

RELAÇÃO ENTRE A RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA E A RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL PARA O VALE DO SUBMÉDIO SÃO FRANCISCO

Thieres George Freire da Silva¹, Magna Soelma Beserra de Moura², Sérgio Zolnier³

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi comparar os dados de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e radiação solar global (Rg) para as condições climáticas e geográficas do Vale do Submédio São Francisco. Foram utilizados dados dos meses de janeiro e agosto por estarem inseridos nos períodos mais chuvoso e seco dessa região, respectivamente. A equação de regressão obtida para o mês de janeiro foi: $RFA = 0,4621Rg$, com um R^2 igual 0,9974, enquanto para o mês de agosto a seguinte equação foi obtida: $RFA = 0,4389.Rg$, com um R^2 igual a 0,9962, sendo tanto a RFA quanto a Rg, expressos em $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$. Essas equações apresentaram uma ótima performance, permitindo com isso a sua utilização nas várias áreas do Vale do Submédio São Francisco.

ABSTRACT: The objective of this work was to compare the data photosynthetically active radiation data (RFA) and global solar radiation (Rg) for the climatic and geographic conditions of the Submedium San Francisco River Valley. Were used the data from January (rainy season) and August (dry season). The equation of regression obtained for the January month was: $RFA = 0,4621.Rg$, with R^2 equal to 0.9974, while for the August month the following equation was $RFA = 0,4389.Rg$, with R^2 equal to 0.9962, where the data of RFA and Rg was expressed in $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$. These equations had presented an excellent performance, allowing with this its use in the some areas of the Submedium San Francisco River Valley.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação fotossinteticamente ativa, estimativa, Submédio São Francisco.

INTRODUÇÃO

Nem todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético solar podem ser utilizados pelos órgãos clorofilados na conversão da energia dos fótons incidentes, em energia química, através do aparelho fotossintético de uma folha. Apenas a radiação entre a faixa visível do espectro, compreendido entre 400 e 700nm, são utilizados pelas plantas para a produção de carboidratos simples, e é denominada como radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

A RFA tem sido bastante utilizada em modelos empíricos com o objetivo de estimar e diagnosticar a produtividade e analisar a influência de fatores bióticos e abióticos sobre as condições de crescimento das plantas. Apesar da sua importância, poucas são as estações meteorológicas que realizam coletas rotineiras dessa variável.

Como alternativa de conhecimento dos níveis de energia desta radiação, vários trabalhos apresentam equações de estimativa da RFA a partir dos valores de radiação solar global (Rg), que

¹ Mestrando do curso de Meteorologia Agrícola da UFV, Viçosa – MG. E-mail: thieresfreire@vicosa.ufv.br.

² Dra., Pesquisadora Agrometeorologia, Embrapa Semi-Árido. BR 428, Km 152, CP 23, 56302-970, Petrolina-PE. Fone: 87 38 62 17 11, Fax: 87 38 62 17 44. E-mail: magna@cpatsa.embrapa.br

³ Dr., Professor, DEA/UFV, Viçosa – MG. E-mail: zolnier@ufv.br

são frequentemente medidos na maioria das estações meteorológicas (JACOVIDES et al., 2004; PAPAIOANNOU et al., 1996; UDO & ARO, 1999).

Autores como JACOVIDES et al., 2004, PAPAIOANNOU et al., 1996, UDO & ARO, 1999 informam que os valores da relação entre a RFA e a Rg variam, a depender da escala de análise (horária, diária ou mensal), com a época do ano, condições de nebulosidade, ângulo zenital, comprimento do dia, localização geográfica, composição atmosférica e entre outros.

Assim, objetivamos com esse trabalho realizar, para um mês chuvoso e outro seco, uma análise comparativa entre os valores da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e radiação solar global (Rg).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo.

