

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE CORRENTE E TENSÃO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA BASEADO EM ARDUINO

SIDNEY PEREIRA^{1*}; GABRIELA RABELO GOMES²

¹Dr. em Agronomia, Prof. Adj. ICA, UFMG, Montes Claros-MG, sidney@ufmg.br;

²Engenheira Agrícola e Ambiental, Montes Claros-MG, gabirabelogomes@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo desenvolver o protótipo de um sistema, baseado na plataforma Arduino, para o monitoramento da energia elétrica obtida por meio de um painel fotovoltaico, bem como o seu consumo e a sua acumulação em bateria, na cidade de Montes Claros-MG. O sistema de geração é composto por painel fotovoltaico, controlador de carga, bateria estacionária (12 V, 2,5 Ah) e uma lâmpada (12 V, 5 W). As características do painel fotovoltaico são: potência de pico de 20 W, tensão de pico de 17,1 V, corrente de pico de 1,17 A, área externa de 0,18 m² e eficiência energética de 10,8%. Para monitorar as correntes contínuas (I_{CC}) foram utilizados o sensor de corrente 712 ACS-30A para o painel fotovoltaico e os sensores 712 ACS-20A para a bateria e carga. Para monitorar a tensão contínua (V_{CC}) foi construído um dispositivo a partir do princípio do divisor de tensão, empregando resistores com tolerância da ordem de 1 %. Os dados obtidos foram armazenados em cartão de memória a cada 5 minutos em monitoramento diário e em tempo real. O protótipo desenvolvido permitiu monitorar e assim conhecer o comportamento da geração de energia fotovoltaica, os instantes em que a bateria está fornecendo ou armazenando energia e o consumo desta pela carga (lâmpada) em tempo real. A plataforma Arduino apresentou eficiência no monitoramento dessas variáveis podendo assim determinar as reais condições de operação do sistema fotovoltaico em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar, sensores de corrente, painel fotovoltaico, protótipo.

CURRENT AND VOLTAGE MONITORING SYSTEM IN THE PRODUCTION OF PHOTOVOLTAIC ENERGY BASED ON ARDUINO

ABSTRACT: This work aimed to develop the prototype of a system, based on the Arduino platform, for the monitoring of the electric energy obtained with a photovoltaic panel, as well as its consumption and accumulation in battery, in the city of Montes Claros-MG. The generation system consists of photovoltaic panel, load controller, stationary battery (12 V, 2.5 Ah), one lamp (12 V, 5 W). The characteristics of the photovoltaic panel are: peak power of 20 W, peak voltage of 17.1 V, peak current of 1.17 A, external area of 0.18 m² and energy efficiency of 10.8%. To monitor the continuous currents (I_{cc}) were used the 712 ACS-30A current sensor for the photovoltaic panel and the ACS-20A 712 sensors for the battery and load were used. To monitor the continuous voltage (V_{CC}), a device was constructed from the principle of the voltage divider using resistors with a tolerance of 1%. The data were stored in memory card every 5 minutes in daily and real time monitoring. The developed prototype allowed to monitor and thus to know the behavior of the photovoltaic generation, the moments in which the battery is supplying or storing energy and the consumption of this by the load (lamp) in real time. The Arduino platform presented efficiency in the monitoring of these variables, thus determining the actual operating conditions of the photovoltaic system being studied.

KEYWORDS: Solar energy, current sensors, photovoltaic panel, prototype.

INTRODUÇÃO

O Brasil é abastecido eletricamente, na sua maioria, por energia hidráulica, uma energia renovável, porém com muitas desvantagens socioambientais como inundação de áreas habitáveis, deslocamento de comunidades, além de a maioria das florestas inundadas ao se decompor produzem metano, provocam erosões e perda da biodiversidade na área afetada. Esta forma de obtenção de energia elétrica representava 67,1 % (MME, 2017) na estrutura da Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) para o ano de 2016. Para o referido ano, a participação da energia fotovoltaica na OIEE somava apenas 0,014 % da matriz elétrica brasileira. Entretanto, em relação a 2015, esta forma de geração de energia elétrica teve um aumento de oferta de 44,7%, resultado dos crescentes investimentos ocorridos neste setor.

