

## BALANÇO DE ENERGIA SOBRE UM CULTIVO DE VIDEIRA

Jaqueline Ávila NETTO<sup>1</sup>, Pedro Vieira de AZEVEDO, Bernardo Barbosa da SILVA<sup>2</sup>, José Monteiro SOARES, Antônio Heriberto de CASTRO TEIXEIRA<sup>3</sup>.

### RESUMO

A parte experimental desta pesquisa foi conduzida no Campo Experimental de Bebedouro (Embrapa Semi-Árido), no município de Petrolina-PE (Lat. :09°0'S, Long.:40°22'W e Alt.: 365,5m), durante o período de maio a agosto de 1996. O presente trabalho objetivou a avaliação do comportamento das componentes do balanço de energia ao longo do ciclo vegetativo da videira (*Vitis Vinifera* L.), variedade Itália. A videira com 5 anos de idade, foi conduzida num sistema de latada, a dois metros acima da superfície do solo, num espaçamento de 4m X 2m, numa área experimental de 2.688m<sup>2</sup>, localizada numa área total de 13.000 m<sup>2</sup>. O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento em linha, com emissores espaçados de 1m, vazão de 4 l/h e uma linha lateral pôr fileira de plantas. Os parâmetros micrometeorológicos foram monitorados diariamente sobre a vegetação e registrados em sistema de aquisição de dados, com leituras a cada 5 segundos e armazenamento da média de cada 10 minutos. A proporção do saldo de radiação usada como fluxo de calor latente de evaporação, atingiu valores superiores a 80% no período de maior área foliar e ausência de advecção. Evidenciou-se uma fonte adicional de energia para o sistema através de advecção de calor sensível em algumas ocasiões dos sub-períodos de desenvolvimento da caultura. Pôr exemplo, no dia 10/06/96 (47 dias após à poda) observou-se que o fluxo de calor latente de evaporação foi 14,5% superior ao saldo de radiação e 5,4% maior do que (Sn + G).

**Palavras chave:** Fluxos de calor sensível e latente, Saldo de radiação, Fluxo de calor no solo.

### INTRODUÇÃO

O cultivo da videira teve início na Ásia Menor, considerada como região de origem da espécie, sendo posteriormente difundida na Europa e nas Américas (Weaver, 1976). Da produção total, 10% são consumidos como fruta fresca, outros 10% são utilizados para a produção de passas ( produção anual em torno de 1,1 milhão de toneladas ) e os 80% restantes para a produção de vinho (produção anual de quase 31 milhões de toneladas). Na Europa, os países que apresentam maiores

---

<sup>1</sup> CPTEC/INPE, Rodovia Presidente Dutra, Km 40, 12630-000, Cachoeira Paulista-SP, E-mail: jaque@cptec.inpe.br.

<sup>2</sup> DCA/CCT/UFPB, Av. Aprígio Veloso, 882, 58109-970, Campina Grande-PB, E-mail: pvieira@dca.ufpb.br.

<sup>3</sup> Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, 56300-000, Petrolina-PE.

produções com o cultivo da videira são: França, Itália, Portugal e Espanha (Winkler et al., 1974). Segundo Liuni (1994), dentre os países europeus, a maior área cultivada com uva de mesa localiza-se na Itália, com uma área de aproximadamente 80.000 ha, em sua maioria irrigada por gotejamento. Na região do submédio São Francisco, a área explorada pela cultura da videira evoluiu de 2.902ha em 1992 para 4.847ha em 1996, apresentando uma taxa média anual de crescimento de 16,76% (Cerdan et al. 1997). Em 1992 foram produzidos 64 mil toneladas, passando para 113 mil toneladas em 1996, cujo preço médio no período 1980-1993 oscilou em torno de US\$ 1,227 por tonelada (Gonçalves et al., 1996), o que corresponde a um volume de recursos gerados de aproximadamente 138 milhões de dólares. No estado de Pernambuco, as microregiões de Petrolina, Itaparica, Sertão do Moxotó, Salgueiro e Araripina, em função das disponibilidades térmica e hídrica, apresentam as melhores condições de cultivo para a videira irrigada (Castro Teixeira e Azevedo, 1996).

A energia usada nos processos físico químicos que ocorrem no sistema solo-planta-atmosfera é proveniente da radiação solar. Portanto, é importante o conhecimento da partição das componentes do balanço de energia à superfície, principalmente o saldo de radiação e os fluxos de calor sensível e latente, para estudos, por exemplo, das perdas d'água da superfície para a atmosfera.

