

EQUAÇÕES DE ESTIMATIVA SAZONAL E ANUAL DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA (PAR) COM PARTIÇÃO DIÁRIA E HORÁRIA

Valéria de Almeida FRISINA¹, Eduardo Nardini GOMES², Patrícia Helena PASQUAL³, João Francisco ESCOBEDO⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar estimativas sazonais e anual da radiação fotossinteticamente ativa em função da radiação global, a partir de irradiações diárias e horárias. As medições foram efetuadas na Estação de Radiometria Solar de Botucatu, no período de abril de 1997 à dezembro de 1998. Considerando o período total, o percentual médio da relação PAR/G foi de 46,27% e a equação de estimativa obtida por regressão linear foi: $PAR = 0,3096 + 0,4162 G$ com $R = 0,9930$ para a partição diária. Na partição horária, o valor medido foi 43,55% e a equação total: $PAR = 0,0131 + 0,4251 G$ com $R = 0,9976$. As estimativas sazonais representaram melhora principalmente na partição horária, onde os desvios entre valores medidos e estimados foram menores.

Palavras-chave: radiação fotossinteticamente ativa, radiação solar

INTRODUÇÃO

A radiação fotossinteticamente ativa compreende a faixa espectral da radiação solar de comprimentos de onda entre 0,4 e 0,7 μm . É de grande importância para a área agrônômica pois representa o espectro de radiação capaz de ativar o processo de fotossíntese e, conseqüentemente, a produção de biomassa. Portanto, a radiação fotossinteticamente ativa é um dos fatores que condiciona a taxa de crescimento e produtividade das culturas vegetais. Até alguns anos atrás, a PAR era considerada uma fração constante da radiação solar, em torno de 46%, no entanto, atualmente, diversas pesquisas têm mostrado que o percentual da PAR sobre a radiação global apresenta variações em função de diversos fatores como declinação solar, cobertura do céu, fotoperíodo e densidade de fluxo (Stigter, 1982, Howell & Meek, 1983, Meek et al, 1984, Ting &

¹ Estudante do Curso de Pós-graduação em Energia na Agricultura, FCA, UNESP, Botucatu, SP. Bolsista FAPESP

² Estudante do Curso de Agronomia, FCA, UNESP, Botucatu, SP. Bolsista FAPESP.

³ Estudante do Curso de Agronomia, FCA, UNESP, Botucatu, SP. Bolsista CNPQ/PIBIC

⁴ Professor, Dr. Departamento de Ciências Ambientais, FCA, UNESP, Botucatu, SP, CP 237, CEP 18603-970

Giacomelli, 1987, Alados, 1994, Frisina et al, 1998). Paralelamente a estes estudos, diversos pesquisadores (Assis & Mendez, 1989, Assunção & Barbieri, 1995, França et al, 1997) vêm trabalhando no sentido de obter equações de estimativa para a PAR a partir de medições da radiação global, pois a maioria das estações agrometeorológicas não dispõem de detectores da PAR.

Este trabalho objetivou encontrar correlações sazonais e anual entre a PAR e radiação global, utilizando valores de irradiações horárias e diárias, a fim de obter equações para estimar a radiação fotossinteticamente ativa.

MATERIAL E MÉTODOS

O monitoramento das radiações global e PAR foi realizado no período de abril de 1997 à dezembro de 1998, na Estação de Radiometria Solar de Botucatu, ao lado do Departamento de Ciências Ambientais da FCA, UNESP, Botucatu, SP, com coordenadas geográficas: latitude de 22°51' S, longitude de 48°26' W e altitude de 786 m. As condições climáticas locais apresentam temperatura média anual do ar de 20,6°C; precipitação média anual de 1516,8 mm e evapotranspiração média anual de 692 mm.

