

AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE UM SALDO RADIÔMETRO

José Leonardo de Souza¹, João Francisco Escobedo²

¹PG/Energia na Agricultura/UNESP/Botucatu-SP/Depto de Meteorologia/UFAL

²Departamento de Física/IB/UNESP/Botucatu/SP-18618-000 Caixa Postal 510

RESUMO

Descreve-se neste trabalho a análise da performance de um saldo radiômetro (PROTÓTIPO) com termopilha de filme fino através da comparação com um saldo radiômetro REBS (Radiation Energy Budget Systems, INC) em 15 dias de medições simultâneas. Parâmetros da regressão linear do PROTÓTIPO sobre o REBS e a média, desvio padrão, erro percentual e raiz média quadrática das diferenças (**rmqd**) serviram na comparação dos aparelhos. O índice de concordância "d" calculado para períodos negativos de energia indicou uma concordância de 98,2 % e para períodos positivos 99,1 %. A concordância em termos gráfico a 95% de confiança também ficou bem evidenciada.

INTRODUÇÃO

A radiação solar na camada limite planetária tem uma relação mais direta com a vida de plantas e animais, onde se destaca os fenômenos de dispersão de gases e partículas, trocas gozosas e energéticas, geadas, evapotranspiração, difusão de doenças e pragas e conforto ambiental de animais e plantas. Medição de **R_n** é essencial na caracterização correta do balanço de energia de superfícies naturais, sendo também o parâmetro mais importante utilizado em modelos meteorológicos que determinam a evapotranspiração. Pode-se destacar os métodos combinados (PENMAN, 1948; MONTEITH, 1965; PRIESTLEY & TAYLOR, 1972) e da razão de BOWER (TANNER, 1960; FRITSCHEN, 1965a; VAN BAVEL, 1966). A obtenção de medidas de radiação e/ou de outros elementos meteorológicos com instrumentos fabricados com tecnologia nacional é ainda bastante escassa. Assim, este trabalho objetiva avaliar a performance de um saldo radiômetro com termopilha de filme fino.

MATERIAL E MÉTODOS

A construção do saldo radiômetro avaliado neste trabalho foi descrita por SOUZA et al (1994) e se assemelha aos instrumentos desenvolvidos por ESCOBEDO (1987). A calibração do PROTÓTIPO foi feita através do método sol/sombra (SELLES, 1972), utilizando-se um Piranômetro de Precisão Espectral (PSP) da EPPLEY. A análise da funcionalidade foi realizada pela comparação com as medidas de um saldo REBS observadas em 15 dias de julho a setembro de 1994 sob diversas condições de cobertura do céu em um quadrado de 5 x 5 m de solo limpo e nivelado, rodeado por grama baixa, localizado ao lado do Departamento de Biofísica da UNESP, BOTUCATU, SP (22° 54' S; 48° 27' W; 900m). Os dois instrumentos foram instalados lado a lado no centro da área a uma distância vertical da superfície do solo em torno de 25 cm (IDSO & COOLEY, 1971). Um sistema automático de aquisição de dados, DATALOGGER 21X da CAMPBELL foi usado na obtenção das medidas a intervalo de um segundo e médias de cinco minutos. A análise inicia com o confronto das curvas dos radiômetro no tempo para quatro

condições de cobertura do céu (nublado, parcialmente nublado, mais claro e claro) e pela análise de regressão linear simples, considerando as medidas do saldo radiômetro REBS como independentes. Em termos quantitativos compara-se os aparelhos através de medidas de diferenças para valores médios de meia hora e em termos relativo utilizou-se o índice "d" (WILMONT,1984). A diferença média entre os radiômetros foi realizada por meio da raiz média quadrática das diferenças ($rmqd$) e suas porções médias sistemáticas ($rmqd_s$) e não sistemáticas ($rmqd_n$). Através de um gráfico a concordância é também verificada, onde um intervalo de inclusão das diferenças em relação as médias à 95% de confiança é definido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um exemplo da funcionalidade do radiômetro é mostrado nas Figuras 1 e 2, as quais representam a distribuição do saldo de radiação no tempo em duas situações de cobertura do céu. A semelhança entre as curvas dos saldos REBS e PROTÓTIPO é bastante acentuada.