O presente trabalho objetivou a estimativa do coeficiente de cultura ao longo do ciclo vegetativo da videira variedade Itália, visando determinar as necessidades hídricas da cultura.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente a Embrapa Semi-Árido, no município de Petrolina-PE, latitude: 09° 0'S, longitude: 40°22'W e altitude: 365,5m, na região semi-árida da Bacia do sub-médio São Francisco, numa área de 2.668m<sup>2</sup>. O clima, segundo Hargreaves (1974) e Reddy e Amorim Neto (1993) classifica-se como muito árido, com estação chuvosa limitada aos meses de janeiro a abril, com chuvas escassas distribuídas irregularmente e uma média anual de pluviometria em torno de 400mm.

A cultura em estudo foi a videira (*Vitis Vinifera* L.), variedade Itália, com cinco anos de idade, espaçamento de 4m x 2m, conduzida no sistema de latada a 2m de altura, numa área experimental de 2.688m<sup>2</sup>. O sistema de irrigação utilizado foi do tipo gotejamento em linha, com emissores espaçados de 1m, vazão de 4l/h e uma linha lateral por fileira de planta, com frequência de irrigação diária. O experimento foi conduzido no seco (maio a agosto de 1996).

Sendo a energia fixada pela fotossíntese (F) muito pequena quando comparada ao saldo de radiação (Sr) e o armazenamento nos tecidos das plantas ( $\Delta V$ ), significativo apenas durante o nascer ou pôr-do-Sol, o balanço de energia na ausência de advecção (A), descrito pôr Rosenberg et al. (1983), pode ser apresentado como:

$$Sr = LE + H + G \quad (1)$$

onde: G é o fluxo de calor no solo; H e LE são os fluxos de calor sensível e latente, respectivamente (sendo L o calor latente de vaporização da água e E a taxa de evaporação), sendo os fluxos ascendentes negativos e descendentes positivos (Bergamaschi et al., 1988). A razão de Bowen ( $\beta$ ), foi determinada como:

$$\beta = \frac{H}{LE} = \frac{PC_p}{L} \frac{\left(\frac{K_h}{K_v}\right) \frac{\partial T/\partial Z}{\partial e/\partial Z}}{\gamma} = \gamma \left(\frac{K_h}{K_v}\right) \frac{\Delta T}{\Delta e_a} \quad (2)$$

onde:  $K_h$  e  $K_w$  são os coeficientes de difusividade turbulenta de calor sensível e vapor d'água, respectivamente e  $\gamma = PC_p/LE$  é a constante psicrométrica ( $mb^\circ C^{-1}$ ). Considerou-se, para qualquer condição de instabilidade atmosférica,  $K_h = K_v$  e  $(\partial T/\partial Z)/(\partial e/\partial Z) \approx \Delta T/\Delta e$ . Sendo  $\Delta T = T_2 - T_1$  e  $\Delta e = e_2 - e_1$ , as variações de temperatura e pressão de vapor na camada de ar acima da vegetação ( $\Delta Z = Z_2 - Z_1$ ), a equação (2) torna-se:

$$\beta \approx \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e_a} \quad (3)$$

Substituindo a razão de Bowen na equação (1), obteve-se o fluxo de calor latente:

$$LE = - \left( \frac{Sr - G}{1 + \beta} \right), \quad (4)$$

calculado em função de medições do saldo de radiação (Sr), do fluxo de calor no solo (G) e dos gradientes verticais de temperatura e vapor d'água sobre a superfície da vegetação.

Uma vez conhecidos os termos Sr, LE e G, o fluxo vertical de calor sensível no ar (H) foi obtido pôr:

$$H = -(Rn + LE + G), \quad (5)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método do balanço de energia baseado na Razão de Bowen pode ser utilizado para determinar a evapotranspiração desde que se verifique três hipóteses: a) que a acumulação de calor na cobertura vegetal seja omitida; b) que a energia empregada nos processos bioquímicos seja desprezada e c) que não ocorra advecção, pois este método assume que as divergências horizontais de calores sensível e latente, entre os níveis de medida, sejam nulos. Baseado nesses fatos, não se utilizou esse método para a determinação da evapotranspiração da cultura. Selecionou-se dias representativos da floração, frutificação e maturação dos frutos (Tabela 1 e Figura 1 (a, b, c, e d), nas quais apresenta-se os resultados de cada componente do balanço de energia, levando-se em consideração os valores diurnos horários.

