

## DISPONIBILIDADE DE RADIAÇÃO SOLAR NOS MESES DE INVERNO PARA O CULTIVO DO TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum* Mill.) NA REGIÃO DE SANTA MARIA, RS

### SOLAR RADIATION AVAILABILITY FOR TOMATO CROPPING DURING WINTER IN SANTA MARIA, RS, BRAZIL

Valduíno Estefanel<sup>1</sup> Galileo Adeli Buriol<sup>1</sup> Jerônimo Luiz Andriolo<sup>1</sup>  
Carina Petry Lima<sup>2</sup> Nilsa Luzzi

#### RESUMO

Determinou-se a probabilidade de ocorrência de dias com valores de radiação solar global inferiores àqueles considerados críticos ao desenvolvimento do tomateiro, cultivado em estufas para a região de Santa Maria (latitude: 29° 41' S, longitude: 53° 48' W e altitude: 95m), nos meses de maio, junho, julho e agosto. Considerou-se o valor de 200cal cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> o limite trófico inferior e de 180cal cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> um referencial da intensidade de valores baixos ao seu desenvolvimento. A radiação solar global foi estimada a partir dos dados diários de insolação, período 1912 - 1996. Os resultados demonstraram que a disponibilidade de radiação solar em Santa Maria é inferior à necessária para o bom desenvolvimento da cultura do tomateiro em estufa nos meses mais frios do ano, principalmente em junho e julho.

**Palavras-chave:** estufa, tomateiro, radiação solar.

#### SUMMARY

The probability of occurrence of days with solar radiation below the critical value for the development of tomato inside greenhouse in Santa Maria, Rio Grande do Sul State, were calculated during May, June, July and August. It was considered the flux density of solar radiation of 200cal cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> as the lowest value to tomato growth and 180cal cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> as the low value reference of solar radiation for crop growth. Daily values of solar radiation were estimated by sunshine duration during the time period from 1912 to 1996. Results showed that the availability of solar radiation in Santa Maria was lower than the required by tomato crop inside plastic greenhouse during Winter, mainly in June and July.

**Key words:** plastic greenhouse, tomato, solar radiation.

#### INTRODUÇÃO

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido está em plena expansão no Estado do Rio Grande do Sul. Esta técnica de cultivo proporciona maior precocidade e produtividade, reduz os riscos da cultura e permite cultivar espécies de verão nos meses mais frios do ano. O tomateiro é a espécie mais cultivada nessas condições, atingindo produtividade em torno de 150ton ha<sup>-1</sup>. Esta produtividade é aproximadamente cinco vezes superior àquela obtida no cultivo tradicional realizado no campo, durante os meses de verão, que se situa entre 30 e 40ton ha<sup>-1</sup> (POERSCHKE *et al.*, 1995; STRECK *et al.*, 1996).

O cultivo do tomateiro em estufas no Estado do Rio Grande do Sul é realizado em dois períodos distintos ao longo do ano. O primeiro ocorre no outono, sendo o transplante efetuado no mês de fevereiro e o período de colheita se estendendo pelos meses de maio, junho e julho. O segundo ocorre na primavera, sendo o transplante efetuado no mês de agosto e o período de colheita se estendendo pelos meses de outubro, novembro e dezembro. Esse procedimento propicia dois ciclos culturais no mesmo ano, aumentando o custo de produção e diminuindo a rentabilidade das culturas. É importante salientar que a proteção ambiental aumenta o custo de produção, o qual deve ser compensado por uma maior produtividade a fim de manter a competitividade dos

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, RS. Bolsista CNPq. Autor para correspondência.

<sup>2</sup>Aluno do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista de Iniciação Científica - CNPq/ PIBIC.

produtos frente àqueles provenientes de outras regiões do Brasil. Uma das alternativas apontadas para reduzir o custo de produção e aumentar o rendimento das estufas consiste em prolongar ao máximo o período de cultivo das espécies no decorrer do ano. Nesse caso, as culturas implantadas no final do verão teriam seu ciclo de produção estendido até o verão do ano seguinte. O período de colheita anual passaria então dos atuais seis meses para oito ou mesmo 10 meses.