Esse estudo foi realizado para as condições e geográficas do Vale do Submédio São Francisco, considerado um dos maiores pólos de fruticultura irrigada do país, responsável por 70% e 80% das exportações de manga e uvas finas respectivamente, destinadas aos mercados europeu e americano, e mais recentemente o mercado asiático.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köeppen, está enquadrado no tipo climático megatérmico e semi-árido, do tipo BSw^h, caracterizando-se por um clima seco e muito quente, com máxima precipitação ocorrendo nos meses de verão (janeiro, fevereiro e março) e mínima precipitação nos meses de inverno (julho, agosto e setembro) e grande variabilidade temporal e espacial das chuvas.

Equipamentos, Dados e Estatística.

Para a análise da relação entre RFA e Rg foram utilizados os dados obtidos na torre agrometeorológica localizada no sítio experimental situado na EMBRAPA Semi-Árido (CPATSA) (09°04'08'', 40°19'11'' e 387m) na cidade de Petrolina-PE.

Os radiômetros utilizados na medição da PAR e da Rg foram Piranômetro (Eppley PSP) e Sensor quantum (LI-COR 190 series), respectivamente, ambos conectados a um sistema de aquisição de dados (CR23X, Datalogger Campbell) na torre agrometeorológica. Os dados obtidos pelo sistema de aquisição foram registrados a cada 60 segundos e armazenados em médias a cada 10 minutos, e programados para ser expresso em $W.m^{-2}$. Para este estudo os valores de PAR e Rg foram integrados para períodos diários, sendo expressos em $MJ.m^{-2}.dia^{-1}$.

Os dados mensais utilizados nesse estudo foram os dos meses de janeiro e agosto/2004, por serem os que apresentaram maior e menor índice pluviométrico nesse ano, ou seja, o mês mais

chuvoso e mais seco, respectivamente. Apesar do mês de janeiro ter sido o mais chuvoso, constatou-se para o mesmo, a ocorrência de um período de 9 dias consecutivos sem chuva. Por ser bastante comum a ocorrência de veranicos nessa região, procurou-se analisar também, separadamente, os valores da relação da RFA e Rg para o período chuvoso e não chuvoso do mês de janeiro.

A análise da relação entre a RFA e a Rg foi realizada para as escalas diária e mensal.

Os dados de RFA e Rg, de janeiro e agosto do ano de 2005, também foram utilizados com o objetivo de avaliar a performance das equações obtidas para estimar os valores diários da RFA a partir da Rg para os dois meses em questão.

Adicionalmente, foram utilizados os seguintes índices estatísticos: coeficiente de determinação (R^2), erro médio absoluto (MBE), raiz quadrada do erro médio (RSME), erro máximo (EM) e índice de Willmott (d):

$$R^2 = \frac{\left[\sum (O_{i\text{estimado}} - \overline{O_{i\text{observado}}}) \right]^{1/2}}{\left[\sum_{n=1}^n (O_{i\text{observado}} - \overline{O_{i\text{observado}}})^2 \right]}$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_{i\text{estimado}} - O_{i\text{observado}})$$

$$RSME = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_{i\text{estimado}} - O_{i\text{observado}})^2 \right]^{1/2}$$

$$EM = \max[(| O_{i\text{estimado}} - O_{i\text{observado}} |)]$$

$$d = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_{i\text{estimado}} - O_{i\text{observado}})^2}{\sum_{i=1}^n (|O_{i\text{estimado}} - \overline{O_{i\text{observado}}}| + |O_{i\text{observado}} - \overline{O_{i\text{observado}}}|)^2} \right]^{1/2}$$

em que, n = número de observações; $O_{i\text{estimado}}$ = valor da RFA estimada; $O_{i\text{observado}}$ = valor da RFA observada e $\overline{O_{i\text{observado}}}$ = valor médio dos valores observados de RFA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da relação da RFA com a Rg são apresentados nesta análise como, fe , sendo tanto a RFA quanto a Rg expressos em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, resultando com isso num valor de fe , adimensional.

