

Construção de um protótipo de rastreador solar para aplicação em sistemas fotovoltaicos conectados à rede

Felipe Tozzi Bittencourt ⁽¹⁾,
Luílio da Silva Mota ⁽²⁾,
Leandro Piva de Santana ⁽³⁾,
Maxwell Moura Costa ⁽⁴⁾ e
João Coelho de Souza Filho ⁽⁵⁾

Artigo publicado em outubro/2017

Resumo – Este artigo mostra o princípio, o desenvolvimento e a conclusão de um estudo teórico e prático realizado com o fim de mostrar a eficiência de um sistema fotovoltaico de energia solar com rastreador, de forma a aumentar o rendimento da energia fornecida em relação ao sistema convencional (sem rastreador), cuja placa solar fica imóvel em um local fixo. O experimento foi desenvolvido com base em outros estudos feitos por acadêmicos, mestrandos e doutorandos, mas com identidade própria; ou seja, todo o material e trabalho realizados foram desenvolvidos pelos pesquisadores. Os resultados obtidos demonstram um ganho médio de 26,6% de produção de energia elétrica com a utilização do rastreador solar, o que revela uma maior eficiência em relação aos sistemas fixos.

Termos para indexação: eficiência energética, energia solar, fontes renováveis

Construction of a prototype solar tracker for application in photovoltaic systems on grid

Abstract – This paper shows the principle, development and conclusion of a theoretical study and practical conducted in order to show the efficiency of a photovoltaic solar energy tracker in order to increase the efficiency of the energy supplied to the conventional system (no tracker) where the solar array is still in a fixed location. The experiment was conducted based on other studies by scholars, masters and doctoral students, but with its own identity. That is, all the material and work performed have been developed by researchers. The results showed an average gain of 26,6% of electricity production with the use of solar tracker. Therefore, having a higher efficiency than fixed systems.

Index terms: energy efficiency, solar energy, renewable sources

Introdução

Os combustíveis fósseis foram sempre os principais componentes da matriz energética mundial. O aumento da demanda mundial por energia e os impactos causados por essas fontes fizeram com que os países começassem a buscar fontes alternativas de geração de energia elétrica para substituir as fontes fósseis. Ao longo do tempo, a energia solar tem sido cada vez mais visada pelos pesquisadores por ser uma fonte de energia inesgotável e limpa.

¹ Coordenação da Indústria, IFTO, Palmas, Brasil, AE 310 SUL, *felipe.bittencourt@ifto.edu.br

² Coordenação da Indústria, IFTO, Palmas, Brasil, AE 310 SUL, *luiliosm@yahoo.com.br

³ Coordenação da Indústria, IFTO, Palmas, Brasil, AE 310 SUL, *tecpiva@hotmail.com

⁴ Coordenação da Indústria, IFTO, Palmas, Brasil, AE 310 SUL, *maxwell@ifto.edu.br

⁵ Coordenação da Indústria, IFTO, Palmas, Brasil, AE 310 SUL, *jcoelho@ifto.edu.br

O homem, criando novas tecnologias, conseguiu captá-la e armazená-la. Os raios solares não emitem apenas calor para sistemas térmicos, eles contêm vários comprimentos de ondas dos quais se podem obter a energia elétrica. O sistema de conversão de energia solar em elétrica, a partir de painéis fotovoltaicos, é uma forma instantânea de adquirir energia elétrica por meio do sol. O BIG, Banco de Informações de Geração da ANEEL, atualizado no dia 7 de agosto de 2017, contém dados quantitativos de geração de energia elétrica no Brasil. Segundo o BIG, a soma de todas as formas de geração hidrelétrica fiscalizada é de 64,75%, a eólica 7,12%, a termelétrica 26,74%, a usina termonuclear 1,3% e a solar 0,09%. Essas porcentagens referem-se à potência fiscalizada que é igual à considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora.

