

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 137-141, 1997.

Recebido para publicação em 21/02/97. Aprovado em 09/07/97.

BALANÇO DE ENERGIA NA CULTURA DA VIDEIRA, CV. "ITÁLIA"

ENERGY BALANCE IN VINE CROP, VARIETY "ITÁLIA"

Antônio Heriberto de Castro Teixeira¹, Pedro Vieira de Azevedo², Bernardo Barbosa da Silva² e José Monteiro Soares¹.

RESUMO

Dados de radiação solar global (RG), saldo de radiação (SR), fluxo de calor no solo (FS), gradientes de temperatura (ΔT) e de pressão do vapor (Δe), coletados em experimento agrometeorológico, conduzido no campo experimental da Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Petrolina-PE, foram utilizados na avaliação dos componentes diurnos e estacionais do balanço de energia ao longo dos estádios de desenvolvimento de um cultivo de videira (*Vitis vinifera L.*), cv. "Itália", com dois anos e nove meses de idade, cultivada em um sistema de latada, num espaçamento de 4 m x 2 m e irrigada por microaspersão. O método da razão de Bowen foi usado no cálculo dos fluxos de calor latente (LE) e de calor sensível (H). Os resultados obtidos permitiram verificar que, em média, a maior porção do SR foi utilizada como LE (82%), seguido do H (13%) e do FS (5%). A irrigação interferiu nas trocas radiativas aumentando a relação LE/SR e diminuindo H/SR. Observou-se um aumento da relação LE/SR, principalmente no início e no final das medições, o que pode estar relacionado a uma maior contribuição da evaporação direta do solo no processo de evapotranspiração.

Palavras-chave: Fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível, fluxo de calor no solo, saldo de radiação, videira, cv. "Itália"

SUMMARY

Data of incident solar radiation, net radiation, soil heat flux, temperature and vapor pressure gradients, collected at agrometeorology experiment in the experimental field of EMBRAPA-CPATSA, at

¹ M.Sc. em Meteorologia e Engenharia de Irrigação, respectivamente, Pesquisadores da EMBRAPA-CPATSA, Caixa Postal 23, CEP 56300-000, Petrolina, PE.

Petrolina-PE, were used to evaluate the diurnal and seasonal behavior of energy balance throughout the phenological phases of a two-year and nine -month old vine crop (*Vitis vinifera L*), variety “Itália”, grown in a trellis system, in spacement of 4m x 2m, irrigated by microaspersion. The Bowen ratio was used to measure the latent heat and sensible fluxes . The results allowed to verify that, in average, the higher portion of SR, were utilized how LE (82%), followed by H (13%) and by FS (5%). The irrigation increased LE/SR and reduced H/SR. Were observed one increase of LE/SR in the beginning and in the end of measurements, that might be related with one larger contribution of direct soil evaporation in evapotranspiration process.

Key words: latent heat flux, sensible heat flux, soil heat flux, net radiation, vine crop, variety “Itália”

INTRODUÇÃO

A área cultivada com videira vem se expandindo na região do Submédio São Francisco, onde se obtém mais de uma colheita por ano com o uso da irrigação, geralmente localizada. No Brasil, o Estado de Pernambuco vem se destacando nas estatísticas oficiais como um dos maiores produtores de uva do país. O grande sucesso dessa atividade na área irrigada, correspondente à bacia hidrográfica do Submédio São Francisco, se deve às suas condições climáticas. A irrigação compensa a grande heterogeneidade temporal do regime pluviométrico. Sendo o consumo hídrico de um parreiral função da disponibilidade hídrica e de energia na superfície cultivada, é de fundamental importância o estudo dos elementos meteorológicos que afetam o suprimento de água para os processos metabólicos da cultura. Dentre os métodos de determinação do consumo hídrico, destaca-se o do balanço de energia, que se baseia no princípio de conservação de energia, onde o ganho é igual à perda. Baseado nesse princípio, e na razão de Bowen (β), TANNER (1960) apresentou um modelo objetivando a estimativa da evapotranspiração de culturas, utilizando a forma simplificada da equação do balanço de energia, composta pelo saldo de radiação (SR), pelos fluxos de calor latente (LE) e sensível (H) na atmosfera e pelo fluxo de calor no solo (FS). A solução dessa equação é obtida através de medições de SR e de FS e de estimativas de LE e H a partir de β . Apesar das limitações no emprego do método da razão de Bowen para estimativa da evapotranspiração de culturas, muitos autores o têm utilizado (DENMEAD & McLLROY , 1970; BLAD & ROSEMBERG, 1974; VERMA et al., 1978; NISIMURA et al., 1986; BERGAMASCHI et al., 1988; CUNHA & BERGAMASCHI, 1994; CUNHA et al., 1996). Na cultura da videira esta metodologia foi utilizada por OLIVER & SENE (1992) e por HEILMAN et al. (1994).

