

## Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul

Solar radiation measured in protected ambient with tomato culture in summer-autumn seasons in Rio Grande do Sul State

Márkilla Zunete Beckmann<sup>1</sup> Geogea Rita Burck Duarte<sup>2</sup> Viviane Aires de Paula<sup>2</sup>  
Marta Elena Gonzalez Mendez<sup>2</sup> Roberta Marins Nogueira Peil<sup>2</sup>

### RESUMO

O crescimento e desenvolvimento de uma planta dependem da intensidade, qualidade e duração da radiação solar. Por esse fator ser de importância vital às plantas, o presente trabalho objetivou fazer uma avaliação sobre sua variação, bem como sobre a sua disponibilidade no interior do ambiente protegido durante o ciclo do tomateiro nas estações verão-outono em Pelotas, Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido de janeiro a junho de 2003 no Campus da Universidade Federal de Pelotas (latitude 31°52'S; longitude 52°21'W e altitude de 13m), em estufa plástica disposta no sentido Leste-Oeste, com área de 180m<sup>2</sup>. A cultivar utilizada foi "Flora-dade", semeada em 24/01/03, transplantada no dia 28/02/03, sendo a última colheita em 12/06/03. Avaliou-se a radiação solar global externa ( $R_{g_{ext}}$ ) e interna ( $R_{g_{int}}$ ), transmitância, radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e o albedo da cultura a partir de sensores eletrônicos conectados a um "datalogger". Durante o ciclo da cultura, o total de  $R_{g_{ext}}$  foi 1161,21MJ m<sup>-2</sup>, enquanto a  $R_{g_{int}}$  foi 881,85MJ m<sup>-2</sup>. A  $R_{g_{int}}$  e a RFA apresentaram valores médios diários de 8,5MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e 3,4MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente. A transmitância média da cobertura plástica à radiação solar global foi de 76%. O albedo médio diário da cultura foi 0,23, com albedo de 0,17 nos estádios iniciais, 0,26 no período de máximo crescimento e 0,23 no final do ciclo.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum* Mill., radiação solar global, albedo, estufa plástica.

### ABSTRACT

The growth and development of a plant depend on the intensity, quality and duration of the solar radiation. The present work had for objective to evaluate solar radiation variations, such as the availability inside a plastic greenhouse with tomato cropped in summer-autumn seasons in Pelotas, Rio Grande do Sul State, Brazil. The experiment was carried

out from January to June 2003, at the Federal University of Pelotas (31°52'S; 52°21'W; 13m alt.), inside a plastic greenhouse, with an area of 180m<sup>2</sup>, placed in the East-west direction. The "Flora-dade" cultivar was sown on January 24, transplanted on February 28, and harvested on June 12. The global solar radiation outside and inside, transmissibility, photosynthetically active radiation (PAR) and albedo were measured with electronic sensors connected to a datalogger. Throughout the crop cycle, the total of global solar radiation outside the greenhouse was 1161.21MJ m<sup>-2</sup>, while inside it was 881.85MJ m<sup>-2</sup>. The average daily values of inside global solar radiation and PAR were 8.5MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> and 3.4MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, respectively. The mean transmittance of the greenhouse for the global solar radiation was 76%. Daily mean value of albedo was 0.23, with 0.17 in the beginning of the culture development, 0.26 at maximum development and 0.23 at the end of the cycle.

**Key words:** *Lycopersicon esculentum* Mill., global solar radiation, albedo, plastic greenhouse.

### INTRODUÇÃO

No início dos anos 80, houve uma revolução na agricultura, principalmente nas áreas de produção de hortaliças, plantas ornamentais e de mudas, com a introdução do sistema de cultivos protegidos (MARTINS, 1996).

Algumas variáveis meteorológicas como temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar são modificadas pelo uso de estufas plásticas, influenciando o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas.

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: zunete@fcav.unesp.br. Autor para correspondência.

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, FAEM, UFPel, Pelotas, RS, Brasil.

A produtividade das culturas protegidas é determinada basicamente pela disponibilidade da energia solar (COCKSHULL et al., 1992). O crescimento e desenvolvimento normal das culturas só ocorrem quando a quantidade de radiação recebida for superior ao limite trófico. Para a maioria das hortaliças, como o tomateiro, esse nível é de aproximadamente  $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , considerado como nível em que a planta produz o mínimo de fotoassimilados necessários à sua manutenção (FAO, 1990; ANDRIOLO, 2000).