Para Silva (2015), é desejável que a introdução da fonte solar na matriz energética brasileira ocorra sem atropelos, observando as oportunidades para o País no desenvolvimento tecnológico e da cadeia produtiva, os custos de oportunidades envolvidos e os ajustes porventura necessários por parte do setor produtivo para enfrentar eventuais obrigações ambientais no descarte de materiais usados na fabricação das células fotovoltaicas. De acordo com Bronzatti & Iarozinski Neto (2008), em relação à energia solar, existe potencial a ser aproveitado, no entanto, é necessário investimento em tecnologia para redução dos custos de implantação e geração.

Dado a importância do uso de energia renovável tendo como princípio a conversão fotovoltaica como fonte para obtenção de energia elétrica bem como os crescentes investimentos e pesquisas voltados para este setor, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo, baseado na plataforma Arduino, para o monitoramento da energia elétrica obtida por meio de um painel fotovoltaico, bem como a acumulação e uso desta em um sistema bateria/carga.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido durante o mês de dezembro de 2015, na cidade de Montes Claros, localizado a 16°41'11.02"S e 43°50'36.64"O, com altitude média de 670 m. O tipo climático da região, segundo a classificação de Köppen, é o tropical semi-árido (Bsh), com verões quentes e secos e temperatura média anual de 24,1 °C (Santos et al., 2007).

O sistema de geração fotovoltaica foi composto por painel fotovoltaico, controlador de carga, bateria estacionária (12 V e 2,5 Ah) e uma lâmpada para corrente contínua de 12 Volts com potência de 5 W operando como carga. As características do painel fotovoltaico são: potência de pico de 20 W, tensão de pico de 17,1 V, corrente de pico de 1,17 A, área externa de 0,18 m² e eficiência energética de 10,8 %. O painel foi posicionado no sentido leste-oeste e face coletora voltada para o Norte (Sousa & Silva, 2015) e inclinação em relação ao horizonte conforme citado por Paines (2014).

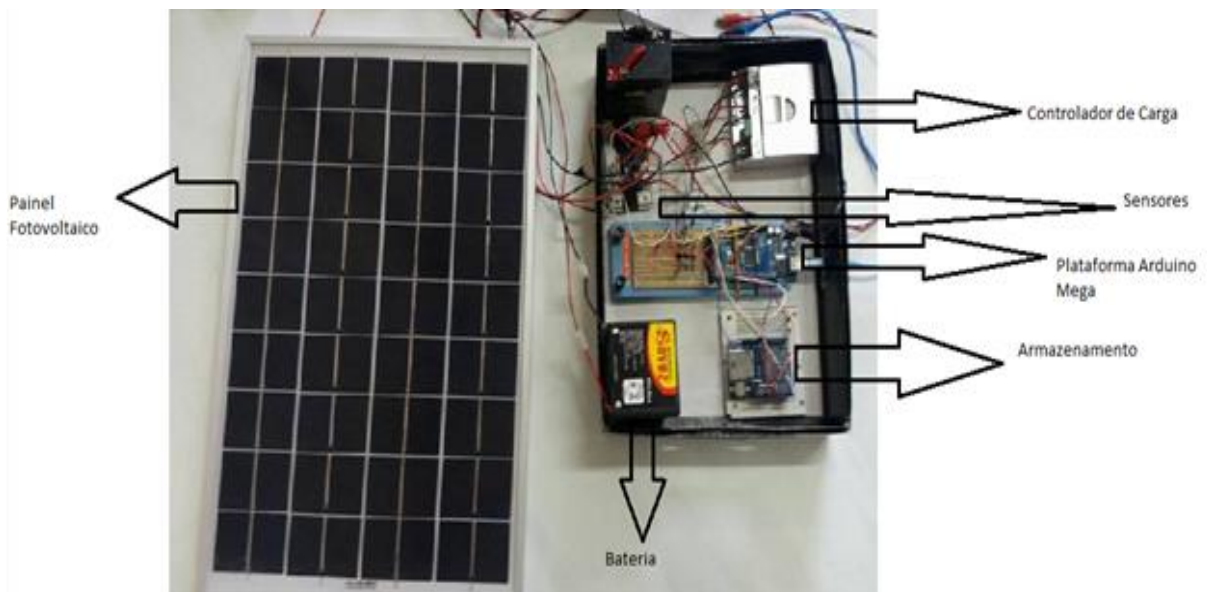
Para monitorar as correntes e tensão contínuas produzidas pelo sistema foi empregada a plataforma Arduino Mega. Este dispositivo possui a função de monitorar a energia total produzida pelo painel fotovoltaico e o seu uso até o esgotamento da carga disponível ou armazenada na bateria. Para tanto, foram empregados os sensores de corrente ACS712 para correntes contínuas de 30 A e 20 A, respectivamente, previamente calibrados por meio de um multímetro. Para o monitoramento da tensão (V_{cc}) o sensor foi construído a partir do princípio do divisor de tensão, em que foram empregados resistores com tolerância de 1 %, conferindo maior precisão na obtenção dos dados.

