ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO DE ONDA LONGA ATMOSFÉRICA NUMA ÁREA RECULTIVADA NA AMAZÔNIA CENTRAL

Francis Wagner S. **CORREIA**[1], Regina Célia dos S. **ALVALÁ**[2]

1. INTRODUÇÃO

Estudos envolvendo o balanço de radiação são importantes por ser a radiação solar a principal fonte de energia para todos os processos físicos e biológicos que ocorrem na biosfera e, em particular, em área de cultivos. Contida na faixa de 4 a 100 μm, a radiação de onda longa da atmosfera é seguramente o componente do balanço de radiação mais difícil de ser medido. Uma das principais razões é o fato de que muitos instrumentos desenvolvidos para esse propósito emitem radiação em comprimentos de onda e intensidade comparáveis àqueles que devem ser medidos pelo instrumento. Entretanto, em muitas situações práticas em Meteorologia, ainda é eficiente calcular a radiação da atmosfera baseando-se em observações de variáveis mais facilmente medidas, ou estimá-la por diferença, a partir da equação do balanço de radiação, conforme sugeriram Manzi et al. (1985) e Viswanadhan et al. (1990). Assim sendo, muitos esforços têm sido despendidos para o desenvolvimento de métodos simplificados para o cálculo da radiação atmosférica para condições de céu claro. Entre eles citam-se Brunt (1932), Swinbank (1963), Idso e Jackson (1969), Brutsaert (1975), Satterlund (1979), Heitor et al. (1991), entre outros.

Portanto, é objetivo deste trabalho estimar a radiação atmosférica a partir de cinco modelos: Brunt (1932), Swinbank (1963), Idso e Jackson (1969), Brutsaert (1975) e Satterlund (1979), bem como compara-los com valores medidos na área experimental do Projeto SHIFT (Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics) na Amazônia central.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma campanha experimental de coleta de dados foi realizada no período de 27/07/1999 a 19/08/1999 na área experimental do Projeto SHIFT (2°52'S; 59°59'W). O projeto está localizada em uma região de terra firme no campus do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia - CPAA, EMBRAPA, situado a 30 Km ao norte da cidade de Manaus .O objetivo do Projeto SHIFT é desenvolver sistemas agricolas ecológica, social e economicamente viáveis, adaptados às condições úmidas na Amazônia tropical, a partir de um experimento de recultivação de uma área em pousio de um seringal abandonado, estabelecendo consórcio de plantas selecionadas, principalmente espécies perenes

2.1 - Medidas de onda longa da atmosfera

Para a coleta dos dados utilizou-se um saldo radiômetro (CNR1 - Kipp & Zonen, Holanda) para medida das quatros componentes do balanço de radiação (erro de ±10% na média diária). O mesmo foi instalado num mastro de 12 m de altura em uma das parcelas da área recultivada. Do conjunto total de dados obtidos foram selecionados os dias com nebulosidade superior a 0,5, a qual foi expressa em termos da transmissividade através da razão entre a radiação solar na vegetação e a radiação calculada no topo da atmosfera, ambas integradas ao longo do dia.

A seguir, determinou-se os coeficientes de ajuste das equações empíricas (Tabela 1) propostas na literatura para estimativa de onda longa da atmosfera às condições locais da região de estudo. Para isso analisou-se a correlação entre a emissividade da atmosfera e as variáveis utilizadas nas equações empíricas.

