e época do ano.

## 2 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De forma a possibilitar o estudo comparativo entre os painéis fotovoltaicos com sistema fixo e com sistema rastreador, foi desenvolvido um sistema de aquisição de dados para mensuração e armazenamento das informações de energia gerada pelos painéis. Ainda, o sistema eletrônico faz o rastreamento da radiação solar e o controle automático da posição do painel móvel, o que permite precisão e confiabilidade dos dados registrados.

### 2.1 - Descrição do Sistema Automático de Rastreamento Solar, Controle e Aquisição dos Dados Elétricos

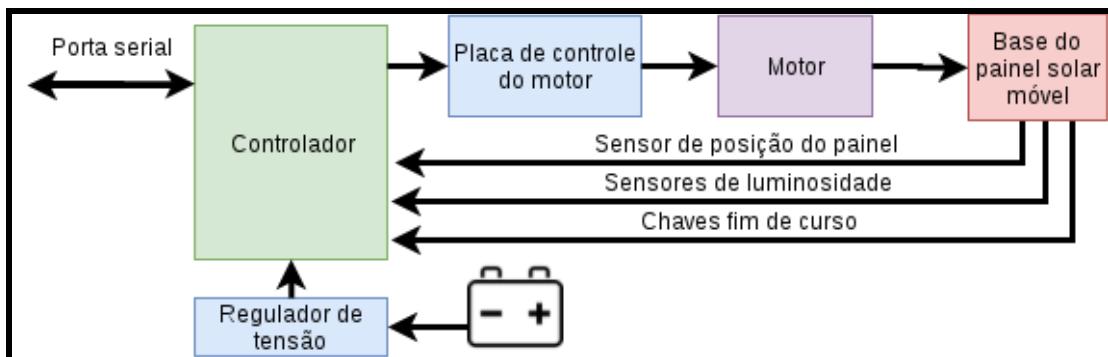
Para alcançar os objetivos do trabalho foram desenvolvidas duas placas eletrônicas, uma para controlar o movimento do painel solar e outra para medir a produção de energia elétrica dos painéis. Cada funcionalidade do sistema foi analisada criteriosamente levando em consideração as necessidades e características do projeto desenvolvido, tendo as seguintes propriedades: (1) Posicionar o painel seguidor conforme a hora e o dia do ano; (2) Posicionar o painel



conforme a luminosidade; (3). Medir tensão e corrente produzida nos painéis, e; (4) Armazenar as leituras em um dispositivo de memória flash.

A Figura 1 apresenta os componentes principais da placa que executa o controle da movimentação do painel, sendo que o componente principal do sistema é um microcontrolador. A placa é controlada através da porta serial e recebe dois tipos de comandos: (1) Mover para uma posição específica: onde o controlador irá mover o painel para a posição especificada no comando, e; (2) Data e hora: Onde o controlador irá calcular a posição do sol no instante atual e movê-lo para este ponto. A posição do sol é obtida através de uma equação que foi obtida com base na posição geográfica onde os painéis estão instalados.

Figura 1: Componentes do rastreador solar

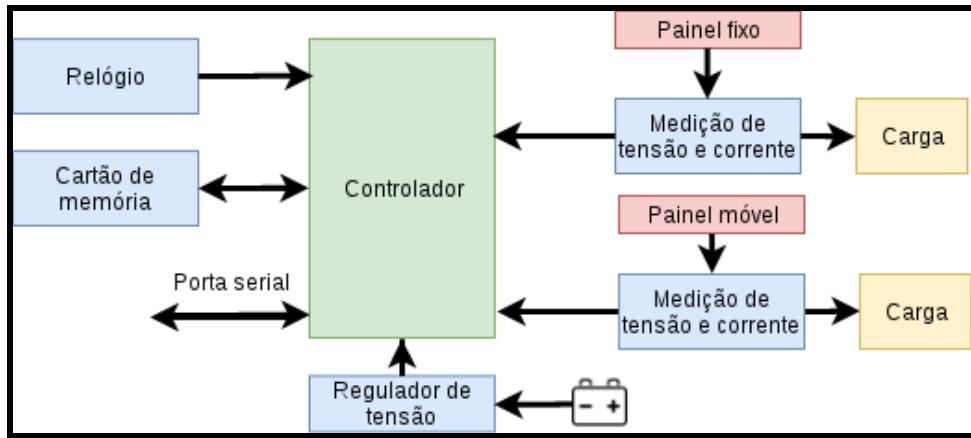


Fonte: Elaboração dos autores (2017).

O posicionamento do painel é feito através de um motor acoplado ao eixo da base. O controlador lê a posição do painel por meio de um potenciômetro conectado na outra ponta do eixo e, através de técnicas de controle, ajusta a posição do painel.