Na medida em que se aproxima do inverno, os valores médios da radiação solar global para diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul mostram que, em muitos destes, ocorrem valores inferiores ao limite trófico para as culturas agrícolas de verão (BURIOL et al., 2000). Além disto, a disponibilidade da radiação solar no interior de ambientes protegidos é diminuída em relação ao ambiente externo, devido à reflexão e à absorção pelo material de cobertura. Nas diferentes regiões do Brasil, em geral, ocorre uma redução da radiação solar incidente no interior da estufa com relação ao meio externo, que varia entre 5 a 35% (MARTINS et al., 1999). Ao ser interceptada pela cobertura vegetal, ainda pode ser absorvida, refletida e transmitida em proporções variáveis. A radiação refletida e a fração da radiação transmitida não participam dos processos biológicos. Portanto, somente a fração absorvida é efetivamente disponível para tais processos biológicos em um dossel vegetativo (PEREIRA et al., 2002).

Face ao exposto, pelo fato de a radiação solar ser de importância vital às plantas, o presente trabalho teve como objetivo fazer uma avaliação de sua variação, bem como verificar sua disponibilidade no interior de ambiente protegido durante o ciclo do tomateiro, nas estações de verão-outono, em Pelotas, Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido, no período de janeiro a junho de 2003, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, no Campus da Universidade Federal de Pelotas, localizado no município de Capão do Leão, Rio Grande do Sul, cujas coordenadas geográficas são latitude  $31^{\circ}52'32''$  Sul, longitude  $52^{\circ}21'24''$  Oeste e altitude de 13 metros acima do nível do mar (MOTA et al., 1975).

O experimento foi conduzido em estufa plástica com cobertura em arco e estrutura de ferro galvanizado, coberta com filme de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD) com  $150 \mu\text{m}$  de espessura e aditivada anti-UV, disposta no sentido

Leste-Oeste, com área de  $180 \text{ m}^2$ , pé direito lateral de 3,0m e cumeeira de 4,5m na parte central.

A área experimental foi cultivada com tomateiro cv. 'Flora-dade', americana, de hábito de crescimento determinado e frutos tipo salada. A semeadura foi realizada dia 24/01 em bandejas de poliestireno contendo 128 células preenchidas com substrato à base de húmus (75%) e casca de arroz carbonizada (25%), produzidas em sistema "float". O transplante para o local definitivo foi realizado em 28/02, em 15 parcelas com duas linhas de cultivo dentro de cada parcela, num espaçamento de 0,40m entre plantas e 0,70m entre filas, numa densidade de  $3,6 \text{ plantas m}^{-2}$ . Por ocasião do transplante, os canteiros foram cobertos com filme plástico preto de  $50 \mu$  ("mulching"). O sistema de irrigação empregado foi do tipo localizado (gotejamento).

As determinações da radiação solar, durante todo o ciclo da cultura, foram realizadas a partir de sensores específicos, acoplados a um "datalogger" marca Campbell Scientific, modelo 21 XL, na região central da estufa. O sistema foi programado para realizar leituras em intervalos de 10 segundos, com médias a cada 15 minutos.

Foram utilizados para medição dos fluxos de radiação solar tubos solarímetros localizados no bloco central da estufa entre as linhas de cultivo da parcela, dispostos da seguinte forma: um com o elemento sensor voltado para cima (para medir a radiação solar incidente sobre o dossel  $R_{g_{inc}}$ ), a 2m acima da superfície do solo; outro com o elemento sensor voltado para baixo (para medir a radiação solar refletida pelo solo e cultura  $R_{g_{rsc}}$ ); e o terceiro, posicionado a 10cm acima da superfície do solo, voltado para cima (para medir a radiação solar transmitida ao solo  $R_{g_s}$ ). Os dados de radiação foram registrados em valores instantâneos em  $\text{W m}^{-2}$  e integralizados em  $\text{MJ m}^{-2}$ .