A geração de energia fotovoltaica no Brasil ainda é muito pouco explorada, comparada com as demais fontes geradoras, mesmo contando com um grande potencial pela sua localização geográfica no planeta. A geração fotovoltaica é uma tecnologia ainda cara dependendo da aplicação; portanto, mesmo em sistemas relativamente pequenos, na maioria das vezes há vantagem econômica na utilização de rastreadores. A vantagem se torna ainda maior se o rastreador for associado com o uso de concentradores solares fixos (BIONE et al., 2004). No Brasil, já são realidade os sistemas de geração conectados à rede de distribuição elétrica, graças à Resolução Normativa da ANEEL n.º 482/2012, que permite ao consumidor ser também o produtor. Nesse sistema, o consumidor pode gerar energia elétrica em sua residência e transmiti-la para distribuidora, recebendo, por isso, um abatimento em sua conta de energia consumida. Por meio de um medidor bidirecional, sabe-se quanto de energia foi injetada na rede e o quanto foi consumida. Na concessionária de energia elétrica do Estado do Tocantins, CELTINS (grupo Energisa), há normas que regulamentam esse tipo de serviço, a NTD 18 para sistemas de até 75 kW e a NTD 19 para sistemas acima de 75 kW (CELTINS, 2015).

A cultura brasileira já não é mais aquela de outrora em que o consumo excessivo de energia não era visto como um problema. Após o impacto da crise energética, programas de conscientização e de incentivo aos consumidores têm mudado essa cultura, voltando-se para a busca da eficiência energética. Os brasileiros estão cada vez mais preocupados em cortar gastos. Com isso, economizam energia utilizando alguns mecanismos como aquecedor solar,

ar-condicionado com tecnologia “inverter”, lâmpadas fluorescentes, equipamentos eletrodomésticos classe “A”, lâmpadas de LED, entre outros.

O aumento acelerado da demanda de energia elétrica em todo o mundo, a necessidade de diminuir a dependência de combustíveis fósseis e a preferência por fontes de energia que não poluem têm levado à busca de novas fontes de energia para a geração de eletricidade (VILLALVA; GAZOLI, 2012). A energia solar fotovoltaica apresenta mais regularidade no fornecimento de eletricidade do que a energia eólica, e pode ser empregada em todo o território brasileiro, pois o país é privilegiado com elevadas taxas de irradiação solar em todas as regiões (VILLALVA; GAZOLI, 2012). O número de sistemas fotovoltaicos conectados à rede vem aumentando no Brasil e sua utilização deverá ter um salto extraordinário nos próximos anos, principalmente com a recente aprovação pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) da microgeração e da minigeração com sistemas de distribuição conectados em baixa tensão e alimentados por fontes renováveis de energia (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Normalmente os elementos fotovoltaicos têm pouca eficiência na transformação de energia solar em elétrica. Com isso, para conseguir gerar mais energia elétrica, neste trabalho propõe-se adequar de maneira diferente os elementos de captação solar, de forma que o ângulo entre a incidência dos raios solares e a superfície da placa fotovoltaica seja o mais próximo de 90°, que é o ângulo necessário para o maior aproveitamento na captação desta energia. Para que o ângulo entre a superfície do painel solar fotovoltaico e a incidência dos raios solares permaneça sempre o mais próximo de 90°, utiliza-se um sistema eletrônico que faz um ajuste automático dos painéis em função do movimento de rotação da Terra, rastreando o sol. O ajuste de correção com base no movimento de translação da Terra não será automático, mas o painel será instalado de forma que fique com uma inclinação de 10° ao norte, ângulo de latitude da região.

Materiais e Métodos

Os estudos foram realizados utilizando um protótipo para rastreamento solar e uma placa convencional instalados no telhado de uma residência, conforme mostrado na FIGURA 1, e uma bancada montada com o objetivo de registrar as medições de tensão, corrente e consequentemente a potência durante o carregamento de um capacitor, por meio de sensores e

uma placa ARDUINO UNO. Sabendo que o ângulo de inclinação zenital do painel para o melhor aproveitamento da energia solar é a latitude da região, sua instalação foi feita no telhado de uma residência na cidade de Palmas, Estado do Tocantins, cuja inclinação é exatamente a latitude do local, ou seja, 10° ao norte, que foram encontrados por meio de aplicativo de *smartphone*, conforme ilustrado na FIGURA 1, não havendo, assim, necessidade de adequação.