² Ph.D. em Agrometeorologia, Professor Adjunto do DCA/CCT/UFPB, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58109-970, Campina Grande, PB.

O Presente trabalho teve por objetivo quantificar a partição da energia solar disponível ao cultivo de videira em diferentes estádios de desenvolvimento, sob distintas condições de umidade do solo e de demanda evaporativa da atmosfera, cujos resultados sirvam para subsidiar o manejo de água na cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados no campo experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no perímetro irrigado de Bebedouro, município de Petrolina, Estado de Pernambuco.

A cultura estudada foi a videira (*Vitis vinifera L.*), variedade Itália, com dois anos e nove meses de idade, cultivada em solo do tipo latossolo, conduzida em um sistema de latada, num espaçamento de 4 m x 2 m, irrigada por microaspersão, ficando a umidade do solo (% umidade em volume, pelo método gravimétrico) em 30 cm de profundidade em torno de 8% a 10%, em 60 cm de 10% a 11% e em 90 cm entre 12,5% a 14%. O estudo envolveu um período entre a brotação das gemas e a colheita dos frutos.

Durante o transcorrer do experimento foram efetuadas medições diurnas da radiação solar global (RG), com piranômetro de marca Eltec; saldo de radiação (SR), com dois saldo-radiômetros da Micromet instruments; fluxo de calor no solo (FS), com dois fluxímetros de solo da Micromet instruments; e gradientes de pressão do vapor e de temperatura, com dois pares de termistores da Licor, constituindo dois psicrômetros. O piranômetro e os saldo-radiômetros foram instalados numa torre micrometeorológica a 1m acima da latada, sendo o saldo de radiação medido sob a fileira e entre as fileiras de plantas. Os fluxímetros de solo foram posicionados a 2 cm de profundidade, sendo um enterrado na fileira e o outro entre as fileiras de plantas. Os psicrômetros foram instalados um a 50 cm e o outro a 150 cm acima da latada. Os dados obtidos de cada sensor foram armazenados num sistema de aquisição de dados programado para fazer leituras a cada cinco segundos sendo utilizadas médias de trinta minutos.

A partir das medições do saldo de radiação, do fluxo de calor no solo, dos gradientes de temperatura dos termômetros de bulbo seco (ΔT) e úmido (ΔT_U) entre os dois níveis onde foram instalados os psicrômetros e da equação simplificada do balanço de energia (equação 1), foram calculados os fluxos de calor latente de evaporação (LE) (equação 2) e o fluxo de calor sensível (H) (equação 3), empregando-se a razão de Bowen (β) segundo WEBB (1965) (equação 4):

$$SR + LE + FS = 0 \quad (1)$$

$$LE = - \frac{SR + FS}{1 + b} \quad (2)$$

$$H = - (SR + LE + FS) \quad (3)$$

$$b = \left(\frac{S + g}{g} \cdot \frac{\Delta TU}{\Delta T} - 1 \right) \quad (4)$$