Os sensores de corrente foram instalados em série com o painel fotovoltaico (I_{painel}), a bateria (I_{bateria}) e com a lâmpada de 5 W ($I_{\text{lâmpada}}$), permitindo assim conhecer toda a corrente gerada pela placa fotovoltaica bem como as correntes armazenadas ou drenadas da bateria e a corrente consumida pela lâmpada. A tensão elétrica foi monitorada sobre o controlador de carga durante todo o experimento, pois este possui a função de recarregar a bateria e alimentar ou não a carga (lâmpada) em função da energia acumulada.

O monitoramento da energia produzida e consumida se deu em tempo real com uma taxa de armazenamento de dados de cinco em cinco minutos, vinte e quatro horas por dia, no mês de dezembro de 2015. Os dados obtidos para correntes e tensão com a plataforma Arduino Mega foram armazenados em cartão de memória SD por meio do Shield SD-RTC e posteriormente convertidos em planilhas do Excel. Desta forma foi possível gerar as curvas de: i) comportamento diário da geração de corrente pela placa fotovoltaica; ii) comportamento diário do fluxo de corrente entrando e ou saindo da bateria; iii) comportamento diário da corrente consumida pela lâmpada; e iv) comportamento diário da tensão no

controlador de carga. Na Figura 1 pode ser visto parte do protótipo elaborado bem como o painel fotovoltaico utilizado.

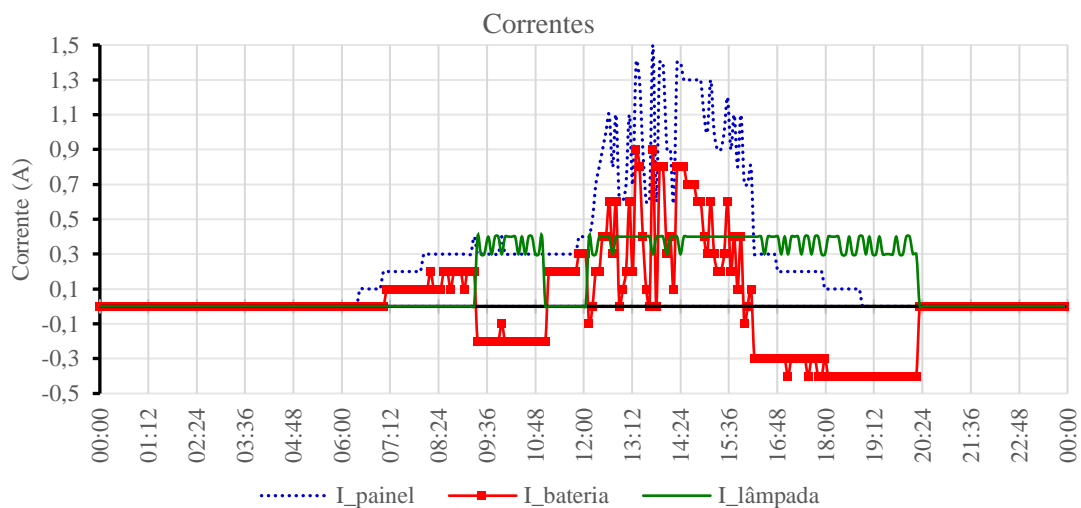
Figura 1. Protótipo elaborado o monitoramento da produção da energia fotovoltaica.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 exemplifica os valores lidos e armazenados pelo Arduino Mega no monitoramento diário da corrente produzida pelo painel fotovoltaico, do fluxo de corrente na bateria sendo esta positiva quando recarregava a bateria e negativa quando saía desta e, finalmente, a corrente que circula na lâmpada. Os dados da Figura 2 são relativos à produção, armazenamento e consumo de energia obtidas no monitoramento do dia 02 de dezembro de 2015.

