

# PARÂMETROS DERIVADOS DO BALANÇO DE RADIAÇÃO NUMA CULTURA DE FEIJÃO

Anice GARCIA<sup>1</sup>, Romisio Geraldo Bouhid ANDRÉ<sup>2</sup>

**RESUMO:** O ensaio foi instalado na Área Experimental do Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, onde foram coletados dados de radiação solar global, saldo de radiação e radiação refletida pela superfície, os quais foram utilizados para a obtenção de alguns parâmetros derivados, tais como albedo, coeficiente de troca de ondas longas e coeficiente térmico, nos diversos estádios de uma cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). A relação entre o saldo de radiação e o saldo de ondas curtas (solar), bem como a relação entre o saldo de radiação e a radiação solar global foram conhecidas entre os estádios.

**PALAVRAS-CHAVES:** Radiação solar global, albedo, coeficiente térmico.

## INTRODUÇÃO

Para a elaboração de estudos de perda d'água atmosfera (evapotranspiração) em solos vegetados e estudos sobre o comportamento de vários elementos meteorológicos, torna-se indispensável o conhecimento da radiação solar incidente, a absorção dessa radiação de ondas curtas, a emissão da superfície e da atmosfera para se entender o balanço de radiação e suas variações, bem como o balanço de energia na superfície do solo. Esses estudos são complementados com determinações de coeficientes derivados do balanço de radiação que traduzem condições térmicas e hídricas da superfície e atmosfera vizinha (ANDRÉ & VISWANADHAM, 1982).

O saldo de radiação à superfície, o qual consiste no balanço entre as entradas e saídas de radiação da interface superfície-atmosfera, pode ser medido ou estimado com base nos componentes da radiação solar de ondas curtas (incidente e refletida) e da radiação solar de ondas longas emitida pela superfície e pela atmosfera (MIRANDA et al. (1990), FONTANA et al.(1991)).

Devido a importância do conhecimento do balanço de radiação, este tem sido objeto de vários trabalhos de pesquisa, dentre os quais podem-se citar: ANDRÉ & VISWANADHAM (1982) – trabalhando com sol nú e vegetado; CUNHA et al. (1989) e ANDRÉ (1996) - com milho; FONTANA et al. (1989) – com girassol; ANDRÉ & VISWANADHAM (1983) e FONTANA et al. (1991) – com soja; ANDRÉ et al. (1988) – com Floresta; ALVES & AZEVEDO (1997) – com melão.

---

<sup>1</sup> MSc., doutoranda do curso de Pós-graduação em Agronomia, FCAV/UNESP. anicegar@fcav.unesp.br

<sup>2</sup> Prof. Adj., Departamento de Ciências Exatas, FCAVJ/UNESP, 14870-000, Jaboticabal. randre@fcav.unesp.br

O objetivo do presente trabalho foi determinar os parâmetros derivados do balanço de radiação ao longo do ciclo de desenvolvimento do feijoeiro cultivado nas estações outono-inverno, no município de Jaboticabal, SP.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o ano de 1998, na Área Experimental do Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, cujas coordenadas geográficas são 21°15'22"S, 48°18'58"W e altitude de 595 metros. O solo do local é caracterizado como Latossolo Roxo eutrófico, A moderado, textura muito argilosa, relevo suave ondulado a ondulado. O clima caracteriza-se, segundo a classificação de Köppen, como sub-tropical com inverno seco (Cwa), com precipitação média anual de 1400 mm, temperatura média anual de 21°C e umidade relativa média do ar de 70%.

O plantio foi realizado no dia 8/05/98, utilizando-se a cultura de feijão cultivar IAC-carioca, no espaçamento de 0,60m entre linhas mantendo-se 10 plantas/m. A irrigação foi realizada por aspersão e os tratamentos culturais foram os recomendados para a cultura.

A radiação solar global foi medida através de um Piranômetro da KIPP ZONEN modelo CM6B, o saldo de radiação, com um Saldo Radiômetro modelo Q-7 da REBS, a radiação refletida, com um Piranômetro modelo DCE, construído no Departamento de Ciências Exatas da UNESP-Jaboticabal, a temperatura do dossel vegetativo, com o auxílio de um sensor de Infravermelho Everest Interscience 4000-2H. Foi utilizado um Datalogger, marca Campbell, modelo 21X, para a aquisição dos dados.

