

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 1-7, 1997.

Recebido para publicação em 09/09/96. Aprovado em 11/12/96.

ISSN 0104-1347

AVALIAÇÃO DA REFLECTÂNCIA E DO SALDO DE RADIAÇÃO SOBRE UM CULTIVO DE VIDEIRA EUROPÉIA¹

EVALUATION OF THE REFLECTANCE AND NET RADIATION OVER AN EUROPEAN WINE GRAPE VINEYARD

Pedro Vieira de Azevedo², Antonio Heriberto de Castro Teixeira³, Bernardo Barbosa da Silva², José Monteiro Soares³ e Fábio Adriano Monteiro Saraiva⁴

RESUMO

Dados de radiação solar incidente (R_i) e refletida (R_r) e do saldo de radiação (S_r), coletados em experimento agrometeorológico conduzido no campo experimental do CPATSA/EMBRAPA, em Petrolina - PE, foram utilizados na avaliação dos comportamentos diurno e estacional da reflectância e do saldo de radiação ao longo dos diferentes subperíodos de um cultivo de videira (*Vitis vinífera* L.), variedade Itália, com 2 anos de idade, cultivada em sistema de latada num espaçamento de 4 m x 2 m e irrigada por microaspersão. Os sensores de radiação foram instalados numa torre micrometeorológica a 1 m acima da latada. O fluxo de calor no solo (S) foi medido com fluxímetros instalados a 2 cm de profundidade no solo. Os dados foram coletados por sistemas de aquisição programados para fazer leituras a cada 5 segundos e armazenar a média de cada 10 minutos para o período de 03/06 a 10/09/94. A reflectância evidenciou uma assimetria diurna com valores máximos ao nascer e ao por do Sol e mínimos em torno do meio dia. O albedo médio diário variou de 0,18, nos primeiros dias após a brotação das gemas, a 0,23 após o florescimento, reduzindo para 0,20 no período de desenvolvimento dos frutos. O efeito do estresse hídrico na cultura foi evidenciado por uma redução de 3% na

¹ Pesquisa parcialmente financiada pelo CNPq, através do Auxílio Integrado 520959 / 93 - 0.

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

³ MSc em Meteorologia e Engenharia de Irrigação, respectivamente, Pesquisadores do CPATSA/EMBRAPA, Caixa Postal 23, CEP 56300-000, Petrolina - PE.

⁴ Bolsista de Iniciação Científica do PIBIC/UFPb, 58109-970, Campina Grande - PB.

reflectância logo após as irrigações. A razão entre S_r e R_i variou de 0,61 no subperíodo de brotação a 0,71 no subperíodo de florescimento da cultura. A percentagem de S_r utilizada no aquecimento do solo variou de 4% no período de máxima atividade transpiratória a 15% logo após a brotação das gemas. O saldo de radiação mostrou-se fortemente relacionado com a radiação solar incidente, obtendo-se a regressão: $S_r (W / m^2) = 0,64 R_i (W / m^2) - 14,03$ e $r^2 = 0,98$ para $n = 1.294$ pares de dados .

Palavras-chave : videira, irrigação, albedo, saldo de radiação.

SUMMARY

Data of incident (R_i) and reflected (R_r) solar radiation and net radiation (R_n) collected at agricultural meteorology experiment conducted in the experimental field of the CPATSA/EMBRAPA, at Petrolina - PE were used to evaluate the diurnal and seasonal behavior of canopy reflectance and net radiation throughout the phenological phases of a two-years-old wine grape (*Vitis vinifera* L.) vinecrop, variety Italy, grown in a trellis system. Radiation sensors were installed in a micrometeorological tower at 1m above the trellis. The soil heat flux was also measured with fluximeters installed at 2cm below soil surface. All data were collected by Data Loggers programmed for taking measurements at each 5 seconds and to store the average of each 10 minutes for the period from June 3 to September 10, 1994. The canopy reflectance showed a daytime asymmetry with maximum values at sunrise and sunset and minimum values around midday. Daily mean values of albedo changed from 0.18 in the first days after bud shooting to 0.23 after blooming, reducing to 0.20 in the period of fruits development. The crop water stress effect was shown by a 3% reflectance reduction in the days after irrigations. The ratio R_n / R_i changed from 0.61 in the beginning of the observations to 0.71 in the crop blooming period and the percentage of R_n used for soil heating changed from 4% in the period of maximum crop transpiration activity to 15% just after the bud shooting. R_n showed to be strongly related to R_i by the regression: $R_n (W / m^2) = 0.64 R_i (W / m^2) - 14,03$ and $r^2 = 0.98$ for $n = 1,294$ pairs of data.