Para converter os valores de fe para valores em E.MJ^{-1} , representado por, fa , foi utilizado o fator $4,57 \mu\text{E J}^{-1}$. Essa conversão foi realizada com o objetivo de se comparar com os valores obtidos na literatura.

Na Tabela 1 são apresentados os valores de fe para a escala mensal e dos períodos chuvosos e não chuvosos para o mês de janeiro. Observou-se que nesse mês (chuvoso) os valores de fe foram superiores aos valores obtidos no mês de agosto (seco). O mês de janeiro, mesmo situado num período de maior incidência da radiação solar (verão) apresentou um maior valor de fe devido às

condições de nebulosidade. A concentração de vapor d'água na atmosfera favorece a redução da Rg aumentando os valores de fe (0,4621). Isto é evidente em virtude da seletividade do vapor d'água, principalmente, na faixa infravermelho do espectro, enquanto que a radiação PAR (faixa visível do espectro) é menos afetada (JACOVIDES et al., 2004). Com isso os valores tendem a aumentarem quanto maior for à quantidade de vapor d'água na atmosfera (ALADOS et al., 1996).

Tabela 1 - Relação entre a Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR) e Radiação Solar Global (Rg) em períodos chuvosos e não chuvosos do mês de janeiro e em base mensal.

Período	fe	Desvio Padrão	fa (E.MJ ⁻¹)
Período chuvoso em janeiro	0,4680	0,0088	2,138
Período seco em janeiro	0,4600	0,0043	2,103
Janeiro/2004 (mês chuvoso)	0,4621	0,0084	2,126
Agosto/2004 (mês seco)	0,4389	0,0062	2,013

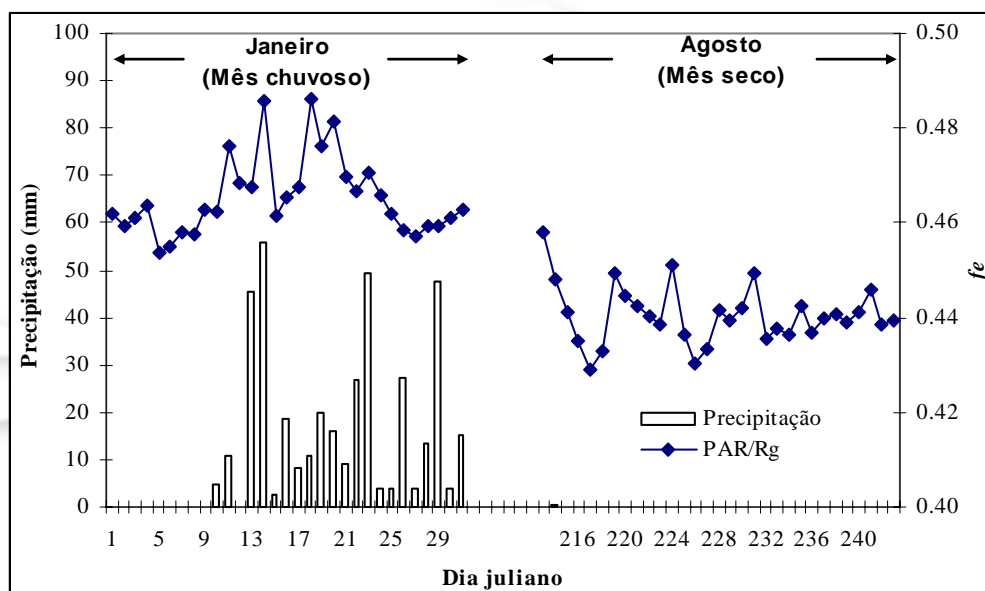


Figura 2 – Comparação dos valores diários da razão entre a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e radiação solar global (Rg) dos meses de janeiro e agosto de 2004, no Vale do Submédio São Francisco.

