

ISSN 0104-1347

Efeito da cultura do pimentão sobre os elementos energéticos em ambiente protegido

Effect of bell peppers crop on the energy elements inside greenhouse

Marcelo Augusto de Aguiar e Silva¹, Emerson Galvani² e João Francisco Escobedo³

Resumo - Com o objetivo de quantificar e avaliar as alterações causadas pela cultura do pimentão nos elementos energéticos (radiação solar global, refletida e difusa) dentro de um microclima de cultivo, calculou-se um índice para cada um desses elementos. O experimento foi desenvolvido em dois anos distintos, primeiramente, com o solo sem cobertura vegetal (01/06 a 05/09/99), e posteriormente, com a cultura do pimentão híbrido Margarita (01/06 a 05/09/00), na localidade de Botucatu - SP (latitude de 22° 51'S; longitude de 48° 26'W e altitude de 786m). Os dados de radiação solar global, refletida e difusa, foram medidos nas condições de ambiente protegido e a campo. Diante dos resultados obtidos, conclui-se que o maior efeito da cultura do pimentão alterando o microclima de cultivo foi observado no índice da radiação solar difusa. Esse efeito está relacionado, possivelmente, a um efeito difusor da própria cultura do pimentão, que aumentou a fração difusa da radiação solar devido às interações da radiação solar direta com as plantas de pimentão. Sobre a radiação solar global e refletida, o efeito da cultura alterando o microclima de cultivo não apresentou valores significativos.

Palavras-chave: radiação solar, ambiente protegido, pimentão, elementos energéticos.

Abstract - The objective of current work has been to evaluate the energetic elements (global, diffuse and reflected solar radiations), searching an indicator for the effect of the bell pepper on the crop microclimate. The measures were obtained in two specific environmental conditions: greenhouse and crop field; taking into account the situations of soil cover: without vegetation and with bell pepper crop (hybrid Margarita). The study was carried out in experimental area on Departamento de Recursos Naturais, Setor de Ciências Ambientais, FCA/UNESP, Campus of Botucatu-SP, during the periods from 01/06 to 05/09/1999 (without culture) and 01/06 to 05/09/2000 (with cultivate). The results allowed to conclude that there was an increase of diffuse radiation level in the cultivation environment caused by bell pepper crop. Possibly, this increase is linked to the crop capacity to diffuse radiation, promoted by the interactions of the solar radiation with vegetative dossel. The global and reflected solar radiation levels were not modified by effect of culture on crop microclimate.

Key words: solar radiation, protected environment, bell pepper, energy elements.

Introdução

O cultivo, em ambiente protegido com o objetivo de melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas, sem apresentar variação

sazonal na produção, tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, não só no Brasil, mas em todo mundo. Segundo MELO (1997), no Estado de São Paulo, dentre as culturas de importância econômica, cultivadas em ambiente

¹Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP. Caixa Postal 237. CEP: 18603-970. E-mail: aguiaresilva@fca.unesp.br.

²Prof. Dr., Departamento de Geografia - Laboratório de Climatologia - USP. Av. Prof. Lineu Prestes, 338. CEP: 05508-900, São Paulo - SP.

³Prof. adjunto, Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Campus de Botucatu, SP. Caixa Postal 237. CEP: 18603-970.

protegido, o pimentão é a olerícola mais cultivada, uma vez que é a cultura que tem melhor se adaptado ao ambiente protegido no estado.

Dois critérios para classificar a eficiência do ambiente protegido foram definidos por BAILLE & BAILLE (1990), quando estes estudavam a influência de diferentes estruturas na transmissão da radiação solar, primeiro, alta transmissividade da radiação solar durante o período do inverno e, segundo, a homogeneidade na distribuição da luminosidade no interior do ambiente protegido.

Devido à absorção e reflexão do material de cobertura plástica, a densidade de fluxo da radiação solar global, no interior do ambiente protegido, é menor que observada externamente (BUGALHO SEMEDO, 1978; SEEMAN, 1979; PRADOS, 1986; ROBLEDO DE PEDRO & VICENTE, 1988; KURATA, 1990; CERMEÑO, 1990). A cobertura plástica atua como dispersante da radiação solar, devido as suas características óticas, pode assim aumentar a fração difusa da radiação solar no interior do ambiente protegido (PRADOS, 1986; FARIAS *et al.*, 1993), o que é um efeito bastante desejável, uma vez que a radiação solar difusa é mais efetiva nos processos de fotossíntese, pois é multidirecional; penetra melhor pelo dossel da cultura, e pode compensar, em parte, a opacidade do filme plástico à radiação solar (MARTINEZ GARCIA, 1978; PRADOS, 1986).