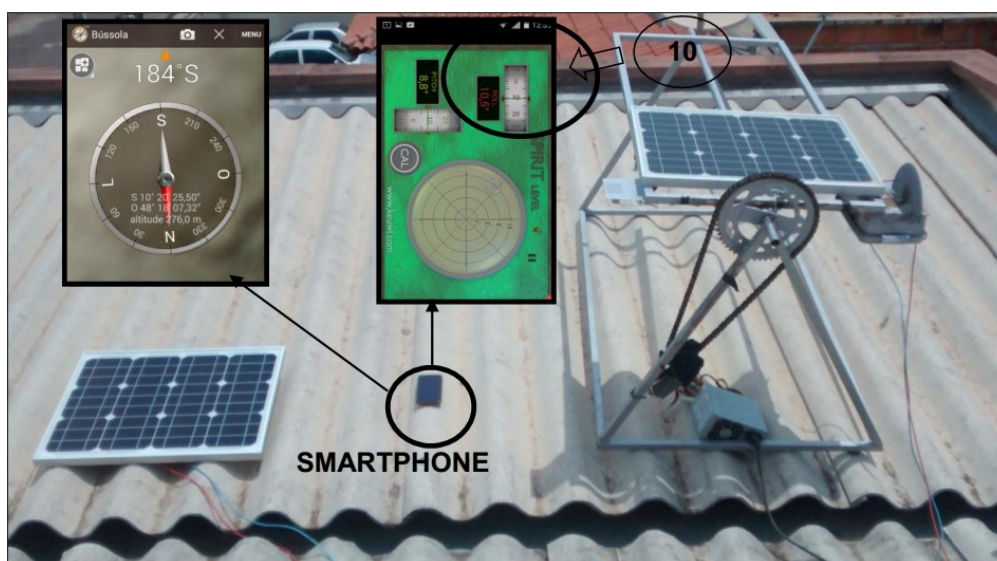


FIGURA 1 – Rastreador Solar – Inclinação de 10° para o norte

O sistema de controle e o de acionamento do motor do rastreador solar ilustrado na FIGURA 1 foi baseado no trabalho de pós-graduação de Flávio Áureo Moura Monteiro, no Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares (PROTEN). O maior interesse se justifica pelo fato de ser um projeto de baixo custo e de bom rendimento. Segundo Monteiro, o custo do seu sistema é um terço mais barato do que os importados, e garante o rastreamento do sol com boa precisão (erro máximo de 3 graus para céu claro).

No projeto de Flávio Monteiro, são utilizados resistores dependentes de luz cuja resistência varia de acordo com a luminosidade captada, LDRs, junto com o comparador amplificador operacional, LM324, a fim de localizar a direção do sol. Para movimentar o painel, um motor de corrente contínua com tensão de 24 Vcc e circuito para carregar banco de baterias. O circuito de controle do sensor de alinhamento do painel está ilustrado na FIGURA 2, e o circuito de acionamento do motor na FIGURA 3.

