

## DESENVOLVIMENTO DE SENSORES DE BAIXO CUSTO PARA AQUISIÇÃO DE RADIAÇÃO GLOBAL

ANA PRISCILA DE OLIVEIRA FELIX MARTINS<sup>1</sup>, BRIZA BRAGA LOPES<sup>1</sup>, ANA CLÁUDIA DAMASCENO NUNES<sup>1</sup>, ISMARA DE KASSIA SOUSA NASCIMENTO<sup>1</sup>, DANIEL DOS SANTOS COSTA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF/Juazeiro ó BA.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola e Ambiental, Professor Auxiliar, Colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, UNIVASF/Juazeiro ó BA, Fone: (74) 2102.7621, daniel.costa@univasf.edu.br.

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** Na agricultura, os dados de radiação solar ou de insolação são utilizados no planejamento das culturas. Para a medição da radiação global utilizam-se comumente o piranômetro, no entanto, os custos dos radiômetros solares são elevados, o que tem aumentado o interesse de pesquisadores a fim de desenvolverem modelos de estimativa de radiação solar que priorizam parâmetros de fácil obtenção e fornecem razoáveis aproximações. O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de sensores alternativos, que possuem baixo custo, visando o seu uso para medição de radiação global a fim de atender a melhores técnicas de produção na agricultura. Os sensores (LDR, Transistor 2N3055 e o fotodiodo BPW20RF) foram conectados a um *data logger* microcontrolado, desenvolvido na Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), onde os dados advindo dos sensores foram armazenados em cartão de memória SD e depois descarregados em computador para posterior análise. Foi feita uma análise de regressão dos dados onde o sensor LDR apresentou o melhor coeficiente de determinação ( $R^2=0,909$ ). Com isso, há necessidade de maiores estudos na utilização desses sensores para aquisição de dados com qualidade e menores custos de implantação.

**PALAVRAS-CHAVE:** luminosidade incidente, radiômetro, agricultura.

## DESENVOLVIMENTO DE SENSORES DE BAIXO CUSTO PARA AQUISIÇÃO DE RADIAÇÃO GLOBAL

In agriculture, the data of solar radiation, or insolation are used in planning crop. To measure the global radiation commonly use it pyranometer, however the cost of solar radiometers are high, which has increased the interest of researchers in order to develop models to estimate solar radiation that prioritize parameters easy to obtain and provide reasonable approaches. The present study aimed at developing alternative sensors that have low cost, aiming its use for measuring global radiation and to meet best production techniques in agriculture. The (LDR, photodiode and transistor 2N3055 BPW20RF) sensors were connected to a data logger, developed at the Federal University of Vale do São Francisco (UNIVASF), where the data of these variables were stored on an SD memory card and then downloaded to your computer for later analysis. A regression analysis of the data where the LDR sensor showed the best determination coefficient ( $R^2 = 0.7509$ ), thus necessitating the need for further studies the possibility of production of these sensors for data acquisition quality and lower costs was taken deployment.

**KEYWORDS:** luminosity incident, radiometer, agriculture.

**INTRODUÇÃO:** Segundo Taiz & Zieger (2004) a disponibilidade de radiação solar é um dos fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Na agricultura, os dados de radiação solar ou de insolação são utilizados no planejamento das culturas (VILELA, 2010). A radiação solar é

dada pela soma da radiação direta e da radiação difusa. A medição dessas duas radiações acumuladas é denominada de radiação global (SILVA, 2005). Para a medição da radiação global utiliza-se o piranômetro, no entanto, os custos dos radiômetros solares são elevados, o que tem aumentado o interesse de pesquisadores a fim de desenvolverem modelos de estimativa de radiação solar, que priorizem parâmetros de fácil obtenção e forneçam razoáveis aproximações. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de sensores alternativos, que possuem baixo custo, visando o seu uso para medição de radiação global e assim atender as necessidades para melhores técnicas de produção na agricultura.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os circuitos elétricos que compõem os sensores foram desenvolvidos no Laboratório de Energia na Agricultura e a calibração ocorreu na estação meteorológica, ambos da Universidade Federal do Vale do São Francisco ó UNIVASF, do campus de Juazeiro-BA (Figura 1, A).

