

# SISTEMA DE MONITORAMENTO DE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

Itã Teodoro da Silva – [ita.fisica@terra.com.br](mailto:ita.fisica@terra.com.br)

Iuri Muniz Pepe – [mpepe@ufba.br](mailto:mpepe@ufba.br)

Laboratório de Propriedades Óticas

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Física

**Resumo.** Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento, a calibração e o teste de um equipamento para medir fluxo irradiante UV de uma fonte de luz qualquer. Este equipamento é capaz de exibir o valor medido em unidades de  $W/m^2$ , usando para tanto um foto-diodo TW30SX UV como sensor. O sinal do sensor foi condicionado por um circuito amplificador na configuração de trans-impedância (OP177 Texas Instrument). A calibração e o teste foram feitos tomando-se valores de intensidade de fluxo irradiante em função da distância da fonte de radiação, que neste caso foi uma lâmpada de UVA & B, modelo TL12, fabricadas pela Philips.

**Palavras-chave:** Foto-diodo UV, Irradiância Ultravioleta, Sensor UV

## 1. INTRODUÇÃO

Um equipamento para monitoramento do fluxo de irradiância UV é de grande utilidade para o pesquisador que trabalha com fontes de radiação nesta faixa do espectro eletromagnético. Cerca de 14% da radiação solar que chega a superfície da Terra é ultravioleta [Fligge, Solanki, Unruh, Ohlich e Wehrli, 1998], sendo de maior atualidade os estudos sobre a influência desse tipo de radiação no planeta. Diversos tipos de lâmpadas UV são usados em pesquisas nos laboratórios de física, química e ciências biológicas, ou até mesmo empregadas em terapias médicas. Tal fato dá origem à necessidade de se desenvolver instrumentos capazes de medir, com razoável exatidão, o fluxo irradiante dessas fontes de radiação, criando as possibilidades de seu monitoramento. Este trabalho descreve o projeto, o desenvolvimento e a montagem de um sistema de medição da irradiância ( $W/m^2$ ) de uma fonte qualquer de radiação ultravioleta entre 220 e 380nm, inclusive aplicável a medidas da radiação UV solar. Para tanto foi usado um foto-diodo TW30SX UV Sensor, sensível a esta faixa do espectro eletromagnético.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 O foto-diodo

O TW30SX UV Sensor, fabricado pela SGLUX (Alemanha), é um foto-diodo com características ideais para a detecção de radiação na faixa do ultravioleta, entre 220 e 380nm, sendo insensível à porção visível do espectro [SGLux, 2008]. A resposta do TW30SX UV Sensor pode ser vista na figura 1, onde é apresentado o seu gráfico de sensibilidade.

A pastilha onde foi crescido o foto-diodo de óxido de titânio, por técnica Sol-Gel [GRATZEL, 2001], vem acomodada num encapsulamento de metal hermeticamente selado, permitindo a sua utilização em área externa. O sensor possui uma janela em vidro especial que permite a passagem de UV, expondo sua área ativa aos raios luminosos num ângulo sólido de  $70^\circ$ . Sua área sensível é de  $4,18 \text{ mm}^2$ , suficientemente grande para garantir uma boa medição da irradiação de UV solar, ou ainda medir fontes de radiação de baixa intensidade. A tabela abaixo mostra os dados técnicos deste sensor (Tabela 1).

Tabela 1. Especificações técnicas do foto-diodo

CARACTERÍSTICA	VALOR
Faixa de temperatura de operação	(-20 a 80) °C
Tensão reversa máxima	3V
Área ativa	4,18 $\text{mm}^2$
Máxima sensibilidade espectral	21 mA/W
Comprimento de onda com máxima sensibilidade espectral	300 nm
Faixa de sensibilidade espectral	215 a 387 nm