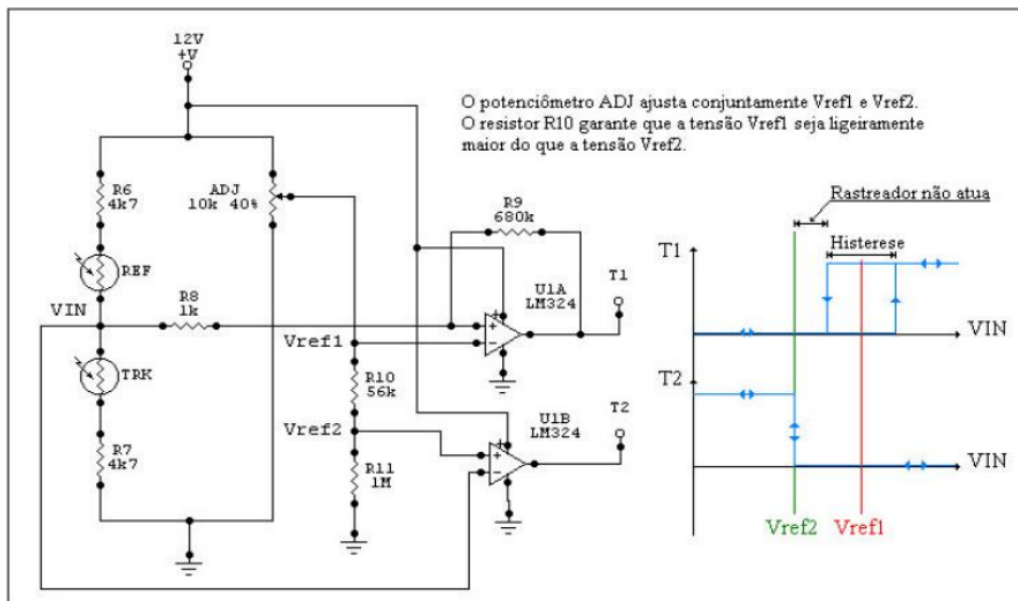


FIGURA 2 – Circuito de controle do sensor de alinhamento para o rastreamento do sol

Fonte: MONTEIRO (2007).

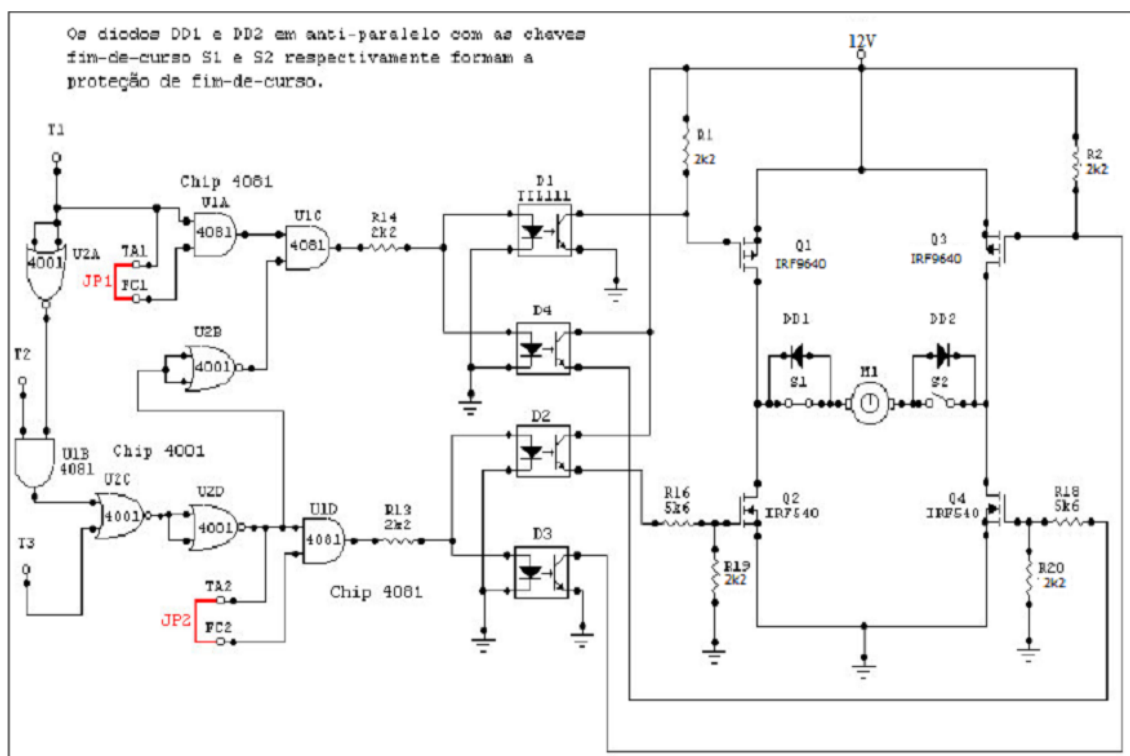


FIGURA 3 – Circuito de acionamento do motor

Fonte: MONTEIRO (2007).

