

1. INTRODUÇÃO

Se quisermos calcular perdas radiativas, satisfatoriamente, em prédios, coletores solares e piscinas, devemos conhecer a radiação infravermelha do céu. Infelizmente são poucos os dados existentes e faz-se bastante uso de modelos (Ineichen et al., 1984).

O esfriamento natural na superfície, causado pela diferença entre a temperatura do céu claro e a temperatura do ar próximo ao solo, é muito utilizado para implementar o conforto térmico em áreas tropicais (Berger, Bariot & Garnier, 1984).

Os fluxos de superfície e as estimativas da radiação de onda longa da atmosfera podem auxiliar na calibração dos Modelos de Circulação Geral da Atmosfera. Estes modelos requerem parametrizações realísticas de muitos processos de superfície (como a partição de energia), que são características importantes na determinação dos campos de temperatura, de vento, de umidade e de precipitação (Galvão & Fish, 2000).

Neste trabalho analisamos um modelo para estimar a radiação térmica da atmosfera, para o qual a emissividade é função da temperatura e da umidade relativa e comparamos seu desempenho com dois outros. Um em que emissividade é dada pelo modelo de Brunt e outro que depende só da temperatura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A estação radiométrica localiza-se na UNESP com as seguintes características geográficas: 22°51' de latitude sul e 48°27' de longitude oeste a uma altitude de 786m,

Para obter-se os valores da irradiância atmosférica foi utilizado um pirgeômetro da Kipp & Zonen. O modelo CG1 cobre o intervalo espectral de 5 a 25 μm , com uma sensibilidade de 10,78 $\mu\text{V/W.m}^{-2}$.

A temperatura e a umidade relativa foram medidas por meio de sensores da Campbell Scientific, modelo HMP45C. Tanto o sensor de temperatura quanto o de umidade suportam um saída de sinal na faixa de 8 a 1000 mV.

Os dados de irradiação, temperatura e umidade relativa foram medidos simultaneamente. Um multiplexador seleciona e lê todos os sensores a cada segundo. Depois de 300 leituras, que equivale ao intervalo de 5 minutos, o sistema armazena a média. Temos portanto 288 medidas em W/m^2 , consideradas instantâneas, ao longo de cada dia.

Os dados que dão sustentação a este trabalho foram coletados no período de 22 de agosto a 31 de dezembro de 2000.

Os dias de céu limpo foram selecionados segundo um índice de claridade K_t maior que 65%.

Considerando que estamos na partição instantânea e que cada dia contribui com 288

medidas, depois de retirar as linhas de dados que não continham valores ou de irradiância, ou de temperatura ou de umidade relativa, e de eliminar linhas de dados que contivessem valores ou muito grandes ou muito pequenos, resultaram em 2209 medidas.

2.1 Ondas Longas Atmosféricas

Um corpo emite radiação térmica quando está em equilíbrio térmico consigo mesmo. Se, além disto, o campo de radiação for isotrópico, dizemos que o sistema está em equilíbrio termodinâmico.

Idealiza-se a atmosfera supondo que a mesma está em equilíbrio termodinâmico local. A atmosfera, portanto, não é um emissor térmico ideal, situação em que seria um corpo negro.

A radiação recebida pelo pirgeômetro é então uma fração daquela que receberia se a atmosfera obedecesse a função de Planck. Esta fração é conhecida como a emissividade efetiva da atmosfera para ondas longas.

Na literatura encontramos várias propostas para modelar a emissividade efetiva, o que implica em vários formatos para os modelos de radiação térmica da atmosfera. De um modo geral podemos escrever:

$$I_{ol} = \varepsilon(x_i) \sigma T^4 \quad (1)$$

onde I_{ol} é a irradiância que chega ao pirgeômetro (W/m^2); σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$); T é a temperatura, em kelvin, na estação ao nível de abrigo e $\varepsilon(x_i)$ é a emissividade efetiva em função de T e/ou de uma medida da umidade do ar (e.g. pressão de vapor, umidade relativa UR, temperatura do ponto de orvalho T_{ap}).

2.2 Os Modelos

Consideramos neste trabalho um modelo tipo Brunt:

$$I_{ol} = (a + b\sqrt{e}) \sigma T^4 \quad (2)$$

sendo e a pressão real de vapor (mb) ao nível de abrigo, calculada pela equação,

$$e = \frac{e_s UR}{100} \quad (3)$$

com e_s quantificando a pressão de vapor para o ar saturado à temperatura T e calculado por meio da equação de Tetens. UR (%) é a umidade relativa medida na estação na mesma altura do pirgeômetro (2m).