onde S é a tangente à curva de saturação de vapor d'água no ar ($\text{mb } ^\circ\text{C}^{-1}$) em função da temperatura média do termômetro de bulbo úmido, entre os dois níveis onde os termistores foram instalados e g a constante psicrométrica ($0,66\text{mb } ^\circ\text{C}$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da variação diurna dos componentes do balanço de energia sobre a cultura da videira estão representados nas Figuras 1 e 2, enquanto que na Tabela 1 são apresentados os valores estacionais. Pela Tabela 1 observa-se que houve variação no suprimento energético para a cultura, ficando a radiação solar global compreendida entre $9,85 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $19,46 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e o saldo de radiação compreendido entre $6,64 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $12,69 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, constatando-se o efeito das condições atmosféricas sobre o saldo de radiação (SR). As Figura 3 e 4 e a Tabela 1 mostram as frações da radiação solar transformada em energia disponível ao sistema e a partição dessa energia nos fluxos de calor latente, de calor sensível e de calor no solo no decorrer do experimento. Estas variaram com as condições de umidade do solo, atmosféricas e estágio de desenvolvimento da cultura.

Os resultados das Figuras 1 a 2, mostram existir uma forte influência do saldo de radiação sobre o fluxo de calor latente de evaporação, porém aqueles da Tabela 1 mostram uma grande diferença no fracionamento da energia disponível durante o período de medições.

No dia 09/06/94 (Figura 1a), 14 dias após a brotação das gemas, o fluxo de calor sensível foi baixo durante todo o dia, apresentando-se positivo na maior parte do dia e com uma elevação entre 14 e 15 horas, evidenciando advecção. Esse fluxo representou cerca de 2% do saldo de radiação. Desse saldo 93% foi utilizado como fluxo de calor latente e 9% como fluxo de calor no solo. A razão SR/RG foi de 0,57, sendo o menor valor para todo o período de medições (Tabela 1). Devido a pouca cobertura do solo pela vegetação e a atividade transpiratória reduzida nessa época, percebe-se que a energia disponível foi utilizada essencialmente no processo de evaporação direta do solo.

No início do florescimento, cerca de 21 dias após a brotação das gemas (Figura 1b), ocorreu uma diminuição da fração do saldo de radiação utilizada no fluxo de calor latente (74%) e um aumento da fração desse saldo transformada em fluxo de calor sensível (17%). O fluxo de calor no solo foi 9% do saldo e SR/RG foi 0,66.

No dia 23/06/96, 28 dias após a brotação das gemas (Figura 2a), ocorreu a menor proporção do saldo utilizada como fluxo de calor latente (55%) e a maior utilizada como fluxo de calor sensível (37%). Desse saldo, 8% foi utilizado como fluxo de calor no solo e SR/RG apresentou um valor de 0,65 (Tabela 1).

No dia 28/06/96 (Figura 2b), 33 dias após a brotação das gemas (início da frutificação), 79% do saldo de radiação foi utilizado no fluxo de calor latente de evaporação, 18% no fluxo de calor sensível e 5% no fluxo de calor no solo.

Nas figuras 1 e 2 são mostrados os fluxos em situações ocorridas um dia após a cultura ser irrigada. Nesses dias, a umidade do solo se manteve praticamente constante, o que foi verificado através de medições gravimétricas. Com o aumento da área foliar, ocorreu uma diminuição da evaporação direta do solo, diminuindo a porção do saldo de radiação utilizada como fluxo de calor latente de evaporação.

As variações abruptas, evidenciadas em curtos períodos de tempo, pelas figuras 3 e 4, durante o período de medições, são devidas as diferenças entre os fluxos relativos aos dias irrigados e não irrigados. A irrigação interferiu nas trocas radiativas, aumentando a porção do saldo de radiação utilizada como fluxo de calor latente de evaporação e diminuindo as porções utilizadas como fluxos de calor sensível e de calor no solo.

Durante o período de medições, a razão entre o saldo de radiação (SR) e a radiação solar global (RG) variou de um mínimo de 57% até um máximo de 71% (Tabela 1), com o máximo valor coincidindo com o início do florescimento.