A radiação global foi medida por um piranômetro Eppley PSP, com fator de calibração igual a 8,13 $\mu\text{Vm}^2/\text{W}$ e a radiação fotossinteticamente ativa, por um sensor quântico Li-Cor, com fator de calibração 14,7 $\mu\text{Vm}^2/\text{W}$. Na aquisição de dados, foi utilizado um Datalogger (Campbell 21 X), interligado a um microcomputador 486 DX2, programados para operar na frequência de 1 Hz, captando leituras a cada segundo e armazenando médias de 5 minutos ou 300 leituras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura (1a) são apresentadas curvas de irradiâncias global e fotossinteticamente ativa em um dia de céu aberto (16/07/98), mostrando que a PAR apresenta comportamento similar ao da global, ao longo do dia. Com a integração das áreas abaixo das curvas, foram determinadas as irradiações global, igual a 16,53 MJ/m^2 e PAR 7,13 MJ/m^2 . A figura (1b) é o percentual da PAR sobre a global, tendo valor médio 43,55%. A curva apresenta no início e final do dia oscilações que ocorrem devido a diversos fatores como problema de horizonte no campo experimental, orvalho, diferenças na sensibilidade dos instrumentos detectarem a radiação difusa e no tempo de resposta dos sensores. Entre 8 e 17 hrs, pode-se notar uma pequena variação no sentido de diminuição até por volta das 12 hrs e aumento até o final da tarde. Este efeito ocorre devido à variação da densidade de fluxo e ângulo de incidência da radiação solar ao longo do dia.

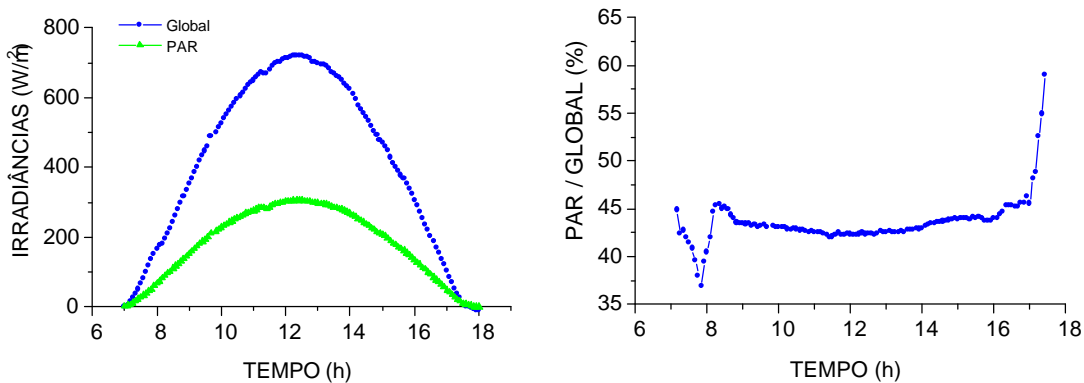


Figura (1). a) Curvas de irradiâncias global e fotossinteticamente ativa em um dia de céu aberto (16/07/98). b) Percentual da PAR sobre a global no tempo.

As figuras (2a) e (2b) mostram, respectivamente, as médias mensais das irradiações PAR e global e os percentuais PAR/G. As irradiações global e PAR apresentaram comportamentos similares, variando durante o ano em função da declinação solar. De acordo com a figura (2b), durante o período estudado, observa-se uma ligeira tendência de decréscimo nos valores da relação PAR/G, que pode estar ocorrendo devido a uma mudança na estabilidade do fator de calibração do detector quântico. Considerando o período total estudado, de abril de 1997 à dezembro de 1998, o percentual médio PAR/G foi de 46,27%.