Escolhemos o modelo de Idso & Jackson (1969) para representar aqueles que dependem só da temperatura:

$$I_{ol} = \{1 - a \exp[-b(273 - T)]\} \sigma T^4 \quad (4)$$

O modelo proposto por este trabalho vem dado por:

$$I_{ol} = (a + bT + cUR) \sigma T^4 \quad (5)$$

As constantes a , b e c são determinadas quando os modelos são ajustados aos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as eqs. 2, 4 e 5 diante do modelo ideal. Enquanto a Figura 2, explicitando os dados, nos fala

¹ FCA – UNESP .E-mail: frsoares@fca.unesp.br

da flexibilidade de cada modelo.

A capacidade preditiva dos modelos serão medidas por meio do coeficiente de correlação R, entre o valor calculado (VC) e medido (VM), o erro médio MBE e a raiz do erro quadrático médio RMSE. Um modelo bom apresentaria R próximo da unidade e MBE e RMSE próximos de zero.

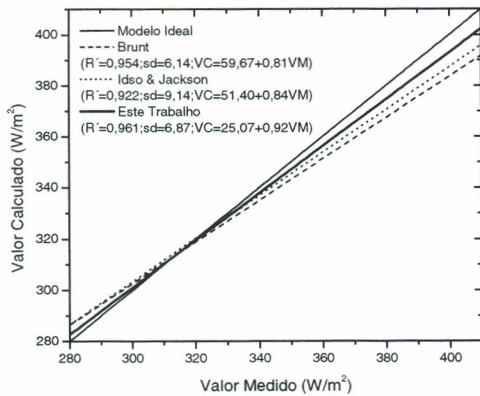


Figura 1 - A eqs. de Brunt, Idso & Jackson e o modelo proposto diante do modelo ideal. R' é o coeficiente de correlação múltiplo para o ajuste dos modelos aos dados; sd é o desvio padrão do ajuste linear aos pontos determinados pelos valores calculados(VC) e medidos (VM)

A primeira estatística que deve ser comparada é o coeficiente de correlação. Observando a Figura 1, a mobilidade dos modelos mostrada na Figura 2, e que R, MBE e RMSE para as eqs. 2, 4 e 5 são, respectivamente: (0,960610; 0,0322; 7,5952), (0,92265; 0,34007; 10,0148), (0,96141; 0,45876; 8,0191) concluímos que o modelo proposto apresenta o melhor desempenho.

A performance de nosso modelo pode ser explicado observando que os dados analisados vão de 22 de agosto a 31 de dezembro. O inverno termina em 22 de setembro. Este período inicial é bastante seco. A atmosfera apresenta baixa variabilidade de umidade e uma forte dependência com a temperatura ambiente. Por isto prevê os dados melhor que o modelo de Brunt, que depende só da umidade. Como a umidade não é nula, o modelo de Idso & Jackson não consegue alcançar os dados, pois só depende da temperatura.

O verão começa em 22 de dezembro, e com ele o época mais úmida de nossa região. Como dependência com a temperatura não deveria se anular com o aumento da

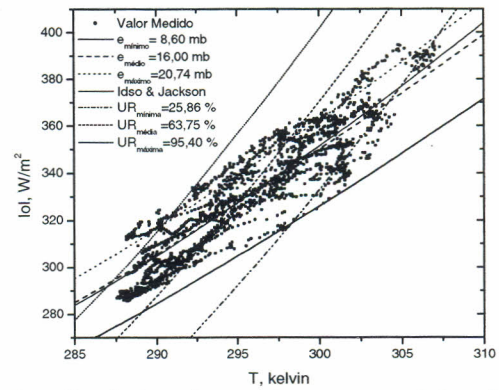


Figura 2 - Os dados observados e os modelos de Brunt para três valores de pressão de vapor, o modelo de Idso & Jackson e o modelo proposto para três valores da umidade relativa

umidade, nosso modelo é outra vez melhor que o de Brunt. O modelo de Idso & Jackson é mais ineficiente ainda neste período.

Outra vantagem é que a umidade relativa é medida diretamente em nossa estação, não precisando fazer nenhum cálculo adicional.

4. CONCLUSÕES

O modelo proposto, o qual considera a emissividade efetiva do céu claro dependente da temperatura e da umidade relativa, ambos ao nível de abrigo meteorológico, é mais eficiente em estimar ondas longas do que modelos em que a emissividade ou só depende da umidade ou só da temperatura.

5. REFERÊNCIAS

- BERGER, X. BURIOT, D., GARNIER, F. About the equivalent radiative temperature for clear skies. **Solar Energy**, v.32, p.725-733, 1984
- BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. **Quart. J. R. Meteorol. Soc. London**, v. 58, p. 389-418, 1932
- GALVÃO, J. A. C., FISH, G. Balanço de radiação em área de pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2000
- IDSO, S. B., JACSON, R. D. Thermal radiation from the atmosphere. **J. Geophys. Res.**v.74, p.5397-5403, 1969
- INEICHEN, P., GREMAUD, J. M., GUISSAN O., MERMOUD, A. Infrared radiation in Geneva. **Solar Energy**. v.32, p.537-545, 1984.