Neste trabalho foi substituído o motor de 24 Vcc por um de 12 Vcc, por ter sido mais fácil de encontrar no mercado e por ser necessária apenas uma fonte, já que o circuito é

alimentado pela mesma tensão. Com isso, foi modificado o circuito de acionamento do motor, foram alterados os resistores e os MOSFETs da ponte “H”, e foram retiradas a bateria e o circuito para carregá-la, já que é um experimento conectado na rede de distribuição.

Conforme ilustrado na FIGURA 1, a montagem do sistema é feita com os seguintes itens:

- Um suporte flexível (fabricação própria) com liberdade de deslocamento de 360°, feito com estrutura metálica, onde foi instalado o painel solar fotovoltaico, os sensores de luminosidade (LDR), o motor de corrente contínua e dois sensores fim de curso, um para o sentido horário e outro para o sentido anti-horário;

- Um painel solar fotovoltaico de fabricação chinesa da marca SUN HOME Energia Solar, modelo ST-M30, com potência de 30 Watts e tensão máxima 20 Volts conectado ao sistema de medição por fios elétricos com seção de 2,5 mm²;

- Um motor de corrente contínua da marca Mabuchi, modelo para vidro elétrico de carro, com tensão de 12 Volts e corrente nominal de 1,3 Ampères;

- Um conjunto com catraca, coroa e corrente comum de motocicleta;

- Uma placa eletrônica com um sistema de controle do rastreador solar e um sistema de acionamento do motor, montados e adaptados a este estudo com base no trabalho de dissertação (mestrado) de Flávio Áureo Moura Monteiro, da Universidade Federal de Pernambuco, em 2007, com o título: Desenvolvimento de um sistema de controle de baixo custo para rastreador solar.

- Uma fonte de alimentação bivolt com saída CC da marca GOLDSHIP, modelo para computador, potência de 500 Watts e tensão de saída de +3,3 Volts, +5 Volts e +12 Volts.

Para efeitos de comparação, foi instalado em local fixo outro painel solar fotovoltaico, conforme mostrado também na FIGURA 1, idêntico ao utilizado no sistema móvel, conectado por fios de seção 2,5 mm² ao mesmo sistema de medição. O que difere este sistema do outro é apenas o fato de não haver os equipamentos de automação para o movimento de rastreamento solar.

As medições foram realizadas em oito dias, seis no mês de novembro e duas em dezembro do ano de 2015, no período das 6 horas às 18 horas; a cada 2,5 minutos foi registrado o ponto de máxima potência dos dois painéis (fixo e móvel) na cidade de Palmas no Estado do Tocantins. A coleta de dados foi feita por meio do ARDUINO UNO conectado ao notebook.

Resultados e Discussão

O GRÁFICO 1 apresenta a curva em forma de área da energia gerada durante todo o período de medição do dia 8 de dezembro de 2015, demonstrando o rendimento em uma situação com incidência solar durante todo o dia.

