

BALANÇO DE ENERGIA NUMA CULTURA DE SOJA IRRIGADA, NAS CONDIÇÕES SEMI-ÁRIDAS DO NORDESTE.

Pedro Vieira de Azevedo (*)
Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão (*)
José de Paulo Rocha da Costa (**)

(*) Departamento de Ciências Atmosféricas/UFPb
Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó
58100 - Campina Grande - Pb.

(**) Departamento de Meteorologia/UFPa

RESUMO:

Utilizou-se dados de um experimento agrometeorológico conduzido na Estação Experimental do CPATSA/EMBRAPA, localizada no perímetro irrigado do projeto Mandacarú em Juazeiro-Ba, no período de setembro a dezembro de 1987. Objetivou a análise dos componentes do balanço de energia sobre uma cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, cultivar tropical) irrigada. A soja foi plantada numa área de 1.100 m² de solo vertissolo, obedecendo um espaçamento de 0,60 m entre fileiras e uma semeadura de 25 sementes por metro linear, totalizando aproximadamente 400.000 plantas por hectare.

Os componentes do balanço diurno de energia mostraram-se bastante afetados pelo estado de estresse hídrico da cultura. O fluxo de calor para o solo representou, em média, 5,68% de R_n , com valores inferiores a 5% na fase de completo desenvolvimento da cultura. Já a energia consumida nos processos fotossintéticos representaram, em média, 1,68% de R_n , com valores inferiores a 3,62% no período de máxima atividade fotossintética. Observou-se a presença de advecção de calor sensível a partir do período semanal entre 24/10 a 30/10, quando $LE > R_n$ e H inverteu de sinal.

ABSTRACT:

It was used data from an agricultural meteorology experiment conducted in the CPATSA/EMBRAPA Experimental Station located at the mandacarú irrigation project, at Juazeiro-Ba from september to december, 1987, in order to analyse the components of the energy balance over an irrigated soybean (*Glycine max* (L.) merril, variety tropical) crop. The soybean was planted in 1,100 m² of vertissoil, following a 0.60 m row spacing a sown field of 25 seeds per linear meter, making up approximately 400,000 plants per hectare.

The components of the daily energy balance were significantly affected by the crop water stress conditions. The soil sensible heat flux was, in the average, 5.68% of R_n , with values less than 5% for the full crop development stage. On the other hand, the energy consumed by the photossintetical processes was, on

the average, 1.68% of R_n , with values below 3.62% for the period of maximum photosynthetic activity. It was observed the presence of sensible heat advection after the weekly period between October, 24 and October, 30, when $LE > R_n$ and H changed of sign.

INTRODUÇÃO.

O saldo de radiação (R_n) é a principal fonte de energia para os processos físico-biológicos que ocorrem na interface superfície-atmosfera. Sobre superfícies vegetadas, essa energia é consumida nos processos de: aquecimento/esfriamento do ar e do solo; transferência de vapor d'água para a atmosfera; e metabólicos, principalmente para a atividade fotossintética das plantas. VILA NOVA (1967) e outros autores, asseguram que a energia consumida pela atividade fotossintética nunca ultrapassa 3% de R_n , podendo ser desprezada no balanço de energia sobre superfícies vegetadas.

Em certas situações – fluxo de ar quente soprando sobre áreas irrigadas mais úmidas ou ar úmido soprando sobre áreas mais quentes – a advecção de calor sensível ou latente, constitui-se numa fonte adicional de energia para os processos de evapotranspiração e aquecimento/esfriamento do ar. Na prática, isto ocorre quando a energia utilizada na evapotranspiração supera o saldo de radiação. Em alguns casos, a energia da advecção aumenta em até 40% o saldo de radiação (Brakke et alii, citado por SINGH & TAILLEFER (1986)).