O mês de agosto, devido o menor efeito da nebulosidade por causa da ausência da ocorrência de chuvas, apresentou os valores de fe menor, em torno de 0,4389. A diferença entre os valores de fe do mês de janeiro e agosto foi de 5,38%.

O mês de janeiro foi o que apresentou o maior desvio padrão dos valores de fe , o que está relacionado com a variabilidade atmosférica local, devido os trânsitos dos dias chuvosos. Tal resultado se reflete no valor do desvio padrão do período chuvoso do mês de janeiro, como mostra a Tabela 1, em que foi bem próximo do valor mensal (0,0088 versus 0,0086). Assim, a ocorrência de veranicos durante o mês de janeiro, pouco influenciam nos valores mensais de fe , permitindo com

isso a obtenção de um valor médio de fe e uma única equação de estimativa de RFA a partir dos dados de Rg , ambos representativos para esse mês.

Na análise diária, para o mês de janeiro, os valores máximos e mínimos de fe foram 0,486 ($2,223 \text{ E.MJ}^{-1}$) para o dia 18/01/2004 e 0,454 ($2,074 \text{ E.MJ}^{-1}$) para o dia 05/01/2004, respectivamente. Como era de se esperar o valor mínimo ocorreu para um dia em que não choveu e o máximo valor ocorreu para um dia em que estava compreendido no período chuvoso. No entanto, constatou-se que esse dia não foi o mais chuvoso do mês, o que pode estar relacionado com a formação de nuvens no final da tarde e a maior ocorrência das chuvas nessa região, durante o período noturno.

Para o mês de agosto (mês seco) os valores máximos e mínimos de fe foram de 0,458 ($2,093 \text{ E.MJ}^{-1}$) para o dia 01/08/2004 e 0,433 ($1,979 \text{ E.MJ}^{-1}$) para o dia 06/08/2004, respectivamente. O mês de agosto está situado no período de inverno onde as instâncias de nebulosidade são menores quando comparado com o período de verão da região onde ocorre muita variação nas condições nebulosidade. Por isso, que o valor do desvio padrão foi menor (Tabela 1).

A partir dos valores de fe obtidos nesse estudo foi possível realizar a comparação com os resultados de outros estudos citados na literatura. UDO & ARO (1999) para o período chuvoso, na região central da Nigéria, obtiveram um valor médio de fe igual a 0,46 ($2,12 \text{ E/MJ}$), enquanto que, para o período seco foram constatados valores de 0,44 ($2,02 \text{ E/MJ}$). Para as condições climáticas da Zâmbia, FINCH et al. (2004), durante o período chuvoso e quente, observaram um valor médio de fe igual a 0,4589, enquanto para o período seco e quente, um valor igual a 0,4256 ($1,945 \text{ E/MJ}$).

Com os valores de RFA e Rg observadas foram obtidas duas equações de regressão, uma referente ao mês chuvoso do ano (janeiro) e a outra para o mês seco (agosto) a fim de se permitir a utilização dessas equações para a estimativa dos valores de RFA a partir dos dados de Rg , naquelas áreas do vale do Submédio São Francisco, que não se dispõem dessa informação.

Como podem ser observadas na Figura 06(A-B), essas variáveis apresentaram um ótimo ajuste, tanto para o mês de janeiro quanto para o mês de agosto. A equação de regressão obtida para o mês de janeiro foi: $RFA = 0,4621Rg$, com um R^2 igual 0,9974, sendo tanto a RFA quanto a Rg , expressos em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Já para o mês de agosto a equação de regressão obtida foi: $RFA = 0,4389.Rg$, com um R^2 igual a 0,9962, sendo a PAR e Rg expressas em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. Na Tabela 2 são demonstrados os resultados dos índices estatísticos utilizados para a avaliação da performance dessas equações. Com esses resultados foi possível constatar uma ótima performance das equações obtidas, favorecendo com isso, a obtenção e aplicação dos valores estimados de RFA para as várias áreas situadas no Vale do Submédio São Francisco.