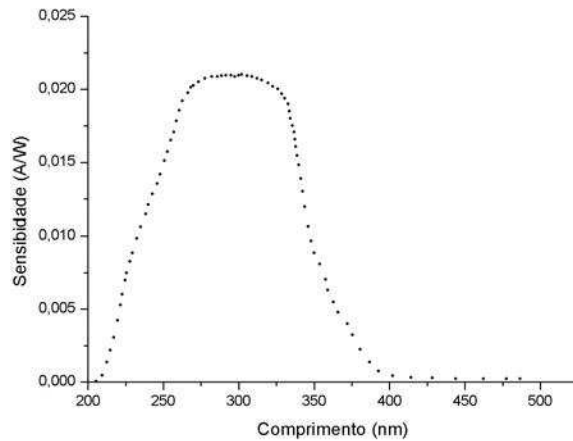


Figura 1. Curva de sensibilidade do foto-diodo TW30SX UV Sensor com máximo em 300nm.

## 2.2 O condicionamento de sinal

Para condicionar o sinal de foto-corrente, gerado na área sensível do foto-diodo usado, foi desenvolvido um circuito baseado em um amplificador operacional [Tobey, Graeme, Huelsman, 1981]. O circuito desenvolvido está na configuração de amplificador de trans-impedância, também chamado de conversor corrente-tensão, que transforma a corrente gerada pela luz em um sinal de tensão. O amplificador de trans-impedância é mostrado na figura 2. O sinal de tensão, em sua saída, está disponível para medições discretas ou para aquisição automatizada de dados de irradiância.

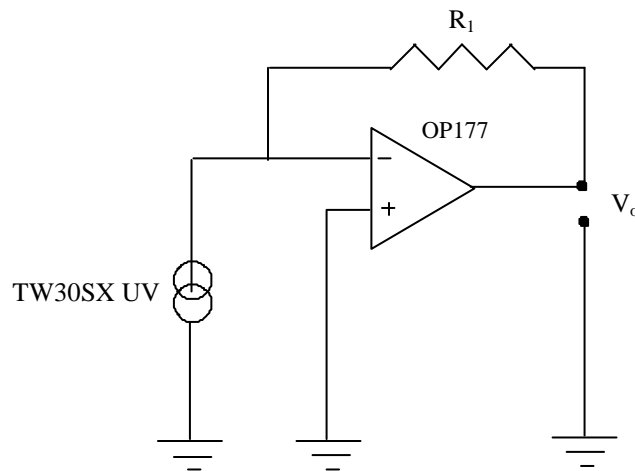


Figura 2. Circuito pré-amplificador de trans-impedância com o foto-diodo como fonte de corrente.

Também foi desenvolvido e montado um equipamento de suporte que alimenta o amplificador operacional e o sensor, recebe seu sinal de saída, distribui o sinal para um conector BNC, para que possa estar disponível para a aquisição dos dados de irradiância. Este mesmo sinal pode ser comutado para a entrada de um voltímetro digital, montado no painel deste equipamento de suporte, que mostra em um display numérico os resultados de medições discretas, já em unidades de potência da radiação por unidade de área ( $W/m^2$ ). Para alimentar o voltímetro, foi usado um conversor DC-DC PM7102 de fabricação VALOR, de forma a separar os potenciais de terra do sensor e do voltímetro, assegurando o desacoplamento galvânico entre estes dois sistemas. Um potenciômetro é usado como divisor a fim de ajustar a tensão de saída do pré-amplificador e o fundo de escala do voltímetro, adequando assim este sinal a escala apropriada para a medida em unidades de irradiância. O diagrama de blocos e uma representação esquemática do equipamento montado são mostrados nas figuras 3 e 4.