Foram analisados os seguintes parâmetros derivados do balanço de radiação, os quais são detalhadamente descritos em ANDRÉ & VISWANADHAM (1983) e ANDRÉ et al. (1988):

- $\alpha$  - albedo ou poder refletor da superfície, razão entre radiação refletida ( $K\uparrow$ ) e radiação solar global ( $K\downarrow$ ), ou seja ( $K\uparrow / K\downarrow$ );
- $a$  e  $b$ , respectivamente, coeficientes linear e angular de regressão linear entre o saldo de radiação ( $Q^*$ ) e a diferença ( $K\downarrow - K\uparrow$ ) ou  $[(1 - \alpha) K\downarrow]$ ;
- $\beta$  - coeficiente térmico, relacionado com as propriedades térmicas da superfície considerada e definida por  $\beta = (1-a)/a$ ;
- $\lambda$  - coeficiente de troca de onda longa, relacionado com as propriedades térmicas do ar e

definido por  $\lambda = a-1$ .

Para se poder analisar os resultados escolheram-se dias típicos a partir dos seguintes critérios: dias representativos de cada estágio de desenvolvimento da cultura com valores de insolação maior de 8 horas. São eles: 15/06 (período vegetativo), 18/07 (período florescimento), 28/07 (período enchimento de grãos).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é mostrada a variação diurna do albedo para o feijoeiro nos estádios considerados.

O dia 15/06/98 (Fig. 1a) foi caracterizado por uma temperatura máxima de 29,6 °C e uma temperatura mínima de 12,5°C, a radiação solar global foi de 14,98 MJ/m<sup>2</sup> e o saldo de radiação de 8,80 MJ/m<sup>2</sup>, com razão de insolação de 0,77. A cultura se encontrava no estágio de desenvolvimento vegetativo, apresentando um índice de área foliar (IAF) de 1,0, as plantas apresentavam altura média de 18 cm e com matéria seca total das plantas de 560,73 kg/ha.

O dia 18/07/98 (Fig. 1b) foi caracterizado por uma temperatura máxima de 35,8°C e uma temperatura mínima de 8,5°C, a radiação solar global foi de 16,84 MJ/m<sup>2</sup> e o saldo de radiação de 9,59 MJ/m<sup>2</sup>, com razão de insolação de 0,89. A cultura se encontrava no estágio de florescimento, apresentando um índice de área foliar (IAF) de 4,2, as plantas apresentavam altura média de 79,9 cm e com matéria seca total das plantas de 2075,80 kg/ha.

O dia 28/07/98 (Fig. 1c) foi caracterizado por uma temperatura máxima de 30,3°C e uma temperatura mínima de 11,0°C, a radiação solar global foi de 17,00 MJ/m<sup>2</sup> e o saldo de radiação de 9,81 MJ/m<sup>2</sup>, com razão de insolação de 0,88. A cultura se encontrava no estágio de enchimento de grãos, apresentando um índice de área foliar (IAF) de 4,0, as plantas apresentavam altura média de 84,1 cm e com matéria seca total das plantas de 2669,97 kg/ha.

A Figura 1 mostra que os valores do albedo são elevados nas primeiras horas da manhã, em todos os estádios considerados, atingindo menores valores no decorrer do dia, o que demonstra que este parâmetro é função do ângulo de elevação solar.

Os valores relativamente maiores de albedo no início da manhã em relação ao final da tarde, segundo FONTANA et al. (1991), deve-se a presença de orvalho sobre as superfícies foliares, causando um efeito de espelho, e o valor mínimo por volta do meio-dia, é atribuído ao menor ângulo de incidência dos raios solares, causando maior penetração e retenção da radiação no interior da comunidade vegetal.