Key words: vineyard, irrigation, albedo, net radiation.

INTRODUÇÃO

Cresce a cada ano a área cultivada com videira europeia na região do submédio São Francisco, onde se obtém mais de uma colheita por ano com o uso da irrigação, geralmente localizada. Nessa

região, os parreirais estão constantemente expostos a condições de intensa radiação solar, acentuado déficit de pressão de vapor e elevadas temperaturas, as quais podem afetar a qualidade do fruto e a produtividade da cultura.

A irrigação por aspersão tem demonstrado ser eficiente na redução do estresse térmico de várias espécies de plantas cultivadas. Embora o esfriamento causado pelo uso da irrigação por aspersão aumente a acidez e reduza o pH dos frutos, vários pesquisadores têm investigado a eficiência desse método de irrigação na videira (MATTHIAS & COATES, 1986). Esses autores sugerem que o uso de microaspersores, além de reduzir o consumo de água pelo resfriamento do ambiente do dossel vegetativo, pode diminuir a incidência de doenças pela redução da umidade relativa do ar no interior da folhagem.

Nesse contexto, torna-se de fundamental importância o estudo do comportamento dos parâmetros meteorológicos, particularmente aqueles que direta ou indiretamente afetam o suprimento de água para os processos metabólicos da videira. Considerando as dificuldades de instalação e operacionalização de lisímetros, muitos pesquisadores têm recorrido a métodos estimativos para quantificar as necessidades hídricas das culturas. Dentre esses métodos destaca-se o balanço de energia, obtido em função dos componentes do balanço de radiação.

Uma parte da radiação solar incidente à superfície (R_i) é refletida. Essa radiação refletida (R_r) é representada, no balanço de radiação, pelo coeficiente de reflexão ($\rho_v = R_r / R_i$), também chamado de reflectância ou albedo da superfície. O dossel vegetativo da maioria das culturas reflete cerca de 20 a 30 % da radiação solar incidente. De acordo com BLAD & BAKER(1972), essa variação do albedo das superfícies vegetadas é uma função da espécie cultivada, do ângulo de elevação do Sol, da cobertura do solo pela vegetação, do conteúdo de umidade da cultura e do solo, e da quantidade e tipo de cobertura de nuvens. Para efeito de modelagem, costuma-se utilizar um valor médio da reflectância para todo o ciclo fenológico da cultura. Entretanto, o albedo das culturas varia desde valores mínimos nos primeiros estágios de desenvolvimento, quando o solo está menos coberto pela vegetação, até atingir valores máximos, quando a cultura alcança seu completo desenvolvimento vegetativo, cobrindo integralmente o solo. Assim, a reflectância de superfícies vegetadas depende também do percentual de cobertura do solo pela vegetação e do estágio de desenvolvimento da cultura (STANHILL et al, 1968; BLAD & BAKER, 1972; LEITÃO et al, 1990). A reflectância de plantas estressadas é cerca de 3% superior àquela de plantas sem restrição hídrica (AZEVEDO et al, 1990; JACOBS & VAN PUL, 1990). Valores típicos do albedo de superfícies cultivadas foram apresentados por MONTEITH (1965), FRITSCHEN (1967), DAVIES & BUTTIMOR (1969), BLAD & BAKER (1972), NKEMDIRIM (1972 e 1973) e AZEVEDO et al (1990).

O saldo de radiação (S_r) sobre superfícies vegetadas representa a principal fonte de energia para os processos físico-químicos que ocorrem na interface solo-planta-atmosfera (AZEVEDO et al, 1990). S_r corresponde ao balanço entre os fluxos energéticos que chegam (positivos) e que saem (negativos) da superfície da vegetação e pode ser medido com radiômetros específicos (saldo radiômetros), os quais além de caros, requerem técnicas especiais de operação e calibração, sendo portanto, de uso restrito à pesquisa. Na prática, costuma-se estimar o saldo de radiação em função de parâmetros atmosféricos básicos. Os modelos propostos por PENMAN (1948 e 1956) e LINACRE (1968), e aplicados por FUNARI et al (1985), são os mais usados e relacionam S_r com o conjunto da temperatura e umidade relativa do ar e da insolação (horas de brilho solar). Vários pesquisadores têm estudado o uso da dependência linear entre S_r e a radiação solar global incidente (R_i), a qual pode ser de grande interesse, particularmente quando se dispõe apenas de dados de R_i .