Na floração (28/05), 25 dias após a poda ( $DAP = 25$ ) e índice de área foliar ( $IAF = 0,55$ ), 76% da energia disponível foi utilizada como calor latente de evaporação, 15% como calor destinado ao aquecimento do ar e 9% como calor para aquecimento do solo. No início da frutificação (08/06),  $DAP = 45$  e  $IAF = 1,05$ , 81% do saldo de radiação foi utilizado como calor latente de evaporação, 10% como calor sensível e 9% como fluxo de calor no solo. Pode-se observar que no dia (10/06), quando o índice de área foliar estava em torno de 1,08, o fluxo de calor latente diário foi 14% superior ao saldo de radiação e 5% maior do que a soma de ( $S_r + G$ ), o que vem demonstrar que a advecção apresentou-se como uma fonte de energia secundária, na forma de calor sensível. Ainda em 10/06/96 (Figura 1c), verifica-se que o fluxo de calor sensível foi positivo durante todo o período diurno, ou seja, o sistema solo-planta-atmosfera adquiriu energia, isto é, o ar alimentou o sistema aumentando a quantidade de energia para evapotranspiração. Esse problema é muito comum na região semi-árida do Nordeste, onde culturas irrigadas são circundadas pôr áreas secas (efeito de oásis) (Leitão, 1989 e Cunha et al., 1996). Deste modo, como na área seca a evapotranspiração é limitada pela falta de água no solo, grande parte da radiação solar disponível é usada para aquecer o solo e o ar. Na área vegetada, a maior parte de energia é utilizada na evapotranspiração, resultando em um menor aquecimento do ar. Essa situação induz o desenvolvimento de um gradiente térmico entre as duas áreas, havendo deslocamento de ar da área seca para a área vegetada (Pereira et al., 1997). Na maturação plena dos frutos (20/07),  $DAP = 87$  e  $IAF = 1,09$  (Figura 1d), 62% do saldo de radiação foi utilizado como calor latente de evaporação, 29% como calor sensível e 9% como fluxo

de calor no solo. Portanto, pode-se concluir que, no dia 08/06, quando a videira atingiu seu completo desenvolvimento, com maior índice de área foliar, uma maior quantidade de energia foi destinada à evapotranspiração e, conseqüentemente, menor quantidade de energia esteve disponível para o processo de aquecimento do ar. Pôr outro lado, no dia 20/07 (Figura 1d), uma maior quantidade de energia foi destinada ao aquecimento do ar.

Os percentuais do saldo de radiação utilizados para o aquecimento do solo, estão dentro da faixa de 5 a 12%, estabelecidos pôr Sellers (1969). Chang (1974), diz que na ausência de advecção, a evapotranspiração de uma cultura bem suprida de água e bem desenvolvida, ou seja, em condições potenciais de transpiração, consome de 80 a 90% do saldo de radiação, o que foi observado no dia 08/06, enquanto que no dia 20/07 apenas 62% de Sr foi usado como fluxo de calor latente.

**Tabela.1** - Componentes do balanço de energia sobre a videira variedade itália, calculados no período diurno, para diferentes\_subperíodos fenológicos da videira cultivada em Petrolina-PE.

DATAS	Rn (W/m <sup>2</sup> )	LE / Sr (%)	H / Sr (%)	G / Sr (%)	DAP	IAF*
28/05/96	190,09	76,1	15,0	8,8	25	0,55
08/06/96	154,83	80,6	10,1	9,2	45	1,05
10/06/96	138,41	114,5	-23,2	8,7	47	1,08
20/07/96	331,54	62,2	28,8	9,4	87	1,09

\* IAF = Índice de área foliar.

No dia 28/05 (Figura 1e), não evidenciou-se transferência de energia do meio para o sistema, pelo o fato de não ter ocorrido valores negativos de  $\beta$ . A razão de Bowen cresceu suavemente até as 14 horas, quando teve um acréscimo significativo devido ao aumento de LE e H. Já às 16 horas,  $\beta$  assume seu valor máximo, pois o fluxo de calor sensível manteve-se praticamente constante, enquanto que o fluxo de calor latente sofreu um decréscimo Na Figura 1f (08/06), com bastante nebulosidade ( $Sr = 13,38 \text{ MJ/m}^2/\text{dia}$ ), observa-se que a razão de Bowen manteve-se praticamente constante durante todo o dia, sofrendo pequenas alterações às 07:00 horas, devido o aumento do fluxo de calor latente, o que resultou em um decréscimo de  $\beta$ . Às 10:00 horas,  $\beta$  cresceu devido ao decréscimo do fluxo de calor latente, mantendo-se praticamente constante a partir de então.