Informações a cerca do consumo hídrico (evapotranspiração) estacional ou por subperíodos do ciclo vegetativo de cada espécie vegetal cultivada, é de fundamental importância para a produtividade agrícola, especialmente quando há necessidade de suplementação de água às culturas, através da irrigação. Tais informações permitem ajustamentos da época de plantio e manutenção do teor de umidade no solo adequado ao desenvolvimento pleno das plantas, além de permitir um maior aproveitamento das precipitações (BERLATO & BERGAMASCHI, 1978). Uma vez conhecidos os fluxos do saldo de radiação e de calor sensível para o ar (H) e para o solo (G), o consumo hídrico das culturas pode ser determinado pelo balanço de energia, com base nas perdas d'água para a atmosfera pelo processo conjunto de evaporação do solo mais transpiração das plantas ou evapotranspiração, a qual depende também do tipo e estágio de desenvolvimento da cultura (TANNER & LEMON, 1962; BERLATO & MOLION, 1981). Apesar da grande diversidade de métodos de medida e estimativa da evapotranspiração, VILA NOVA et alii (1975) garantem que somente as medições lisimétricas e as determinações pelos métodos do balanço de energia, oferecem resultados satisfatórios.

Os componentes do balanço de energia sobre culturas é também importante quando se deseja conhecer os percentuais da energia disponível, utilizados em cada um dos processos de consumo dessa energia (FONTANA et alii, 1987) ou a contri

buição relativa de cada componente (RESENBERG et alii, 1983; PRATES et alii, 1987).

O presente trabalho objetivou a análise do comportamento diurno e estacional dos componentes do balanço de energia sobre uma cultura de soja irrigada, nas condições semi-áridas do Nordeste do Brasil, considerando especialmente o efeito do estado de estresse hídrico das plantas.

MATERIAIS E MÉTODOS.

Utilizou-se dados colhidos em experimento agrometeorológico conduzido no período de setembro a dezembro de 1987, na Estação Experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária-CPATSA da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, em Juazeiro-Ba. Soja (*Glycine max* (L.) merrill, cultivar tropical) foi plantada numa área de 1.100 m², obedecendo um espaçamento de 0,60 m entre fileiras e uma semeadura de 25 sementes por metro linear, perfazendo uma densidade aproximada de 400.000 plantas por hectare.

O balanço de energia foi computado, desprezando os termos referentes as entradas de energia por advecção e os armazenamentos de energia no interior da vegetação (SHAW & DECKER, 1979; ROSENBERG et alii, 1983) pela expressão:

$$R_n = LE + H + G + P \quad (1)$$

onde LE é o fluxo de calor latente obtido através da evapotranspiração medida em evapotranspirômetros de lençol freático constante; G é o fluxo de calor sensível para o solo, medido com placas instaladas no solo às profundidades de 1cm, 10cm e 20cm; P é o fluxo de energia utilizado no processo fotossintético, obtido pelo produto do índice de produção de matéria seca (g/cm²) pela constante energética da cultura, necessária a produção de 1g de matéria seca; H é o fluxo de calor sensível, obtido por resíduo.

Para o comportamento diurno dos componentes do balanço de energia (equação 1), utilizou-se dados horários para o período entre 6:00 e 18:00 horas e, neste caso, o termo P foi desprezado. O comportamento estacional foi analisado com base em valores diários para períodos semanais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES.

Nas figuras 1, 2 e 3 é mostrado o balanço diurno de energia para os dias antes e após a irrigação, representativos das fases de crescimento vegetativo; floração; e maturação da cultura, respectivamente. Observa-se que o fluxo de calor para o solo (G) é bastante inferior aos demais componentes do balanço de energia, sendo mais pronunciado quando as plantas estão estressadas, isto é, antes das irrigações. Observa-se ainda que G decresce com o desenvolvimento da

cultura, atingindo valores desprezíveis na fase de floração (figura 2). Na fase de crescimento vegetativo (30 dias após a germinação - figura 1), o dossel ainda não cobria totalmente o solo e, por conseguinte, o fluxo de calor sensível (H) foi negativo no período da manhã e início da tarde, significando um consumo do saldo de radiação (R_n). Já no final da tarde, H tornou-se positivo, significando um adicionamento à R_n , provavelmente gerado pela advecção regional de calor sensível. Por outro lado, no período de completo desenvolvimento da cultura, fases de floração e maturação - figura 2 e 3, H foi negativo ao longo de todo o período diurno, significando que T_a (temperatura do ar) $>$ T_f (temperatura da folha gem). Esse adicionamento de energia advectiva pode ser evidenciado pelos valores do fluxo de calor latente (LE) superiores a R_n , em todos os casos, principalmente nas figuras 2 e 3.