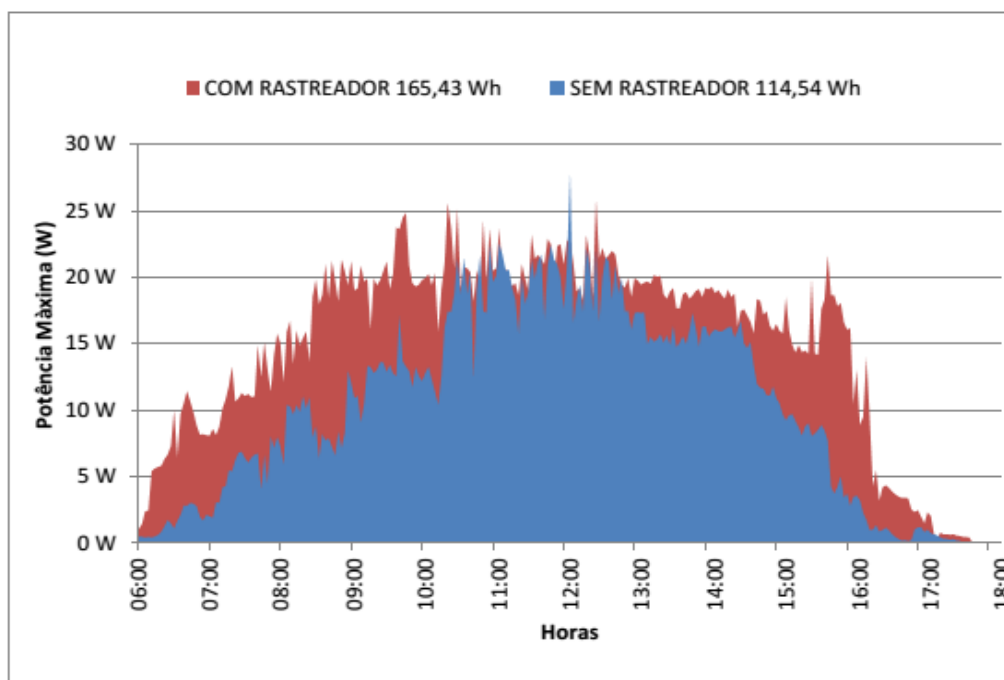


GRÁFICO 1 – Curva de energia total gerada no dia 8 de dezembro de 2015, com céu aberto

O GRÁFICO 2 apresenta a energia medida no dia 7 de dezembro de 2015, em uma situação de chuva entre o período das 13 horas às 14 horas e 30 minutos.

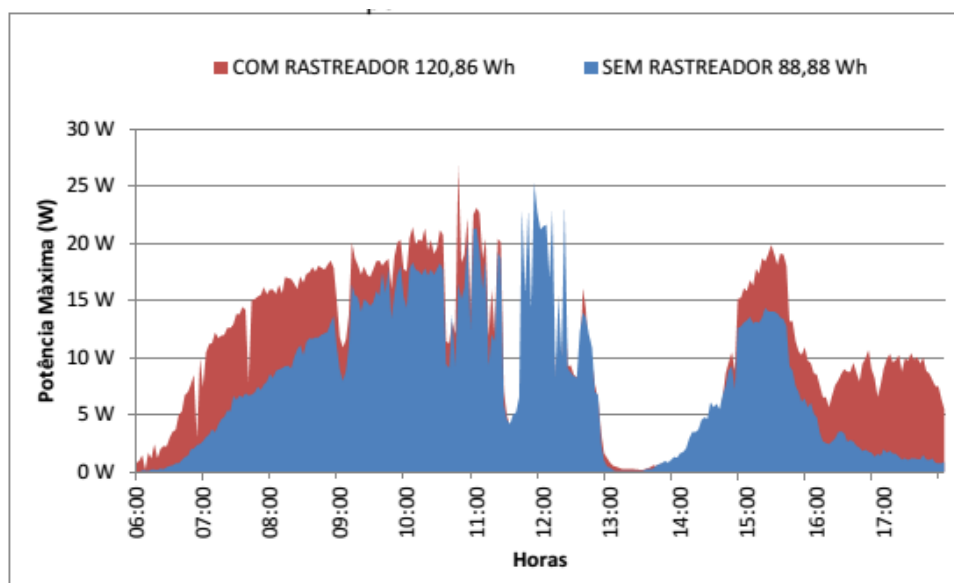


GRÁFICO 2 – Curva de energia total gerada no dia 7 de dezembro de 2015, com céu aberto

A área do ganho de energia de um sistema para o outro é indicada pela área do gráfico que se sobressai, lembrando que o rastreamento foi realizado com apenas um grau de liberdade, ou seja, o sistema utilizado movimentava apenas no sentido leste – oeste, rastreando o sol durante os efeitos de rotação da Terra, podendo gerar um ganho ainda maior se utilizados dois graus de liberdade. Quanto aos efeitos de translação da Terra, o que define as estações do ano, o sistema permaneceu todo o tempo com uma inclinação de 10° ao norte, obedecendo ao critério para melhor aproveitamento da incidência dos raios solares, que usa como referência a latitude do local.