A partição de SR em fluxo de calor latente de evaporação (LE) variou de uma máximo de 105% até um mínimo de 55% (Tabela 1). Os maiores valores ocorreram no início e no final das observações, quando a cultura estava com atividade transpiratória reduzida (área foliar reduzida ou folhas com menor atividade), sugerindo uma forte contribuição da evaporação direta do solo (Figura 3b). No início e no final das observações H/SR foi positivo, indicando maior presença de advecção (Figura 4a). O percentual máximo de SR para transferência de calor da superfície cultivada para a atmosfera foi de 37% (Tabela 1).

A percentagem do saldo de radiação para aquecimento do solo variou de 12% até um mínimo de 3% (Tabela 1), diminuindo do início ao final das observações (Figura 4b), acompanhando o grau de cobertura do solo, inferido em função do número de dias após a brotação.

Considerando-se os valores médios apenas para os dias em que houve irrigação, SR/RG foi 67%, FS/SR foi 4%, H/SR foi 10% e LE/SR foi 85%. Com relação aos dias não irrigados, obtiveram-se os seguintes valores médios: SR/RG = 64%, FS/SR = 7%, H/SR = 15% e LE/SR = 78%.

Tabela 1. Comportamento estacional de RG, SR, LE, H e FS (MJm^{-2}), juntamente com as relações do SR com a RG e com LE, H e FS.

DAB	RG MJ m^{-2}	SR MJ m^{-2}	LE MJ m^{-2}	H MJ m^{-2}	FS MJ m^{-2}	SR/RG	LE/SR	H/SR	FS/SR
12	16,21	9,99	-8,96	0,15	-1,19	0,62	-0,90	0,02	-0,12
13	15,08	9,54	-8,97	0,23	-0,79	0,63	-0,94	0,02	-0,08
14	15,79	8,94	-8,30	0,19	-0,83	0,57	-0,93	0,02	-0,09
20	16,76	11,07	-8,29	-2,23	-0,56	0,66	-0,75	-0,20	-0,05
21	16,94	11,08	-8,21	-1,89	-0,99	0,65	-0,74	-0,17	-0,09
22	10,57	7,46	-5,49	-1,72	-0,26	0,71	-0,73	-0,23	-0,03
27	16,02	10,52	-7,20	-2,77	-0,55	0,66	-0,68	-0,26	-0,05
28	16,88	10,89	-6,01	-3,98	-0,89	0,65	-0,55	-0,37	-0,08
33	12,21	7,98	-6,26	-1,33	-0,37	0,65	-0,79	-0,18	-0,05
34	15,96	11,23	-9,29	-1,61	-0,32	0,70	-0,83	-0,14	-0,03
35	11,43	7,91	-6,65	-1,03	-0,25	0,69	-0,84	-0,13	-0,03
42	13,83	8,72	-5,18	-2,86	-0,68	0,63	-0,59	-0,33	-0,08
43	9,85	6,64	-6,45	0,08	-0,27	0,67	-0,97	0,01	-0,04
44	19,39	12,19	-9,10	-2,30	-0,79	0,63	-0,74	-0,19	-0,07
48	19,46	12,69	-13,27	0,98	-0,40	0,65	-1,05	0,08	-0,03
49	16,20	10,50	-10,12	0,08	-0,46	0,65	-0,96	0,01	-0,04
56	15,16	9,83	-7,98	-1,25	-0,60	0,65	-0,81	-0,13	-0,06

Os valores negativos indicam fluxos para fora do sistema (Comunidade de plantas)
 DAB - Dias após a brotação das gemas.