Através da relação entre a radiação refletida pelo solo e cultura ( $R_{g_{rsc}}$ ) e radiação solar incidente sobre o dossel ( $R_{g_{inc}}$ ) foi obtido o albedo (r) da cultura:

$$r = R_{g_{rsc}} R_{g_{inc}}^{-1} \quad [1]$$

Para melhor caracterização do albedo, ao longo do experimento, foram observados os seguintes estádios de desenvolvimento do tomateiro, baseado em MAROUELLI et al. (1991): I - semeadura até o transplante; II - desde o transplante até 70 a 80% do desenvolvimento vegetativo (início do florescimento); III - desde o final do estágio II até o início da maturação; IV - desde o final do estágio III até o final da colheita.

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no interior da estufa plástica foi obtida por um sensor marca LI-COR, modelo LI 190SB, instalado acima do

dossel vegetativo a 2 m de altura, no centro do ambiente. Os dados de RFA foram registrados em unidade de medida instantânea ( $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) e integralizados em  $\text{mol m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ , adotando-se o seguinte procedimento:

$$\text{RFA} = \left( \sum_{\text{diário}} \text{RFA}(\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}) t(\text{s}) \right) 10^{-6} \quad [2]$$

( $\text{mol m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ),

onde RFA é a radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{mol m}^{-2} \text{dia}^{-1}$  para o período diário; e  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$  para intervalo de segundos); t o tempo entre as coletas (s).

Para fins de comparação, os dados de RFA foram transformados em  $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ , utilizando-se um valor de conversão conforme THIMIJAAN & HEINS (1983), pela seguinte equação:

$$\text{RFA} = \sum_{\text{diário}} (\text{RFA}(\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}) t(\text{s}) / 4,57) 10^{-6} \quad [3]$$

( $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ ),

sendo 4,57 o valor de conversão. O resultado foi dividido por  $10^6$  para transformar em  $\text{MJ m}^{-2}$ . Todos os valores calculados a cada 15 minutos foram somados, obtendo-se a radiação solar em  $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ .

A radiação solar global externa foi obtida na Estação Agroclimatológica de Pelotas-RS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do experimento, a densidade de fluxo de radiação solar global no interior da estufa foi menor do que a céu aberto (exterior), totalizando  $881,85 \text{MJ m}^{-2}$  e  $1161,21 \text{MJ m}^{-2}$ , respectivamente (Figura 1), e essa diferença é devido ao efeito redutor exercido pela cobertura plástica sobre a radiação solar global, que tem capacidade de absorver e refletir a radiação incidente (FARIAS et al., 1993; CRITTEN, 1993; MARTINS et al., 1999; ANDRIOLO, 1999). No entanto, observa-se que as curvas da radiação solar interna e externa apresentam dias com proximidade de valores (Figura 1), fato associado à ocorrência de nebulosidade acompanhada de precipitação. Isto mostra que o efeito redutor do filme plástico em dias com nebulosidade não é tão grande, mas, por outro lado, nos dias completamente claros, sem nebulosidade, o distanciamento entre as curvas foi bem acentuado. Estes dados estão de acordo com ASSIS (2000).

A radiação solar global interna representou 76% da radiação solar global externa, obtendo-se uma transmitância da cobertura plástica que variou de 63 a 93%, portanto, semelhante aos resultados registrados por FARIAS et al. (1993), mínima de 65% e máxima de 90% e CAMACHO et al. (1995), em estufa tipo túnel alto, com transmitância média de 78%, variando de 65 a 89%, ambos desenvolvidos no mesmo local do trabalho em apreço. Segundo estes autores, a redução da entrada de radiação para o interior da estufa, pode ser atribuída ao progressivo envelhecimento do filme de polietileno e ao acúmulo de poeiras sobre o mesmo.

A orientação geográfica da estufa também influencia a transmissividade segundo alguns autores citados por SCHIEDECK (2002). No trabalho de ASSIS (1998), a estufa orientada no sentido Leste-Oeste apresentou uma transmitância média anual de 74% à radiação global, enquanto, no sentido Norte-Sul, esse valor foi de 65%. O valor obtido em relação à orientação Leste-Oeste concorda com o valor obtido no presente trabalho.

Outro fator que pode ter influenciado a transmitância é a condensação formada no interior da estufa, pois a aderência de gotas de água sobre o filme plástico reduz a transmissividade do material (ROBLEDO & MARTIN, 1988), refratando os raios solares em diversas direções.

A importância dessa avaliação não é só por causa da transmissividade à radiação solar, que varia em função do tempo de uso do plástico, como também devido à disponibilidade da radiação solar para os cultivos agrícolas, pois a quantidade e qualidade da luz que penetra no interior da estufa são muito importantes (ASSIS, 2000).