Trabalhos recentes mostram que a produtividade das culturas protegidas é determinada basicamente pela disponibilidade de energia solar (COCKSHULL *et al.*, 1992; GARY *et al.*, 1996). Quando o fluxo radiativo disponível é suficientemente elevado, o crescimento ocorre normalmente, porém, quando esse fluxo diminui, o crescimento passa a ser reduzido. Se o fluxo radiativo for excessivamente baixo, a planta não poderá sequer captar a energia necessária para a sua manutenção. Nesse caso, as estruturas vegetativas serão, numa primeira fase, degradadas e, se o período de baixa radiação se prolongar, ocorrerá a morte da planta. Para as hortaliças de verão como o tomateiro, o limite trófico para o cultivo em estufas não aquecidas é estimado em torno de  $200 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , ou, aproximadamente,  $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  (FAO, 1990).

Nas estufas sem aquecimento, a baixa disponibilidade radiativa vem acompanhada também por temperaturas baixas. A interação desses dois elementos meteorológicos é responsável por inúmeros distúrbios de crescimento das culturas, como problemas de polinização e/ou pegamento de frutos e baixa proporção de matéria seca alocada para os frutos (PECAUT, 1983; ANDRIOLO *et al.* 1997).

Os valores das médias mensais de radiação solar global para diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul mostram que, em muitos dos mesmos, ocorrem, nos meses de inverno, valores inferiores ao limite trófico para o tomateiro (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989). Observa-se, entretanto, que existe uma variação importante desse parâmetro entre as diferentes regiões. Essas informações sugerem a existência, no Estado, de regiões com potenciais distintos para a produção de hortaliças em ambiente protegido, durante o período de inverno.

O presente trabalho teve por objetivos (1) determinar a probabilidade de ocorrência, na região de Santa Maria, de dias com valores de radiação solar global inferiores ao limite trófico e (2) estimar a probabilidade de que a disponibilidade média diária de radiação venha a ser inferior ao limite trófico, no período compreendido entre os meses de maio a

agosto, para o cultivo do tomateiro em ambiente protegido.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletados os dados diários de insolação ( $n$ ) do período compreendido entre os anos de 1912 e 1996, durante os meses de maio, junho, julho e agosto, registrados na Estação Meteorológica de Santa Maria, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura (latitude:  $29^{\circ}41'S$ , longitude:  $53^{\circ}48'W$  e altitude: 95m). Os valores diários de insolação foram obtidos, para o período 1912 a 1968, nos arquivos do 8º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura, em Porto Alegre e para o período 1968 a 1996, na estação meteorológica do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Os dados dos meses que possuíam três ou mais dias sem observação não foram utilizados, bem como aqueles do período entre os anos de 1962 e 1968, em função da interferência de obstáculos na incidência da insolação na estação meteorológica (BURIOL *et al.*, 1991). Devido à existência de falhas nos dados, utilizaram-se médias de 75, 76, 73 e 71 anos para realizar os cálculos nos meses de maio, junho, julho e agosto, respectivamente. A partir destes dados, estimou-se a radiação solar global, utilizando o modelo proposto por ÅNGSTRÖM (1924), modificado por PRESCOTT (1940) e PENMAN (1948):

$$K\downarrow = K_0\downarrow (b_0 + b_1 n/N) \quad (1)$$

onde  $K\downarrow$  é a densidade de fluxo de radiação solar global recebida em uma superfície horizontal, ao nível do solo, num dia qualquer,  $K_0\downarrow$  a densidade de fluxo de radiação solar global recebida no topo da atmosfera (valor Angot),  $n$  a insolação (h/dia),  $N$  a duração do período diurno (h/dia) e  $b_0$  e  $b_1$  parâmetros estimados através de regressão linear.