A placa de medição possui sensores de corrente e tensão para medir a energia elétrica produzida pelos painéis. Um microcontrolador lê os dados e armazena em um cartão de memória externo. Um relógio de tempo real com calendário interno fornece o dia e a hora para todo o sistema. Além de armazenar a hora em cada medição, o controlador da placa envia essas informações pela porta serial para o posicionamento o painel. A placa de medição também recebe a posição atual do painel pela serial e armazena junto a cada registro. A Figura 2 mostra os componentes da placa de medição.

Figura 2: Componentes da placa de medição



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

## 2.2 - Descrição dos módulos fotovoltaicos

Para compor o estudo, utilizou-se duas placas fotovoltaicas de mesmo fabricante, comerciais e com especificações semelhantes, sendo uma instalada com sistema fixo e outra equipada com a base de rastreamento solar. Os módulos fotovoltaicos possuem células policristalinas de alta eficiência, os quais apresentam especificações conforme tabela 1.

Tabela 1 - Especificações dos módulos fotovoltaicos.

Parâmetros Elétricos em Condições Testes Padrão (STC)	
$P_{saída}$	10W, +/- 5%
Eficiência	10,8 %
Tensão, Corrente em $P_{máx}$	17,1 V, 590 mA
STC: irradiação 1000W/m <sup>2</sup> , 25°C	

Fonte – (Manual Fabricante Hingly, 2017).

Ainda, as placas solares foram instaladas em duas bases metálicas. Em uma delas, buscou-se adotar o sistema convencional, com painel orientado para o norte e inclinação em 27°, igual à latitude local. Já na outra estrutura, além da inclinação igual à latitude, a base possibilita o movimento do módulo em



aproximadamente 180°, buscando manter o painel sempre perpendicular aos raios solares em todos os períodos do dia. O sistema instalado é apresentado na figura 3.

A energia gerada pelos módulos, que geralmente seria acumulada por baterias ou injetada na rede da concessionária de energia, foi dissipada em uma carga resistiva de valor fixo, de forma a estabelecer as mesmas condições para os dois sistemas em teste.

Figura 3 - Sistema fotovoltaico de base fixa e de base com sistema rastreador solar.



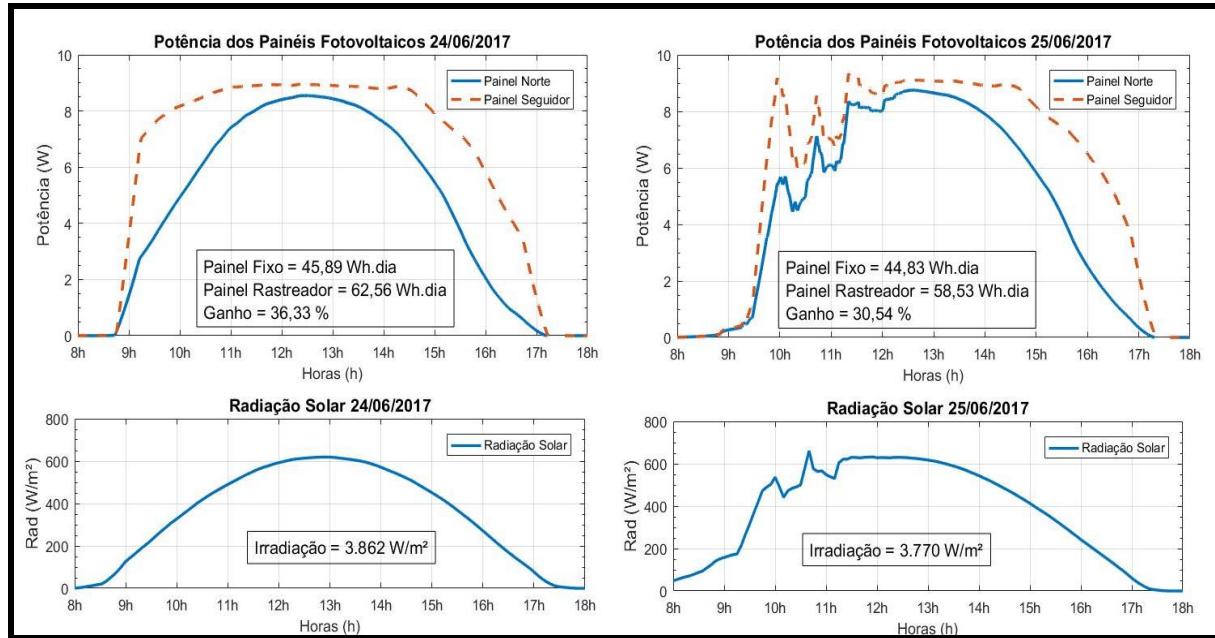
Fonte: Elaboração dos autores (2017).