As diferenças no recebimento de radiação solar no interior das estufas se refletem sobre o resultado fenológico e produtivo dos cultivos. A radiação solar é o principal fator que limita o rendimento das espécies tanto a campo quanto em ambientes protegidos (MARTINS et al., 1999). Segundo COCKSHULL (1988), reduções na radiação solar na ordem de 1% refletem reduções de 1 a 3% na produção final, para culturas como tomateiro e pepino.

A radiação solar global incidente, no decorrer do experimento, apresentou um valor médio diário de  $8,5 \text{MJ m}^{-2}$  no interior da estufa, variando entre  $0,35$  a  $18,94 \text{MJ m}^{-2}$ , ficando próximo ao limite trófico, que, segundo a FAO (1990), para a cultura do tomateiro, é  $8,4 \text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ . Na figura 1, pode ser observada a variação da radiação solar global interna, em comparação ao limite trófico.

A radiação solar global diária no interior da estufa durante o período do experimento foi inferior ao limite trófico em 53 dias, o que representou 50,5% dos dias (Tabela 1). Do início do florescimento ao final do experimento, a radiação solar foi inferior ao limite trófico em 49 dias, que representou 57% dos dias. Segundo ANDRIOLO (2000), as plantas que estão em produção de frutos exigem níveis de radiação mais elevados do que plantas jovens no início de crescimento vegetativo. Porém, quando a radiação disponível diminui no decorrer do ciclo da cultura, uma competição passa a existir pelos assimilados entre as partes vegetativas e os frutos.