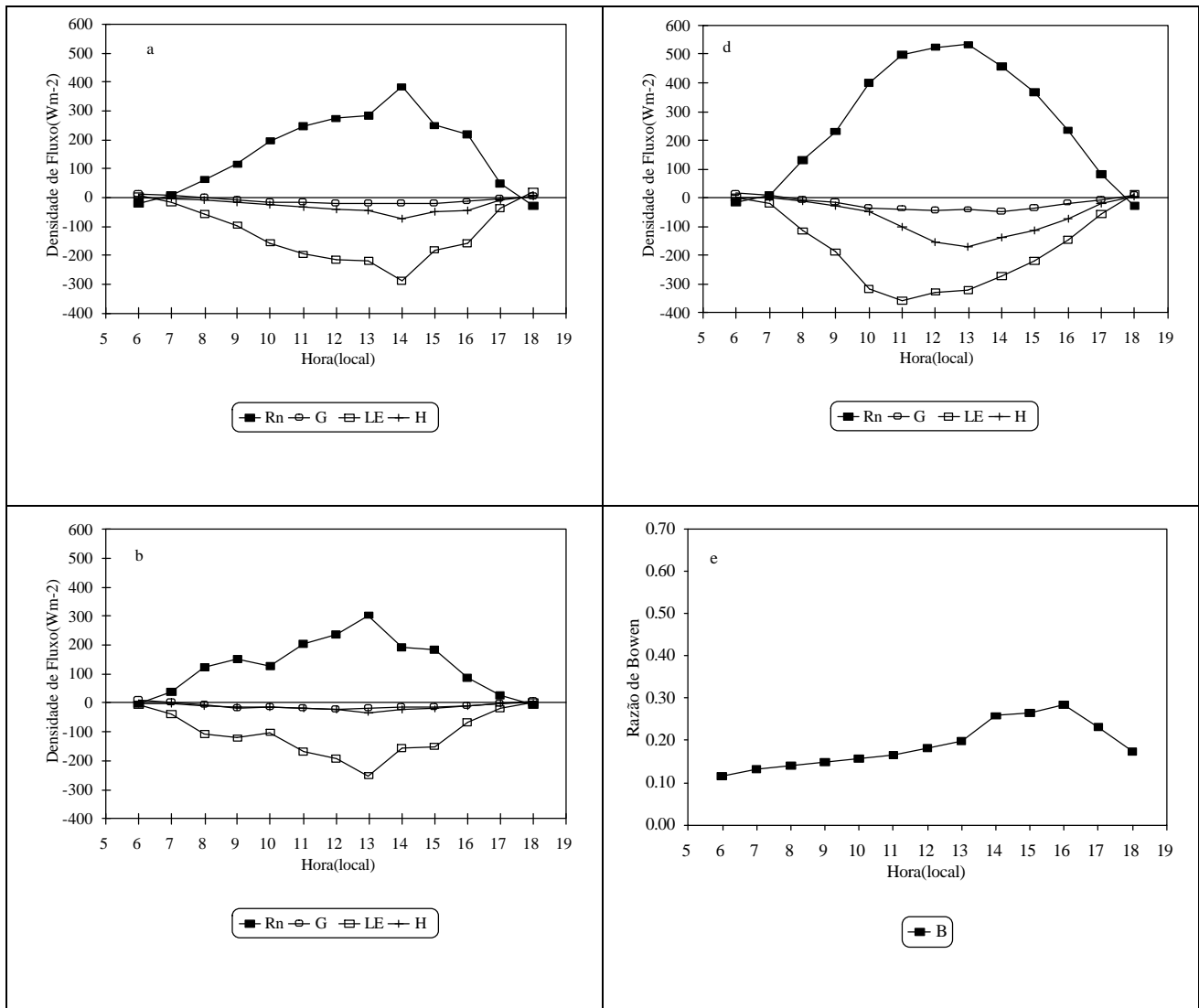
## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que: a) a proporção do saldo de radiação usada como fluxo de calor latente de evaporação atingiu valores superiores a 80% no período de maior área foliar e ausência de advecção; b) evidenciou-se uma fonte adicional de energia para o sistema