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados preliminares da potência gerada e do protótipo desenvolvido são apresentados abaixo. Os dados referem-se ao período compreendido entre 24 e 25 de junho, 05 e 06 de julho de 2017, onde também é mostrado a energia solar irradiada nos dias de análise obtidas através da estação meteorológica instalada próximo aos painéis fotovoltaicos.

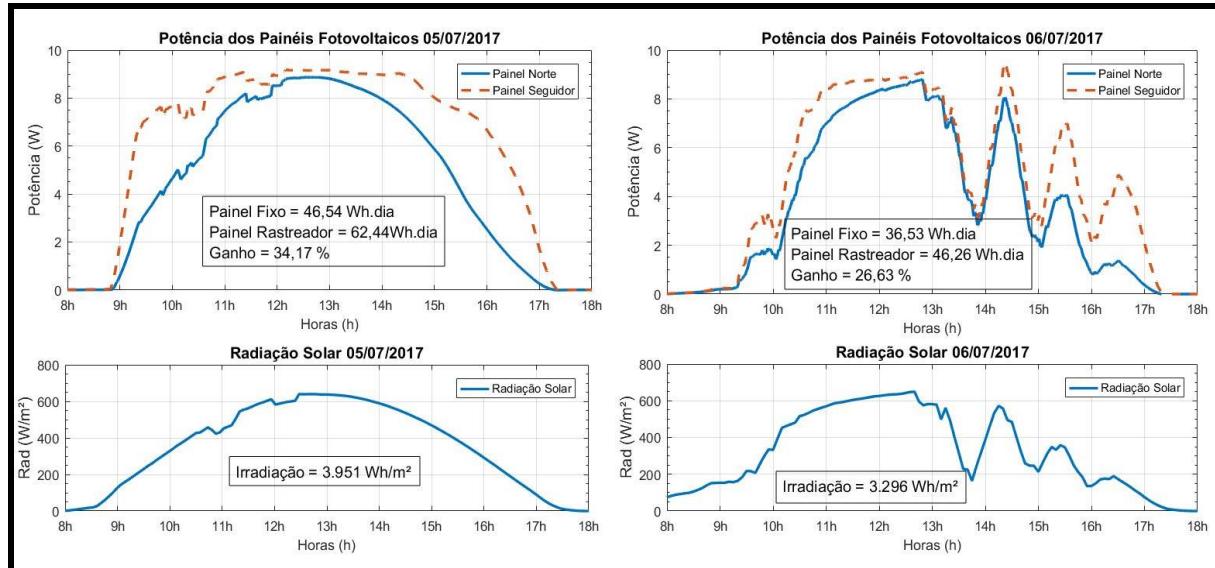
Durante o período de estudo, a potência fornecida pelos dois sistemas fotovoltaicos (fixo e rastreador) foram medidas e registradas pelo equipamento desenvolvido, onde os resultados são apresentados nas figuras 4 e 5.

Figura 4 - Potência gerada pelos sistemas nos dias 24 e 25 de junho.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Figura 5 - Potência gerada pelos sistemas nos dias 5 e 6 de julho.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Em uma breve análise dos resultados, pode-se observar um ganho significativo da energia gerada pelo sistema rastreador comparado ao sistema fixo, com maior desempenho nas horas iniciais e finais do dia. Com o sistema móvel, a potência máxima diária é obtida de forma muito mais rápida, mantendo durante um período maior que o sistema fixo. Próximo das doze horas, a energia gerada pelos



dois sistemas é aproximadamente igual, pois nesse instante os dois módulos estão com o mesmo posicionamento e orientação em relação ao sol.

No dia vinte e cinco de junho, há variação da energia gerada nos painéis entre às 10h até às 12h. Já no dia seis de julho, há variação da energia gerada entre às 14h até às 17h, comportamento resultante das variações da radiação solar incidente nos painéis fotovoltaicos.

Na tabela 2 são apresentados os principais dados obtidos com os dois sistemas fotovoltaicos.

Tabela 2 - Resumo dos resultados com os módulos fotovoltaicos.

Data	Painel Fixo	Painel Seguidor	Irradiação	Ganho
24/06/2017	45,89 Wh	62,56 Wh	3862 Wh/m <sup>2</sup>	36,33 %
25/06/2017	44,83 Wh	58,53 Wh	3770 Wh/m <sup>2</sup>	30,54 %
05/07/2017	46,54 Wh	62,44 Wh	3951 Wh/m <sup>2</sup>	34,17 %
06/07/2017	36,53 Wh	46,26 Wh	3296 Wh/m <sup>2</sup>	26,63 %
TOTAL	173,79 Wh	229,79 Wh	---	32,22 %

Fonte - Próprios Autores.