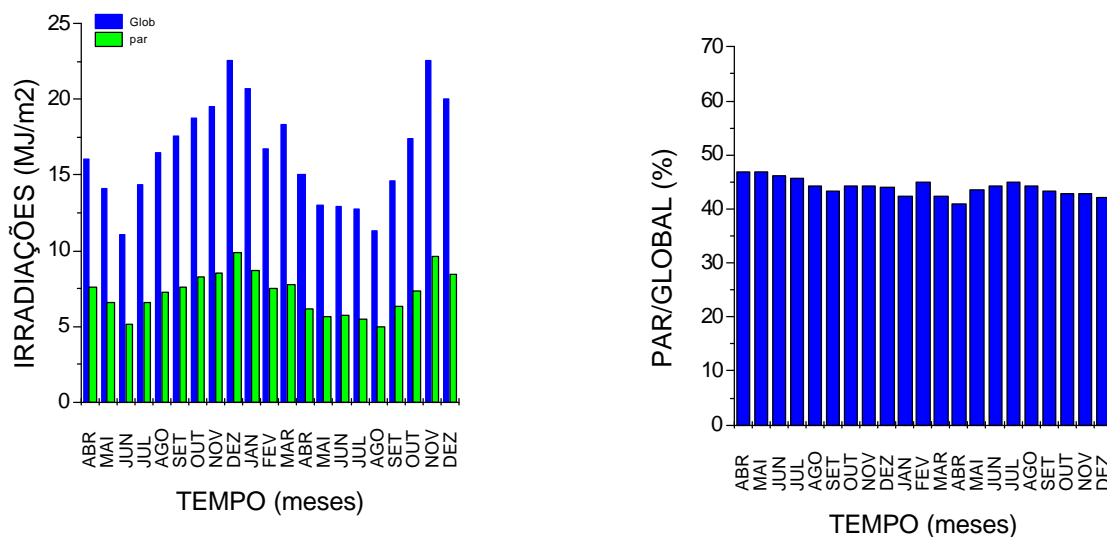


Figura (2). a) Médias mensais das irradiações PAR e global. b) Percentuais mensais PAR/G.

A partir dos valores das irradiações PAR e global, foram traçadas curvas de regressão linear sazonais e total a fim de obter estimativas da PAR em função de medidas da radiação global. Para isso, foram utilizados valores de irradiações PAR e G horários (partição horária) e diários (partição diária).

A figura (3) apresenta as curvas de correlação entre a PAR e G, com dados do período total para a partição diária (a) e horária (b). As equações obtidas foram:

$$\text{PAR} = 0,30961 + 0,41621 G \quad \text{com } R = 0,99307 \quad (\text{a})$$

$$\text{PAR} = 0,01317 + 0,42519 G \quad \text{com } R = 0,99766 \quad (\text{b})$$

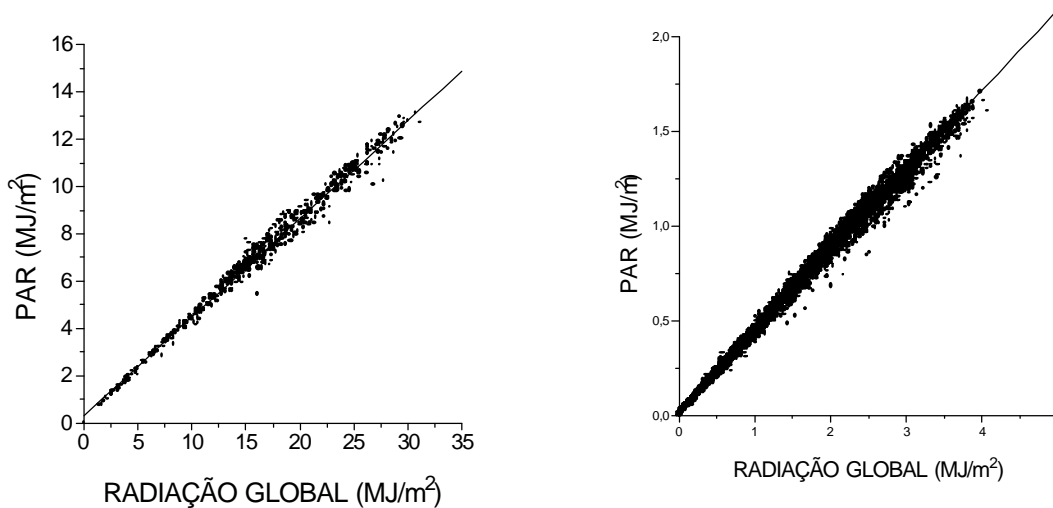


Figura (3). Curvas de regressão linear para estimativa da PAR em função de G para partição diária (a) e horária (b).

Ambas equações apresentaram ótimos ajustes com valores de R da ordem de 99%, com ligeira vantagem para a partição horária. As relações PAR/G medidas foram de 46,27% na partição diária e 43,55% na horária.