DAVIES & BUTTIMOR (1969) concluíram que a relação entre S_r e R_i é excelente tanto para curtos (dias) quanto para longos períodos (semanas, decêndios, meses), inclusive com coeficientes de correlação superiores a 0,97. A inclusão da reflectância da vegetação (ρ_v) nessa relação, tem sido avaliada por vários autores (FRITSCHEN, 1967; IDSO, 1968; LINACRE, 1968; DAVIES & BUTTIMOR, 1969; IDSO et al, 1969; GLOVER, 1972; AZEVEDO et al, 1990 e OLIVER & SENE, 1992). Todos evidenciaram, através da comparação dos valores do coeficiente de correlação (r) e do erro padrão de estimativa ($S_{y,x}$), obtidos pelos dois tipos de relação: S_r versus R_i e S_r versus $(1-\rho_v)R_i$, que a inclusão de ρ_v (albedo) não melhora a precisão da estimativa de S_r . A inclusão ou não do albedo na relação entre S_r e R_i foi discutida por GAY (1971) e NKENDIRIM (1973), os quais concluíram que a redundância no uso da reflectância da vegetação somente ocorre quando os dados são obtidos sobre superfícies específicas (culturas) ou sobre um grupo de superfícies com albedos semelhantes. NKENDIRIN (1973) concluiu que medições precisas do albedo e suas variações é o mais importante em qualquer tentativa de estimativa do saldo de radiação em função da radiação solar global incidente à superfície.

O saldo de radiação (S_r) tem sido medido e estimado sobre diversas culturas, por vários pesquisadores: IMPENS et al (1970) sobre culturas de aveia, feijoeiro, girassol e milho; MATTHIAS & COATES (1986) e OLIVER & SENE (1992), sobre a cultura da videira; CUNHA et al (1989) sobre um cultivo de milho; AZEVEDO et al (1990) sobre as culturas de algodoeiro, feijoeiro e soja. As componentes do balanço de radiação sobre áreas cultivadas foram avaliadas por PRATES et al (1988) para o arroz; CUNHA et al (1989) para o milho e AZEVEDO et al (1990) para as culturas de algodoeiro, feijoeiro e soja.

O presente trabalho objetivou a avaliação dos comportamentos diurno e estacional da reflectância e do saldo de radiação sobre um cultivo da videira europeia, irrigado por microaspersão na região do submédio São Francisco.

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta dos dados foi realizada 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, Petrolina-PE (latitude: 09°08'S, longitude: 40°24'W e altitude: 365,5 m).

A cultura estudada foi a videira (*Vitis vinífera* L.), variedade Itália, cultivada em solo do tipo latossolo, com dois anos de idade, conduzida no sistema de latada num espaçamento de 4 m entre fileiras por 2 m entre plantas, irrigada por microaspersão, compreendendo o período entre a brotação das gemas e a colheita dos frutos (junho a setembro/94).

Foram efetuadas medições da radiação solar incidente, com um piranômetro da marca Eltec; da radiação solar refletida pelo dossel vegetativo, com dois outros piranômetros invertidos da mesma marca; do saldo de radiação, com dois saldo-radiômetros da Micromet Instruments; e do fluxo de calor no solo, com dois fluxímetros de solo também da Micromet Instruments. Os fluxímetros de solo foram colocados a 2 cm de profundidade no solo, sendo um situado na fileira das plantas e outro entre as fileiras. Os demais instrumentos foram instalados numa torre micrometeorológica a 1 m acima da latada, sendo que os instrumentos de medida da radiação solar refletida e do saldo de radiação foram localizados sobre e entre as fileiras. Os dados foram coletados num sistema de aquisição de dados (Data logger da LICOR), programado para fazer aquisições de dados a cada 5 segundos e armazenar médias de cada 10 minutos.

O saldo de radiação (S_r) foi estimado pelas seguintes expressões (AZEVEDO et al, 1990):

$$S_r = a_1 + b_1 R_i \quad (1)$$

$$e \quad S_r = a_2 + b_2 (1 - r_v) R_i \quad (2)$$

onde $\rho_v = R_r / R_i$ e a_1, a_2, b_1, b_2 são os coeficientes de regressão.