através de advecção de calor sensível em algumas ocasiões dos subperíodos fenológicos, principalmente no dia 10/06/96 (DAP=47), quando o fluxo de calor latente de evaporação foi 14,5% superior ao saldo de radiação e 5,4% maior do que (Sr + G).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGAMASCHI, H; OMETTO, J.C; VIEIRA, H.J; ANGELOCCI, L.R; LIBARDI, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n.7, p. 45-757, jul. 1988.
- CASTRO TEIXEIRA, A. H. de e AZEVEDO, P.V. de.. Zoneamento agroclimático para a videira européia no estado de Pernambuco. Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v.4., n.1, p.139-145, 1996.
- CERDAN, C; SANTIER, D; BENTZEN, M. C.P et al. O agronegócio da uva no Submédio São Francisco. **Relatório de pesquisa**, Convênio Sudene, agosto 1997.
- CHANG, J. **Climate and agriculture; an ecological survey**. Chicago, Aladine.1968. 304p.
- CUNHA, G. R.da, BERGAMASCHI, H; BERLATO, M.A e MATZENAUER. R. Balanço de energia em cultura de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v4, n1, p1-14, 1996.
- GONÇALVES, J. S.; AMARO, A. A.;MAIA, M. L.; SOUZA, S. A. M. Estrutura de produto e de mercado da uva de mesa brasileira. **Agricultura em São Paulo**, v.43, n.1, P.43-93, 1996.
- HARGREAVES, G.H. **Climate Zonning for agricultural production in Northeast**, Brasil.Logan, Utah State university, 6p, 1974.
- LEITÃO, M. de. M. V. B. **Balanço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada..** Campina Grande, PB UFPB-CCT, 1889. 109p.Tese de Mestrado
- LIUNI, C.S. Table grape production in Italy. In: International Symposium on table GRAPE PRODUCTION, 1994, Anaheim, California-USA. . **Proceedings...** DAVIS: American Society for Enologia and Viticulture/University of California, 1994. p. 18-21.
- PEREIRA, A.R; VILLA NOVA, N. A e SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.:il.
- REEDY, S. J. e AMORIM NETO, M. da S. **Dados de precipitação , evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina-PE, EMBRAPA/CPATSA, 1993. 280p.
- ROSENBERG, N. J; BLAD, B. L; VERMA, S. B.. **Microclimate: The biological environment**. New York, John.Wiley.,1983, 495p.
- SELLERS, W. D. **Physical climatology**. 3. ed. Chicago, University of Chicago Press, 1969. 271p
- WEAVER, R. J. Vini structure. In: Weaver, R. J. **Grape growing**. New York: John Wiley, 1976, Cap.2, p. 10-22.



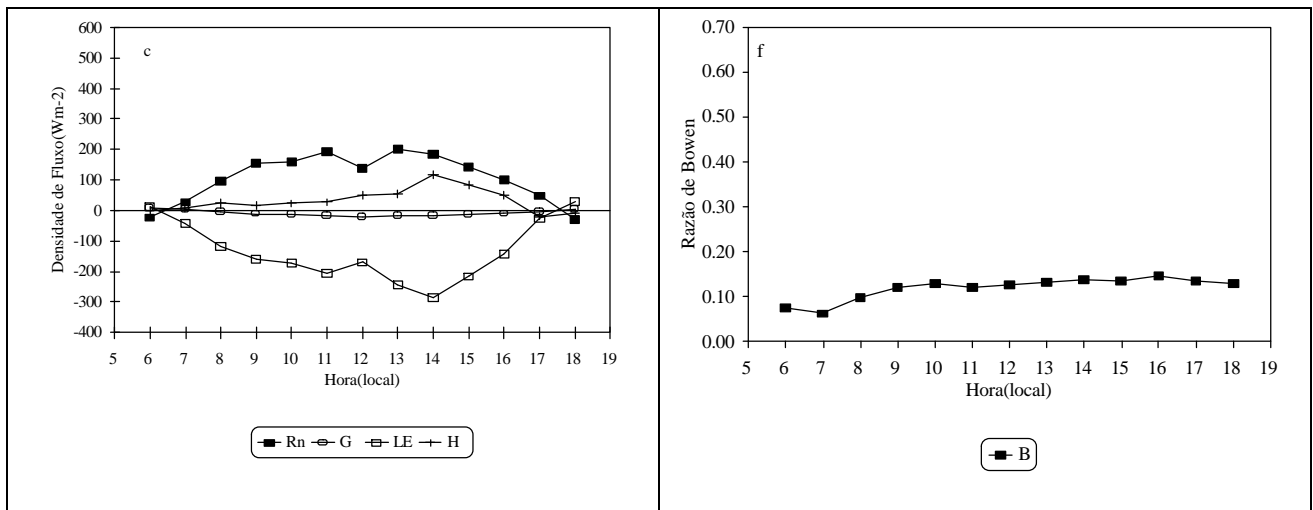


Figura 1 - Variação diurna das componentes do balanço de energia sobre a videira cultivada na região do sub-médio São Francisco, para os dias: a) 28/05/96 (25DAP); b) 08/06/96 (45DAP); c) 10/06/96 (47DAP) e d) 20/07/96(87DAP), e da razão de Bowen ( $\beta$ ) para os dias: e) 28/05/96 (25DAP) e f) 08/06/96 (45DAP),.