Os valores diários de  $K_0\downarrow$  e  $N$  foram calculados pelas fórmulas clássicas (SELLERS, 1965):

$$K_0\downarrow = (1440/\pi) J_0 (\bar{R}_m/R)^2 \cdot (H \cdot \text{sen}\phi \cdot \text{sen}\delta + \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \text{sen}H) \quad (2)$$

$$N = 2H/15 \quad (3)$$

onde,  $J_0$  é a constante solar ( $2,0 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ ), e  $R$  ( $\bar{R}/R$ )<sup>2</sup> distância Terra-Sol, média e instantânea, respectivamente, calculada pela expressão abaixo (ALVES, 1981):

$$(\bar{R}/R)^2 = 1,000110 + 0,034221 \cos\alpha + 0,001280 \text{sen}\alpha + 0,000719 \cos 2\alpha - 0,000077 \text{sen} 2\alpha \quad (4)$$

onde,  $\alpha$  é  $2\pi m/n'$ , sendo  $m$  o número de ordem do dia no ano e  $n'$  o número de dias do ano (365 ou 366),  $\phi$  a latitude do local,  $\delta$  o ângulo de declinação do sol,  $H$  o ângulo horário ao nascer do sol ou pôr-do-sol, calculado pela expressão:

$$H = \arccos - (\operatorname{tg}\phi \cdot \operatorname{tg}\delta) \quad (5)$$

sendo o  $H$  do lado direito da equação (2) expresso em radiano.

Os valores dos parâmetros  $b_0$  e  $b_i$  para os meses de maio, junho, julho e agosto foram obtidos de ESTEFANEL *et al.* (1990).

Com os dados diários estimados de radiação solar global, determinou-se o número de dias de cada decêndio, de cada ano em que o valor do fluxo de radiação solar global diária foi inferior 180 e 200  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , considerando 200  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  o limite trófico inferior e 180  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  um referencial da intensidade dos valores baixos de radiação solar global. Determinaram-se também as seqüências de dias com radiação solar global inferior àqueles valores. As seqüências foram contabilizadas no mês em que terminaram, independentemente do dia em que tiveram início. Verificou-se o ajustamento do número de dias, com radiação baixa em cada mês, às distribuições binomial negativa e de Poisson, usando-se o teste Kolmogorov - Smirnov (CAMPOS, 1983).

Foram também calculadas as médias diárias de radiação solar global de cada decêndio de cada ano. A aderência dessas médias à distribuição normal foi testada pelo teste de Lillifors (CAMPOS, 1983) e à distribuição gama incompleta, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Foram utilizados todos os dados disponíveis para estimar os parâmetros das distribuições. Foram considerados os períodos entre os dias 1º e 10, 11 e 20, 21 e último dia do mês, como o primeiro, segundo e terceiro decêndios, respectivamente, em cada um dos meses estudados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1a apresenta as médias diárias e os desvios-padrão da radiação solar global, em cada um dos períodos decenciais e mensais nos quatro meses estudados. Observa-se que, entre o 3º decêndio de maio e o 2º decêndio de julho, os valores médios são inferiores a 200  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . Também se verifica que do 1º decêndio do mês de junho ao 1º decêndio de julho são inferior a 180  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

Os resultados do teste Kolmogorov-Smirnov mostraram que o número de dias com radiação solar global inferior a 180 e 200  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  adere mais à distribuição binomial negativa. Desta