A calibração dos modelos (1) e (2) consistiu da obtenção dos coeficientes de regressão para as condições locais e da cultura. A precisão desses modelos foi obtida através do erro padrão de estimativa ($S_{y,x}$), dado por :

$$S_{y.x} = \left\{ \frac{\left[\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \right]}{(n-2)} \right\}^{1/2} \quad (3)$$

em que y_i e \hat{y}_i são os fluxos de radiação medidos e estimados pelos modelos, respectivamente e n é o número de dados (tamanho da amostra). Os intervalos de confiança (IC) para os coeficientes de regressão (**a** e **b**) foram obtidos pela expressão:

$$IC = (a \text{ ou } b) \pm \frac{t_c S_{y.x}}{\left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}} \quad (4)$$

onde t_c é o parâmetro de student para $(n - 2)$ graus de liberdade e um nível de significância específico (0,05 ou 0,01). $(y_i - \bar{y})$ são os desvios em relação a média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações diurna e estacional dos componentes do balanço de radiação de ondas curtas e do saldo de radiação sobre a cultura da videira são apresentadas nas Figuras 1a a 1e e na Tabela 1.

Tabela 1. Comportamento estacional dos percentuais diários de S_r e R_r em relação a R_i e de S em relação a S_r , sobre a videira europeia cultivada em Petrolina - PE.					
RAZÕES (%)	DATAS				
	05/06/94	17/06/94	28/06/94	10/07/94	10/09/94
S_r / R_i	61	71	66	63	64
R_r / R_i	18	19,5	20	22	20
S / S_r	15	4	5	10	-

No dia 05/06/94 (Figura 1a), 10 dias após a brotação das gemas, os fluxos foram mais ou menos uniformes, com R_r e S_r correspondendo a 18% e 61% de R_i , respectivamente, o que representa os menores valores do albedo e do saldo de radiação observados durante todo o ciclo da cultura (da brotação das gemas a colheita dos frutos). Nessa data, o fluxo médio diurno de calor no solo (S) foi 15% de S_r , correspondendo ao valor máximo observado durante todo o ciclo de observações, ocasionado pela pouca cobertura do solo pela vegetação. Nessas circunstâncias, a reduzida atividade transpiratória da vegetação sugere que a energia disponível foi utilizada essencialmente no processo de

aquecimento do solo e do ar. Observa-se também uma certa incidência de nebulosidade a partir do meio dia.

No dia 17/06/94 (Figura 1b), 22 dias após a brotação das gemas e início do florescimento, o saldo de radiação atingiu o máximo percentual da radiação solar incidente ($S_r / R_i = 0,71$), com valores bastante irregulares durante todo o dia, indicando a constante presença de nebulosidade. A radiação solar refletida foi cerca de 19,5% de R_i e o fluxo de calor no solo foi cerca de 4% do S_r . Esses resultados sugerem que nessa data, o maior percentual de cobertura do solo pela vegetação resultou num aumento da reflectância e, havendo mais energia disponível ao sistema e a proporção desse saldo de radiação utilizada no processo de aquecimento do solo sendo baixa (4%), supõe-se que um maior percentual de S_r tenha sido utilizado como calor latente no processo de evapotranspiração.

No início da frutificação, em 28/06/94 (Figura 1c), 33 dias após a brotação das gemas, o saldo de radiação e a radiação solar refletida representaram 66% e 20% de R_i , respectivamente e S correspondeu a 5% de S_r , evidenciando que também nesse subperíodo houve menos energia disponível ao sistema, da qual um pequeno percentual (5%) foi utilizado no processo de aquecimento do solo, enquanto que mais energia esteve disponível para o processo de evapotranspiração.

No dia 10/07/94 (Figura 1d), 45 dias após a brotação das gemas, obteve-se condições de céu claro, isto é, sem nebulosidade durante todo o dia. Nessas condições, observou-se uma redução de S_r (63% de R_i) e um aumento da reflectância (0,22), em relação aos subperíodos de florescimento e frutificação. O fluxo de calor no solo foi 10% de S_r , evidenciando uma redução significativa da evapotranspiração em relação às fases anteriores.

A Figura 1e mostra o comportamento dos fluxos radiativos três dias antes da colheita (107 dias após a brotação das gemas). Nessa data, a redução no percentual de cobertura do solo pela folhagem e a condição de intensa nebulosidade durante todo o dia, acarretou uma redução de S_r e de R_r para valores em torno de 64% e 20% de R_i , respectivamente. Nessa data, o fluxo de calor no solo não foi medido devido a pane instrumental. Entretanto supõe-se que, sendo o processo transpiratório bastante reduzido, a maior proporção do saldo de radiação tenha sido utilizada no processo de aquecimento do ar e do solo.

