

## **MEDIÇÃO DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL UTILIZANDO SENSOR LDR**

Romênia Gurgel Vieira ( Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA) romeniavieira@hotmail.com  
Gregory Luid Santiago (UFERSA). luidsantiago@gmail.com  
Fabiana Karla de O. Martins Varella (UFERSA). fkv@ufersa.edu.br  
Marcelo Guerra Vale (UFERSA). Email: marceloguera@ufersa.edu.br

**Resumo:** A radiação solar é uma variável importante em estudos climáticos e orientação de projetos que visam o aproveitamento da energia solar. A radiação solar incidente em uma superfície divide-se em duas componentes, a saber, a componente de radiação direta, e radiação difusa, e em geral são medidas por instrumentos como piranômetro ou pireliômetro. Buscando uma forma alternativa de medição de radiação solar, o presente trabalho tem por objetivo realizar medição de radiação solar global utilizando um sensor LDR (Light Dependent Resistor).

**Palavras-chave:** Radiação Solar. LDR. Piranômetro.

## **GLOBAL SOLAR RADIATION MEASURING USING LDR SENSOR**

**Abstract:** Solar radiation is an important variable for climatic researches and guidance of projects that intends to use the solar resource. The incident solar radiation on a surface is split into two components, the beam radiation and the diffuse radiation, and generally they are measured by instruments like piranometer and pyreliometer. Looking for an alternative way to measure solar radiation, this paper aims to measure global solar radiation using a LDR (Light Dependent Resistor) sensor.

**Keywords:** Solar Radiation. LDR. Pyranometer.

### **1. INTRODUÇÃO**

A radiação solar incidente na superfície terrestre é uma variável importante para o estudo das condições climáticas, bem como orienta o desenvolvimento de projetos que visam a captação da energia solar para geração de energia elétrica ou térmica. Conhecendo o comportamento da radiação solar incidente em uma determinada região viabiliza a instalação de sistema de aproveitamento do recurso solar, de forma a garantir máxima eficiência ao longo do ano. A partir do segundo parágrafo até o fim da seção, deve-se indentar a primeira linha com 1 tabulação. Este parágrafo ilustra tal situação.

A medição de radiação solar é feita geralmente através de instrumentos como o piranômetro e o pireliômetro, sendo o primeiro utilizado para medição da radiação global, e o segundo para medição da componente direta.

O presente trabalho trata sobre a medição da radiação global, correspondente à soma das componentes direta e difusa, e portanto abordará instrumentos de medição global e uma alternativa aos dispositivos convencionais.

### **2. MEDIÇÃO DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL**

O piranômetro é o instrumento utilizado na medição de radiação global, incidente normalmente ao plano horizontal, e em alguns casos são utilizados para estimar a radiação difusa (PALMIERI, 2009).

Pode-se classificar os piranômetros em dois tipos básicos, a saber, o piranômetro termoeletrônico e o piranômetro fotovoltaico. O dispositivo termoeletrônico utiliza como sensor

uma termopilha inserida no interior de duas semiesferas de vidro concêntricas, e está ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Piranômetro termoelétrico  
Fonte: CRESESB, 2014

A termopilha utilizada como sensor é constituída por uma por vários termopares dispostos em série, posicionando a junção quente enegrecida para o lado do sol, e a junção fria para a parte inferior (CRESESB, 2014). A diferença de potencial produzida nos termopares é convertida em  $W/m^2$ , medindo assim o valor instantâneo da radiação solar global. A disposição da termopilha está melhor ilustrada na Figura 2.