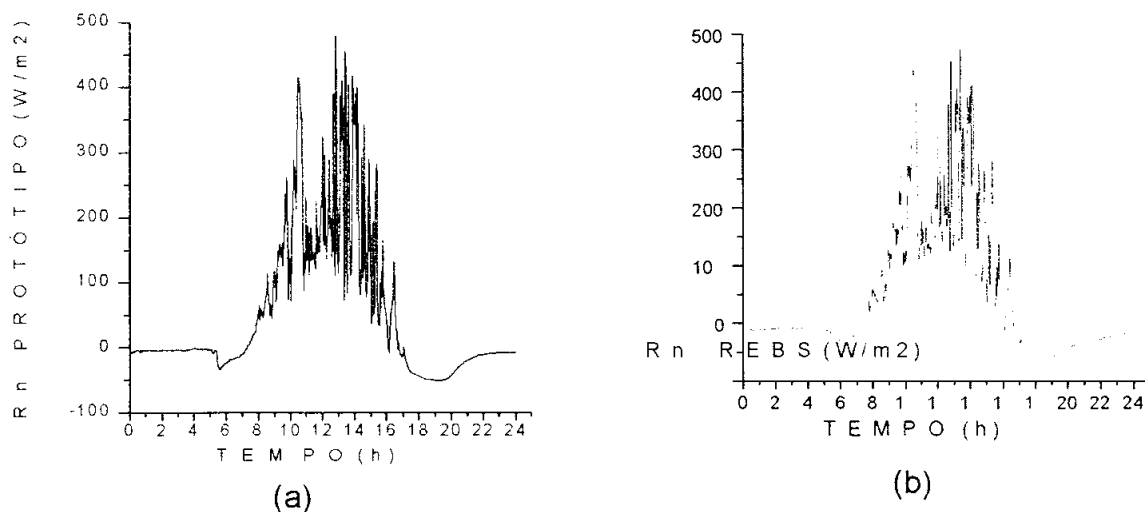


FIGURA 6 Curvas do saldo de radiação(R_n) para os radiômetros **PROTÓTIPO** (a) e **REBS** (b), no período de 24 horas do dia 05 de julho de 1994, em condição de céu nublado.

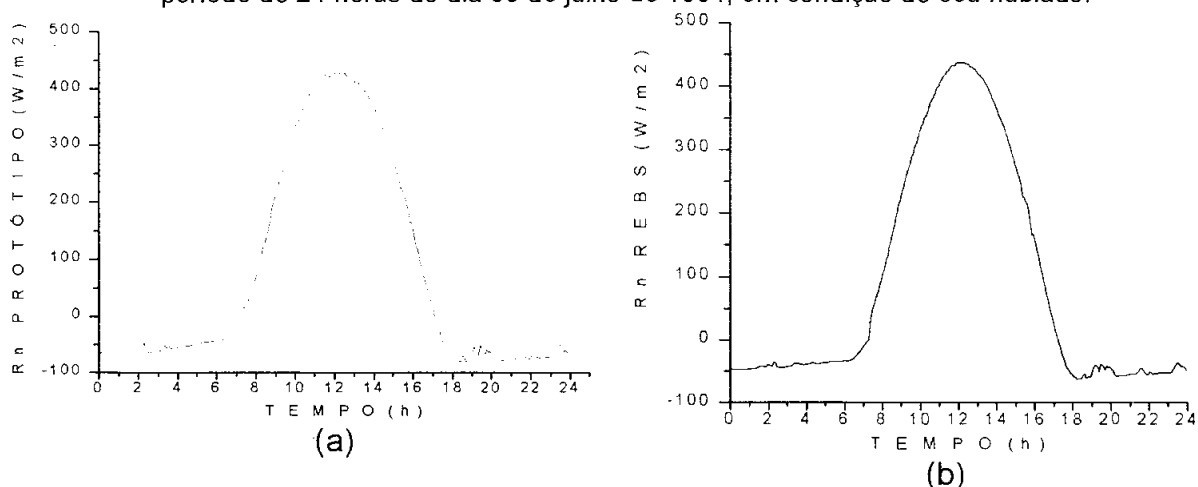


FIGURA 9 Curvas do saldo de radiação(R_n) para os radiômetros **PROTÓTIPO**(a) e **REBS**(b), no período de 24 horas do dia 09 de setembro de 1994, em condição de céu claro.