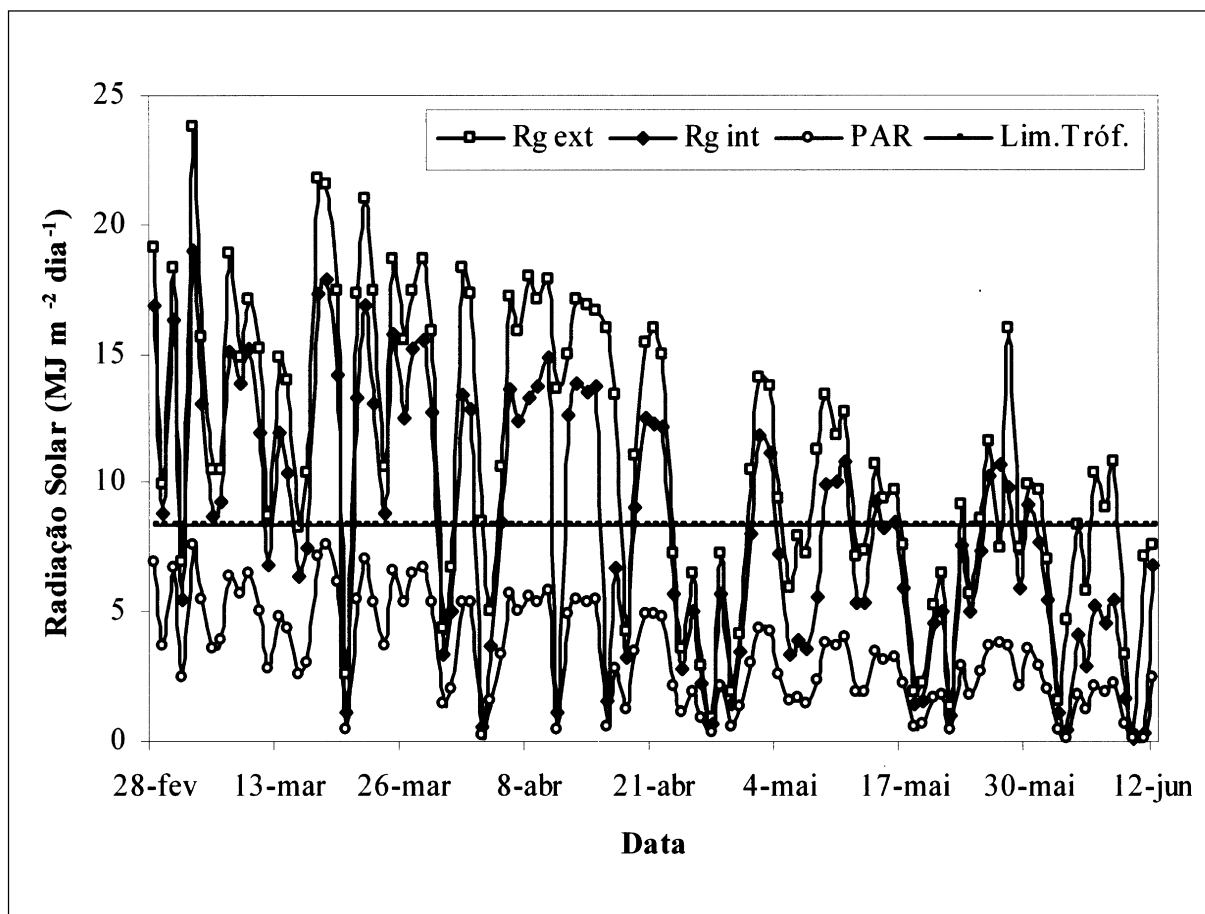


Figura 1 – Radiação solar ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) a céu aberto ( $R_g \text{ ext}$ ) e em ambiente protegido ( $R_g \text{ int}$ ) em comparação ao limite trófico da cultura do tomateiro ( $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no interior do ambiente protegido, no período de 28/02/03 a 12/06/03, em Pelotas, RS.

Tabela 1 – Valores médios da radiação global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) a céu aberto e em ambiente protegido, para os estádios fenológicos do tomateiro e número de dias com valores inferiores ou iguais ao limite trófico da cultura, segundo FAO (1990), no período de 28/02/03 a 12/06/03, em Pelotas, RS.

Estádios	Data	D	Médias		Nº de dias com valores inferiores ou iguais ao limite trófico	
			Céu aberto ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ )	Ambiente protegido ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ )	Céu aberto	Ambiente protegido
I	24/01 - 27/02	35	-	-	-	-
II	28/02 - 18/03	19	14,7	12,2	2	4
III	19/03 - 09/05	52	12,1	8,9	16	23
IV	10/05 - 12/06	34	7,5	5,6	20	26
Total	24/01 - 12/06	140	-	-	38	53

Estádios - I: sementeira até o transplante; II: desde o transplante até 70 a 80% do desenvolvimento vegetativo (início do florescimento); III: desde o final do estágio II até o início da maturação; IV: desde o final do estágio III até o final da colheita; D: duração do estágio (dias).

No decorrer do experimento, chegando próximo ao inverno, observa-se que a radiação solar chegou a valores inferiores e/ou próximo ao limite trófico (Tabela 2). Em 12 dias de avaliação no mês de junho, todos ficaram abaixo do limite trófico, o que mostra ser limitante para o desenvolvimento da cultura. Estes dados estão de acordo com BECKMANN et al. (2003), que constataram que a radiação solar disponível no município de Pelotas/RS é limitante nos meses de junho e julho. ESTEFANEL et al. (1998) mostraram que, nos meses de maio, junho e julho, a radiação solar média disponível em Santa Maria/RS, também não permite crescimento e desenvolvimento normais do tomateiro.

Na radiação solar global que penetra no interior da estufa, está contida a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), que é a principal determinante da taxa de crescimento das plantas e da produtividade.

A radiação solar global e radiação RFA no interior da estufa (Figura 1) apresentaram padrões de variações similares. A radiação RFA apresentou um valor médio de  $3,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , representando cerca de 40% da radiação global no interior da estufa ( $8,5 \text{ MJ m}^{-2}$ ). SCHIEDECK (2002) obteve resultados semelhantes, sendo que a radiação RFA representou cerca de 43% da radiação global em ambiente protegido.

A radiação RFA é geralmente estimada como uma fração constante do espectro eletromagnético, representando em média um valor de 50% (VAN HEEMST, 1986). ASSIS & MENDEZ (1989) estimaram a relação entre radiação RFA e radiação global média a céu aberto em Pelotas/RS, em 47%.

Albedo da cultura

As médias diárias de reflectância ou albedo ao longo do ciclo da cultura do tomateiro, estão

representadas na Figura 2. Embora a variação tenha sido observada nos valores diários de albedo do tomateiro ao longo do ciclo, o valor médio foi de 0,23. No início das observações, em torno de 19 dias após o transplante (estádio II), foram observados os menores valores de albedo, com média de 0,17, quando a superfície do solo se encontrava quase totalmente exposta à radiação solar incidente. O albedo aumentou progressivamente ao longo do desenvolvimento vegetativo e da floração, atingindo os valores máximos nesse período, com um albedo médio de 0,26 durante a frutificação e o início da maturação (estádio III). A partir do início do estágio IV até a última colheita, o albedo passou a se reduzir, atingindo valor médio de 0,23. Esta redução pode ser atribuída ao processo de senescência, mudança de coloração e queda natural das folhas.