A tabela 1 contém os componentes do balanço de energia para períodos semanais, mostrando o grau de participação de cada componente. Indica também que, como afirmado anteriormente, houve um fornecimento de energia advectiva a partir da semana compreendida entre 17/10 e 23/10, quando a energia utilizada no processo de evapotranspiração (LE) passou a superar o saldo de radiação (R_n). Observa-se, ainda um aumento substancial no consumo de energia na atividade fotossintética (P), atingindo um valor máximo no período semanal entre 21/11 e 27/11, quando a cultura atingiu a máxima produção de matéria verde.

O fluxo de calor sensível para o solo (G) mostrou um comportamento inverso, com valores máximos no início da fase de crescimento, quando o solo ainda encontrava-se quase que completamente descoberto. Na análise da participação relativa de G e P com respeito a R_s^\downarrow e R_n ; observa-se que:

- 1) As proporções percentuais de G com relação a R_s^\downarrow e R_n mostraram-se decrescentes ao longo da estação de cultivo, com médias estacionais de 4,18% e 5,68%, respectivamente;
- 2) As proporções percentuais de P com relação a R_s^\downarrow e R_n mostraram-se crescentes ao longo do ciclo da cultura, com médias estacionais de 1,0% e 1,68%, respectivamente.

Salienta-se, os valores percentuais máximos e mínimos de utilização de R_n pelos processos de aquecimento do solo e fotossintéticos, isto é, (12,6% e 1,20%) e (3,62% e 0,11%), respectivamente. Isto, justifica a afirmação de VILA NOVA (1967) e outros pesquisadores, de que a energia consumida nas atividades fotossintéticas nunca ultrapassa 3% de R_n . Por outro lado, apesar do máximo de 12,6% na primeira semana após a germinação, G/R_n (%) esteve sempre inferior a 5% no período de completa cobertura do solo.

T A B E L A - 1.

COMPONENTES DO BALANÇO MÉDIO DIÁRIO DE ENERGIA ($\text{Cal. cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$) PARA PERÍODO SEMANAIS.

PERÍODO	$R_{\downarrow}^{\uparrow}$ s	$R_{\downarrow}^{\uparrow}$ 24hs	R_n /24hs	LE	H	G	P	$G/R_{\downarrow}^{\uparrow}$ (%)	G/R_n (%)	$P/R_{\downarrow}^{\uparrow}$ (%)	P/R_n (%)
16/09 a 25/09/87	525,0	359,2 407,5	401,6	-212,4	-146,4	-48,80	-0,39	9,30	12,16	0,07	0,11
26/09 a 02/10/87	523,7	352,0 377,5	403,6	-236,0	-115,5	-46,26	-0,43	8,83	11,46	0,08	0,12
03/10 a 09/10/87	554,6	365,7 411,3	423,1	-247,8	-117,3	-46,16	-0,51	8,32	10,91	0,09	0,14
10/10 a 16/10/87	553,3	346,1 381,4	407,7	-312,6	-32,1	-41,22	-1,31	7,45	10,11	0,24	0,38
17/10 a 23/10/87	582,4	385,4 408,0	442,1	-401,2	17,4	-24,15	-1,66	4,15	5,46	0,29	0,43
24/10 a 30/10/87	599,1	387,3 393,2	441,9	-460,2	77,7	-12,67	-4,80	2,11	2,87	0,80	1,24
31/10 a 06/11/87	483,8	300,0	341,8	-477,9	184,3	-4,11	-6,46	0,85	1,20	1,34	2,15
07/11 a 13/11/87	566,9	329,4	380,6	-519,2	196,2	-9,11	-6,51	1,61	2,39	1,15	1,98
14/11 a 20/11/87	499,0	290,0	331,8	-424,2	143,3	-5,00	-8,51	1,00	1,50	1,71	2,93
21/11 a 27/11/87	563,9	328,7	380,3	-525,1	208,2	-11,60	-11,83	2,06	3,05	2,10	3,60
28/11 a 04/12/87	435,7	260,3	294,7	-466,1	215,2	-9,70	-9,43	2,10	3,11	2,16	3,62
05/12 a 11/12/87	503,2	289,0	337,0	-495,6	216,7	-15,18	-10,06	3,02	4,50	2,00	3,48
12/12 a 18/12/87	490,2	286,3	335,6	-441,8	155,5	-17,25	-	3,52	5,16	-	-
Médias	529,3	329,2	378,5	-401,6	77,18	22,36	5,76	4,18	5,68	1,00	1,68