Em todos os dias analisados, observa-se ganho superior a 26% na energia diária gerada com a utilização do rastreador solar comparado ao sistema de painel fixo, chegando a 36 % em um dos dias estudados.

No estudo apresentado, não está sendo considerado a energia necessária para a movimentação do módulo fotovoltaico, uma vez que o objetivo é o levantamento e quantificação do aumento de eficiência com sistemas de rastreamento solar.

## 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de painéis fotovoltaicos para aproveitamento da energia solar tem se destacado como uma fonte complementar para geração de energia, devido sua flexibilidade, possibilidade de geração descentralizada, além de ser uma fonte limpa



de geração de energia elétrica. Entretanto, os painéis fotovoltaicos apresentam algumas limitações, principalmente na baixa eficiência de conversão da energia solar em elétrica. Uma das medidas para aumentar a eficiência é a de rastreamento solar, alterando a posição do módulo fotovoltaico de forma que a radiação incidente esteja perpendicular ao painel.

Assim, foi desenvolvido um sistema de controle automático de posicionamento do painel fotovoltaico baseado na hora do dia e dia do ano. Ainda, o sistema realiza o monitoramento e registro da tensão e corrente dos painéis estudados (fixo e móvel), o que possibilita a quantificação na energia gerada pelos módulos e a análise de seu desempenho. As principais características do sistema de controle e aquisição dos dados foram baixo custo e flexibilidade de controle.

As análises demonstraram que em todos os casos, o sistema com rastreamento solar apresentou eficiência superior comparado ao sistema de painel fixo, com ganho na geração da energia elétrica média entre 26% a 36%. Vale ressaltar que não foi considerado a energia gasta na alimentação do sistema de controle e perdas com movimentação do módulo fotovoltaico rastreador.

Pesquisas futuras serão desenvolvidas na implementação de sistema rastreador de dois eixos de controle, maximizando a eficiência do sistema para diferentes regiões de instalação e épocas do ano. Esse modelo tem como objetivo modificar o sistema de movimento das placas solares utilizando equipamentos mais leves, aumentando a eficiência do sistema.

## REFERÊNCIAS

ARDUINO. **What is Arduino.** 2017. Disponível em: <<http://www.arduino.org/learning/getting-started/what-is-arduino>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

CARVALHO, E. P., Uma Nova Abordagem de Rastreamento do Ponto de Máxima Potência em Painéis Fotovoltaicos, Taubaté, 2012. 133p.

CORTEZ, R. J. M., Sistema de Seguimento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013. 94p.



CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Tutorial para Energia Solar Fotovoltaica, 2008. Disponível em <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=tutorial\\_solar](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar)>. Acesso em 04 de junho de 2017.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2017 – Ano Base 2016. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2017\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf)>. Acesso em 12 julho de 2017.

FARICELLI, C. F., Seguidor Solar para Sistemas Fotovoltaicos, São Paulo: EPUSP, 2008. 103p. + apêndice.

MARINOSKI, D. L., SALAMONI, I. T., RUTHER, R., Pré-Dimensionamento de Sistema Solar Fotovoltaico: Estudo de Caso do Edifício Sede de CREA-SC. 2004, In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável.

MME. Ministério de Minas e Energia, Geração distribuída mantém crescimento com quase 8mil conexões, 2017. Disponível em <[http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticas/-/asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/geracao-distribuida-mantem-crescimento-com-quase-8mil-conexoes](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticas/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/geracao-distribuida-mantem-crescimento-com-quase-8mil-conexoes)>. Acesso em 14 de junho de 2017.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Histórico da Operação. Disponível em <[http://www.ons.org.br/historico/carga\\_propria\\_de\\_energia\\_out.aspx](http://www.ons.org.br/historico/carga_propria_de_energia_out.aspx)>. Acesso em 04 abril de 2016.

RIBEIRO, S.C, PRADO, P. P. L, GONÇALVES, J.B, Projeto e Desenvolvimento de um Rastreador Solar para Painéis Fotovoltaicos. In: IX Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2012. Resende – RJ.

TESSARO, A.R. et al, Desempenho de um Painel Fotovoltaico Acoplado a um Rastreador Solar, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Cascavel – PR, 2005.

Yingli Green Energy Holding Co. Ltd, JS 10 Series. Disponível em <<https://www.neosolar.com.br/loja/fileuploader/download/download/?d=0&file=custom%2Fupload%2FFile-1455890774.pdf>>. Acesso em 18 de novembro de 2016.