

# CALIBRAÇÃO DE PIRELIÔMETRO DE FILME FINO.

MOURA, C.C.\*; SAGLIETTI, J.R.C.\*\*; ESCOBEDO, J.F.\*\*

\* Pós graduação em Energia na Agricultura/FCA/UNESP Botucatu SP

\*\* Departamento. de Física e Biofísica IB/UNESP Botucatu SP

## RESUMO

Neste trabalho realizou-se a calibração de um pireliômetro com termopilha de filme fino. Como padrão utilizou-se um pireliômetro Eppley (NIP). As medidas foram realizadas em BOTUCATU-SP, latitude de 22 54' Sul e longitude de 48 27' Oeste. Os testes seguiram recomendação da World Climate Research Programme (1986) determinando-se as razões entre as leituras obtidas no pireliômetro de filme fino e o pireliômetro Eppley durante 15 dias de céu claro. Testes de linearidade foram realizados e os dados ajustados por meio de regressão linear resultaram numa constante de calibração média de  $9,64 \pm 0,21 \mu\text{Vm}^2/\text{W}$ .

## INTRODUÇÃO

Durante um século o desenvolvimento de radiômetros para medidas de radiação solar direta ficou estabilizado e somente nos últimos 30 anos é que renasceu o interesse por novas técnicas para sua construção (COULSON, 1975). No Brasil o que se busca é tecnologia nacional, tornando sua construção econômica e independente de equipamentos importados de alto custo. Baseado nessas premissas, objetivou-se neste trabalho construir um pireliômetro, assim como, verificar suas características funcionais comparando-as com um pireliômetro Eppley (NIP), classificado como padrão secundário.

## MATERIAL E MÉTODOS

O sensor do pireliômetro de filme fino foi construído de acordo com a técnica desenvolvida por ESCOBEDO (1987), que utiliza a fotolitografia para produzir as máscaras, e a evaporação a vácuo, na deposição do circuito de termopares. Circuitos complementares A e B foram transportados para fotolitos e daí para placas de cobre com 0,06mm de espessura, que eram então revestidas com filmes polimerizados e aquecidas até 110°C. O conjunto (fotolito, placa e filme) foi exposto à luz ultra violeta gravando as partes protegidas pelo fotolitos. Em seguida o filme polimerizado foi colocado em solução de cloreto de amônia à 48 C, promovendo sua corrosão e a obtenção da máscara.

A finalização da termopilha foi feita com evaporação de dois metais diferentes sobre um substrato, obtendo-se os circuitos termopares por duas evaporações sucessivas. Na primeira evaporação, fixou-se a máscara A sobre o substrato em suporte próprio na evaporadora "boax coater" BALZER BAK 600 e evaporou-se antimônio. Na segunda evaporação retirou-se a máscara A e colocou-se a máscara B, evaporando sobre ela bismuto. Ambos os metais ficaram com 0,3  $\mu\text{m}$  de espessura. Obtidos os termopares, esses receberam uma camada de verniz para proteção contra umidade, oxidação e isolação elétrica.

Para extração dos sinais elétricos das termopilhas foram colados fios com pó de prata e cola a base de cianoacrilato, fornecendo resistência mecânica para seu manuseio. A termopilha do tipo disco concentrico com diâmetro de 10 mm

foi alojada na região inferior do corpo do pireliômetro, construído em aço com ângulo de abertura de 5,7° e comprimento de 20cm.

O pireliômetro de filme-fino foi fixado na estrutura de acompanhamento do movimento relativo do sol "solar track ST3" da Eppley juntamente com o pireliômetro Eppley, permitindo a obtenção de leituras simultâneas da radiação direta nos dois aparelhos. O ensaio experimental foi instalado na Estação de Radiometria Solar do Departamento de Física e Biofísica da Universidade Estadual Paulista, UNESP, BOTUCATU. As medidas realizadas foram transmitidas para um datalogger do tipo 21X, que possui 16 canais diferenciais e ou 8 canais individuais, além de 4 canais para excitação alimentados por bateria de fabricação CAMPBELL SCIENTIFIC INC. O datalogger armazenou leituras de 1 em 1 seg e a cada 5 minutos registrou a média do intervalo, que no final do dia eram repassadas para um PC 486 DX, através de um "software" apropriado. Seguiu-se então um tratamento desses dados, separando-se aqueles obtidos das 10 horas até as 14 horas em colunas individuais, para cada dia.

## RESULTADOS

Dados de 15 dias de céu aberto aptos para calibração de pireliômetros, foram reunidos em uma única planilha, obtendo-se as razões entre as leituras do pireliômetro de filme fino e do pireliômetro Eppley, através da expressão  $K_2 = 1/N \times \sum (V_2/V_1) \times k_1$ , onde, N é o número de leituras,  $V_1$  e  $V_2$  são as leituras (mV) dos pireliômetros Eppley e de filme fino, respectivamente  $K_1$  e  $K_2$  as constantes dos pireliômetros Eppley e de filme fino. A média dessas razões, forneceu uma constante de calibração de  $9,64 \mu Vm^2/W$  para o pireliômetro de filme fino.