↑
 Há erros nestes valores (ver a coluna) } nestas colunas O.K.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERLATO, M.A. & BERGAMASCHI, H. Consumo de água da soja - Evapotranspiração estacional em condições de ótima disponibilidade de água no solo. I Seminário de Pesquisa da Soja, Anais - Vol. 1:53-58, 1978.
- BERLATO, M.A. & MOLION, L.C.B. Evaporação e evapotranspiração. IPAGRO. Boletim Técnico nº 7, 95p, 1981.
- FONTANA, D.C., BERLATO, M.A. & BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, V. Coletânea de Trabalhos. Belém-Pa: 317-319, 1987.
- PRATES, J.E., COELHO, D.T., STEINMETZ, S., SEDIYAMA, G.C. & VIANELLO, R.L. Relação entre os componentes do balanço de energia em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, V. Coletânea de Trabalhos. Belém-Pa: 333-336, 1987.
- ROSENBERG, N.J., BLAD, B.L. & VERMA, S.B. Microclimate: The biological environment. 2d ed. John Wiley & Sons, Inc. 495p, 1983.
- SHAW, R.H. & DECKER, W.L. The general heat budget of canopies. In: B.J. BARFIELD & J.F. GERBER (eds.). Modification of the aerial environment of crop. ASAE: 141-155, 1979.
- SINGH, B. & TAILLEFER, R. The effect of synoptic - scale advection on the performance of the Priestley-Taylor evaporation formula. Bound. Layer Meteorol., 36:267-282, 1986.
- SUBRAHMANYAM, V.P. & KUMAR, K.K. Studies in energy budget of finger millet crop PART IV: Energy budget of finger millet (*Eleusine coracana*) crop. Tropical Ecology, Vol. 25, No. 1:44-51, 1984.
- TANNER, C.B. & LEMON, E.R. Radiant energy utilized in evapotranspiration. Agron. J., 54:102-212, 1962
- VILA NOVA, N.A. Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz. ESALQ/USP. Piracicaba-SP. 78p, 1967 (Tese de Doutorado).
- VILA NOVA, N.A., PEDRO JUNIOR, M.J. & PEREIRA, A.R. Balanço de energia numa cultura de arroz em condições de sequeiro. Bragantia. Campinas-SP. Vol. 34, nº 9:171-176, 1975.