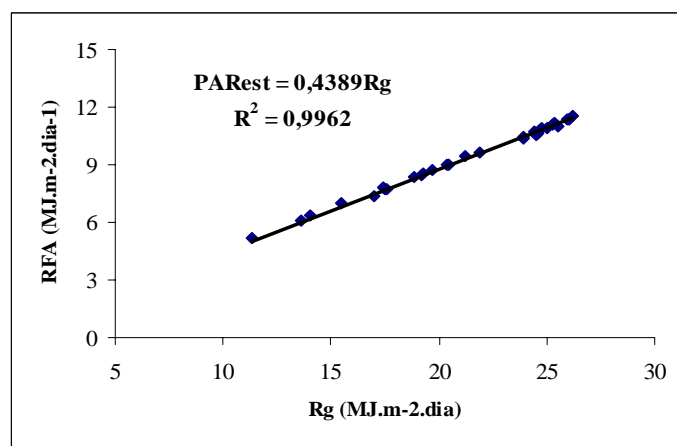
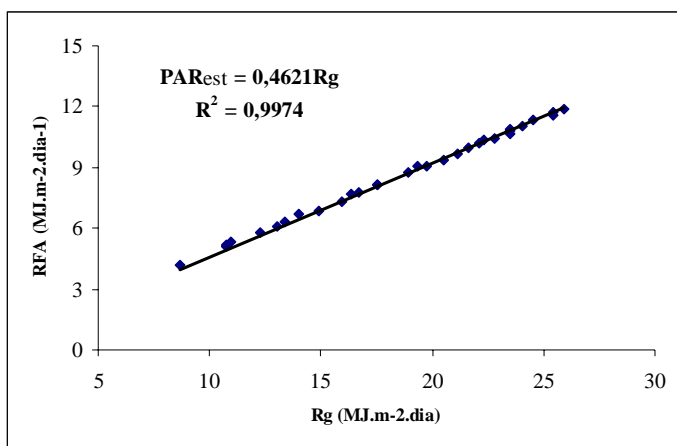


Figura 3 – Obtenção da relação entre a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e a radiação solar global (Rg) para os meses de janeiro/2004 (A) e agosto/2004 (B) no Vale do Submédio São Francisco.

Tabela 2 – Resultados dos índices estatísticos utilizados para avaliar a performance das equações de estimativa da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) a partir dos dados de radiação solar global (Rg) para os meses de janeiro (chuvoso) e agosto (seco), no Vale do Submédio São Francisco.

Mês	N	EMA	RSME	EM	d
Janeiro	31	0,22	0,25	0,46	0,9964
Agosto	31	0,27	0,65	0,33	0,9997

CONCLUSÃO

Com esse estudo foi possível constatar que os valores de f_e , em média, foram 5,38% maiores para o mês de janeiro (mês chuvoso) quando comparado com o mês de agosto (mês seco), estando isso associado à seletividade do vapor d'água, principalmente, na faixa infravermelho do espectro eletromagnético. As equações obtidas para a estimativa da RFA a partir da Rg apresentaram uma ótima performance, permitindo com isso a sua utilização nas diversas áreas do Vale do Submédio São Francisco que não se dispõe dessa informação, visando à realização de estudos que necessitem dos valores da RFA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALADOS I., FOYO-MORENO, L., ALADOS-ARBOLEDAS, L. Photosynthetically active radiation: measurements and modelling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 78, p. 121-131, 1996.

ALADOS I., ALADOS-ARBOLEDAS, L. Direct and diffuse photosynthetically active radiation: measurements and modelling. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 93, p. 27-38, 1999.

FINCH, D.A.; BAILEY, W.G. McARTHUR, L.J.B; NASITWITWI, M. Photosynthetically active radiation regimes in a southern African savanna environment. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 122, p. 229-238, 2004.

S.O. UDO, T.O. ARO. Global PAR related to global solar radiation for central Nigeria. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 97, p. 21-31, 1999.