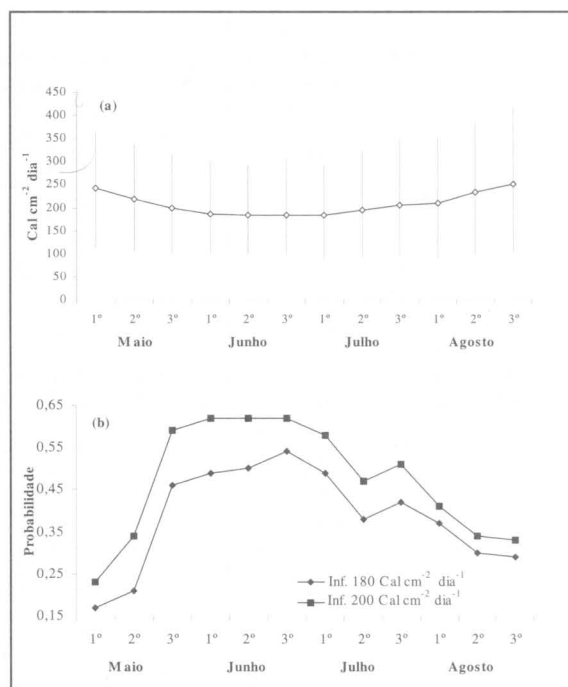


Figura 1 - Médias decenciais e respectivos desvios-padrão da radiação solar global (a) e probabilidade de ocorrência de 5 ou mais dias com valores de radiação solar global.

forma, sempre que possível, as probabilidades, que são apresentadas na Tabela 1, foram calculadas utilizando aquela distribuição, sendo o parâmetro  $k$  estimado pelo método da Máxima Verossimilhança. Na impossibilidade de estimar  $k$  por este método, utilizou-se o método dos Momentos. Nas situações em que não houve ajustamento à distribuição binomial negativa, utilizou-se a distribuição de Poisson. Quando não ocorreu ajustamento nem à distribuição de Poisson, empregou-se a distribuição empírica.

Na Tabela 1, são apresentadas as probabilidades de ocorrerem dias com radiação solar global ( $K\downarrow$ ) inferior a 180 e 200  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , no 1º, 2º e 3º decêndios dos meses de maio, junho, julho e agosto. Com o intuito de facilitar a compreensão da Tabela 1, toma-se por exemplo os dados relativos ao primeiro decêndio do mês de maio, para valores de radiação inferiores a 200  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . Verifica-se que existe 94% de probabilidade de ocorrer um ou mais dias com radiação solar global menor que aquele valor. Isto indica que, em cada período de 10 anos, os baixos valores de radiação solar ocorrerão em aproximadamente nove anos. De forma semelhante, existe uma probabilidade de 23% de que ocorram cinco ou mais dias com radiação solar inferior a 200  $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . As maiores probabilidades de ocorrerem dias com radiação solar global inferior ao

Tabela 1 - Probabilidades de ocorrerem I ou mais dias com radiação solar global ( $K_{\downarrow}$ ) inferior a 180 cal  $\text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$  e 200 cal  $\text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$  no 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> decêndios dos meses de maio, junho, julho e agosto, em Santa Maria, RS.