BALANÇO DE ENERGIA

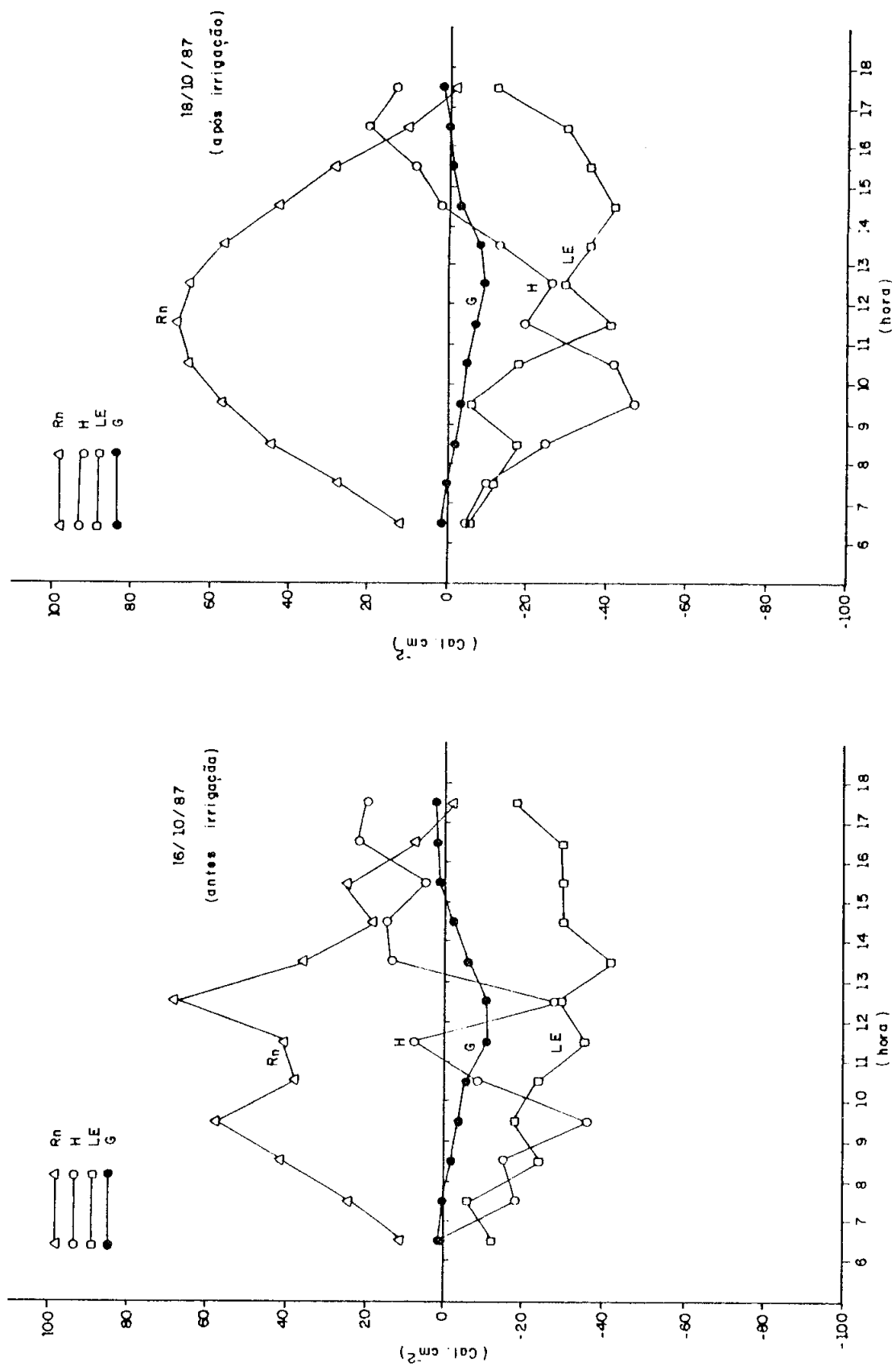


Figura 1 - Variação diurna dos componentes do balanço de energia, para os dias antes e após uma irrigação na fase de crescimento vegetativo da soja.