O comportamento diurno médio da reflectância da vegetação, medido entre e sobre as fileiras de plantas, é apresentado na Figura 2a. Evidencia-se uma variação de ρ_v com valores máximos nas primeiras horas da manhã e no final da tarde e mínimos em torno do meio dia. Tal comportamento resulta do efeito do ângulo de elevação do Sol e tem sido observado por vários autores para diferentes culturas.

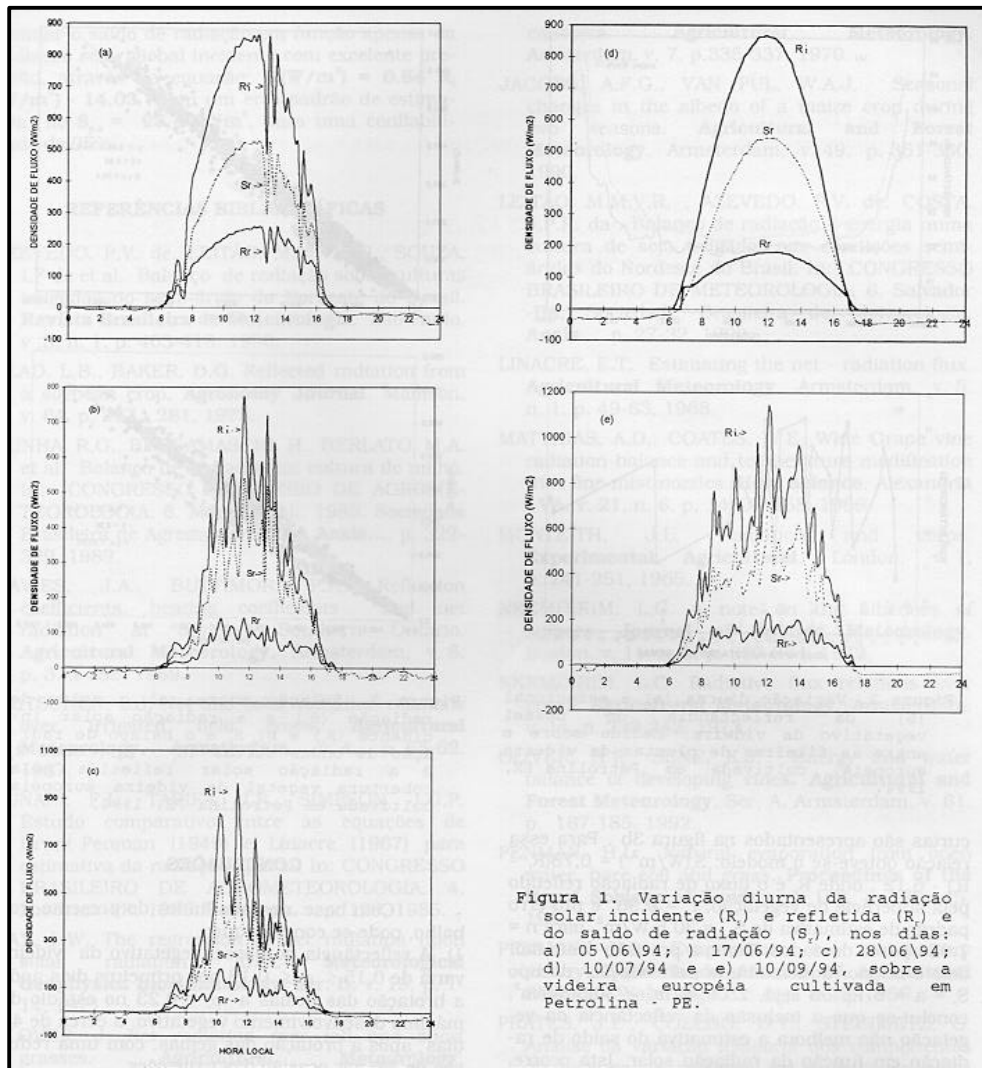


Figura 1. Variação diurna da radiação solar incidente (R_i) e refletida (R_r) e do saldo de radiação (S_r), nos dias: a) 05/06/94; b) 17/06/94; c) 28/06/94; d) 10/07/94 e e) 10/09/94, sobre a videira européia cultivada em Petrolina - PE.