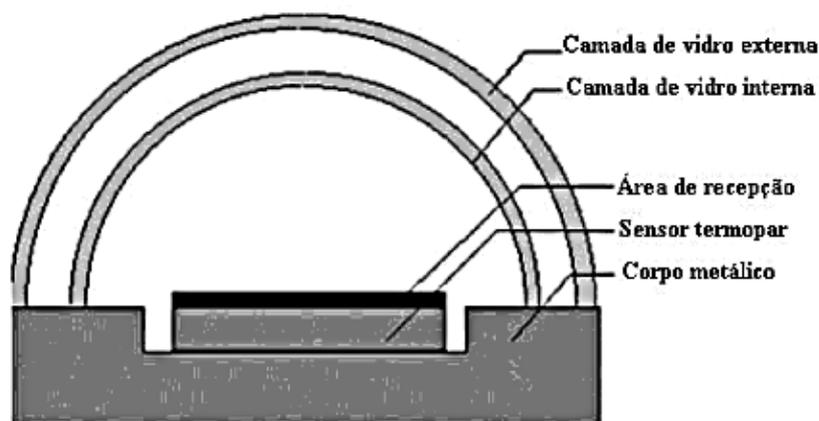


Figura 2 – Disposição termopilha no piranômetro termoelétrico  
Fonte: JUCÁ, 2013

O piranômetro do tipo fotovoltaico é constituído por uma célula fotovoltaica de silício monocristalino, que ao ser iluminada gera uma corrente elétrica, proporcional à radiação solar incidente em  $W/m^2$ , e está ilustrado na Figura 3.



Figura 3 - Piranômetro fotoelétrico  
Fonte: CRESESB, 2014

Este dispositivo apresenta como vantagem um custo menor em relação ao piranômetro termoeletrico, além de comportar-se linearmente com a variação da temperatura, e ainda ter um tempo de resposta praticamente instantâneo. No entanto, há limitações com relação à precisão, pois sua faixa espectral de sensibilidade é de 400 a 1000 nm, enquanto que a faixa para o piranômetro termoeletrico chega até 2500 nm (CRESESB, 2014).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O princípio de funcionamento dos dispositivos de medição de radiação solar global apresentados no item 2 baseiam-se na conversão de uma diferença de potencial criada pela incidência de radiação solar nos sensores. Tomando este fato como princípio, a presente pesquisa baseia-se na comparação da diferença de potencial criada em um sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) e a radiação solar em  $W/m^2$  incidente no mesmo.

Um sensor LDR, também chamando de fotoresistor, varia sua resistência conforma a incidência de luz sobre este, variando portanto a diferença de potencial gerada em seus terminais. Quanto maior a luminosidade, menor a resistência, consequentemente, quanto menor a luminosidade, maior a resistência.

A sensibilidade do fotoresistor, ou seja, o quanto este varia de acordo com a intensidade luminosa, pode ser alterada de acordo com o tamanho do sensor. Portanto, para a presente pesquisa, foram escolhidos três LDR's de diferentes tamanhos, de 27 mm, 7 mm e 5 mm, ilustrados respectivamente na Figura 4.



Figura 4 – Sensores LDR utilizados  
Fonte: Elaboração própria.

Os sensores foram nomeados de circuito 1, circuito 2, e circuito 3, respectivamente, e serão assim referidos no presente trabalho.

Nos circuitos 1 e 2, foi inserido um resistor de 10 k $\Omega$  em série com o LDR, e a leitura da tensão de saída foi feita nos terminais do resistor, para o circuito 1, e nos terminais do LDR para o circuito 2. O circuito 3, pode-se observar na Figura 4, é um dispositivo industrial, adquirido no mercado desta forma. Foi utilizada a saída analógica, e ajustado o reostato para resistência de 10 k $\Omega$ .

Todos os circuitos foram instalados na cidade de Mossoró/RN, sob altos índices de radiação solar durante o dia, e as leituras de saída foram realizadas através da plataforma microcontrolada ArduinoMega<sup>®</sup>. Os resultados das tensões de saída foram comparados com as medições do piranômetro fotovoltaico **portátil**, Instrutherm MES-100, a fim de se obter a equação de conversão da tensão de saída dos circuitos em W/m<sup>2</sup> para medição de radiação solar global.