I	Maio			Junho			Julho			Agosto		
	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>
Inferior a 180 cal $\text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$												
1	0,90	0,95	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,97	0,98	0,98	0,97	0,96
2	0,71	0,80	0,92	0,93	0,94	0,95	0,94	0,88	0,90	0,91	0,86	0,86
3	0,49	0,60	0,80	0,82	0,83	0,86	0,84	0,73	0,76	0,76	0,68	0,68
4	0,30	0,38	0,64	0,66	0,68	0,72	0,67	0,55	0,59	0,57	0,48	0,47
5	0,17	0,21	0,46	0,49	0,50	0,54	0,49	0,38	0,42	0,37	0,30	0,29
6	0,09	0,10	0,31	0,34	0,34	0,36	0,31	0,24	0,27	0,22	0,16	0,15
7	0,04	0,04	0,19	0,21	0,21	0,22	0,18	0,14	0,16	0,11	0,08	0,07
8	0,02	0,02	0,11	0,12	0,12	0,12	0,09	0,07	0,09	0,05	0,04	0,03
9	0,01	0,01	0,05	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01
10	0,00		0,03	0,03	0,03		0,02	0,02	0,02	0,01		
11			0,01						0,01			
Inferior a 200 cal $\text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$												
1	0,94	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98
2	0,79	0,89	0,96	0,97	0,97	0,97	0,96	0,93	0,94	0,90	0,89	0,89
3	0,59	0,73	0,88	0,90	0,90	0,90	0,89	0,82	0,83	0,76	0,73	0,72
4	0,39	0,53	0,75	0,78	0,78	0,78	0,75	0,65	0,68	0,58	0,53	0,52
5	0,23	0,34	0,59	0,62	0,62	0,62	0,58	0,47	0,51	0,41	0,34	0,33
6	0,12	0,19	0,42	0,45	0,45	0,45	0,41	0,30	0,34	0,27	0,19	0,18
7	0,06	0,09	0,28	0,30	0,30	0,29	0,26	0,18	0,21	0,16	0,09	0,09
8	0,03	0,04	0,17	0,18	0,18	0,17	0,15	0,09	0,12	0,09	0,04	0,04
9	0,01	0,02	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,05	0,07	0,05	0,02	0,02
10	0,00		0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02		
11			0,02						0,01			

limite trófico são observadas do 3<sup>o</sup> decêndio do mês de maio ao 3<sup>o</sup> decêndio do mês de julho. A disponibilidade de radiação solar é mais baixa no mês de junho. Os dados da tabela indicam ainda que existe a probabilidade de ocorrer até 11 dias com radiação solar global abaixo dos dois limites estudados, ou seja pode não ocorrer dias com valores de radiação solar maior ou igual a esse nível durante o decêndio.

Na Figura 1b, para facilitar a compreensão temporal da intensidade da frequência de I, representam-se os valores de probabilidade de ocorrência de 5 ou mais dias com valores de radiação solar global inferiores a 180 e 200 cal  $\text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ . Observa-se que as maiores frequências concentram-se no final do mês de maio a final do mês de julho, com probabilidades de ocorrência em torno de 50% dos anos.

As seqüências de dias com radiação baixa se ajustaram melhor à distribuição de Poisson que à binomial negativa, por isso aquela distribuição foi a utilizada, sempre que possível, para obter as probabilidades apresentadas na Tabela 2. Já as maiores seqüências (J) de cada mês se ajustaram melhor à

distribuição binomial negativa que foi a utilizada para obter os valores da Tabela 3.

Na Tabela 2, são apresentadas as probabilidades de ocorrerem seqüências de até 11 dias com radiação solar inferior a 180 e 200 cal  $\text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ . Para exemplificar o uso desta tabela, toma-se o valor relativo a uma seqüência de três dias (I=3) com radiação solar inferior a 200 cal  $\text{cm}^{-2} \text{dia}^{-1}$ , no mês de maio. Verifica-se que existe a probabilidade de 52% de ocorrer uma ou mais seqüências (J=1), 17% de ocorrerem duas ou mais seqüências (J=2), 4% de ocorrerem três ou mais seqüências (J=3) com duração de três ou mais dias e com radiação solar global menor que o nível especificado. Com relação às maiores seqüências, observa-se que existe a probabilidade de 14% que ela tenha sete ou mais dias em maio, 51% em junho, 40% em julho e 22% em agosto (Tabela 3).

É importante lembrar que as medidas de radiação utilizadas foram baseadas em observações a céu aberto. No interior da estufa existe ainda o agravamento de que as estruturas e o plástico retêm ra-

Tabela 2 - Probabilidade de ocorrência de J ou mais seqüências de I dias com radiação solar inferior a 180 e 200cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> [P(X≥J)] em Santa Maria, RS, com base em registros meteorológicos de 1912 a 1996.