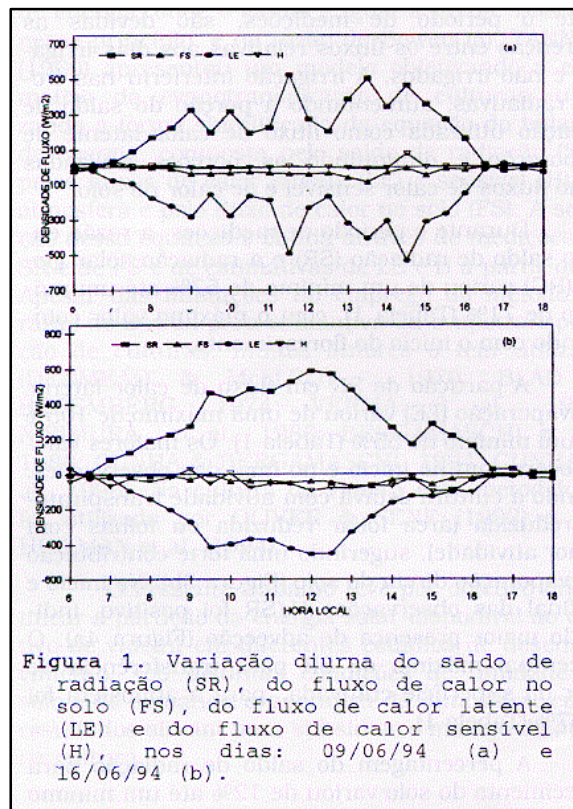


Figura 1. Variação diurna do saldo de radiação (SR), do fluxo de calor no solo (FS), do fluxo de calor latente (LE) e do fluxo de calor sensível (H), nos dias: 09/06/94 (a) e 16/06/94 (b).

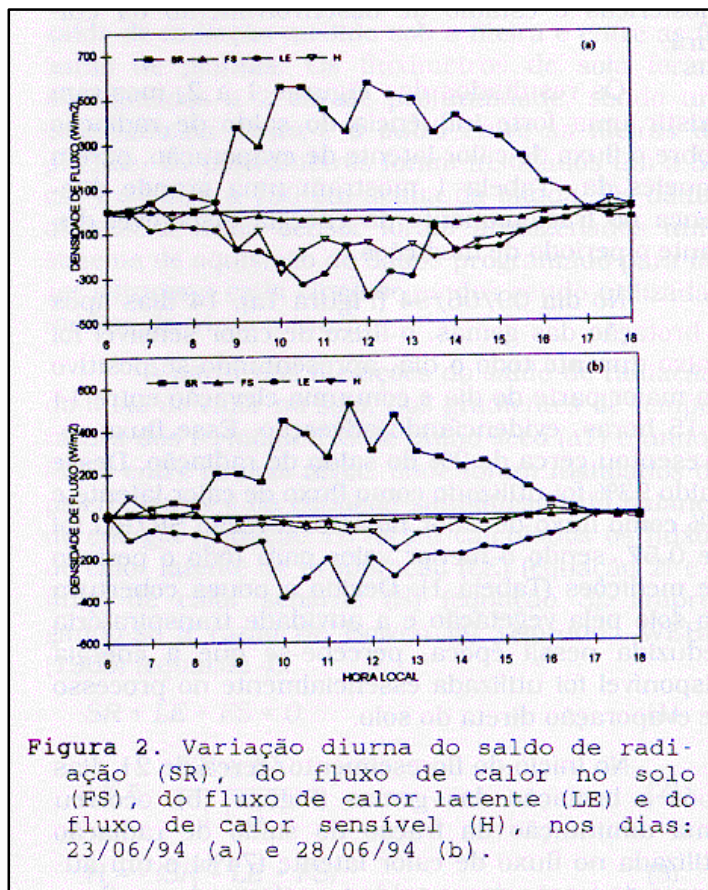


Figura 2. Variação diurna do saldo de radiação (SR), do fluxo de calor no solo (FS), do fluxo de calor latente (LE) e do fluxo de calor sensível (H), nos dias: 23/06/94 (a) e 28/06/94 (b).