Após esta análise, verificou-se que o sistema com rastreamento solar conseguiu gerar 30,76 % de energia total do dia a mais que o sistema convencional em um dia inteiro de sol, e 26,46 % em um dia com um curto período de chuva, conforme GRÁFICO 3.

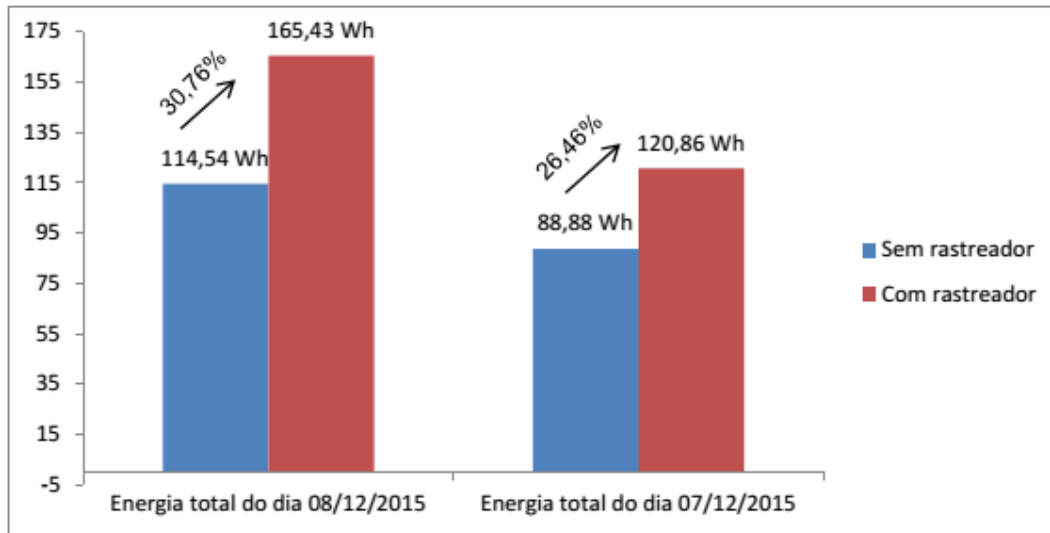


GRÁFICO 3 – Medição de energia elétrica dos dias 7 e 8 de dezembro de 2015

Além das medições apresentadas dos dias 7 e 8 de dezembro, foram feitas mais medições nos dias 14, 15, 21, 22, 28 e 29 de novembro, cujos resultados estão dispostos no GRÁFICO 4.