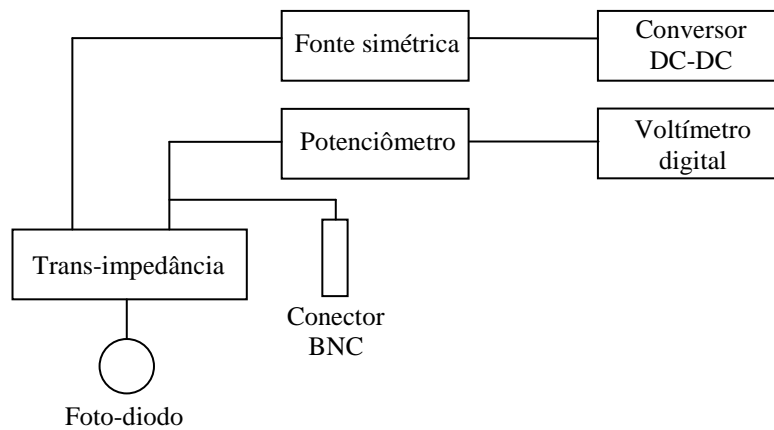


Figura 3. Diagrama de blocos do sistema desenvolvido

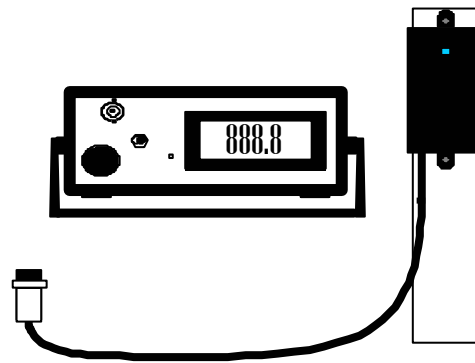


Figura 4. Vista esquemática do equipamento montado com o foto-diodo e pré-amplificador numa haste de alumínio e a estação com a fonte, conversor e voltímetro

### 2.3 Calibração

Para fazer a calibração do sensor foi usada uma lâmpada UV, de fabricação Philips, modelo TL12, com 12W de potência nominal, dados fornecidos pelo fabricante [Philips, 2008]. A curva de emissão da lâmpada está mostrada na figura 5.

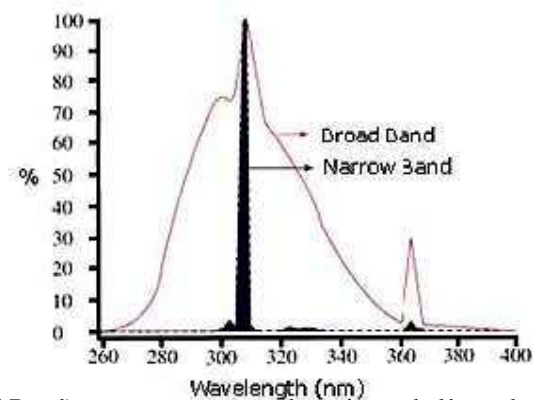


Figura 5. A linha clara (Broad Band) representa a curva de emissão da lâmpada UV Philips TL12 e a curva escura corresponde à resposta da lâmpada TL01, também da Philips.

O valor da foto-corrente  $I_{fd}$  no foto-diodo, quando exposto a radiação UV, uma vez sob a lâmpada, é igual a razão entre o valor da tensão de saída do pré-amplificador e a resistência  $R_1$  sua malha de realimentação.

$$I_{fd} = \frac{V_o}{R_1} \quad (1)$$

A intensidade do fluxo de irradiância  $\Phi_{fd}$ , transformada em corrente pelo sensor, pode ser calculada como a razão entre a potência  $P_{fd}$  da radiação absorvida e a área ativa do sensor  $A_{fd}$ .

$$\Phi_{fd} = \frac{P_{fd}}{A_{fd}} \quad (2)$$

O fluxo irradiante da lâmpada  $\Phi_l$ , num determinado ponto do espaço é dado por:

$$\Phi_l = \frac{P_l}{A_l} \quad (3)$$

Onde  $A_l$  é um elemento de área da esfera irradiada pela luz da lâmpada, cujo raio  $L$  é a distância entre a fonte de luz e o sensor e  $P_l$  é a potência útil da lâmpada a esta distância.