A transmissividade do material de cobertura do ambiente protegido à radiação solar depende da sua composição, espessura, tempo de exposição às condições de ambiente, condições atmosféricas no momento da determinação, condensação nas paredes internas do ambiente protegido, deposição de poeira, ângulo de incidência dos raios solares, orientação e arquitetura da estufa (ALPI & TOGNONI, 1984; ROBLEDO DE PEDRO & VICENTE, 1988; CAMACHO *et al.*, 1995).

Normalmente, os estudos relacionados a ambientes protegidos visam quantificar a influência dos elementos energéticos (radiação solar global, refletida e difusa) na qualidade e quantidade da produção final. Não se observam na literatura, trabalhos que objetivem avaliar o efeito inverso, ou seja, qual seria a influência nos elementos energéticos que a cultura exerceria no microclima de cultivo. Diante do exposto, neste trabalho, objetivou-se avaliar a influência da cultura do pimentão nos elementos

energéticos (radiação solar global, refletida e difusa), nas condições de ambiente protegido e campo, na localidade de Botucatu – SP.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, localizada no município de Botucatu, Estado de São Paulo. A área experimental apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 22° 51'S; longitude de 48° 26'W e altitude de 786m.

A área experimental constitui-se de duas parcelas, com dimensões e sentido idênticas, uma na condição de ambiente protegido e, na outra, a condição de campo. O ambiente protegido construído foi um tipo arco não-climatizado, com área de 140m², sendo 7,0m de largura por 20,0m de comprimento, com laterais a 2,2m acima do nível do solo e arco central de 4,0m, orientado, predominantemente, no sentido leste-oeste geográfico. O polietileno utilizado foi de 100µm de espessura e, nas laterais utilizou-se malha preta de polietileno (sombrite), com redução de 50% da radiação solar.

O híbrido de pimentão utilizado foi o Margarita, que apresenta frutos vermelhos quando maduros. As plantas de pimentão foram conduzidas com crescimento livre (sem poda). A técnica utilizada no tutoramento da cultura foi espaldeira simples.

As especificações dos sensores das componentes da radiação solar global, refletida e difusa, utilizados no monitoramento da área experimental, nas condições de ambiente protegido e campo, encontram-se na Tabela 1.

Para a determinação da radiação solar global utilizaram-se dois piranômetros, um para o ambiente protegido e outro para a condição de campo. As medidas da radiação solar difusa foram obtidas utilizando-se um anel de sombreamento sobre um piranômetro, sendo utilizados dois anéis de sombreamento e dois piranômetros, um para a condição de ambiente protegido e outro para a condição de campo. A função do anel de sombreamento é barrar a radiação solar direta sobre o sensor. Para obtenção das medidas da radiação solar refletida, utilizaram-se dois piranômetros voltados para o solo, um em condição de ambiente protegido e o outro no campo.

Tabela 1. Sensores para medida da radiação solar global, refletida e difusa nas condições de ambiente protegido e de campo e seus respectivos fabricantes.

Componentes da Radiação solar	Fabricante	
	Ambiente protegido	Campo
Global	Kipp-Zonen	Eppley*
Refletida	Kipp-Zonen	Kipp-Zonen*
Difusa	Kipp-Zonen	Eppley

* Sensores instalados na Estação de Radiometria Solar de Botucatu, que se encontra a 100 metros da área experimental.

Com o objetivo de avaliar e quantificar o efeito da cultura do pimentão sobre os elementos energéticos (radiação solar global, refletida e difusa), calculou-se um índice entre esses elementos. Esse índice é adimensional e foi determinado pela da relação entre o elemento medido na condição de ambiente protegido e o mesmo elemento na condição de campo, obtendo-se assim um índice para o período sem cultura e outro índice para o período com a cultura do pimentão.

$$I = \frac{\text{Elemento}(ap)}{\text{Elemento}(ac)} \quad (1)$$

em que, I é o índice dos elementos energéticos obtido pela relação entre o elemento na condição de ambiente protegido (ap) e campo (ac).

Como os dados foram obtidos em duas épocas distintas, o período sem cultura foi de 01/06 a 30/11/99, totalizando 6 meses de dados com solo sem vegetação, e o período com a cultura do pimentão foi de 15/02 a 05/09/00, aproximadamente 8 meses de ciclo da cultura, necessitou-se minimizar o efeito da sazonalidade, para que se pudessem comparar estes dois períodos diferentes e tentar quantificar como a cultura alterou esses elementos. Para tanto, o período utilizado foi coincidente, mas em anos diferentes, sendo de 01/06 a 05/09/99 para o período sem cultura e de 01/06 a 05/09/00 para o período com a cultura, totalizando assim 97 dias de dados para cada período.