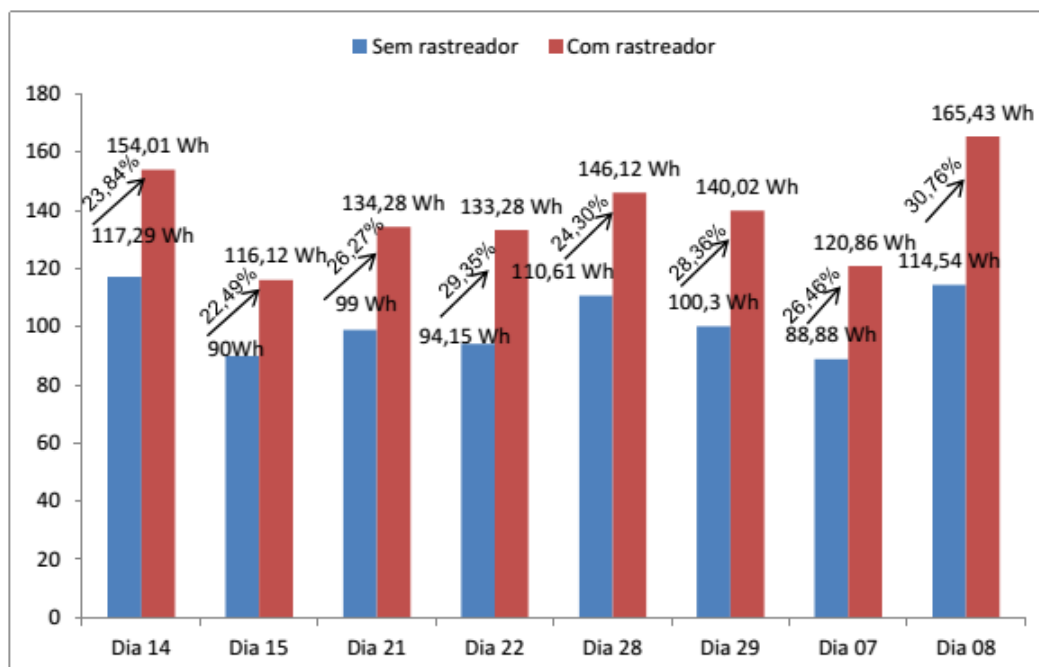


GRÁFICO 4 – Medição periódica de energia elétrica

Considerando um total de 1110,12 Wh de energia gerada pela placa com sistema móvel e 814,77 Wh gerada pela placa com sistema fixo durante esses oito dias de medição, a energia gerada pelo sistema com rastreador solar foi em média de 26,60 % maior que a gerada

pelo sistema fixo. Se comparado ao rastreador de Monteiro que utiliza dois eixos, e obteve 42,9 % de ganho, este rastreador com um eixo obteve 16,3 % a menos. O consumo do sistema de rastreamento durante os dias de ensaio foi medido em 0,8 Wh, sendo considerado um valor irrisório quando comparado à energia gerada durante o período.

Conclusões

O protótipo proposto e montado funcionou como o esperado, alcançando os objetivos, com o ganho de rendimento médio de 26,6% em um período chuvoso, que são os meses de novembro e dezembro, mostrando a importância de um sistema com a função de melhorar o rendimento na produção de energia elétrica por meio de fontes renováveis de energia.

As vantagens apresentadas durante o desenvolvimento e ao final deste estudo demonstraram o desempenho do modelo de rastreamento solar proposto neste trabalho, destacando-se a simplicidade da montagem do protótipo, o maior rendimento na geração de energia elétrica proveniente do painel fotovoltaico, entre outras.

O rastreamento solar é de fundamental importância para um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição, pois a normativa que rege este tipo de geração está diretamente ligada à eficiência energética (maior rendimento com menor custo), ou seja, quanto maior a geração maior será o abatimento na conta de energia e o acúmulo de créditos.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: abr. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**, Brasília, 2. ed., 2005. 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 em: abr. 2017.

BIG - Banco de Informação de Geração. **Capacidade de geração no Brasil**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: ago. 2017.

BIONE, J.; VILELA, O. C.; FRAIDENRAICH, N. **Comparison of the performance of PV water pumping systems driven by fixed, tracking and V-trough generators.** Solar Energy, vol. 76, p. 703-711, 2004.

ENERGISA. NTD 18 – **Requisitos para acesso e conexão de geração distribuída ao sistema de distribuição de baixa tensão (microgeração).** Disponível em: <<http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas.aspx>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

ENERGISA. NTD 19 – **Requisitos para acesso e conexão de geração distribuída ao sistema de distribuição de média tensão (minigeração).** Disponível em: <<http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas.aspx>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

MONTEIRO, F. A. M. **Desenvolvimento de um sistema de controle de baixo custo para rastreador solar.** Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2007.

VILLALVA, M. G; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações.** São Paulo: Editora Érica Ltda, 2012.