Os sensores utilizados foram o LDR, o transistor 2N3055 e o fotodiodo BPW20RF. O LDR (*Light Dependent Resistor*) é um componente fotoresistente onde a variação de luminosidade incidente afeta a variação da resistência elétrica resultante. Este efeito se dá pelo LDR ser composto de sulfeto de cádmio (CdS), um material semiconductor no qual a principal característica é a diminuição de sua resistência elétrica em detrimento do aumento da luminosidade ambiente (THOMAZINI, 2005). O BPW20R é um fotodiodo de silício com encapsulamento TO-5 da Vishay Semiconductors®, especialmente desenhado para aplicações lineares de alta precisão. Alguns transistores comerciais fabricados em invólucros de metal, como o 2N3055, possuem uma pastilha de um material semiconductor (silício) relativamente grande e que pode ser usada diretamente como uma célula solar. (SILVA et al., 2004). Ambos (BPW20R e 2N3055) apresentam como sinal de saída uma tensão elétrica variável de acordo com a intensidade da radiação incidente. Foi utilizado um amplificador operacional no circuito dos sensores 2N3055 e do BPW20RF para gerar um aumento no sinal de saída e obter o nível de tensão de acordo com o ganho desejado (Figura 1, B). O circuito do sensor LDR (Figura 1, C) funciona com um divisor de tensão.



FIGURA 01: (A) Calibração do circuito na estação meteorológica; (B) Circuito com Transistor e fotodiodo e (C) Circuito com LDR.

Os sensores foram conectados a um *data logger* microcontrolado onde os dados destas variáveis eram armazenados em cartão de memória SD e depois descarregados em um computador. Assim, foi feita a análise de regressão dos dados obtidos para obtenção de uma curva de calibração.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Obtiveram-se, na coleta de dados do sensor padrão de radiação e dos sensores desenvolvidos no trabalho, os valores de radiação global e tensão elétrica, respectivamente. Com a análise de regressão dos dados obteve-se as seguintes equações de calibração:  $y = 1572,7x^2 - 7147,9x + 0,1981$  e  $R^2 = 0,909$  para o LDR (Figura 2);  $y = 325,86x^2 + 158,56x - 69,306$  e  $R^2 = 0,8014$  para o 2N3055 (Figura 3); e  $y = 433,72x^2 - 788,4x + 253,27$  e  $R^2 = 0,8083$  para o BPW20RF (Figura 4).

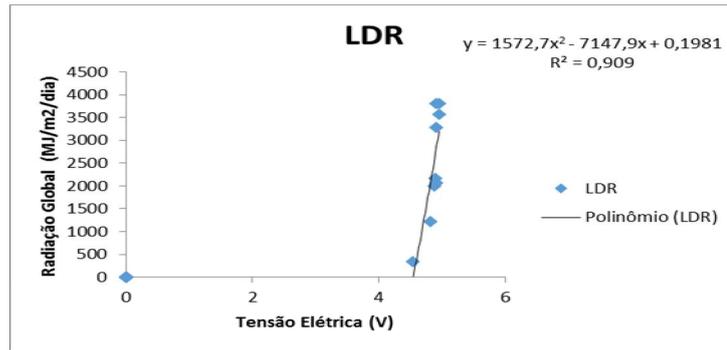


FIGURA 02: Calibração do sensor LDR.

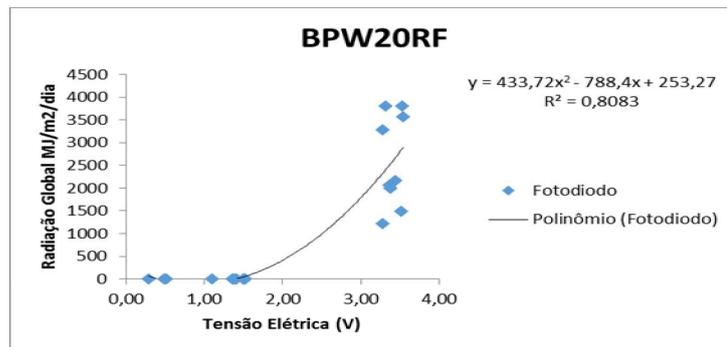


FIGURA 03: Calibração do sensor BPW20RF.