Resultados e discussão

Na Figura 1, observa-se a variação do índice da radiação solar global para um período coincidente de 97 dias, num período sem cultura (IG sc) e com a cultura do pimentão (IG cc). No dia 01-06-00, início do período de análises com cultura, as plantas de pimentão encontravam-se com 107 dias após o transplante (DAT).

Multiplicando-se os valores do índice da radiação solar global por 100, obtém-se os valores do que usualmente convencionou-se chamar de transmissividade da cobertura. Os valores médios do índice da radiação solar global, para os períodos sem e com cultura do pimentão, foram de 0,72 e 0,76, respectivamente. Isto quer dizer que, no período sem a cultura, o valor da radiação solar global no ambiente protegido representou 72% da radiação solar em condição de campo, e no período com a cultura, 76% da radiação solar global observada no campo foi detectada no ambiente protegido, o que está de acordo com os valores obtidos por (ALPI & TOGNONI, 1984; ROBLEDO DE PEDRO & VICENTE, 1988; FARIAS et al., 1993; BURIOL et al., 1993, BURIOL et al., 1995; CUNHA, 2001; GALVANI, 2001). Dentre os fatores que influenciam os valores de transmissividade, destaca-se a composição do material de cobertura, espessura, tempo de exposição às condições de ambiente, condições atmosféricas no momento da determinação, condensação nas paredes

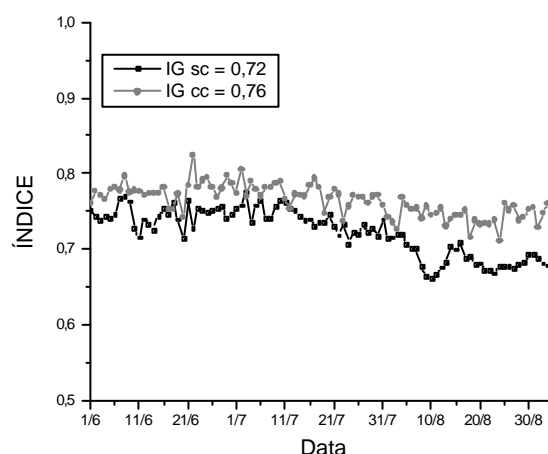


Figura 1. Índice da radiação solar global para o período coincidente de 97 dias (01/06 a 05/09/99 e de 01/06 a 05/09/00) sem cultura (IG sc) e com cultura do pimentão (IG cc).

internas do ambiente protegido, deposição de poeira, ângulo de incidência dos raios solares, orientação e arquitetura do ambiente protegido (ALPI & TOGNONI, 1984; ROBLEDO DE PEDRO & VICENTE, 1988; CAMACHO *et al.*, 1995). Como o ambiente protegido e o polietileno utilizados foram os mesmos nos dois períodos, (mesma arquitetura, orientação, composição e espessura do material de cobertura) e como as medidas foram feitas no mesmo período em anos diferentes (mesmo ângulo de incidência dos raios solares), esse aumento do índice no período com a cultura deve-se, entre outros fatores, às condições atmosféricas no momento da determinação (tipo e total de nuvens), que foi diferente nos dois anos, condensação nas paredes internas do ambiente protegido, tempo de exposição do polietileno às condições de ambiente, que, possivelmente, levaram a uma decomposição do material de cobertura e a deposição de poeira.

Os valores médios do índice da radiação solar refletida para os períodos sem e com cultura foram de 0,51 e 0,56, respectivamente, e estão representados na Figura 2. Observa-se no período sem cultura que os valores da radiação solar refletida na condição de ambiente protegido, representaram 51% da radiação solar refletida na condição de campo, e para o período com a cultura, 56% da radiação solar refletida na condição de campo foram refletidas na condição de ambiente protegido.