Foram realizadas leituras em quatro dias, e comparadas as medições dos três sensores LDR e o piranômetro, a fim de se obter a melhor equação de conversão. As leituras das tensões de saída são registradas a cada dez minutos pelo controlador, e armazenadas em um cartão de memória. Já as medições com o piranômetro variam os intervalos, sendo 30 minutos para o primeiro e segundo dia, 15 minutos para o terceiro dia, e 10 minutos para o quarto dia. Os dados obtidos e as equações encontradas serão portanto descritas e discutidas no item 4.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levantados as tensões de saída dos sensores LDR, e da medição de radiação pelo piranômetro, foram levantadas as curvas radiação x tensão, com o objetivo de encontrar através de regressão, uma equação com melhor coeficiente de correlação, e que assim convertesse a diferença de potencial em volts para radiação solar em W/m<sup>2</sup>.

Da análise dos dados obtidos durante os quatro dias de medição, foram obtidas curvas para cada LDR, e as equações que melhor se ajustaram à conversão desejada, ou seja, as que apresentaram melhor coeficiente de correlação estão ilustradas nas Figuras 5, 6 e 7, respectivamente para os circuitos 1, 2 e 3.

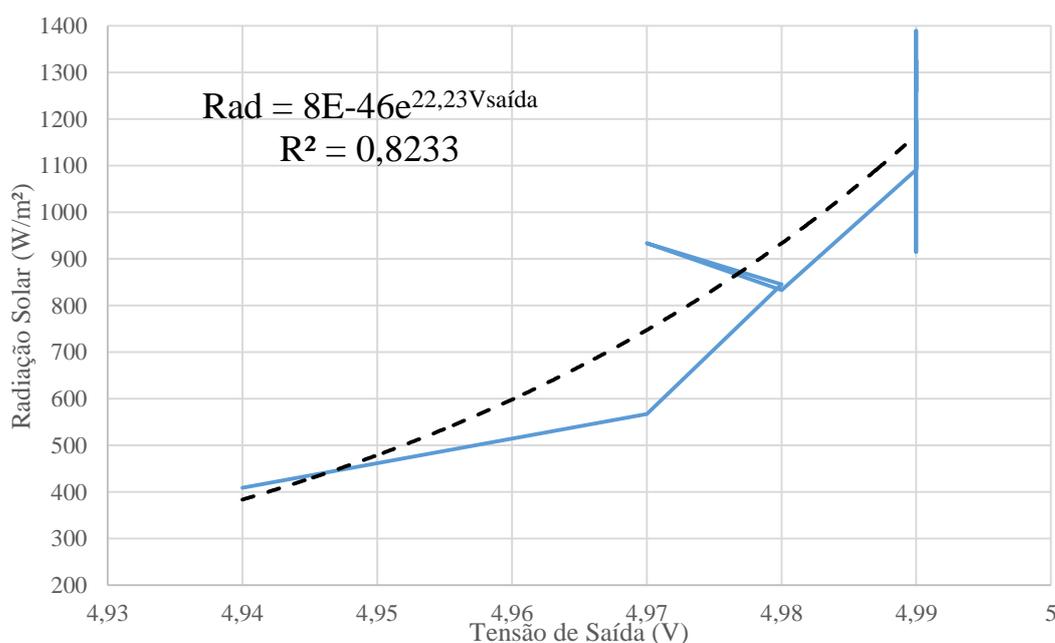


Figura 5 – Curva circuito 1 no primeiro dia de medição

Fonte: Elaboração própria

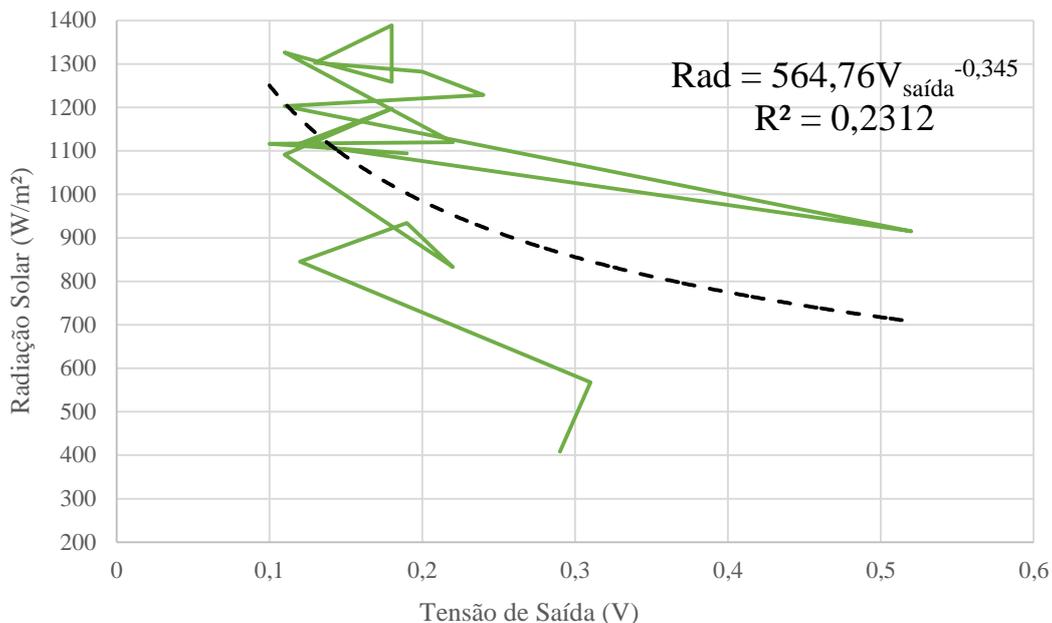


Figura 6 - Curva circuito 2 no primeiro dia de medição  
Fonte: Elaboração própria

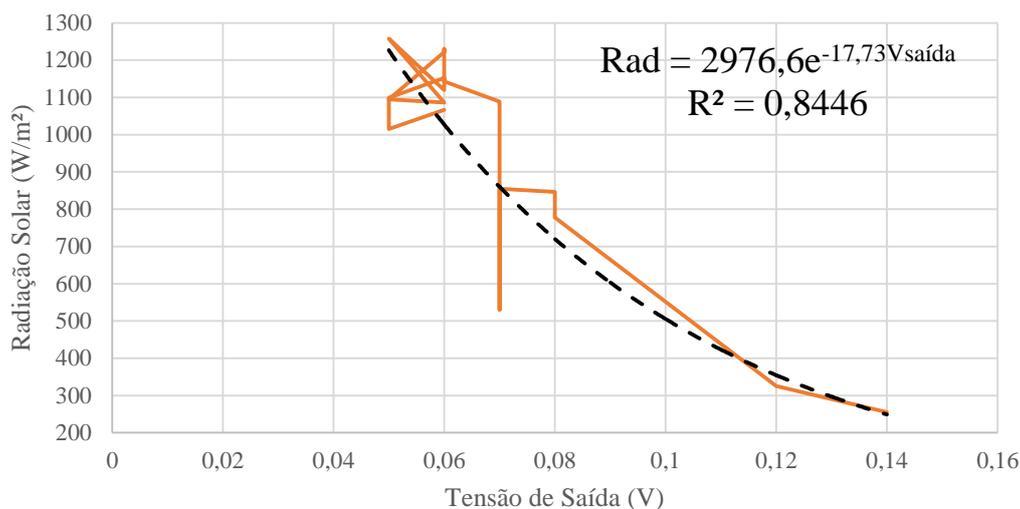


Figura 7 - Curva circuito 3 no primeiro dia de medição  
Fonte: Elaboração própria

Observou-se que o circuito que apresentou melhor coeficiente de correlação foi o circuito 3, e portanto a equação escolhida para conversão da tensão de saída no LDR em radiação solar foi a apresentada na Figura 7.