I	J	180cal.cm <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup>				200cal.cm <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup>			
		Maio	Junho	Julho	Agosto	Maio	Junho	Julho	Agosto
1	1	0,91	0,84	0,88	0,87	0,91	0,80	0,87	0,87
	2	0,70	0,54	0,62	0,60	0,70	0,48	0,60	0,62
	3	0,44	0,27	0,35	0,33	0,44	0,22	0,33	0,35
	4	0,23	0,11	0,16	0,15	0,23	0,08	0,14	0,16
	5	0,10	0,04	0,06	0,08	0,10	0,02	0,05	0,06
	6	0,04	0,01	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,02
2	1	0,71	0,69	0,71	0,68	0,70	0,69	0,72	0,68
	2	0,36	0,52	0,35	0,32	0,34	0,33	0,36	0,32
	3	0,13	0,32	0,13	0,11	0,12	0,12	0,14	0,11
	4		0,11	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
	5		0,03		0,01				0,01
	6		0,02						
3	1	0,41	0,53	0,49	0,52	0,52	0,52	0,47	0,50
	2	0,10	0,17	0,15	0,17	0,17	0,17	0,13	0,15
	3	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
4	1	0,21	0,42	0,37	0,34	0,23	0,41	0,44	0,39
	2	0,02	0,11	0,08	0,06	0,03	0,10	0,12	0,09
	3			0,01				0,02	0,01
5	1	0,15	0,21	0,28	0,20	0,21	0,21	0,31	0,21
	2		0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02
6	1	0,09	0,16	0,12	0,12	0,08	0,25	0,16	0,16
	2	0,01				0,01	0,03		0,01
7	1	0,04	0,11	0,14	0,05	0,09	0,07	0,13	0,09
	2			0,01				0,01	
8	1	0,03	0,05	0,07	0,05		0,07	0,08	0,05
9	1			0,03	0,03		0,02	0,05	0,03
10	1						0,02		
11	1						0,07		

dição, sendo a radiação disponível ainda menor (BURIOL *et al.* 1995).

As médias de radiação solar global diária, para períodos decendiais, tiveram bom ajustamento à distribuição normal. Somente em dois decêndios houve aderência à distribuição *gama incompleta*. Nos outros casos, não foi possível estimar o parâmetro *g* (de assimetria) por ter o mesmo ultrapassado o valor aceito pelo programa de computador utilizado. Desta forma, os valores da Tabela 4, que apresentam as probabilidades de que a média de radiação solar global diária seja inferior a 200cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, foram calculados com a distribuição normal. Consta-se que, entre o 3º decêndio de maio e o 2º decêndio de julho, é superior a 50% a probabilidade de ocorrerem valores médios diários limitantes de radiação solar global. Esta mesma probabilidade é superior a 70% no 3º decêndio de junho. Por outro lado, é inferior a 50% em todo o mês de agosto.

Os resultados apresentados mostram que, nos meses de junho e julho, a radiação solar global

disponível em Santa Maria não é suficiente para permitir o crescimento normal das hortaliças de verão. Aplicando o teorema do produto de probabilidades aos valores da Tabela 4, verifica-se que a chance de se ter média diária de radiação solar global superior ou igual a 200cal cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, nos três decêndios de junho, é 3,1% e a probabilidade de ocorrer um ano sem problemas nos meses de maio e junho cai para 0,9%, o que desestimula qualquer cultivo do tomateiro neste período. Entretanto, a produção de assimilados não é o único fator que condiciona o crescimento da planta. O transporte e a distribuição desses assimilados para os órgãos de acumulação e reserva sofre a influência de outros parâmetros do ambiente, especialmente as temperaturas do ar e do solo. Nas estufas que não dispõem de aquecimento, essas temperaturas dependem da radiação solar incidente. Embora nos meses de maio e agosto, os valores de radiação solar se situem em níveis ligeiramente superiores ao limite trófico, é

Tabela 3 - Probabilidade de que a maior seqüência ocorrida no mês seja igual ou maior que I dias [  $P(X \geq I)$  ] em Santa Maria, RS, com base nos registros meteorológicos de 1912 a 1996.