Tabela 1 - Estimativa de onda longa atmosférica

Brunt (1932)	$L\downarrow = (0{,}52 + 0{,}065\sqrt{e})\sigma T_a^4$
Brutsaert (1975)	$L\downarrow = 0{,}552\ e_a^{1/7}\sigma T_a^4$
Idso e Jackson (1969)	$L\downarrow = [1 - 0{,}26\exp(-7{,}77\times10^{-4}(273-T_a)^2)]\sigma T_a^4$
Swinbank (1963)	$L\downarrow = 0{,}90\ \times 10^{-5}\sigma T_a^6$
Satterlund (1979)	$L\downarrow = (\sigma T_a^4)1{,}08\left[1-\exp\left(-e^{\frac{T_a}{2016}}\right)\right]$

onde $L\downarrow$ a radiação de onda longa da atmosfera (W m^{-2}), e_a pressão de vapor d'água (mb), e T a temperatura do abrigo (K)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A variação média das componentes do balanço de radiação no dossel da área recultvada é mostrada na Figura (1). O saldo de ondas longas é negativo durante todo o dia, o que significa que a superfície emite radiação de onda longa com mais intensidade que a atmosfera.

O desempenho das equações propostas para estimar a radiação de onda longa da atmosfera foi avaliada, bem como comparou-os com os valores medidos. Na Tabela (2) são apresentados os valores calculados do coeficiente de determinação (R^2), desvio médio quadrático (DMQ) e o erro médio absoluto (EMA) para as equações propostas na literatura. As parametrizações de onda longa geraram valores um tanto elevados de DMQ (42,0 W m^{-2} a 73,5 W m^{-2}), assim como valores negativos do EMA (- 69,6 W m^{-2} a - 39,7 W m^{-2}), o que indica que todas as parametrizações

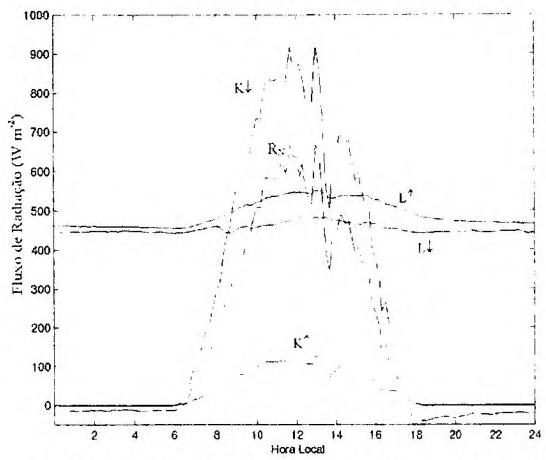

Fig.1 - Variação médias das componentes do balanço de radiação.

[1] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais . Av. dos Astronautas 1785. 12-297-010 São José dos Campos -SP. Brasil. E-mail: fwagner@cptec.inpe.br
[2] Laboratório Associado de Meteorologia e Oceanografia - INPE. São José dos Campos - SP

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos

	DMQ (W m^{-2})	EMA (W m^{-2})	R^{-2}
Brunt	49,5	-47,2	0,66
Swinbank	73,5	-69,6	0,67
I. e Jackson	55,8	-49,5	0,66
Brutsaert	42,0	-39,7	0,66
Satterlund	47,3	-44,6	0,67

apresentam resultados inferiores aos esperados para a área de policultivo na Amazônia, principalmente durante a noite quando a diferença foi ainda maior. Isso está relacionado com os coeficientes utilizados nas equações; não específicos para a área de estudo.

Os resultados mostráram que as parametrizações que são funções da pressão de vapor d'água da atmosfera apresentam valores mais próximos dos medidos, com as maiores diferenças ocorrendo no período noturno. A baixa amplitude diária do fluxo de L↓ medido pode estar relacionada à taxa de vapor d'água presente na atmosfera nessa região. A Tabela 3 apresenta as equações com os ajustes locais dos coeficiente para a região de estudo.

As equações ajustadas de Swinbank (função da temperatura), de Brunt e de Brutsaert (função da pressão de vapor e da temperatura) apresentaram coeficientes de correlação idênticos (0,80), enquanto as ajustadas de Satterlund e de Idso e Jackson apresentaram valores inferiores, respectivamente 0,75 e 0,69. Com exceção da equação ajustada de Swinbank, as demais apresentaram subestimativas nas primeiras horas do dia. Utilizou-se o algoritmo Box e Hill(Box e Hill, 1967) que esta baseado no conceito de entropia da informação e no teorema de Bayes, sendo um procedimento seqüencial para a discriminação probabilística entre modelos que competem para representar um determinado fenômeno ou sistema n-dimensional, considerando o erro nas medidas observacionaispara discriminar entre as cinco parametrizações em estudo.

