

**RELAÇÃO ENTRE A RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA E A  
GLOBAL NO AGROSSISTEMA CACAU<sup>1</sup>  
HERMES ALVES DE ALMEIDA<sup>2</sup>**

**RESUMO**

Medidas simultâneas de radiação solar global (RSG) e fotossinteticamente ativa (PAR) foram obtidas utilizando-se um sistema automatizado de coleta de dados. Leituras instantâneas eram feitas de 15 em 15 segundos, sendo integralizadas uma média a cada 30 minutos e armazenada no Datalogger da Campbell Scientific, modelo CR 21 X. Os sensores foram instalados num interior de uma plantação de cacau, no CEPEC, Ilhéus, BA. Os resultados referentes ao período de setembro de 1998 a fevereiro de 1999 mostraram que a energia efetivamente disponível para a fotossíntese ocorreu durante cerca de 6 a 7 horas por dia, em média, e os valores máximos médios de RSG ( $600 \text{ w.m}^{-2}$ ) e PAR ( $300 \text{ w.m}^{-2}$ ) por volta das 13:00 horas. A radiação fotossinteticamente ativa diária foi da ordem de 57% do espectro solar e o modelo estatístico que apresentou melhor ajuste em função da global foi o descrito pela equação de regressão:  $\text{PAR} (\text{mol.m}^{-2}) = 0,21 + 1,73 \text{ RSG} (\text{MJ.m}^{-2})$ .

Palavras-chave: radiação solar, radiação fotossinteticamente ativa, cacauero

**INTRODUÇÃO**

A radiação solar é a principal e a única fonte de energia capaz de atender os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais. A energia radiante é convertida em energia química nas folhas e armazenada pela planta através da fotossíntese.

O sol emite radiação em forma de ondas eletromagnéticas em três faixas distintas de comprimento de onda: ultravioleta (290 a 400 nm), visível (400 a 700 nm) e o infra vermelho próximo ( $> 700 \text{ nm}$ ). Para McCree (1972) é na radiação solar de 400 a 700 nm que ocorre a excitação das moléculas de clorofila dando início ao fluxo de energia necessária para fotossíntese e, por isso, é denominada de radiação fotossinteticamente ativa (PAR). Segundo Monteith (1973), essa energia corresponde a aproximadamente 50% da radiação global medida por radiômetros convencionais. Resultados encontrados por outros pesquisadores (McCree, 1966; Pereira et al, 1982; Howell et al, 1983; Assis & Mendez, 1989), , mostraram que esse índice pode variar de 44 a 69 %.

---

<sup>1</sup> Subprojeto financiado através do convênio (SEAGRI/CEPLAC/FUNDECAU);

<sup>2</sup> Pesquisador, DSc, Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 07, 45600-000 Ilhéus, Bahia, e Professor Adjunto da Universidade Estadual de Santa Cruz, E-mail:[halmeida@nuxnet.com.br](mailto:halmeida@nuxnet.com.br)

O cacau normalmente é cultivado sob sombra de árvores. Por isso, a quantidade e a qualidade da luz que chega à copa do cacau são afetadas tanto pelo regime anual da radiação solar quanto pelas árvores de sombra (Hadfield, 1979).

Medidas da taxa de assimilação líquida (TAL), indicaram que o cacau tem uma taxa fotossintética relativamente baixa em relação a de outros cultivos tropicais (Alvim, 1977). Embora não se tenha determinado ainda o ponto de saturação de luz em cacaus adultos sob condições de campo, resultados encontrados em plantas jovens de cacau têm mostrados que o nível de saturação, em termos de radiação fotossinteticamente ativa é, também, considerado baixo, cerca de 400-500  $\mu\text{mols.m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Harun & Hardwick, 1988).

A radiação fotossinteticamente ativa não é rotineiramente medida em Estações Agrometeorológicas no Brasil nem em outros países do mundo. A quantificação da PAR é fundamental para implementação de modelos de fotossíntese e de produção de cultivos. Embora existam sensores que quantificam a PAR, nem sempre tais sensores são acessíveis ou possíveis de serem utilizados em qualquer circunstância. É, portanto, necessário a busca de alternativas que permitam estimar a PAR a partir da radiação global, objetivo principal do presente trabalho.