Com o objetivo de validar a equação encontrada, foram feitos gráficos comparativos entre a radiação solar medida pelo piranômetro nos dias de levantamento de dados, e a radiação calculada com a equação. Observou-se então que havia um erro médio relativamente alto entre as medições do piranômetro e os valores calculados, embora as curvas se assemelhassem como pode ser verificado na Figura 8.

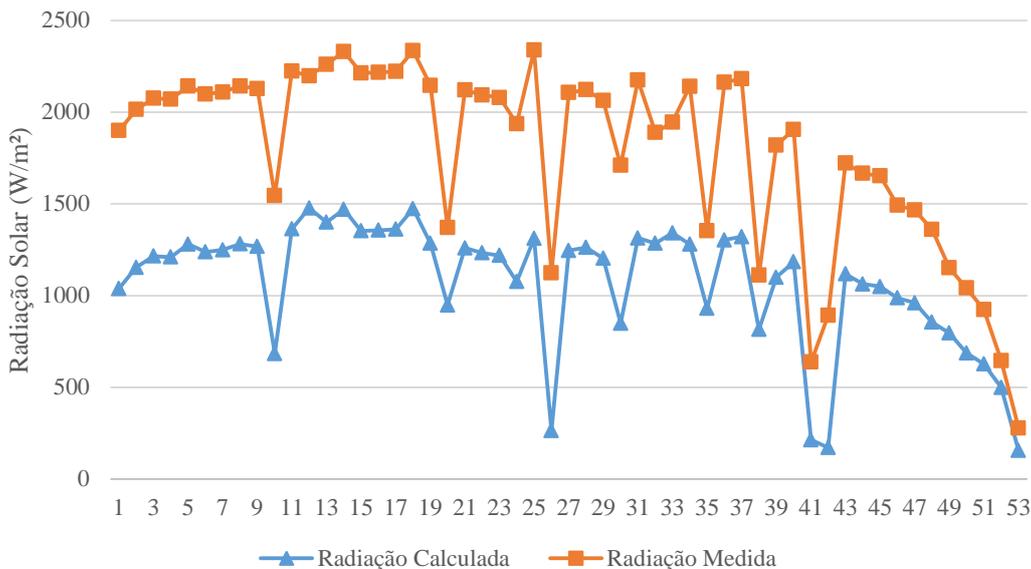


Figura 8 - Comparação entre a radiação medida e a calculada com a equação  
 Fonte: Elaboração própria

Atribuiu-se essa diferença entre as curvas devido à faixa de espectro de luz captado pelo LDR ser diferente da faixa captada pelo piranômetro. Enquanto o piranômetro fotoelétrico consegue medir na faixa de 400 a 1100 nm, o LDR faz suas leituras até 700 nm.

Buscando calibrar a equação encontrada, a fim de obter melhores resultados na medição de radiação através do LDR, aplicou-se um fator de correção igual a 1,5 na equação encontrada na Figura 7, resultando na Equação 1.

$$Rad = 4464,9 \times e^{-17,73 \times V_{saída}} \tag{1}$$

Considerando a Equação 1, o gráfico de comparação entre as medições de radiação no piranômetro e as calculadas está ilustrado na Figura 9.