De maneira geral, os índices da radiação solar refletida apresentaram variações diferentes. No início

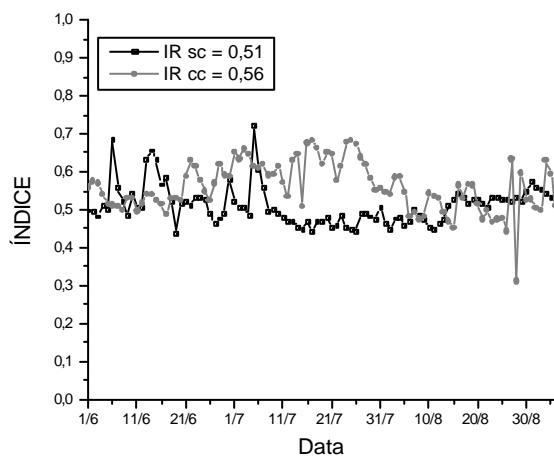


Figura 2 Índice da radiação solar refletida sem cultura (IR sc) e com cultura do pimentão (IR cc).

do período sem cultura (IR sc), as variações observadas deveram-se a um período de chuvas (Figura 3a). Quando da ocorrência de chuvas, o solo, na condição de campo, apresentava a superfície molhada, mas o solo, na condição de ambiente protegido, mantinha-se seco. Como o solo seco tem um coeficiente de reflexão maior que o solo úmido (SENTELHAS *et al.*, 1998), e como o índice foi obtido pela relação entre o ambiente protegido e o campo, houve um aumento do índice nestes dias. Para o período com a cultura do pimentão (IR cc), a variação do índice está relacionada com o índice de área foliar (IAF) da cultura (Figura 3b). No dia 01-06-00, primeiro dia do período de análises com a cultura do pimentão, o dossel da cultura encontrava-se em pleno desenvolvimento vegetativo, atingindo seu índice máximo de área foliar no dia 11-07-00 e 27-06-00 nas condições de ambiente protegido e de campo, respectivamente. O índice apresentou seus maiores valores entre os dias 22-06 e 25-07-00, período em que o dossel apresentou os maiores valores de IAF. A partir do dia 25-07-00, pudemos observar decréscimo no IAF na condição de ambiente protegido (estádio de senescência das plantas). Na condição de campo, o decréscimo do IAF começou dia 27-06-00, e com o decréscimo do IAF houve, conseqüentemente, queda no índice da radiação solar refletida.

O índice da radiação solar difusa, para o período de estudos, sem cultura (ID sc) e com cultura do pimentão (ID cc), está representado na Figura 4. Observa-se que, no período sem cultura, os valores médios foram de 1,24, mostrando que a radiação solar difusa na condição de ambiente protegido foi 24% superior à radiação solar obtida na condição de campo. Para o período com a cultura, o valor do índice foi de 1,43, isto quer dizer que a radiação solar difusa observada na condição de ambiente protegido foi 43% superior à obtida na condição de campo.

Os picos do índice radiação solar difusa, como observados nos dias 22/06, 13/07 e 26/07/00 no período com cultura e nos dias 01/06, 11/06 e 30/06/99 no período sem cultura, devem-se a dias de céu com ausência total de nuvens, em que a condição de ambiente protegido apresentou valores superiores de radiação solar difusa em relação àqueles encontrados no campo, evidenciando o efeito difusor da cobertura de polietileno para esta componente da radiação solar. O aumento do índice, no período com cultura deve-se, possivelmente, a um efeito difusor da própria cultura. Na condição de ambiente protegido, uma fração da radiação solar, ao atravessar o polietileno

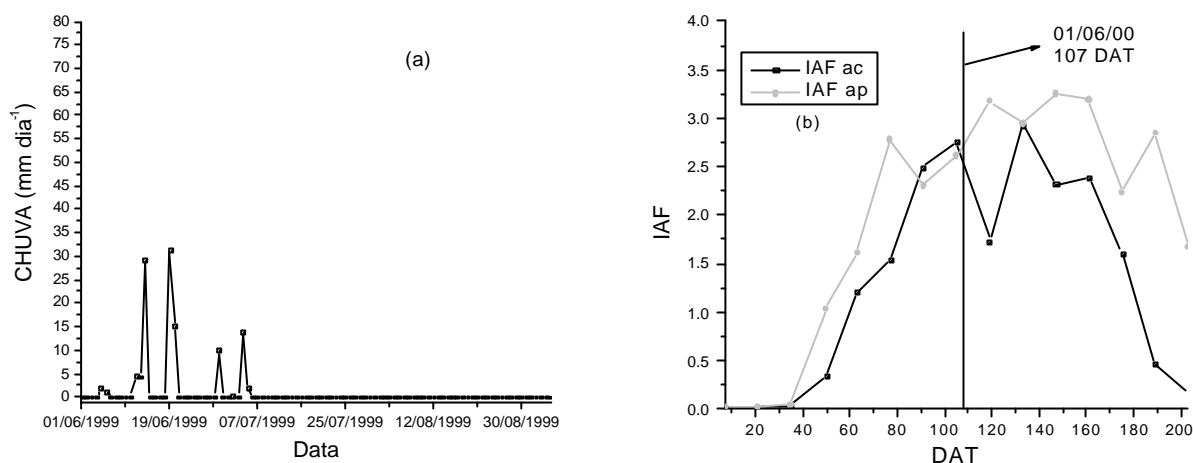


Figura 3. Precipitação pluviométrica para o período sem cultura (a) e índice de área foliar do pimentão (b) para as condições de ambiente protegido (IAF ap) e campo (IAF ac).