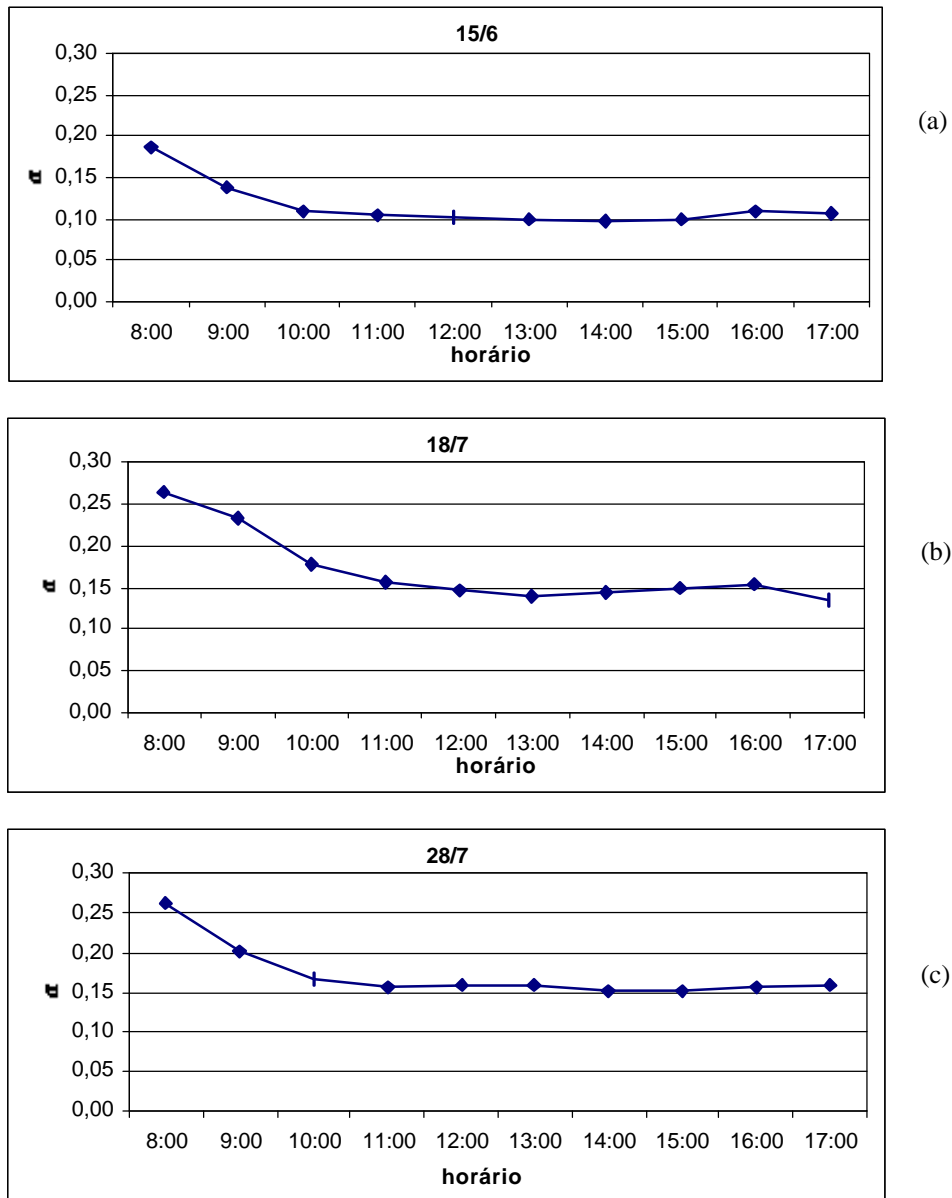
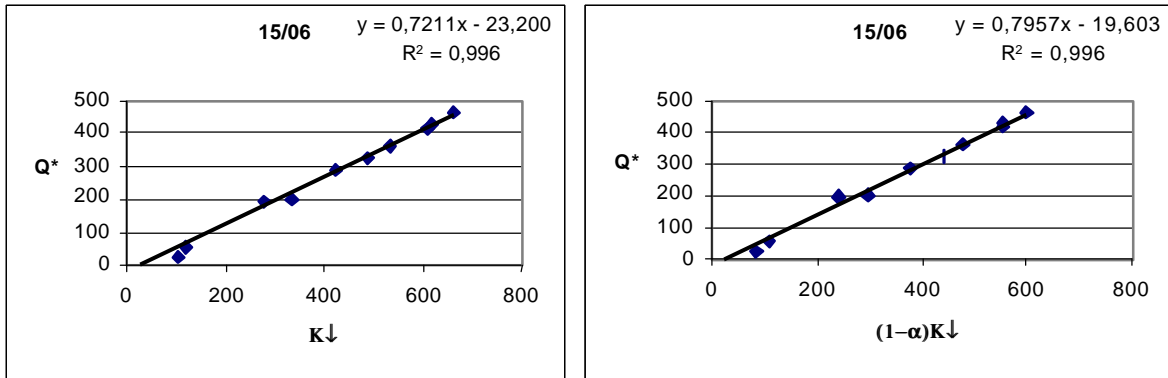
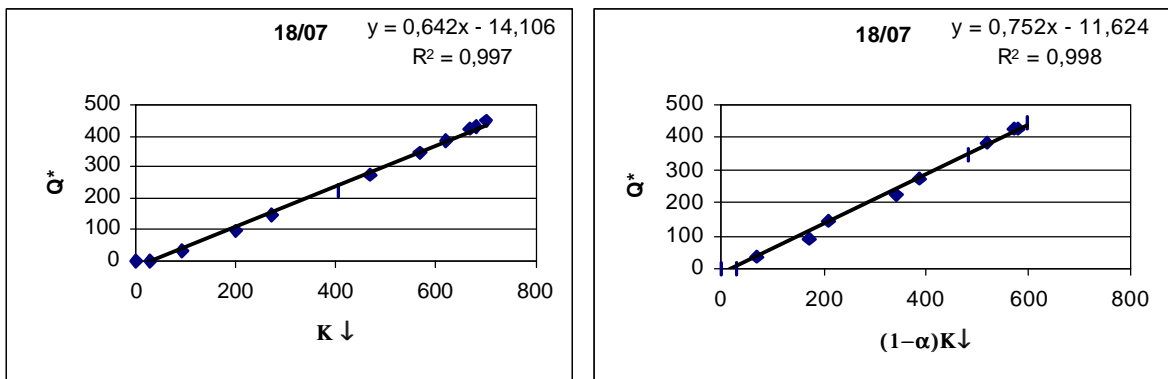


