

# ESTABILIDADE DE PIRANÔMETRO DE FILME FINO

João Francisco ESCOBEDO<sup>1</sup>; Valéria de Almeida FRISINA e Reinaldo Prandini RICIERI

## RESUMO

No trabalho é apresentado os resultados de calibração de um piranômetro com termopilha de filme fino durante tres anos consecutivos, onde determinou-se a variação ou a estabilidade do fator de calibração. Os valores encontrados:  $K_{1994} = (14,49 \pm 0,31) \mu\text{Vm}^2/\text{W}$ ,  $K_{1995} = (14,76 \pm 0,31) \mu\text{Vm}^2/\text{W}$  e  $K_{1996} = (14,74 \pm 0,18) \mu\text{Vm}^2/\text{W}$ , mostram ser estatisticamente invariantes à nível de 2% estabelecido pelo método de calibração comparativo em relação à um piranômetro EPPLEY-PSP.

## INTRODUÇÃO

A estabilidade é o parâmetro que quantifica a variação anual em porcentagem do fator de calibração. Segundo a O.M.M. (1983) é aceitável variações entre 1% e 5%, dependendo da classificação do piranômetro. Os de classe 1 possuem variações máxima de 2%, enquanto que os tipos de classe 2 até 5%. A causa principal da variação do fator de calibração pelo tempo de uso do equipamento é o envelhecimento das tintas utilizadas no absorvedor: tinta preta no caso das termopilhas preta e tintas preta e branca no caso das termopilhas estrela e disco preto/branco, entre outras variações. O efeito característico é a perda do poder de absorção da tinta preta, e a reflexão da tinta branca, normalmente causado pela entrada de umidade e alteração da composição química. Erros associados com os ângulos de incidência da radiação nos piranômetros têm como causa provável a variação da refletividade da superfície absorvedora, particularmente na termopilha preta quando o ângulo de incidência for maior que 60° (FROHLICH e LONDON, 1986). As termopilhas de filmes finos desenvolvidas neste projeto utilizam como revestimento absorvedor e refletor, tinta preto fosco, e esmalte branco refletor comercializadas na forma de "spray", com características óticas aceitáveis em termos de absorção e reflexão. Para quantificar a estabilidade, mesmo tendo conhecimento por antecipação que as tintas usadas não são apropriadas, é possível que as tintas produzidas no Brasil apresentem bom desempenho neste período, podendo ser utilizadas sem problemas de degradação considerável, considerando que o tempo para nova calibração ocorre num prazo de um ano.

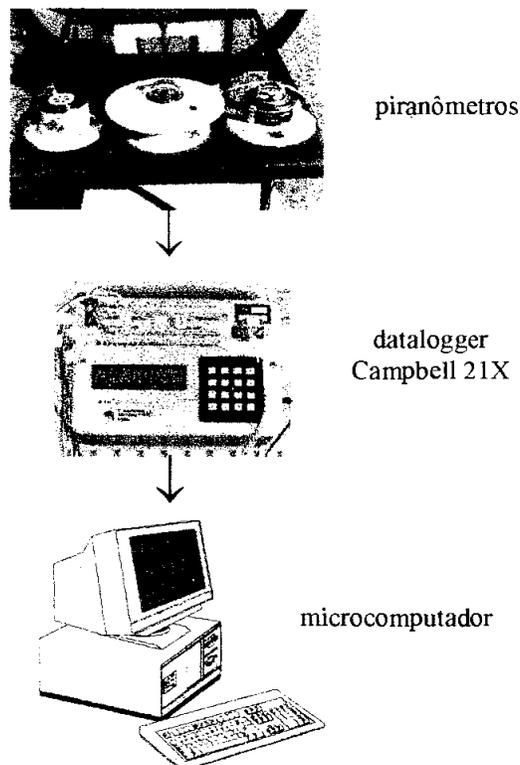
## MATERIAL E MÉTODOS

A calibração pelo método comparativo acarreta operações simultâneas para os dois piranômetros (piranômetro a ser calibrado e piranômetro referência) instalados horizontalmente, lado a lado, em ambiente externo por um período suficientemente longo para alcançar resultados representativos. De acordo com a OMM, se os instrumentos são de mesmo tipo, somente um dia ou dois deverão ser suficientes. Caso os piranômetros tiverem uma diferença pronunciada, o período de calibração deve ser aumentado para um tempo suficiente, cobrindo todas as condições típicas de irradiâncias espectrais tais como, céu sem nuvens, nublado, parcialmente nublado, chuva, neve, etc. Um piranômetro de precisão não deve apresentar variação significativa em função da cobertura. A média é mais representativa porque existe uma dependência entre o grau de cobertura do céu, a densidade de fluxo, condições ambientais como temperatura ambiente, que afetam o fator de calibração do piranômetro.

Um protótipo elaborado em aço inoxidável constituído por uma cúpula ( $\phi = 60\text{mm}$ ) de vidro com transmitividade média de 90% entre os componentes de onda  $0,35 \mu\text{m}$  à  $2,8 \mu\text{m}$  e uma termopilha de filme fino tipo disco-concêntrico ( $\phi = 30\text{mm}$ ), contendo 36 termopares de bismuto/antimônio ( $\alpha = 109 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) foi submetido a calibração pelo método comparativo contra um EPPLEY PSP referência de uso restrito sob várias condições de insolações e ambientais no mês de setembro nos anos de 1994, 1995 e 1996. Durante este período, o piranômetro foi utilizado como instrumento de rotina (não contínuo) em vários experimentos realizados em Botucatu e no IAG/USP de São Paulo.

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Ambientais/FCA/UNESP/Botucatu/SP; CP 237; FAX (014) 821 3438.