A variação da refletância ao longo do período de observações é apresentada na Figura 2b, a qual contém também as datas das irrigações. Os menores valores de ρ_v , da ordem de 0,18, foram observados no início das medições (entre 5 e 10 dias após a brotação das gemas), quando a superfície do solo ainda encontrava-se quase que totalmente exposta à radiação solar incidente. A refletância aumentou progressivamente ao longo dos subperíodos de desenvolvimento vegetativo e floração, atingindo valores máximos, em torno de 0,23, ao final do subperíodo de frutificação, reduzindo para cerca de 0,20 nos dias anteriores ao início da colheita. O efeito do estresse hídrico das plantas sobre a refletância da vegetação é evidenciado por uma redução de aproximadamente 3 % de ρ_v após as irrigações. Resultados semelhantes foram observados por AZEVEDO et al (1990) para as culturas de algodoeiro, feijoeiro e soja e por JACOBS & VAN PUL (1990) para a cultura de milho.

Os resultados da estimativa do saldo de radiação (S_r) em função da radiação solar global incidente (R_i) são mostrados na figura 3a. Neste caso, obteve-se o modelo: $S_r (W/m^2) = 0,64 R_i (W/m^2) -$

14,03; $r^2 = 0,98$ e um erro padrão de estimativa de $S_{y,x} = 25,4 \text{ W/m}^2$, para $n = 1.294$ pares de dados e um nível de significância de 0,05. Tais resultados são tão bons ou melhores do que os obtidos por LINACRE (1968), DAVIES E BUTTIMOR (1969), GAY (1971) e AZEVEDO et al (1990). O fato é que esses autores analisaram dados em base diária, isto é, $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$, ao passo que no presente trabalho, obteve-se, com o auxílio de um sistema de aquisição de dados, valores médios de S_r e R_i para intervalos de 10 minutos ao longo do período diurno. Usando esta mesma sistemática de coleta de dados, recentemente, OLIVER & SENE (1992) encontraram a relação $S_r (\text{W/m}^2) = 0,57 R_i (\text{W/m}^2) - 59$ para a cultura da videira.

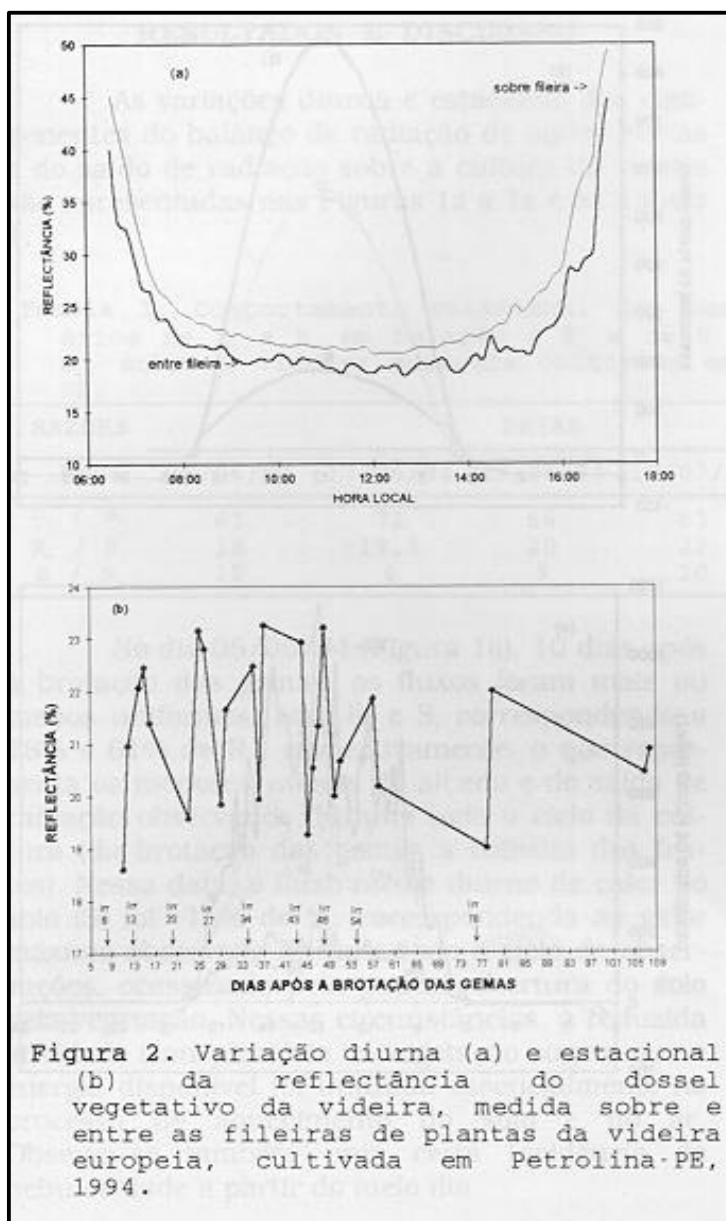
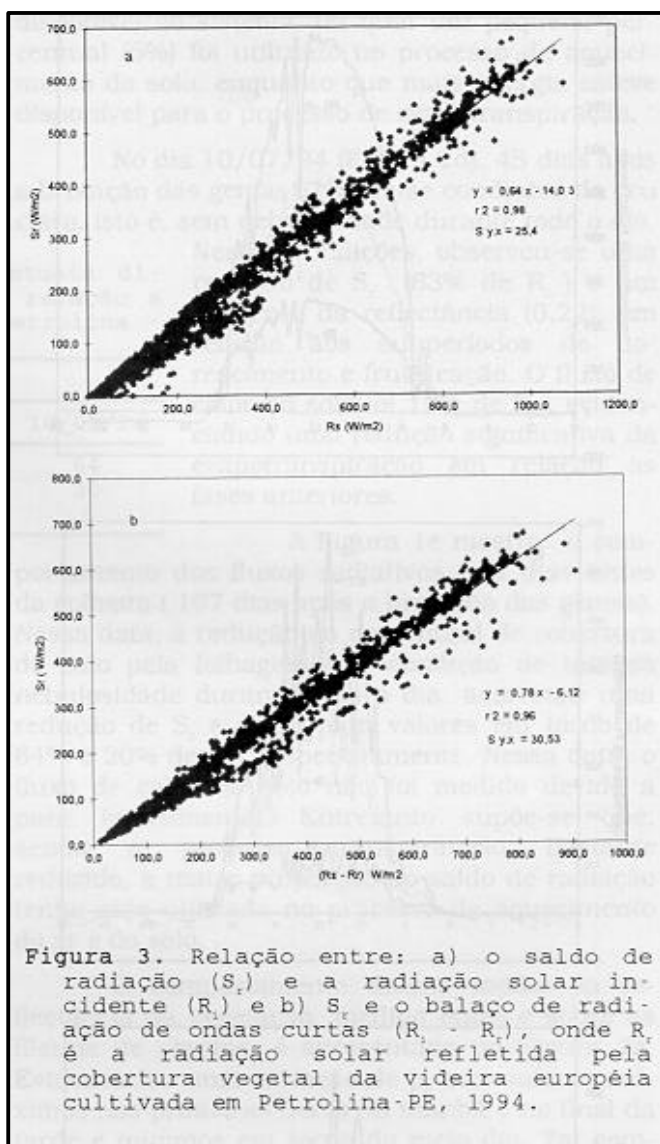