O albedo das culturas pode variar desde valores mínimos nos primeiros estádios de desenvolvimento, quando o solo está menos coberto pela vegetação, até atingir valores máximos, quando a cultura alcança seu completo desenvolvimento vegetativo, cobrindo praticamente todo o solo (BLAD & BAKER, 1972).

Para as distintas espécies de plantas, o albedo é diferente, e para uma mesma espécie vegetal, ele depende das etapas de crescimento, das condições de radiação solar, arquitetura das plantas, conteúdo de umidade das folhas, cor das folhas, entre outros fatores. No início da estação de crescimento, ele é determinado, principalmente, pelas características óticas das partículas do solo, estrutura da superfície e conteúdo de umidade do solo; no auge do crescimento, ele depende das condições físicas das folhas e da estrutura do cultivo (JACOBS & VAN PUL, 1990).

Tabela 2 – Médias mensais da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) a céu aberto e em ambiente protegido, e número de dias com valores inferiores ou iguais ao limite trófico para a cultura do tomateiro, segundo FAO (1990), no período de 28/02/03 a 12/06/03, em Pelotas, RS.

Mês	Médias		Nº de dias com valores inferiores ou iguais ao limite trófico	
	Céu aberto	Ambiente protegido	Céu aberto	Ambiente protegido
	( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ )	( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ )		
fevereiro	20,51	17,20	0	0
março	14,32	11,67	5	7
abril	11,67	8,21	10	14
maio	8,77	7,05	14	20
junho	6,33	3,19	9	12
Total (ciclo)	1161,21	881,85	38	53

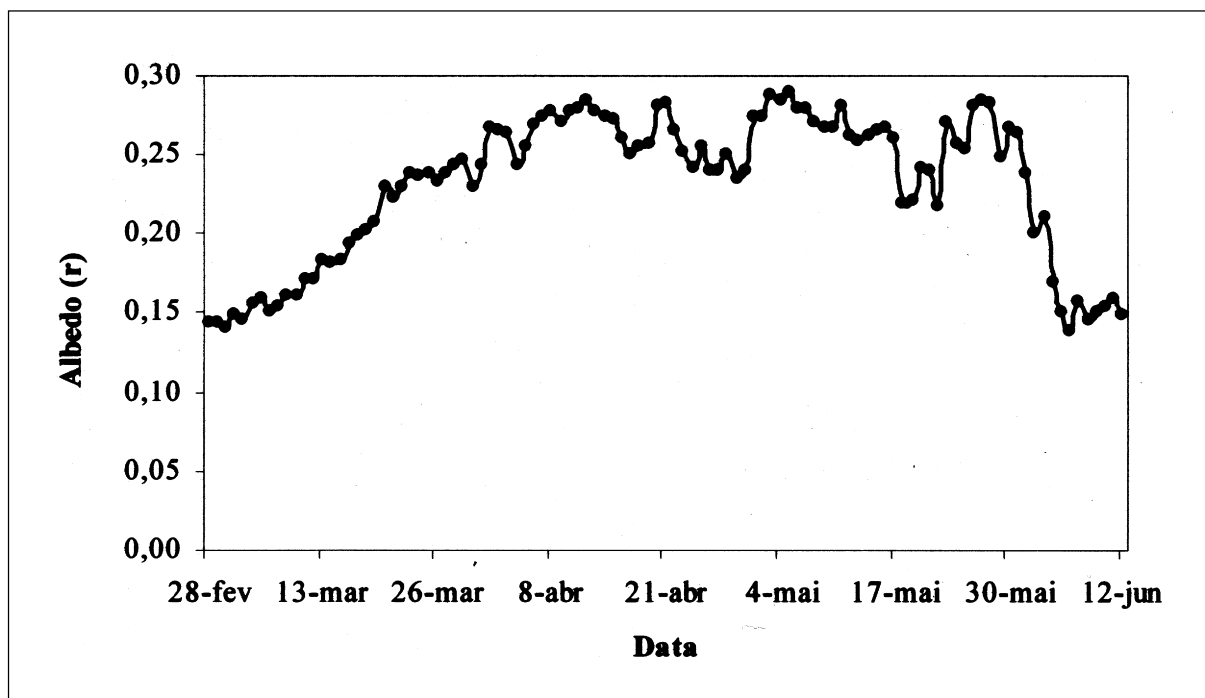


Figura 2 – Albedo médio diário da cultura do tomateiro cultivado em ambiente protegido, no período de 28/02/03 a 12/06/03, em Pelotas, RS.