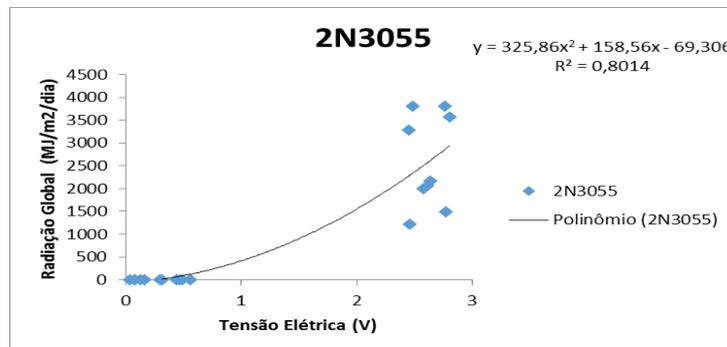


FIGURA 04: Calibração do sensor BPW20RF.

A medida da radiação solar na superfície terrestre possui uma infinidade de erros aleatórios, advindos das mudanças atmosféricas, presença de fumaça, nuvens, turbidez, variação da densidade da camada de ar que fica sobre o radiômetro, como também variações de temperatura, atividade solares e sombreamento, além de erros intrínsecos de mensuração (VILELA, 2010). Dessa forma, os tipos de radiômetros são funcionalmente semelhantes e devem ser instalados em suportes que garantam seu perfeito nivelamento com a normal e em locais abertos sem a presença de sombras, obstáculos e áreas reflexivas. Assim a proteção que constava os sensores, pode ter causado alguma interferência na obtenção da radiação global. Como mostrado nos três gráficos, o resultado da comparação do  $R^2$  de cada um, pode-se constatar que não foi possível chegar aos resultados desejados.

De acordo com o teste t dos coeficientes da curva, apenas a equação do sensor LDR mostrou-se significativa, como mostrado na tabela 1.

TABELA 1. Resumo da análise estatística referente aos dados obtidos na calibração.

	Sensor LDR	Sensor 2N3055	Sensor BPW20RF
Interseção	0,198 <sup>NS</sup>	-69,306 <sup>NS</sup>	253,271 <sup>NS</sup>
Variável X	-7147,872*	158,560 <sup>NS</sup>	-788,400 <sup>NS</sup>
Variável X <sup>2</sup>	1572,671*	325,863 <sup>NS</sup>	433,716*
Coeficiente de correlação (r)	0,953	0,895	0,899
Coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> )	0,909	0,801	0,808

<sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05); \* : significativo (P<0,05); \*\* : significativo (P<0,01)

O sensor LDR foi o que apresentou o melhor desempenho, possivelmente, por se encontrar em uma proteção separada dos demais sensores, dessa forma, esse melhor resultado pode estar relacionado ao fato de que este tinha menos interferência de sombreamento. Contudo, Neves (2011), em um estudo onde mostrava a viabilidade de sensores de radiação solar, de baixo custo, para o monitoramento em uma estação micrometeorológica, apresentou como resultado entre as medidas do sensor de radiação solar de referência e do protótipo, um coeficiente de determinação de 0,9996.

O custo dos sensores LDR, transistor 2N3055 e fotodiodo BPW20RF foram R\$ 2,10, R\$ 8,26 R\$ 14,77, respectivamente.

De acordo com os resultados obtidos, é necessário mais estudos com esses sensores, levando em conta todos os fatores que podem interferir na avaliação dos resultados, principalmente quanto à questão da penumbra causada pelos componentes da caixa.

**CONCLUSÕES:** Diante do que foi discutido, conclui-se que é necessário mais estudo e pesquisa no desenvolvimento de sensores que proporcionem um menor custo para utilização no setor agropecuário, e assim melhorarem as técnicas de produção.

## REFERÊNCIAS

NEVES, G. A. R. **Desenvolvimento de estação micrometeorológica com armazenamento de dados.** 41 f. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Pós-graduação em Física Ambiental, Mato Grosso 2011.

SILVA, S. C.; DIDONET, A. D. **Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais.** Embrapa Arroz e Feijão ó Sistemas de Produção, No 5 ISSN 1679-8869 Versão eletrônica. Dez 2005.

SILVA, R; et al. **Células solares "caseiras"** Rev. Bras. Ensino Fís. vol.26 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2004.

TAIZ, L. & ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal.** Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3º ed., Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações.** 1º ed. Érica. 2005. 224p. ISBN 85365007 19.

VILELA, W. A. **Estudo, desenvolvimento e caracterização de radiômetros para medidas da radiação solar.** 2010. 178f. Tese (Doutorado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores) ó Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 2010.