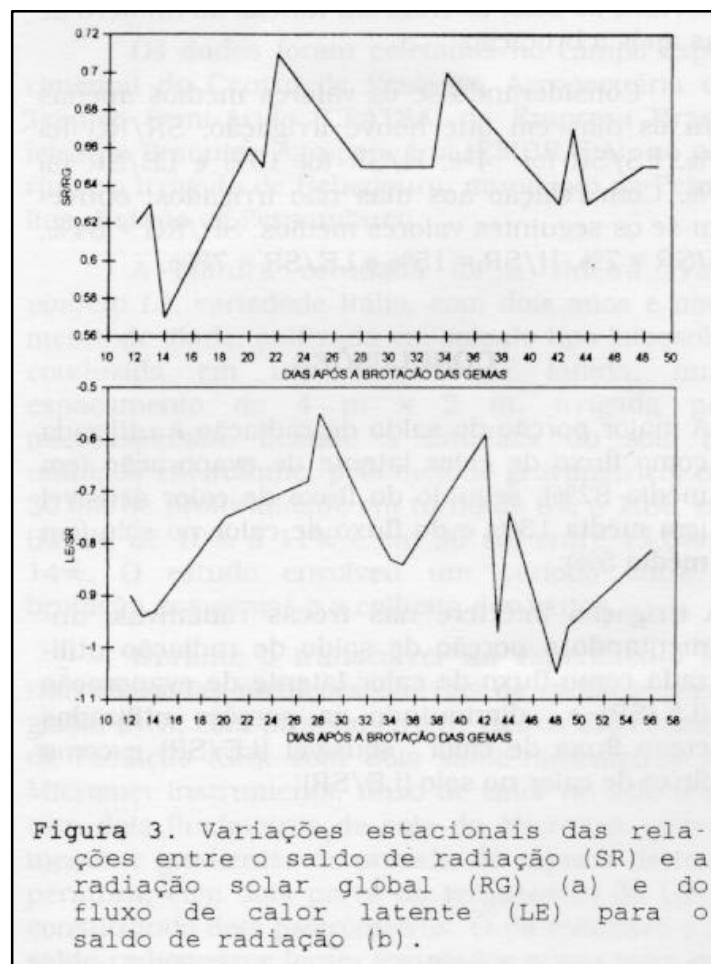


Figura 3. Variações estacionais das relações entre o saldo de radiação (SR) e a radiação solar global (RG) (a) e do fluxo de calor latente (LE) para o saldo de radiação (b).