difundiu-se e outra continuou direta, esta fração direta da radiação solar, ao interagir com a cultura do pimentão, apresentou parte desta radiação solar refletida pela cultura e a outra parte difundiu-se, tornando-se multidirecional, atingindo o sensor novamente e superestimando seu valor. Como a cultura apresentou maior área foliar na condição de ambiente protegido (Figura 3b), este efeito difusor da cultura foi maior nesta condição.

Conclusões

Diante dos resultados obtidos pode concluir-se que, o maior efeito da cultura do pimentão alterando o microclima de cultivo é observado no índice da radiação solar difusa. Esse efeito está relacionado a um efeito difusor da própria cultura do pimentão, que aumenta a fração difusa da radiação solar devido às interações da radiação solar direta com as plantas de pimentão. Sobre os outros elementos energéticos (radiação solar global e refletida), o efeito da cultura alterando o microclima de cultivo não apresenta valores significativos.

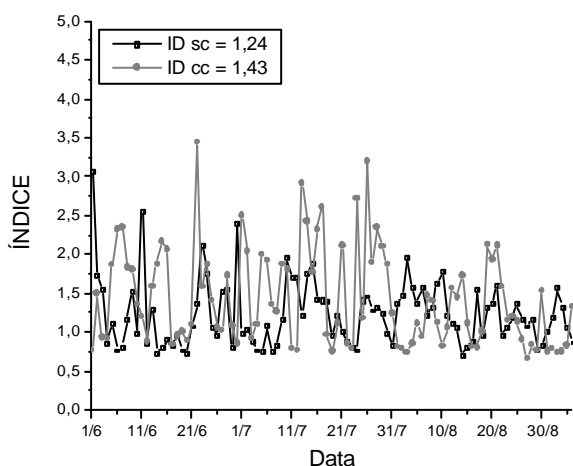


Figura 4. Variação do índice da radiação solar difusa para o período sem cultura (ID sc) e com cultura do pimentão (ID cc), no período de estudo.

Referências bibliográficas

- ALPI, A.; TOGNONI, F. **El cultivo en invernadero**. Lisboa: Presença, 1984. 196 p.
- BAILLE, M.; BAILLE, A.A. Simple model for the estimation of greenhouses transmission: influence of structures and internal equipment. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 281, p. 35-46, 1990.
- BUGALHO SEMEDO, C.M. **A intensificação da produção hortícola**. Portugal: Europa-América, 1978. 191 p.
- BURIOL, G.A.; STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M. Modificação ambiental causada por túneis baixos de polietileno transparente perfurado, cultivados com alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 261-266, 1993.
- BURIOL, G.A. et al. Transmissividade à radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas.

Ciência Rural, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 1-4, 1995.

CAMACHO, M.J. et al. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 19-24, 1995.

CERMEÑO, Z.S. **Estufas: Instalação e manejo**. Lisboa: Litexa, 1990. 355 p.

CUNHA, A.R. **Parâmetros agrometeorológicos de cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambientes protegido e de campo**. Botucatu: UNESP, 2001. 128 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista, 2001.

FARIAS, J.R.B. et al. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, p. 31-36, 1993.

GALVANI, E. **Avaliação agrometeorológica do cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) em ambientes protegido e a campo, em ciclos de outono-inverno e primavera-verão**. Botucatu: UNESP, 2001. 124 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista, 2001.

KURATA, K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouse. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 52, p. 319-331, 1990.

MARTINEZ GARCIA, P.F. **Características climáticas de los invernaderos de plástico**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias – INIA, 1978. 48 p. (Hoja Técnica, 19)

MELO, A.M.T. **Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 112 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, 1997.

PRADOS, N.C. **Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado em abrigo de polietileno**. Almeria, Espanha: Caja Rural Provincial, 1986. 195 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Caja Rural Provincial, 1986.

ROBLEDO DE PEDRO, F.; VICENTE, L.M. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mundi-Prensa, 1988, 573 p.

SEEMAN, J. Greenhouse climate. In: **Agrometeorology**. New York, Germany: Springer-Verlag, 1979. p.165-178.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R. **Meteorologia Agrícola**, Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 1998. 131 p.