## MATERIAS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), localizado no km 22 da rodovia Ilhéus-Itabuna, no município de Ilhéus, Bahia, latitude 14° 45' S, longitude 39° 16' W e altitude de 41 m. Os sensores utilizados para medir a radiação solar global (RSG) e fotossinteticamente ativa (PAR) foram instalados à 2m de altura do solo, numa clareira, no interior de uma plantação de cacau, sob sombreamento de Eritrina (*Erythrina glauca* Willd).

As medições foram feitas no período de setembro de 1998 a fevereiro de 1999 e as características funcionais dos sensores estão descritas na Tabela 1.

TABELA 1: Características funcionais dos sensores utilizados para medir a radiação solar (RSG) e a fotossinteticamente ativa (PAR).

Características	Sensor de RSG	Sensor de PAR
Modelo	LI200X	LI190SB
Sensibilidade	0,2 kW.m <sup>-2</sup> mV <sup>-1</sup>	5mV/mE. m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
Erro	± 3%	± 5%
Estabilidade de calibração	± 2%/ ano	-

Os sensores de radiação foram conectados a um sistema automatizado de coleta de dados (DataLogger da Campbell Scientific, modelo CR 21 X), programado para fazer leitura de 15 em 15

segundos e armazenar uma média a cada 30 minutos (o corresponde a 1800 leituras). As medidas instantâneas de RSG e PAR foram obtidas diretamente em  $\text{w.m}^{-2}$  e  $\text{mmol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$  e as diárias em  $\text{MJ.m}^{-2}$  e  $\text{moles.m}^{-2}$ , respectivamente. As unidades de energia em joules (J) ou mega joules (MJ) foram convertidas, quando necessário, para Einstein (E) ou micro Einstein ( $\mu\text{E}$ ). Um Einstein se refere a energia de 1 mol de fótons ( $=6,023 \times 10^{23}$ ) no comprimento de onda ( $\lambda$ ) do espectro visível (400 a 700 nm). Considerando-se o valo médio de  $\lambda$  igual a 555 nm, o total de energia de 1E convertida para J pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$1E = \frac{n h c}{I} = \frac{6,023 \times 10^{23} \times 6,624 \times 10^{-34} \text{ joules.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}}{555 \times 10^{-9} \text{ m}} = 0,2157 \times 10^6 \text{ J}$$

ou  $1\mu\text{E}=0,2157 \text{ MJ}$

sendo:  $n= 1 \text{ mol de fótons } 6,023 \times 10^{23}$

$h= \text{constante de Planck } (6,624 \times 10^{-34} \text{ joules.s})$

$c= \text{velocidade da luz no vácuo } (3 \times 10^8 \text{ m/s})$

A radiação fotossinteticamente ativa foi correlacionada com a radiação global independente da condição atmosférica (céu totalmente limpo ou nublado) e a fração da RSG correspondente à PAR foi calculada através da relação (PAR/RSG).

Para ajustar a equação de estimativa da PAR, testou-se um modelo estatístico de uma regressão linear simples, considerando-se, individualmente, à PAR e RSG. As estimativas dos parâmetros da regressão foram determinadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística (SAS, 1998). A escolha do melhor modelo foi baseada no nível de significância dos parâmetros estatísticos obtidos nas análises de regressão e de variância tais como: probabilidades dos testes t e F, coeficientes de variação (C.V.) e de determinação ajustado ( $\bar{r}^2$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias horárias da radiação solar global (RSG) e fotossinteticamente ativa (PAR), correspondentes ao período de setembro de 1998 a fevereiro de 1999, são mostradas na Figura 1. Observa-se que, a quantidade de energia solar é nula tanto para a fração correspondente a RSG quanto à PAR no início da manhã (entre 6:00 e 8:00 horas) e após as 18:00 e 16:00 horas, respectivamente. Isso mostra que, nas condições em que o cacauzeiro é cultivado, a energia disponível para a fotossíntese (PAR) ocorre durante cerca de 6 a 7 horas por dia (médias de 3864 dados) enquanto que a radiação global foi de 11 a 12 horas. Os valores máximos médios de RSG ( $600 \text{ w.m}^{-2}$ ) e da PAR ( $300 \text{ w.m}^{-2}$ ) ocorreram por volta das 13:00 horas.

Observando-se (Figura 1), nota-se que a razão PAR/RSG quase não varia no decorrer do dia, possivelmente, devido aos dados se referirem a uma média da série. É importante destacar, que a relação PAR/RSG para dias típicos (céu totalmente limpo ou nublado) foi variável durante o dia.