BALANÇO DE ENERGIA

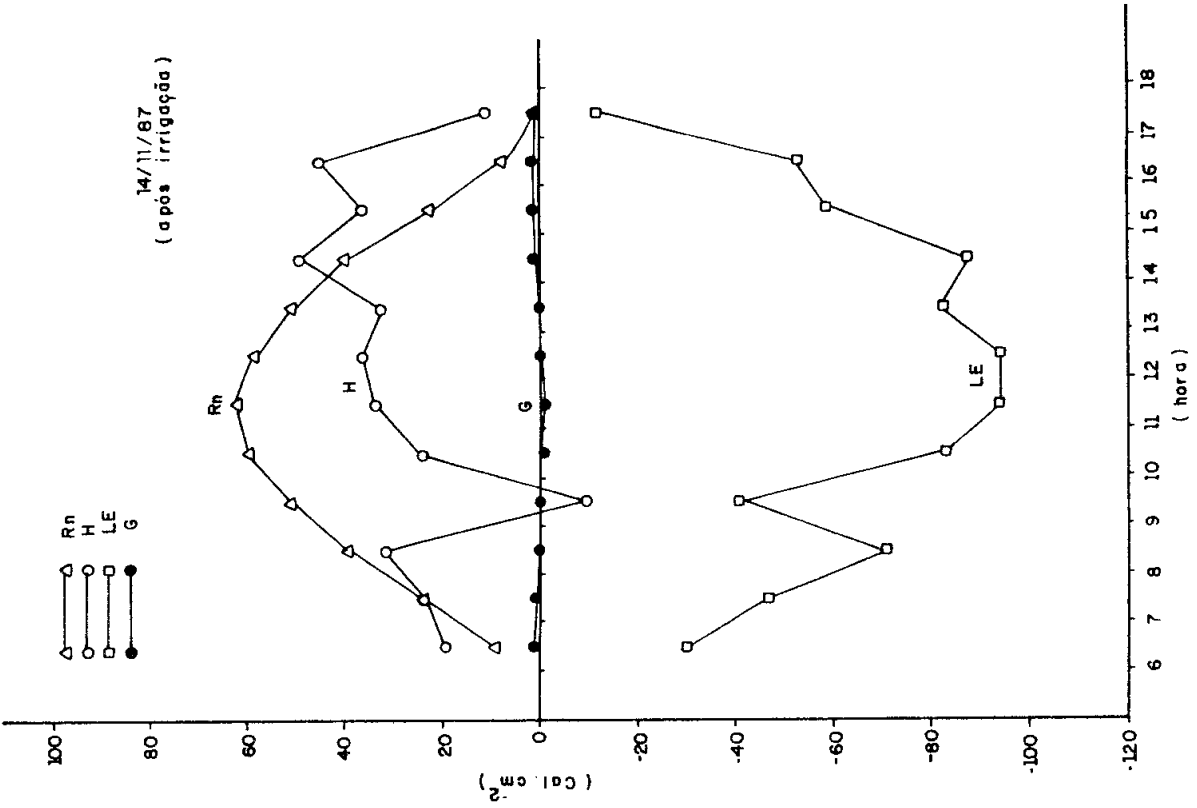
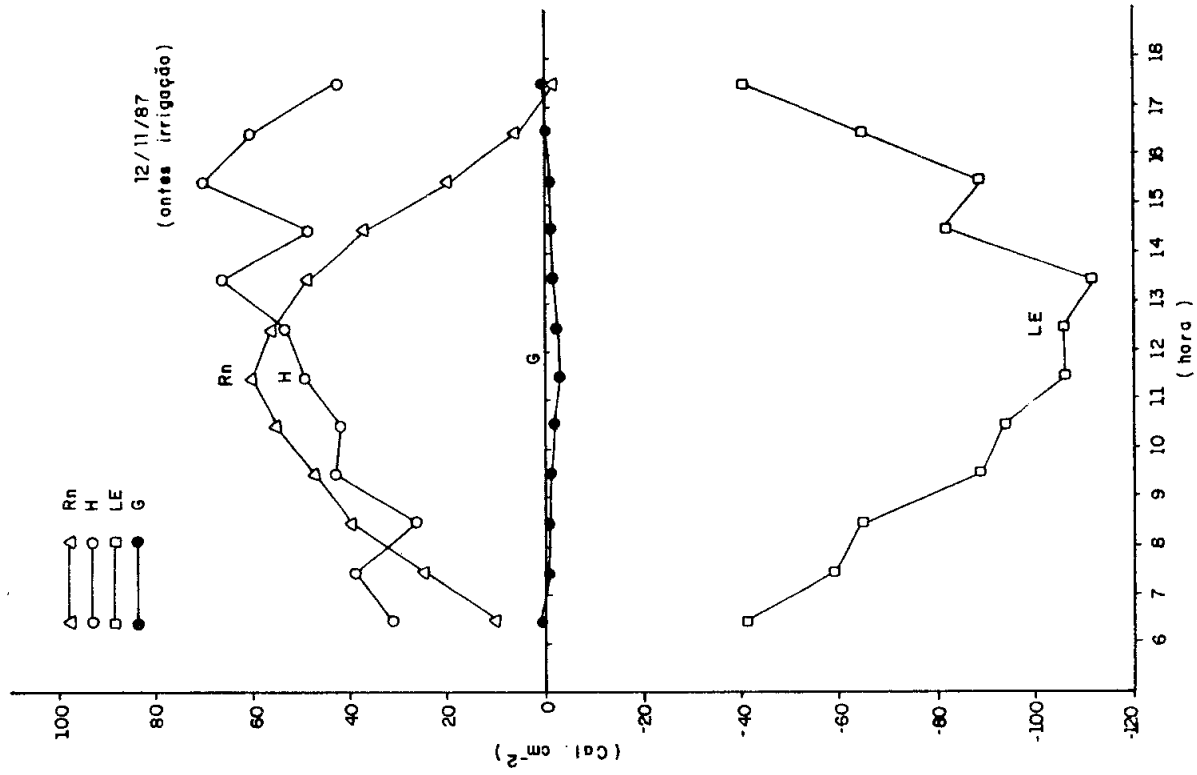


Figura 2 - Variação diurna dos componentes do balanço de energia, para os dias antes e após uma irrigação na fase de floração da soja.