Figura 1. Valores de albedo para os diferentes estádios vegetativos da cultura do feijão: (a) desenvolvimento vegetativo; (b) florescimento e (c) enchimento de grãos.

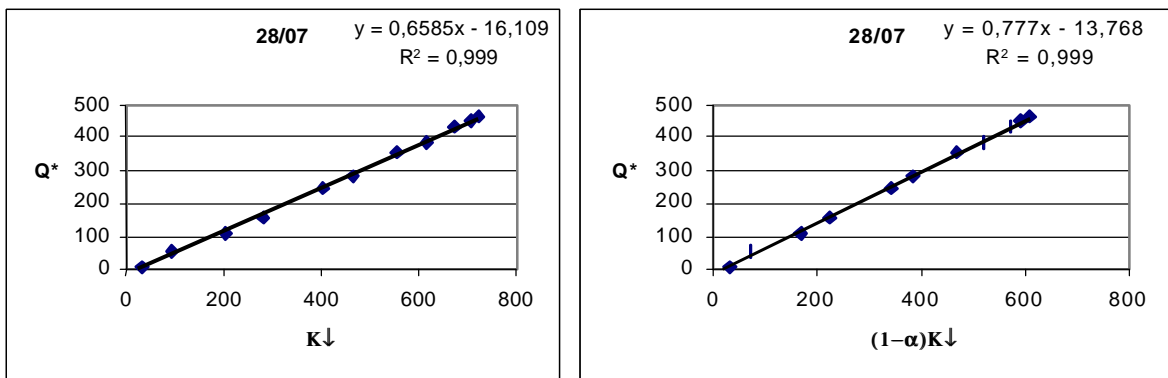
Os resultados das regressões realizadas entre  $Q^*$  e  $K \downarrow$  e entre  $Q^*$  e  $(1 - \alpha) K \downarrow$ , estão apresentados na Figura 2. Pode-se notar que os coeficientes de correlações das regressões, para um mesmo dia, são elevados e não diferem entre si. Isto nos permite considerar como bastante satisfatório, quando na impossibilidade da estimativa de valores de albedo, utilizar uma regressão entre  $Q^*$  e  $K \downarrow$  para determinar um destes dois parâmetros na ausência do outro.



(a)



(b)



(c)

Figura 2. Regressão entre  $Q^*$  e  $K\downarrow$  e entre  $Q^*$  e  $(1-\alpha)K\downarrow$ , para diferentes estádios vegetativos da cultura do feijão. (a) desenvolvimento vegetativo; (b) florescimento; (c) enchimento de grãos.

A tabela 1 apresenta os parâmetros derivados do balanço de radiação, nos estádios considerados, utilizando-se a equação de regressão entre  $Q^*$  e  $(1-\alpha)K\downarrow$ .

A tendência dos valores de albedo é de aumentar, com o desenvolvimento da cultura, devido ao aumento da cobertura do solo. Os valores iguais de albedo para o dia 18/07 e 28/07 devem

ser resultado da porcentagem de cobertura de solo para esses dias terem sido bastante próxima, haja vista os valores de IAF (4,2 e 4,0 ) para esses dois dias, respectivamente serem também próximos. CUNHA et al. (1989) observaram que o albedo médio diário para a cultura do milho esteve diretamente relacionado com o IAF, variando de 0,19 a 0,24. ANDRÉ (1996), trabalhando também com a cultura do milho, encontrou valores médios de 0,15 no estágio de desenvolvimento vegetativo, 0,17 no estágio de florescimento e, 0,23 na maturação fisiológica, com valor médio para o ciclo da cultura de  $0,16 \pm 0,045$ .