Figura 2. Produção, armazenamento e consumo das correntes do painel fotovoltaico, bateria e carga .



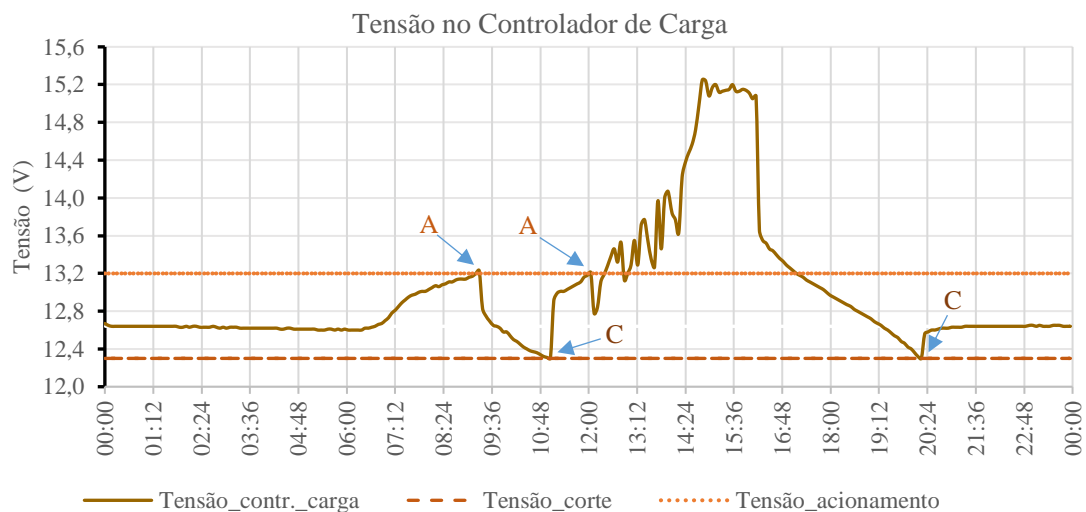
Observa-se, na Figura 2, que a I_{painel} apresentou desenvolvimento crescente de acordo com o passar das horas após o nascente sendo que iniciou a produção de corrente às 06h27min. Os valores da I_{bateria} acompanham o crescimento da I_{painel} . As 07h07min a bateria começou a acumular carga, mas a lâmpada não acendeu, pois o controlador de carga não permite que isto ocorra enquanto a bateria não obtiver carga o suficiente para mantê-la em funcionamento continuamente, sendo este tempo, portanto, um intervalo de segurança para garantir uma recarga mínima na bateria.

Às 09h22min a lâmpada acendeu ($I_{\text{lâmpada}}$) e consequentemente a bateria cedeu energia, e como pode ser observado no gráfico a corrente da bateria ficou abaixo de 0 A, ou seja, com valores negativos. Às 11h03min a lâmpada apagou e a bateria começou a acumular energia novamente. O fato de a lâmpada ter apagado está associado à época do ano em que o monitoramento foi conduzido, pois há grande incidência de nuvens e chuvas no verão no Norte de Minas Gerais. Às 12h08min a lâmpada acendeu e assim foi mantida até 20h15min. Observa-se que as 18h50min (horário de verão) o painel encerrou a geração de corrente e, como a bateria estava carregada, esta energizou a lâmpada até o desligamento efetuado pelo controlador de carga.