BALANÇO DE ENERGIA

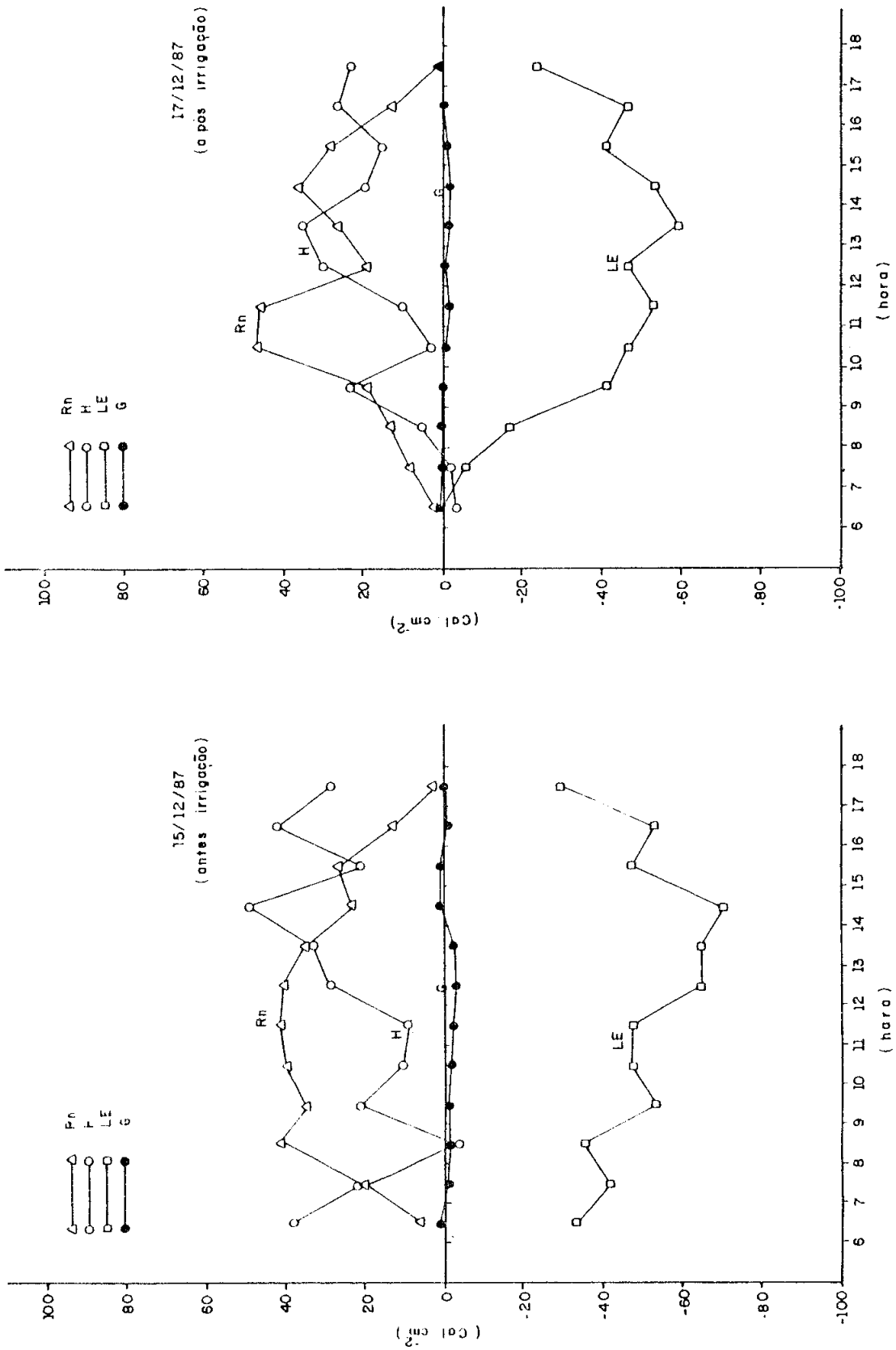


Figura 3 - Variação diurna dos componentes de balanço de energia, para os dias antes e após uma irrigação na fase de maturação da soja.