Para uma perfeita caracterização da linearidade do pireliômetro de filme fino, também foi feita uma regressão linear entre suas leituras e a do pireliômetro Eppley, que para o mesmo período de calibração, resultou na seguinte equação:

$K_2 = 0,018 + 1,244 \times K_1$ ,  $R=0,999$ ,  $sd=0,099$ ,  $N=680$ , onde  $K_1$  e  $K_2$  são as constantes dos pireliômetros Eppley e de filme fino em  $\mu Vm^2/W$ , respectivamente, figura (1). Por meio desta regressão pode-se atestar a ótima linearidade entre os instrumentos e também obter-se um valor para a constante de calibração para o pireliômetro de Filme Fino igual a  $9,66 \mu Vm^2/W$ , que é apenas 0,27% diferente daquela obtida segundo recomendação da WCRP (1986).

Também foram comparadas as medidas de Irradiância ( $W/m^2$ ) obtidas pelos dois pireliômetros. Analisando-se um dia típico, através das curvas de Irradiância, figura (2) para os dois instrumentos e integrando no intervalo de tempo (7 horas e 10 min as 16 horas e 10 min), pode-se observar que a Energia medida pelo pireliômetro de filme fino ( $25,14 MJ/m^2$ ) e a do Eppley ( $25,20 MJ/m^2$ ) diferem de 0,24%

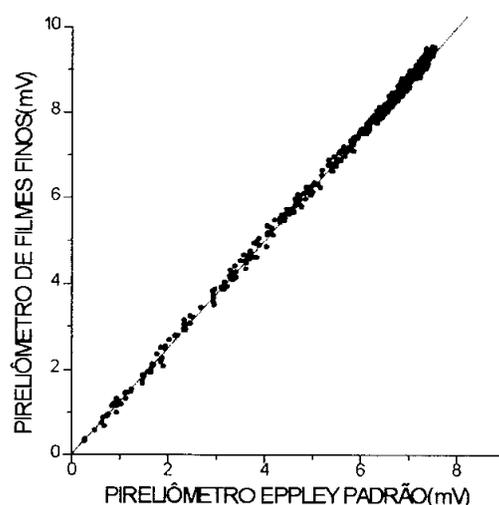
## BIBLIOGRAFIA

ESCOBEDO, J.F. Refrigeração com uso de energia solar. São Carlos USP, 1987. 195 p. Tese (Doutorado em Ciências Físicas Aplicada)-Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1987.

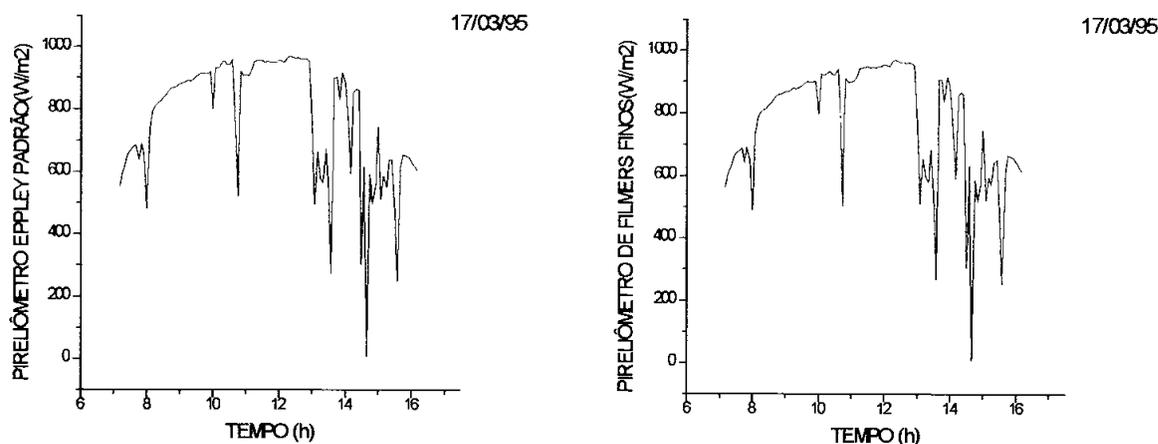
WORLD CLIMATE RESEARCH PROGRAMME WCRP. Revised Instruction Manual on Radiation Instruments and Measurements of Radiation and sunshine. Claus Frohlich & Julius London Editors, WCRP publications série n 7, WMO TD n 149, October 1986.

COULSON, K. L. Solar and Terrestrial Radiation. Academic Press, 1975. 479p.

APOIO FINANCEIRO: FAPESP (92/3886-2); FUNDUNESP (435/92); CNPq (302624-88-0)



**FIGURA 1.** Curva de linearidade



**FIGURA 2** Gráficos da radiação direta medidas em Botucatu/SP no dia 17/03/95. Pireliômetro EPPLEY e Pireliômetro de Filme Fino