As figuras (4a), (4b), (4c) e (4d) são estimativas sazonais obtidas por partições diárias, que forneceram as seguintes equações:

PRIMAVERA: $\text{PAR} = 0,3209 + 0,4153 G$ com $R = 0,9967$

VERÃO: $\text{PAR} = 0,2037 + 0,4195 G$ com $R = 0,9915$

OUTONO: $\text{PAR} = 0,2300 + 0,4240 G$ com $R = 0,9852$

INVERNO: $\text{PAR} = 0,0151 + 0,4287 G$ com $R = 0,9966$

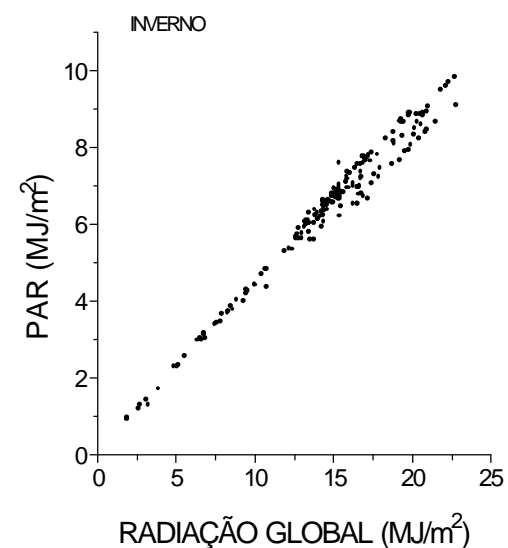
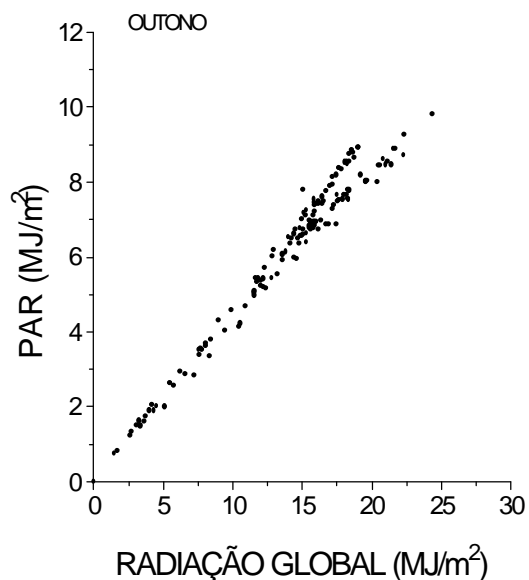
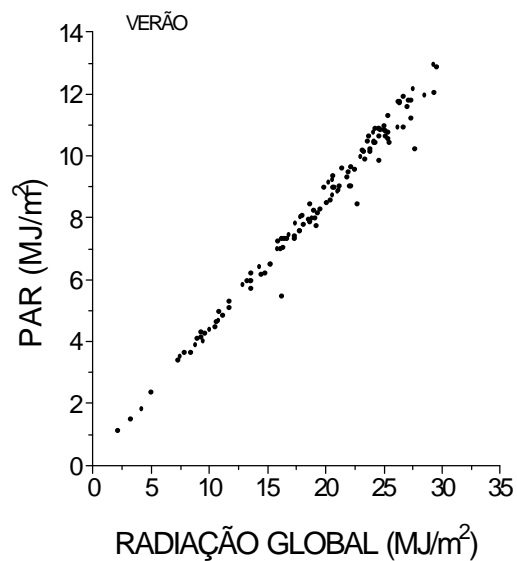
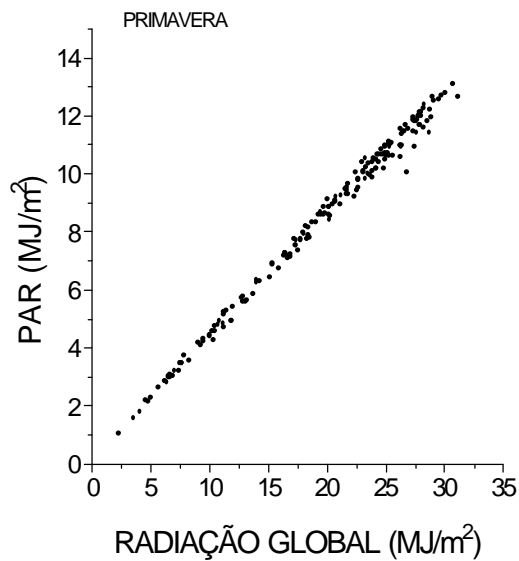
Considerando as partições horárias (figuras 5), foram obtidas as seguintes estimativas:

PRIMAVERA: $\text{PAR} = 0,0142 + 0,4218 G$ com $R = 0,9987$

VERÃO: $\text{PAR} = 0,0099 + 0,4242 G$ com $R = 0,9978$

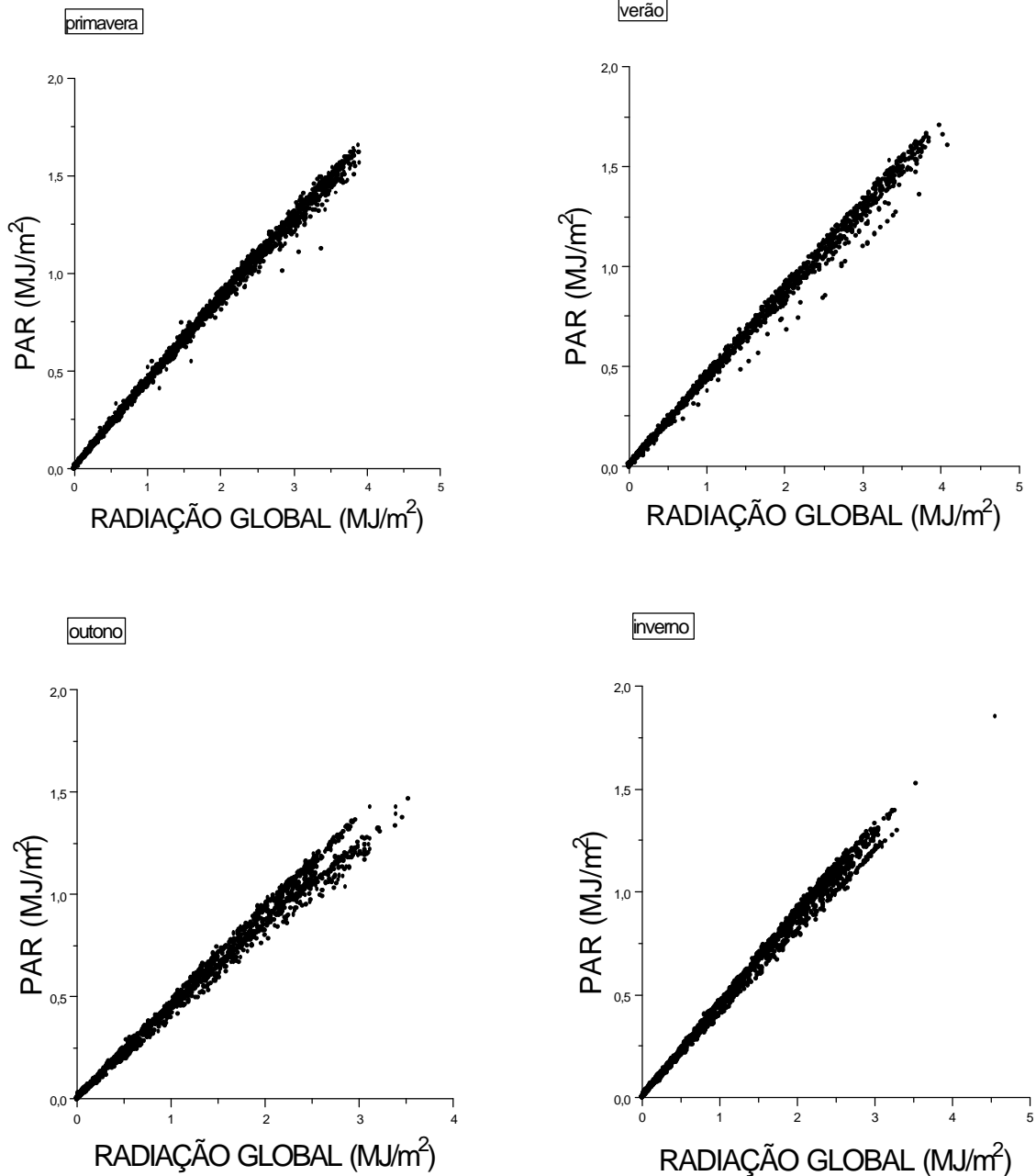
OUTONO: $\text{PAR} = 0,0194 + 0,4260 G$ com $R = 0,9909$

INVERNO: $\text{PAR} = 0,0119 + 0,4275 G$ com $R = 0,9974$



Figuras (4). Curvas de regressão linear sazonais para estimativa da PAR em função de G, para partições diárias.