A melhor parametrização ajustada é a de Idso e Jackson (probabilidade Π = 0,30) seguindo-se, respectivamente, as de Swinbank (Π = 0,27), de Satterlund (Π = 0,24), de Brutsaert (Π = 0,11) e de Brunt (Π = 0,08). Ressalta-se que a melhor probabilidade para a parametrização de Idso e Jackson deve-se possivelmente ao fato de ela sub- e sobre-estimar os valores medidos de modo mais regular.

4. CONCLUSÕES

As estimativas da radiação de onda longa da atmosfera a partir dessas formulações subestimaram a radiação de onda longa medida, o que pode conduzir a substanciais erros na estimativa da energia integrada do saldo de

Tabela 3 - Equações com parâmetros ajustados

Brunt (1932)	$L\downarrow = (1{,}75 - 0{,}14\, e^{1/2})\sigma T_a^4$
Brutsaert (1975)	$L\downarrow = (2{,}26 - 1{,}82\, [e/T]^{1/7})\sigma T^4$
I. e Jackson (1969)	$L\downarrow = (1 - exp[-5{,}61 + 0{,}0026T^2])\sigma T^4$
Swinbank (1963)	$L\downarrow = (10^{[6{,}26 - 2{,}53\, Log\,(T)]})\sigma T^4$
Satterlund (1979)	$L\downarrow = (1 - exp[-6428 - 3687(-e^{T/2016})])\sigma T^4$

radiação, bem como indicam que os coeficientes destas formulações são específicos para as condições ambientais para os quais foram desenvolvidos. Pelo fato de sub e sobre estimar os valores com mais regularidade, o modelo de Idso e Jackson apresentou o melhor resultado no ajuste dos coefientes para a área estudada.

5. REFERÊNCIAS

BOX, G. E.; HILL, W. J. Discrimination among mechanistic models. **Technometrics**, v.9, n.1, p.57-71, Feb. 1967.

BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.58, n. 245, p. 389-420, 1932.

BRUTSAERT, W. On a derivable formula for long-wave radiation from clear skies. **Water Resources Research**, v.11, n.10, p. 742-744, Oct. 1975.

HEITOR, A.; BIGA, A. J.; ROSA, R. Thermal radiation components of the energy balance at the ground. **Agricultural na Forest Meteorology**, v. 54, n.1, p. 29-48, Mar. 1991.

IDSO, S. B.; JACKSON, R. D. Thermal radiation from the atmosphere. Journal of Geophysical Research, v.74, n.23, p. 5397-5403, Oct. 1969.

MANZI, A. O.; SANTOS, J. M.; MOLION, L. C. B. Estudos de radiação de onda longa em floresta de terra firme na região de Manaus. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 4., Londrina, 1985. **Anais.** Londrina: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1985, v.2, p.113-124.

SATTERLUND, D. R. An improved equation for estimanting long-wave radiation from the atmosphere. **Water Resources Research**, v.15, n. 6, p.1649-1650, Dec. 1979.

SWINBANK, W. C. Longwave radiation from ckear skies. **Quartely Journal of the Royal Meteorological Society**, v.466, n.89, p.339-348, 1963.

VISWANADHAN, Y.; MOLION, L. C. B.; MANZI, A. O.; SÁ, L. D. A.; SILVA FILHO, V. P.; ANDRÉ, R. G. B.; NOGUEIRA, J. L. M.; SANTOS, R. C. Micrometeorological measurements in Amazon forest during GTE/ABLE 2A Mission. **Journal of Geophysical Research**, v. 95, n. D9, p. 13669-13682, Aug. 1990.