Na aquisição dos dados foi utilizado um DATALOGGER CAMPBELL 21X interligado a um microcomputador 486 programado, operando na frequência de 1 Hz e armazenando a média de cinco minutos (figura 1).



**Figura (1):** Esquema da montagem experimental: piranômetros e aquisição de dados.

O fator de calibração  $K_i$  foi calculado ponto a ponto e posteriormente determinado um fator de calibração médio  $K$  sobre todas as observações, conforme um dos métodos recomendados pela O.M.M., como segue:

$$K = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n K_i \quad K_i = \frac{V_p}{V_{ref}} \right] K_{ref}$$

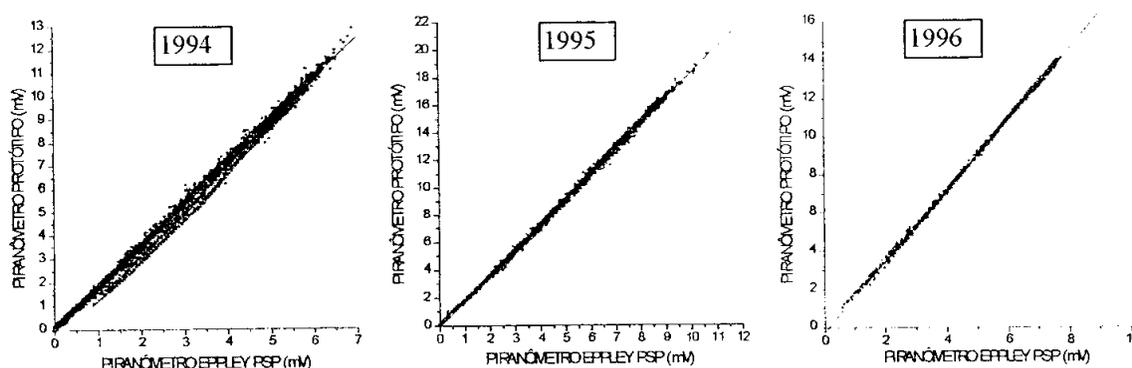
onde  $K_p$  e  $K_{ref}$  são fatores de calibração do protótipo e referência e  $V_p$  e  $V_{ref}$  são os sinais em mV gerados nos dois instrumentos simultaneamente.  $K_{ref}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, os piranômetros melhores classificados comercialmente utilizam a termopilha preta como sensor de radiação. São exemplos os piranômetros da EPPLEY e KIPP-ZONEN. A opção é devido a uma série de fatores como seletividade, temperatura ambiente, pintura, no entanto, uma razão forte deve-se ao fato que a termopilha preta possui apenas a degradação da tinta preta, enquanto que a termopilha preta/branca possui duas degradações, o da tinta preta e da tinta branca, que não ocorrerem simultaneamente na mesma intensidade ao longo do tempo. Por esta razão, foram realizados estudos por parte de indústrias especializadas em tintas, e, atualmente, a tinta preta mais utilizada é a PARSONS OPTICAL BLACK e a branca, a base de ÓXIDO DE MAGNÉSIO. A primeira possui baixa e a segunda alta refletância para todos os comprimentos de onda, mesmo com esta otimização, a degradação do absorvedor continua sendo o elemento responsável pela variação do fator de calibração, principalmente,

nos dois primeiros anos de uso do equipamento, por isto, a O.M.M. recomenda que os piranômetros passem por calibrações anuais.

A figura (2) mostra as curvas de respostas do protótipo em relação ao EPPLEY PSP na calibração dos anos 1994, 1995 e 1996 respectivamente.



**Figura (2):** Curvas de calibração do piranômetro nos anos de a) 1994; b) 1995 e c) 1996.

Os valores do fator de calibração foram:

$$K_{1994} = (14,49 \pm 0,31) \mu V m^2 / W$$

$$K_{1995} = (14,76 \pm 0,31) \mu V m^2 / W$$

$$K_{1996} = (14,74 \pm 0,18) \mu V m^2 / W$$

Os resultados mostram não haver estatisticamente alteração no fator de calibração. As pequenas variações verificadas nos valores da sensibilidade encontram-se dentro do intervalo estabelecido pelos desvios padrões que foram de 2,2%, 2,1% e 1,2%, respectivamente.

Os resultados obtidos podem ser considerados como bons, comparados à estabilidade de piranômetros comerciais (AMBRASETTI 1984; WOOD, 1977 e ROBINSON, 1966), no entanto é necessário tomar cuidado com este tipo de tintas principalmente na fase inicial de uso. Uma calibração na condição das tintas não perfeitamente seca, pode alterar significativamente o valor do fator de calibração no tempo. O protótipo utilizado neste ensaio já se encontrava em fase de uso algum tempo anterior à calibração de 1994 e por esta razão a pintura já se encontrava seca e livre dos componentes voláteis que poderiam alterar o poder de absorção.

## CONCLUSÕES

Os valores mostram que as tintas preta e branca comerciais podem ser utilizados por períodos razoavelmente longos, antes de uma nova calibração, conforme recomenda a O.M.M., cujo período é de 1 ano.

## BIBLIOGRAFIA

- WMO - Guide to meteorological instruments and methods of observation, WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 5ª edição, Geneva, 1983.
- AMBROSETTI, et al - Results of indoor pyranometer comparison, WMO, 1981.
- FROHLICH, C., LONDON, J.- Revised instruction manual on radiation instruments and measurements. WORLD CLIMATE RESEARCH PROGRAMME, 1986.
- ROBINSON, N. *Solar Radiation*. Amsterdam: Elsevier, 347 p., 1966.
- WOOD, B.D. *Solar Energy engineering*. New York. Academic Press. 350p., 1977.

**Apoio Financeiro:** FAPESP (95/6952-3; 95/7022-0) e CNPq (302624-0).