A potência radiante depositada no diodo é a foto-corrente gerada em sua zona de depleção dividida pela sensibilidade  $S$  deste dispositivo, assim:

$$P_{fd} = \frac{I_{R1}}{S_{fd}} \quad (4)$$

Como

$$\Phi_l = \Phi_{fd} \quad (5)$$

A potência útil da lâmpada, a uma dada distância  $L$ , pode ser calculada usando a equação:

$$P_l = \frac{A_l P_{fd}}{A_{fd}} \quad (6)$$

## 2.4 Método de teste

Para testar o sensor e fazer a sua calibração foi usada uma câmara de banho UV dotada de duas lâmpadas Philips TL12, geralmente usada para a irradiação de pequenos animais. A fotografia da câmara é mostrada na figura 6.

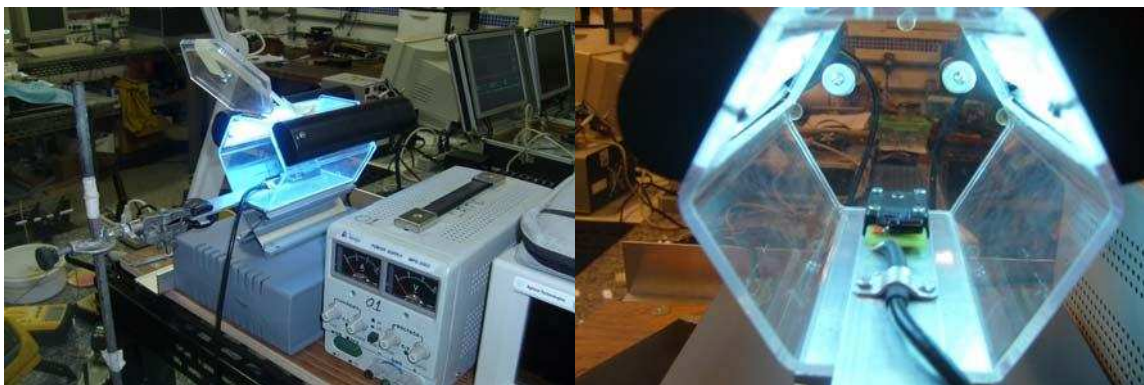


Figura 6. Fotografia da câmara de banho UV com o sensor em seu interior

Na malha de realimentação do pré-amplificador foi usado um resistor  $R_1 = (997 \pm 10) K\Omega$ . O sensor foi então posicionado a uma distância  $L = (100,0 \pm 0,5) mm$  das lâmpadas, foi então lida a tensão de saída do pré-amplificador  $V_o = (2,600 \pm 0,002) V$ . Assim, a foto-corrente  $I_{fd} = (2,60 \pm 0,03) \mu A$ , foi determinada indiretamente.

Assumindo uma sensibilidade de fotoconversão média, entre 250 e 340nm, de  $S = (20,0 \pm 0,6) mA/W$  ( ver figura 1) e sendo a área do sensor  $A_{fd} = 4,18 mm^2$ , então a potência depositada no foto-diodo é  $P_{fd} = (130 \pm 4) \mu W$ .

Considerando as duas lâmpadas como uma fonte pontual a uma distância L do sensor, podemos calcular a potência irradiada pela lâmpada usando a equação:

$$P_l = \frac{4\pi(L)^2 P_{fd}}{A_{fd}} \quad (7)$$

Resolvendo a equação anterior foi encontrado o valor para a potência útil da fonte pontual igual a  $(3,9 \pm 0,1)W$ . Sabendo que a eficiência de conversão luminosa de uma lâmpada de descarga em gás, do tipo fluorescente é de aproximadamente 30% [Philips], a potência irradiada é igual a  $24 W \times 0,3 = 7,2 W$  em  $4\pi$  radiano. O que equivale a uma potência de 3,6W irradiada na semi-esfera inferior, com discrepância máxima de 8,3%.