De maneira geral as diferenças entre as medidas dos instrumentos tiveram erro percentual em torno de 1%. O pico das 12 h mostrou menores valores para o saldo radiômetro PROTÓTIPO em dias claros. Essa diferença foi de -9 W.m^{-2} em 09.09.1994 e de 3 W.m^{-2} em 05.07.1994. Os valores de saldo de radiação ao meio dia foram 190 W.m^{-2} e 187 W.m^{-2} , 426 W.m^{-2} e 435 W.m^{-2} para o instrumento PROTÓTIPO e REBS, respectivamente. Os totais diários foram $1343,73 \text{ W.m}^{-2}$ e $1357,03 \text{ W.m}^{-2}$, $2421,02 \text{ W.m}^{-2}$ e $2441,15 \text{ W.m}^{-2}$. A linearidade entre os dois radiômetros foi ótima através dos parâmetros da regressão linear do PROTÓTIPO sobre o REBS, onde não houve diferença significativa a 5% para $a=0$ e $b=1$. Mostra-se nas Tabelas 1 e 2 uma análise quantitativa referente as diferenças entre os dois instrumentos e também o índice de concordância "d" para valores médios de meia hora. As observações foram separadas em períodos positivos de energia (9 as 16h) e negativo (21 a 01 h). Parâmetro como a média (\bar{x}) e desvio padrão (s) individualmente para cada radiômetro são bastantes semelhantes. Durante o período noturno a diferença média obtida pelo **rmqd** foi de $1,901 \text{ W.m}^{-2}$ e para o período de dia foi de $10,402 \text{ W.m}^{-2}$. O erro sistemático, $\text{rmsd}_s = 7,0487 \text{ W.m}^{-2}$, corresponde a 46% de **rmsd**, sendo possível de ser eliminado. O grau de concordância conferida pelo índice "d" foi de 98,2% para as medições a noite e de 99,1% para as medidas durante o dia.

TABELA 4 Medidas quantitativas para a comparação dos saldos radiômetros REBS e PROTÓTIPO com valores médios de meia hora para período negativo de energia.

Radiômetros	Medidas de única variação			Medidas das diferenças			Índice relativo de concordância "d"
	\bar{x}	s	N	rmqd	rmqd _n	rmqd _s	
REBS	-52,47	6,99	64	1,901	1,785	0,659	0,982
PROTÓTIPO	-51,78	7,25	64				

TABELA 5 Medidas quantitativas para a comparação dos saldos radiômetros REBS e PROTÓTIPO com valores médios de meia hora para período positivo de energia.

Radiômetros	Medidas de única variação			Medidas das diferenças			Índice relativo de concordância "d"
	\bar{x}	s	N	rmqd	rmqd _n	rmqd _s	
REBS	352,409	56,109	91	10,402	7,649	7,0487	0,991
PROTÓTIPO	349,467	52,736	91				

* Exceto N e d que são adimensionais, todos os outros parâmetros tem unidades em W/m^2

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESCOBEDO, J. F. *Refrigeração com uso de energia solar*. São Carlos, 1987. 195p. Tese (doutorado em Física) - Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FRITSCHEN, L. J. Evapotranspiration rate of field crops determined by the Bowen ratio method. *Agron. J.*, v.58, p.339- 42. 1965a

- IDSO, S. B., COOLEY, K. R. The vertical location of Net Radiometers I. The effects of the underlying Air Layer. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*,v. 49, 343-9, 1971.
- MONTEITH, J. L. Evaporation and environment. *Symp. Soc. Exp. Biol.*,v.19 p.205-34, 1965.
- PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. *Proc. R Soc.(Lond.)*, Ser. A.,v.193,p.120-45, 1948.
- PRIESTLEY, C. H. B., TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scala parameters. *Mon.Weater Rev.*, v.100,p.81-92, 1972.
- SOUZA, J. L., ESCOBEDO, J. F., OLIVEIRA, A. P. Saldo radiômetro com termopilhas de filme fino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, VIII, 1994, Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, II, 1994, Sociedade Brasileira de Meteorologia, Belo Horizonte. *Anais.*Belo Horizonte: SBMET, 1994b, v.1, p40-5.
- TANNER, C. B. Energy balance approach evapotranspiration crops. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc*, v. 24,p.1-9, 1960.
- VAN BAVEL, C. H. M. Potencial evaporation: The combination concept and its experimental verification. *Water Resour. Res.* v.2, p.455-67, 1966.
- WILLMOTT, C. J. , On the evaluation of model performance in physical geography. In: GAILE, G.L., WILLMONTT,C.J.(ed.) *Spatial statistics and Model*.Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1984.p.443-59.

AGRADECIMENTOS:

Apoio Financeiro: FAPESP, FUNDUNESP, CNPq, CAPES/PICD/UFAL

Apoio Técnico: E.T.da Silva, A.A.Martins e J.C.Omodei