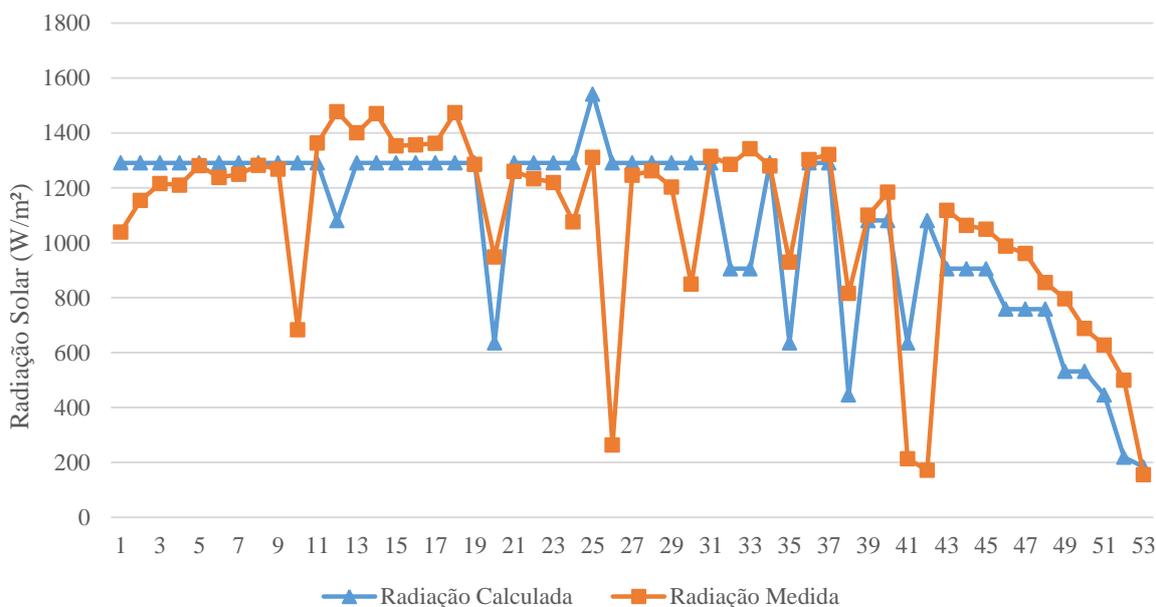


Figura 9 - Comparação entre a radiação medida e a calculada com a equação após correção  
 Fonte: Elaboração própria

Observando da Figura 9, pode-se constatar que após o fator de correção os dados calculados apresentam valores mais próximos dos medidos com o piranômetro, validando assim a Equação 1, e portanto a medição de radiação solar através do sensor LDR. Algumas discrepâncias nesta curva ainda podem ser justificadas pela falta de sincronismo entre as medições realizadas pelo controlador e as do piranômetro, pois este dispositivo é portátil e não automático, sendo necessário que as medições sejam feitas manualmente.

Ainda sobre a Figura 9, observou-se boa linearidade nas medições para valores de radiação solar de até 1300 W/m<sup>2</sup> aproximadamente.

## **5. CONCLUSÕES**

A radiação solar é uma variável importante para orientação e monitoramento de projetos que visam aproveitamento da energia solar. A sua componente global é geralmente medida por piranômetros, seja do tipo termoeletrico ou fotoeletrico.

Uma alternativa aos dispositivos industriais de medição de radiação solar, reduzindo os custos para medição desta variável é o sensor LDR. A pesquisa comparou três tipos de LDR's de tamanhos diferentes, com o objetivo de encontrar o sensor que melhor se adequa à medição de radiação solar.

O circuito que apresentou melhor coeficiente de correlação no gráfico radiação medida x tensão de saída foi o circuito 3, correspondendo ao LDR de 5 mm. Foram feitas comparações entre a radiação solar calculada e a medida com o piranômetro, e após aplicação do fator de correção na equação, o LDR mostrou-se eficiente para medição de radiação solar, para valores de radiação de até 1300 W/m<sup>2</sup> aproximadamente.

## **REFERÊNCIAS**

**JUCÁ, Sandro. CARVALHO, Paulo.** Métodos de Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos: Aplicações em Dessalinização. Duque de Caxias, 2013. 84p.

Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. **CRESESB**, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Rio de Janeiro, 2014.

**PALMIEIRI, Anderson Marcelli.** Desenvolvimento de um Sistema Automatizado de Baixo Custo para Coleta e Armazenamento de Dados de Variáveis Climáticas: Aplicações no Ambiente Agrícola. Piracicaba, 2009.

**SANTIAGO, Gregory Luid Souza.** Desenvolvimento de um medidor de radiação solar de baixo custo. Mossoró, 2014.