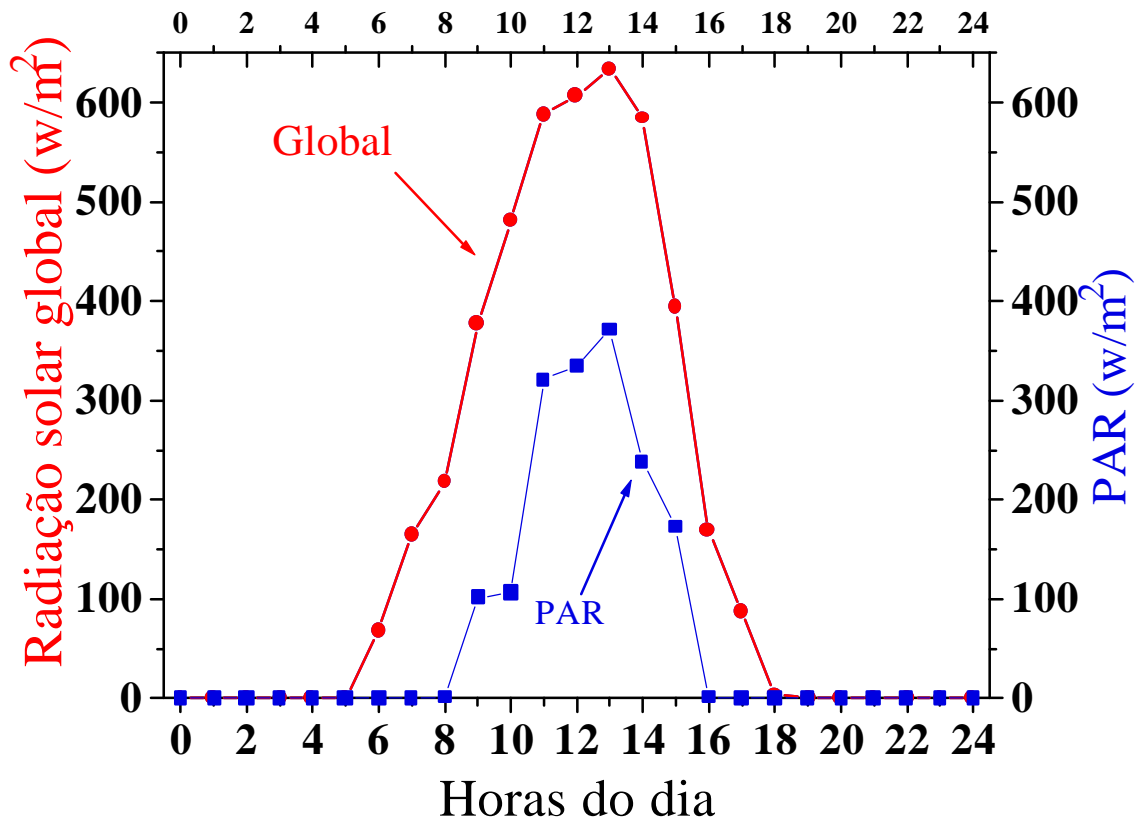


Figura 1: Distribuição espectral da radiação global e a fotossinteticamente ativa. Médias horárias correspondentes ao período de setembro de 1988 a fevereiro de 1999.

As médias diárias da radiação solar global, no decorrer do período estudado, variaram entre 3,8 e 22,4 MJ.m<sup>-2</sup>, com média de 13,8 MJ.m<sup>-2</sup> e as da PAR de 6,3 a 38,7 moles.m<sup>-2</sup>, com média de 24,0 moles.m<sup>-2</sup>. Durante o período de observação e nas condições deste trabalho, a radiação fotossinteticamente ativa representou cerca de 57%, em média, do total de radiação incidente, com mínimo de 52 % e máximo de 60%. Nota-se que o valor médio encontrado (57%) é superior aos 50% obtidos por Monteith (1973), embora esteja dentro da faixa de 44 a 69 % encontrada por (McCree, 1966; Pereira et al, 1982; Howell et al, 1983; Assis & Mendez, 1989). Ressalta-se, ainda, que os resultados encontrados por esses pesquisadores foram em outras condições, época do ano e outro locais.