Os resultados mostraram excelentes ajustes para as quatro estações do ano, com coeficientes de correlação da ordem de 98% e 99%. Na partição horária, as equações obtidas apresentaram coeficientes lineares bem menores que na partição diária, mantendo os coeficientes de correlação na ordem de 99%.



Figuras (5). Curvas de regressão linear sazonais para estimativa da PAR em função de G, a partir de partições horárias.

A tabela I apresenta os valores medidos e estimados da relação PAR/G, bem como os desvios entre valores medidos e estimados, considerando o período total e médias sazonais.

De acordo com a tabela I, para a partição diária, o desvio entre os percentuais PAR/G medido e estimado com dados do período total foi de 1,09%. Considerando as fases da declinação solar, dividindo-se o período em estações do ano, foram obtidos desvios menores da primavera ao outono, variando de 0,51% a 0,69%, já no inverno o desvio foi o maior, na ordem de 2,60%.

As melhores estimativas foram as obtidas por partição horária, cujos desvios foram inferiores a 1%. Neste caso, a estimativa total foi melhor que as sazonais, apresentando desvio de 0,00%.

Tabela I. Desvios entre valores medidos e estimados da relação PAR/G.

Período	PAR/G* (%)	PAR/G** (%)	PAR/G¹ (%)	PAR/G² (%)	Desvios¹ (%)	Desvios² (%)
Primavera	43,13	43,21	42,91	43,21	0,51	0,00
Verão	43,08	43,93	42,85	43,93	0,54	0,00
Outono	44,35	44,25	42,05	44,25	0,69	0,00
Inverno	44,14	43,76	42,98	43,76	2,60	0,00
Total	43,82	43,57	43,44	43,56	1,09	0,00

(*) Valores médios medidos por partição diária

(**) Valores médios medidos por partição horária

(1) Valores estimados por partição diária

(2) Valores estimados por partição horária

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que, para a partição diária, as estimativas sazonais apresentaram ligeira vantagem em relação à total e que a partição horária melhora a estimativa da PAR quando comparada à partição diária.

BIBLIOGRAFIA

- ALADOS, I.; FOYO-MORENO, I.; ALADOS-ARBOLEDAS, L. Photosynthetically active radiation: measurements and modelling. *Agricultural and Forest Meteorology*. Amsterdam, v.78, p.121-131, 1996.
- ASSIS, F.N. de; MENDEZ, M.E.G. Relações entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.24, p. 797-800, 1989.
- ASSUNÇÃO, H.F. da; BARBIERI, V. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa e a sua distribuição espectral horária para Piracicaba - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, 1995. Campina Grande - PB. Anais... Campina Grande. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p. 286-289, 1995.
- FRANÇA, S.; ROSA, L.M.G.; BERGAMASCHI, H.; NABINGER, C.; SPANENBERG, P. Radiação fotossinteticamente ativa e sua relação com a radiação solar global em dossel de alfafa, em função do índice de área foliar. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. v.5, n.2, p. 147-153, 1997.
- FRISINA, V.A.; GOMES, E.N.; PASQUAL, P.H.; ESCOBEDO, J.F. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa em função do índice de claridade Kt. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998. Brasília. Anais... Brasília. Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998.
- HOWELL, T.A.; MEEK, D.W. Relationship of Photosynthetically Active Radiation to Shortwave Radiation in the San Joaquin Valley. *Agricultural Meteorology*. v. 28, p. 157-175, 1983.
- MEEK, D.W.; HATFIELD, J.L.; HOWELL, T.A.; IDSO, S.B.; REGINATO, R.J. A generalized relationship between Photosynthetically Active Radiation and Solar Radiation. *Agronomy Journal*. v.76, p. 939-945, 1984.
- STIGTER, C.J.; MUSABILHA, V.M.M. The conservative ratio of Photosynthetically Active to Total Radiation in the Tropics. *Journal of Applied Ecology*. v. 19, p. 853-859, 1982.
- TING, K.C.; GIACOMELLI, G.A. Availability of Solar Photosynthetically Active Radiation. *Transactions of the ASAE*. v. 30, n.5, p. 1453-1457. 1987

Apoio Financeiro: FAPESP (97/12780-6; 97/12819-0), CNPq (302624-0).