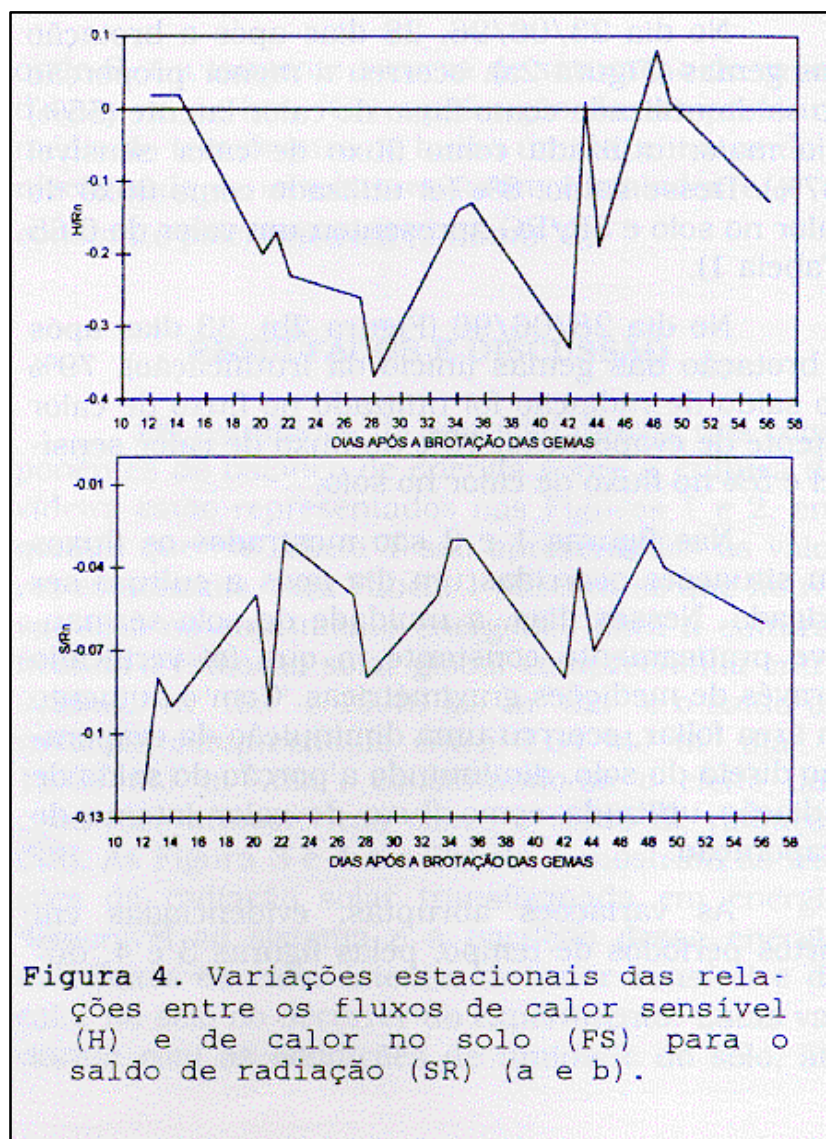


Figura 4. Variações estacionais das relações entre os fluxos de calor sensível (H) e de calor no solo (FS) para o saldo de radiação (SR) (a e b).

CONCLUSÕES

- 1) A maior porção do saldo de radiação é utilizada como fluxo de calor latente de evaporação (em média 82%), seguido do fluxo de calor sensível (em média 13%) e do fluxo de calor no solo (em média 5%);
- 2) A irrigação interfere nas trocas radiativas, aumentando a porção de saldo de radiação utilizada como fluxo de calor latente de evaporação (LE/SR) e diminuindo as porções utilizadas como fluxo de calor sensível (LE/SR) e como fluxo de calor no solo (LE/SR);
- 3) Os maiores valores de LE/SR no início e no final das medições, durante os estádios de desenvolvimento da cultura, são devidos à contribuição maior da evaporação direta do solo no processo de evapotranspiração, no sistema de irrigação por microaspersão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGAMASCHI, H., OMETTO, J. C. VIEIRA, H. J. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro, II. Balanço de energia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 23, n. 7, p. 745-757, 1988.
- BLAD, B. L., ROSEMBERG, N. J. Lysimetric calibration of the Bowen ratio-energy balance method for evapotranspiration in central Great Plains. **Journal of Applied Meteorology**. Boston, v. 13, n. 2, p. 227-236, 1974.
- CUNHA, G. R. da, BERGAMASCHI, H., Balanço de energia em alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 9-16, 1994.
- CUNHA, G. R. da, BERGAMASCHI, H., BERLATO, M. A., MATZENAUER, R. Balanço de energia em cultura de milho, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-14, 1996.
- DENMEAD, O. T., McLLROY, I. C. Measurements of non-potential evaporation from wheat. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 7, n. 4, p. 285-302, 1970.
- HEILMAN, J. L., McINNES, K. J., SAVAGE, M. J. et al. Soil and canopy energy balances in a west Texas vineyard. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 99-114, 1994.
- NISHIMURA, T., ALMEIDA, A, ANDRÉ, R. G. B., et al. Balanço de energia numa cultura de milho (*Zea mays L.*) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, IV, 1985, Londrina, PR. **Anais...**, Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1986. 344 p., p. 83-92
- OLIVER, H. R., SENE, K. J. Energy and water balances of developing vines. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 167-185, 1992.
- TANNER, C. B. Energy approach to evapotranspiration from crops. **Soil Science of America Proceedings**, Madison, v. 24, n. 1, p. 1-9, 1960.
- VERMA, S. B., ROSEMBERG, N. J., BLAD, B. L. Turbulent exchange coefficients for sensible heat and water vapor under advective conditions. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 17, n. 3, p. 330-338, 1978.
- WEBB, E. K. Aerial microclimate. **Meteorological Monographs**, Boston, v. 6, n. 28, p. 27-58, 1965.