Tabela 1. Parâmetros relativos ao balanço de radiação para diferentes estádios vegetativos da cultura do feijão.

Data	n/N	$\alpha$	a	b	$r^2$	$\beta$	$\lambda$
15/Jun	0,77	0,11	0,796	-19,603	0,996	0,257	-0,204
18/Jul	0,89	0,17	0,752	-11,624	0,998	0,330	-0,248
28/Jul	0,88	0,17	0,777	-13,768	0,999	0,287	-0,223

Para a cultura de soja, já foram observados valores de albedo médio diário de 0,26 (FONTANA et al. 1989); 0,24 (ANDRÉ & VISWANADHAM, 1983), para cobertura completa do solo.

Com relação dos coeficientes  $\beta$  e  $\lambda$  vê-se que  $\beta$  aumenta com o aumento da cobertura vegetal, sofrendo um ligeiro decréscimo no estágio de enchimento de grãos, ocorrendo o contrário com  $\lambda$ . Fisicamente  $\beta$  representa a parcela do saldo de radiação convertido em ondas longas. Assim, um aumento na radiação solar global, implica um aumento na emissão efetiva da superfície, o que provoca aumento em  $\beta$ . Os menores valores de  $\beta$  (maiores valores de  $\lambda$ ), no estágio de desenvolvimento vegetativo, mostraram que a maior parcela do saldo de radiação está sendo convertida em calor latente, diminuindo no estágio de florescimento, para voltar a crescer no estágio de enchimento de grãos.

## CONCLUSÕES

O albedo mostrou valores crescentes com o aumento do IAF da cultura. Seu valor médio foi de 0,11 para o estágio de desenvolvimento vegetativo, 0,17 para o florescimento e para o enchimento de grãos.

As regressões lineares entre  $Q^*$  e  $K\downarrow$  e  $Q^*$  e  $(1 - \alpha)K\downarrow$ , mostraram alta correlação, não apresentando diferenças significativas, para um mesmo dia considerado (representativo de um estádio).

Os coeficientes  $\beta$  e  $\lambda$  apresentaram diferenças sensíveis, nos diversos estádios fenológicos, mostrando serem boas ferramentas para caracterizar as transformações de energia, na superfície e na atmosfera.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A.V., AZEVEDO, P.V. Balanço de radiação num cultivo de melão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba, **Anais...**, Piracicaba: SBA, 1997. p.520-522.
- ANDRÉ, R.G.B., VISWANADHAM, Y. Balanço de radiação em condições de solo nú e vegetado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2, 1982, Pelotas. **Anais...**, SBMET, 1982, v. 3, p.355-367.
- ANDRÉ, R.G.B. et al. Balanço de radiação sobre a floresta amazônica (estações seca e úmida). Rev. Bras. Meteorol., v.3, p.269-274, 1988.
- ANDRÉ, R.G.B., VISWANADHAM, Y. Radiation Balance of soybeans grown in Brazil. **Agric. and Forest Meteorol.**, Amsterdam, v.30, n.3, p.157-173, 1983.
- ANDRÉ, R.G.B. **Aspectos energéticos e hídricos da cultura do milho (*Zea mays*) na região de Jaboticabal, SP.** Jaboticabal, 1996. 96p. Tese (Livre-docência) – FCAV/UNESP.
- CUNHA, G.R., et al. Balanço de radiação em cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, 1989, Maceió, **Anais...**, Maceió: SBA, 1989. p.322-329.
- FONTANA, D.C., BERLATO, M.A. BERGAMASCHI, H. Balanço de radiação Balanço de radiação da soja em região subtropical do Brasil. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.26, n.3, p.411-8, 1991.
- FONTANA, D.C., et al. Balanço de radiação e balanço de energia em cultura de girassol. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, 1989, Maceió, **Anais...**, Maceió: SBA, 1989. p. 313-317.
- MIRANDA, M., LEITÃO, V.B.R., AZEVEDO, P.V. Balanço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada nas condições semi-áridas do nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 6, 1990, Salvador, **Anais...**, Salvador: SBMET, 1990. v.1, p.27-32.