Usando o sensor desenvolvido, foi feito um mapa de irradiação para determinar o perfil de irradiância dentro da câmara. Partindo da parede anterior e indo até a porta de saída, foram acumuladas doses de UV por períodos de 240 s em diferentes posições dentro da câmara. A figura 7 mostra o comportamento da curva do fluxo radiante, determinada pelo sensor desenvolvido, em função da distância entre o ponto medido e a parede anterior da câmara.

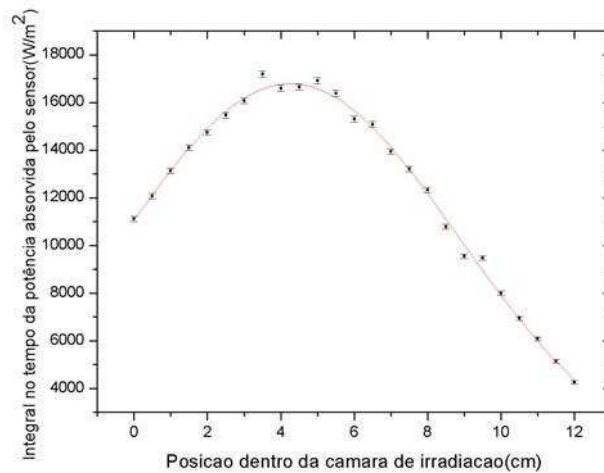


Figura 7. Comportamento da curva do fluxo irradiante em função da distância em relação a parede anterior da câmara.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sensor desenvolvido, utilizando foto-diodo TW30SX UV Sensor, se mostrou eficiente e adequado para determinação da irradiância de fontes de radiação UV entre 220 e 380 nm, sendo insensível (cego) a radiação solar visível e IR. O equipamento consegue medir a irradiância UV, num ponto qualquer do espaço, em ângulo sólido de  $70^\circ$ , com uma superfície ativa de  $4,18 \text{ mm}^2$ , apresentando valor medido num display LCD numérico em unidade de potência PR unidade de área ( $W/m^2$ ). Este mesmo equipamento se presta a aquisição automatizada de dados, já que põe a disposição do usuário um sinal elétrico devidamente condicionado e proporcional a foto-corrente do diodo. Após a calibração do sensor, o teste feito com uma lâmpada UV TL12 apresentou um resultado satisfatório, com uma discrepância de 8,3% em relação ao valor nominal fornecido pelo fabricante desta lâmpada. Pretende-se realizar com este instrumento testes de monitoramento da irradiância UV solar diário e durante os diferentes meses do ano, comparando os resultados com resultados observacionais de outros centros de pesquisa. Além disso, estão previstos o desenvolvimento de sistemas similares para outras faixas de frequência de radiação eletromagnética, aumentando a expertise do Laboratório de Propriedades Óticas do IF-UFBA nesse tipo de instrumentação.

## REFERÊNCIAS

- Fligge, M., Solanki, S.K., Unruh, Y.C., Ohlich, C.F. and Wehrli, C., 1998. A model of solar total and spectral irradiance variations, *Astronomy and Astrophys.* 335, 709–718
- Gratzel, M., Sol-Gel Processed TiO<sub>2</sub> Films for Photovoltaic Applications *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 22, 7–13, 2001
- Graeme, J. G. Tobey, G. E. Huelsman, L.P. 1989. *Operational Amplifiers Design and Applications* McGraw Book, 225-229
- Philips, <http://www.philips.com.br>
- SGLux, <http://www.sglux.com>

**Abstract.** *This work reports the development, the calibration and the testing of an equipment to measure radiant UV flow from a given light source. The developed instrument is able to determine the radiance in units of  $W/m^2$ , using a photodiode TW30SX UV as sensor. The diode photocurrent was conditioned by a trans-impedance amplifying circuit based on OP177 (Texas Instruments). The calibration and the test were made measuring the radiant flow as a function of the distance from the radiation source, in this case the light bulb model TL12 (UVA & B source), manufactured for Philips Company, has been used.*

**Key Words:** *Photodiode UV, UV Sensor, Ultraviolet Irradiance*