A análise dos dados diários permitiu estabelecer a uma relação linear entre à Par e RSG, cuja representação gráfica é mostrada na Figura 2. Uma vez que o coeficiente linear da equação de regressão (0,21) não diferiu estatisticamente a 1% de probabilidade, a referida relação pode ser

representada através de uma expressão mais simplificada:  $PAR=1,73 RSG$ . Comparando-se o coeficiente angular desta equação (1,73), verifica-se que ele foi menor do que 2,23 encontrado para Pelotas, RS, por Assis & Mendez (1989); 1,95 para Piracicaba, SP, por Assunção & Barbieri (1995) e de 1,94 para Porto Alegre, RS, por França et al, (1997).

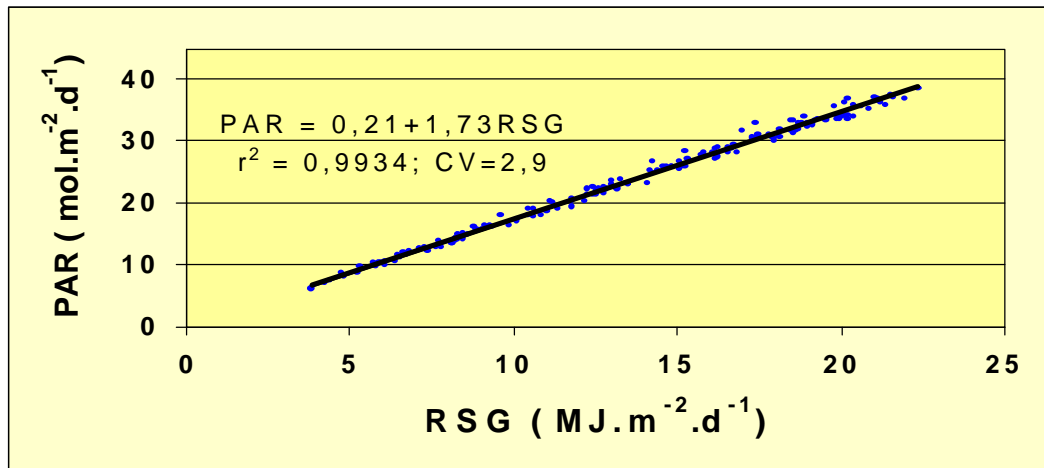


Figura 2: Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e a global (RSG).

## CONCLUSÕES

- A radiação fotossinteticamente ativa foi da ordem de 57% do espectro solar;
- A radiação fotossinteticamente ativa diária, em mol.m<sup>-2</sup>, pode ser estimada por 1,73 vezes a radiação global em MJ.m<sup>-2</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

- ASSUNÇÃO, H.F., 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, 1995, 500p., p286-89.
- ALVIM, P.T. Cacao. In:ALVIM, P.T., KOZLOWSKY, T.T. (Eds.) **Ecophysiology of tropical crops**. New York:Academic Press,1977. p.279-313.
- ASSIS, F. N., MENDEZ, M.E. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, **24**(7):797-800,1989.
- FRANCA, S. et al. 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**, **5**(2):147-53,1997.

- HADFIELD, W. Canopy architecture of some ecuadorian cocoa populations with special reference to light penetration. In: INTERNATIONAL COCOA RESERCH CONFERENCE, 7, 1977, Douala. *Proceedings...* Lagos: Cocoa Producers Alliance, 1979. p.109-20.
- HOWELL, T.A., MEEK, D.W., HATFIELD, J.L. Relationship of photosynthetically active radiation to shortwave radiation in the San Joaquin Valley. *Agric. Meteorology*, **28**:157-75, 1983.
- HARUN, R. M. R, HARDWICK, K. The effects of prolonged exposure to different light intensities on the photosynthesis of cocoa leaves. In: INTERNATIONAL COCOA RESERCH CONFERENCE, 10, 1987, Santo Domingos. *Proceedings...* Lagos: Cocoa Producers Alliance, 1988. p.205-9.
- MCCREE, K. J. A solarimeter for measuring photosynthetically active radiation. *Agric. Meteorology*, **3**:353-66, 1966.
- MCCREE, K. J. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. *Agric. Meteorology*, **10**:443-53, 1972.
- MONTEITH, J.L. Principles of environmental physics. London, Edward Arnold, 1973. 241p.
- PEREIRA, A. R., MACHADO, E.C., CAMARGO, M.B.P. Solar radiation regimes in three cassava (*Manihot esculenta crantz*) canopies. *Agric. Meteorology*, **26**:1-10, 1982.