## CONCLUSÃO

A radiação solar disponível na região de Pelotas-RS é limitante a partir do final de outono, sendo que a implantação e o manejo do tomateiro em estufas devem ser realizados de forma a evitar que o período reprodutivo coincida com a baixa disponibilidade de radiação solar. O tomateiro apresenta um albedo mínimo no início do crescimento vegetativo e máximo quando a cultura alcança o máximo crescimento, decrescendo no período de maturação em decorrência da mudança de coloração e queda das folhas.

## AGRADECIMENTOS E APRESENTAÇÃO

Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, Programa de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, Brasil.

## REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM. 1999. 142p.

ANDRIOLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.26-33, suplemento, 2000.

ASSIS, F.N. de; MENDEZ, M.E.G. Relação entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.7, p.797-800, 1989.

ASSIS, S.V. de. **Radiação solar global, difusa e albedo em estufas de polietileno, nas orientações norte-sul e leste-oeste**. 1998. 101f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista. ASSIS, S.V. de. Radiação solar em estufa de polietileno cultivada com pepino (*Cucumis sativus*). **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n.3, p.258-263, 2000.

BLAD, L.B.; BAKER, D.G. Reflected radiation from a soybean crop. **Agronomy Journal**, v.64, p.277-281, 1972.

BECKMANN, M.Z. et al. Temperatura do ar e radiação solar como fatores limitantes para a cultura do tomateiro na região de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003. v.2, p.709-710.

BURIOL, G.A. et al. Disponibilidade de radiação solar nos meses mais frios do ano para o cultivo do tomateiro no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.6, n.1, p.113-120, 2000.

CAMACHO, M.J. et al. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.3, n.1, p.19-24, 1995.

COCKSHULL, K.E. The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.229, p.113-123, 1988.

- COCKSHULL, K.E. et al. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. **Journal of Horticultural Science**, v.66, n.1, p.11-24, 1992.
- CRITTEN, D.L. A review of the light transmission into greenhouse crops. **Acta Horticulturae**, v.328, p.9-31, 1993.
- ESTEFANEL, V. et al. Disponibilidade de radiação solar nos meses de inverno para o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) na região de Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v.28, n.4, p.553-559, 1998.
- FAO. **Protected cultivation in the Mediterranean climate**. Roma: FAO, 1990. 313p. (Plant Production and Protection Paper, 90).
- FARIAS, J.R.B. et al. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, n.1, p.31-36, 1993.
- 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**, v.49, p.351-60, 1990.
- MARTINS, S.R. Desafios da plasticultura brasileira: limites sócio-econômicos e tecnológicos frente as novas e crescentes demandas. **Horticultura Brasileira**, v.14, n.2, p.133-138, 1996.
- MARTINS, S.R. et al. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, v.20, n.200/201, p.15-23, 1999.
- MAROUELLI, W.A. et al. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.9, p.1531-1537, 1991.
- MOTA, F.S. et al. **Estação Agroclimatológica de Pelotas: Realização e programa de trabalho**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. np. 1975.
- PEREIRA, A.R. et al. **Agrometeorologia - Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- ROBLEDO, F.P.; MARTIN, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mundi-Prensa, 1988. 553p.
- SCHIEDECK, G. **Ambiência e resposta agrônômica de meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado sob adubação orgânica em ambiente protegido**. 2002. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.
- THIMIJAN, R.W.; HEINS, R.D. Photometric, radiometric and quantum light units of measure: a review of procedures for interconversion. **HortScience**, v.18, n.6, p.818-822, 1983.
- VAN HEEMST, H.D.J. Physiological principles. In: VAN KEULEN, H.; WOLF, J. (Eds). **Modeling of agricultural production: weather, soils and crop**. Amsterdam: The Hague, 1986. p.13-26.