Figura 2. Variação diurna (a) e estacional (b) da reflectância do dossel vegetativo da videira, medida sobre e entre as fileiras de plantas da videira europeia, cultivada em Petrolina-PE, 1994.

Os resultados da regressão entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas são apresentados na figura 3b . Para essa relação obteve-se o modelo: $S_r(\text{W/m}^2) = 0,78(R_i - R_r) - 6,12$, onde R_r é o fluxo de radiação refletido pela superfície de vegetação, $r^2 = 0,96$ e um erro padrão de estimativa de $S_{y,x} = 30,5 \text{ W/m}^2$, para $n = 1.064$ pares de dados. Como a precisão deste modelo é inferior àquela obtida pela relação do tipo $S_r = a + b R_i$; ou seja, $25,4 \text{ W/m}^2 < 30,5 \text{ W/m}^2$, conclui-se que a inclusão da reflectância da vegetação não melhora a estimativa do saldo de radiação em função da radiação solar. Isto ocorre, segundo GAY (1971) e NEKENDIRIM (1973), pelo fato dos dados de reflectância terem sido obtidos sobre uma única superfície, no caso sobre um parreiral. Resultados semelhantes foram divulgados por AZEVEDO et al (1990) para o mesmo local, Petrolina - PE, diferindo apenas no tipo de cobertura vegetal (cultivo de soja).



CONCLUSÕES

Com base nos resultados do presente trabalho, pode-se concluir que:

- 1) A reflectância do dossel vegetativo da videira varia de $0,15 \leq \rho_v \leq 0,18$ nos primeiros dias após a brotação das gemas a $\rho_v = 0,23$ no estágio de máximo desenvolvimento vegetativo, a cerca de 45 dias após a brotação das gemas, com uma redução de 3% por ocasião das irrigações.
- 2) O saldo de radiação representa 61% da radiação solar incidente nos primeiros dias após a brotação das gemas, do qual 15% é usado no aquecimento do solo. A razão entre S_r e R_i atinge a proporção máxima de 71% no subperíodo de florescimento quando, sendo o fluxo de calor no solo muito baixo (4% de S_r), a maior proporção do saldo de radiação é usada no processo de evapotranspiração.
- 3) Para estudos do balanço de energia e estimativa da evapotranspiração potencial da cultura da videira, na região de Petrolina - PE, pode-se estimar o saldo de radiação em função apenas da radiação solar global incidente com excelente precisão, através da equação: $S_r(\text{W/m}^2) = 0,64 R_i (\text{W/m}^2) - 14,03$, com um erro padrão de estimativa de $S_{y,x} = 25,4 \text{ W/m}^2$, para uma confiabilidade de 95%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, P.V. de, LEITÃO, M.M.V.B.R., SOUZA, I.F. de et al. Balanço de radiação sobre culturas irrigadas no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 403-410, 1990.
- BLAD, L.B., BAKER, D.G. Reflected radiation from a soybean crop. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, p. 277 - 281, 1972.
- CUNHA, R.G., BERGAMASCHI, H., BERLATO, M.A. et al. Balanço de radiação em cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, Maceió - AL, 1989. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, **Anais...**, p. 322-329, 1989.
- DAVIES, J.A., BUTTIMOR, P.H. Reflection coefficients, heating coefficients and net radiation at Simcoe, Southern Ontario. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 6, p. 373-386, 1969.
- FRITSCHEN, L.J. Net and solar radiation relations over irrigated field crops. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 4, p. 55-62, 1967.
- FUNARI, F.L., TARIFA, J.R., SIMPSON, J.G.P. Estudo comparativo entre as equações de Brunt-Penman (1949) e Linacre (1967) para estimativa da radiação líquida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4, Londrina-PR, 1985. **Resumos...**, p. 129, 1985.

- GAY, L.W. The regression of net radiation upon solar radiation. Arch. **Meteorological Geophysics Bioclimatology**, Ser. B, v. 19, p. 1-14, 1971.
- GLOVER, J. Net radiation over tall and short grasses. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 10, p. 455-459, 1972.
- IDSO, S. B. An analysis of the heating coefficient concept. Journal of **Applied Meteorology**, American Meteorological Society, Washington, v. 7, p. 716-717, 1968.
- IDSO, S.B., BAKER, D.G., BLAD, B.L. Relations of radiation fluxes over natural surfaces. **Quart. J. R. Met. Society**, London, v. 95, p. 244-257, 1969.
- IMPENS. I., LEMEURE, R., MOERMANS, R. Spacial and temporal variation of net radiation in crop canopies. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 7, p.335-337, 1970.
- JACOBS, A.F.G., VAN PUL, W.A.J. Seasonal changes in the albedo of a maize crop during two seasons. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 49, p. 351-360, 1990.
- LEITÃO, M.M.V.R. , AZEVEDO, P.V. de, COSTA, J.P.R. da . Balanço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada, nas condições semi-áridas do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 6, Salvador -BA, Sociedade Brasileira de Meteorologia. **Anais...** ,p. 27-32, 1990.
- LINACRE, E.T. Estimating the net - radiation flux. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 49-63, 1968.
- MATTHIAS, A.D., COATES, W.E. Wine Grape vine radiation balance and temperature modification with fine-mist nozzles. **Hort Science**, Alexandria - VA, v. 21, n. 6, p. 1453-1455, 1986.
- MONTEITH, J.L. Radiation and corps. **Experimental Agricultural**, London, v. 1, p. 241-251, 1965.
- NKEMDIRIM, L.C. A note on the albedoes of sufaces. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 11, n. 5, p. 867-874, 1972.
- NKEMDIRIM, L.C. Radiative flux relations over crops. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 11, p. 229-242, 1973.
- OLIVER, H.R., SENE, K.J. Energy and water balance of developing vines. **Agricultural and Forest Meteorology**, Ser. A, Amsterdam, v. 61, p. 167-185, 1992.
- PENMAN, H.L.. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London**, v. 193, p. 120-145, 1948.
- PENMAN, H.L. Evaporation: an introductory survey. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 4, p. 8-29, 1956.
- PRATES, J.E., COELHO, D.T., STEINMETZ, S. Análise da variação temporal dos componentes do balanço de radiação em cultura de arroz (**Oryza sativa** L.) de sequeiro. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 5, Rio de Janeiro - RJ, 1988. **Anais...**, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, p. 29-33, 1988.

STANHILL, G., COX, J.T.H., MORESHET, S. The effect of crop and climate factors on the radiation balanço of an irrigated maize crop. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 5, p. 707-720, 1968.