Ainda tomando como exemplo o monitoramento do dia 02 de dezembro de 2015, a Figura 3 representa a tensão no controlador de carga ($T_{\text{contr. carga}}$) ao longo deste dia. Pode ser observado o fato de quando a tensão atinge a tensão de acionamento ($T_{\text{acionamento}}$) de 13,2 V a lâmpada acendeu e logo após ao acendimento ocorre uma queda de tensão para 12,8 V (9h22min). Logo após ocorreu uma baixa incidência da irradiação solar devido, como mencionado, à passagem de nuvens e precipitação de curta duração provocando uma menor produção de corrente pelo painel, fazendo com a carga da bateria fosse consumida pela lâmpada e esta fosse desligada pelo controlador de carga quando a tensão da bateria atingiu o valor de corte de 12,3 V (T_{corte}).

A lâmpada só acendeu novamente quando a o painel voltou a aumentar a produção de corrente e a bateria atingiu valor de tensão de 13,2 V (as 11h03min), quando então o controlador de carga voltou a energizar a lâmpada. As 20h15min ela foi novamente apagada pelo controlador de carga quanto a tensão na bateria atingiu 12,3 V (T_{corte}) sendo novamente acionada somente após recarga da bateria no dia seguinte. Os valores indicativos para a $T_{\text{acionamento}}$ e T_{corte} estão destacados na Figura 3 e as letras maiúsculas A e C, respectivamente, sinalizam os momentos em que a lâmpada foi acionada e posteriormente cortada (desligada).

Figura 3. Variação da tensão no controlador de carga.



O protótipo desenvolvido permaneceu monitorando todo o sistema, diariamente, ao longo das 24 horas do dia, permitindo completa análise da geração e consumo da energia produzida pelo painel fotovoltaico. Conforme assevera Cortez (2013) em seu estudo sobre “sistema de seguimento solar em produção de energia fotovoltaica”, o Arduino como uma plataforma de controle apresenta algumas vantagens quando comparada com outras plataformas existentes no mercado notadamente por esta ser uma ferramenta open source que pode ser utilizada sem custos adicionais.

Com este protótipo é possível realizar diversas análises como a neste trabalho exemplificada, podendo assim determinar as condições reais de operação de sistemas fotovoltaicos e desta forma contribuir para o dimensionamento ou ajustes em relação ao comportamento da carga e outros componentes do sistema e, consequentemente, permitir maior eficiência no uso dos equipamentos disponíveis para geração de energia elétrica a partir da luz do sol.

CONCLUSÃO

A plataforma Arduino Mega e os sensores para tensão e correntes contínuas empregados monitoraram estas variáveis em tempo real, além de armazenar estes dados para posteriores análises.

O protótipo desenvolvido monitorou o comportamento da geração de energia fotovoltaica, os instantes em que a bateria está fornecendo ou armazenando energia e o consumo desta pela carga permitindo, assim, conhecer as reais condições de operação do sistema fotovoltaico em estudo.

REFERÊNCIAS

- Bronzatti, F. L.; Iarozinski Neto, Alfredo. Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28, 2008, Rio de Janeiro. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br>. Acesso em: 25 out. 2015.
- Cortez, R. J. M. Sistema de seguimento solar em produção de energia fotovoltaica. Porto: FEUP, 2013. 94f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores).
- MME. Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira. Exercício de 2016. Edição Junho de 2017. 2017. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acesso em: 26 de maio de 2018.
- Paines, P. de A. Desenvolvimento de ki didático de geração de energia solar. Santa Maria: UFSM, 2014. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção).
- Santos, R. M. dos; Vieira, F. A. de; Gusmão, E.; Nunes, Y. R. F. Florística e estrutura de uma Floresta Estacional Decidual, no parque municipal da Sapucaia, Montes Claros (MG). CERNE, vol. 13, núm. 3, julho-setembro, pp. 248-256, 2007,
- Silva, R. M. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <https://www12.senado.leg.br>. Acesso em 26 de maio de 2018.
- Souza, D. A. de; Silva, G. E. Estudo da viabilidade de implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica na Instituição de Ensino Doctum de Caratinga. In.: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC' 2015, e SOEA, 72, 2015, Fortaleza. Disponível em: <http://www.confeca.org.br>. Acesso em: 26 de maio de 2018.