I	180 cal.cm <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup>				200 cal.cm <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup>			
	Maio	Junho	Julho	Agosto	Maio	Junho	Julho	Agosto
1	0,97	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99
2	0,88	0,95	0,96	0,93	0,92	0,96	0,96	0,95
3	0,72	0,88	0,88	0,82	0,79	0,90	0,89	0,85
4	0,51	0,77	0,75	0,66	0,61	0,82	0,78	0,70
5	0,32	0,64	0,59	0,48	0,42	0,72	0,66	0,52
6	0,17	0,51	0,43	0,32	0,25	0,62	0,53	0,36
7	0,08	0,39	0,29	0,19	0,14	0,51	0,40	0,22
8	0,04	0,29	0,18	0,11	0,07	0,41	0,30	0,12
9	0,01	0,21	0,11	0,05	0,03	0,33	0,21	0,06
10		0,14	0,06	0,03	0,01	0,25	0,14	0,03
11		0,09	0,03	0,01		0,19	0,09	0,01
12		0,06	0,01			0,14	0,06	0,01
13		0,04	0,01			0,10	0,04	
14		0,02				0,07	0,02	
15		0,01				0,05	0,01	
16		0,01				0,04	0,01	
17						0,03		
18						0,02		
19						0,01		
20						0,01		

Tabela 4 - Probabilidade de que a radiação solar global diária média seja inferior a 200cal cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> em Santa Maria, RS.

Mês	Decêndio		
	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>
Maio	0,128	0,274	0,514
Junho	0,640	0,697	0,714
Julho	0,701	0,563	0,458
Agosto	0,445	0,241	0,130

provável que durante esses meses os valores das temperaturas sejam inferiores àqueles necessários ao funcionamento correto das culturas. É altamente recomendável, portanto, que o estudo da disponibilidade de radiação solar seja complementado por um estudo similar sobre a disponibilidade térmica.

Os resultados obtidos neste trabalho são muito importantes por dois aspectos fundamentais. Primeiro, mostram a necessidade da realização de um zoneamento das culturas, com base na radiação solar. Para concretizá-lo, o estudo deve ser estendido

às diferentes regiões do Estado, utilizando dados provenientes de outras estações meteorológicas. A partir dessas informações, poder-se-ão delimitar as regiões preferenciais a serem recomendadas para a difusão das culturas protegidas. A seguir, poder-se-ão mostrar, para cada região, os períodos do ano em que as culturas têm melhor comportamento e também aqueles em que devem ser evitados. Essas informações poderão ainda ser utilizadas para otimizar o manejo das culturas, evitando, por exemplo, que a fase reprodutiva das mesmas coincida com os períodos de baixa disponibilidade radiativa e térmica. Segundo aspecto de importância do trabalho é a perspectiva de utilizar modelos de previsão de rendimento para estimar a produtividade potencial das culturas protegidas. Modelos desse tipo foram desenvolvidos recentemente (GARY *et al.*, 1996), os quais utilizam parâmetros do ambiente e da planta para realizarem as estimativas e indicarem as etapas limitantes da produção. Os dados de radiação solar global utilizados nesse trabalho podem servir como um dos parâmetros de entrada para esses modelos.

## CONCLUSÕES

Nos meses de maio, junho e julho, a radiação solar média disponível em Santa Maria não permite o crescimento e desenvolvimento normal do tomateiro.

A implantação da cultura e o manejo do tomateiro em estufas devem ser realizados de forma a evitar que os subperíodos reprodutivos coincidam com o período de baixa disponibilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R.A. Irradiância solar global em superfície de diferentes inclinações e azimutes, para Viçosa, MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1981, 92 p.(Tese de Mestrado).
- ANDRIOLLO, J.L., STRECK, N.A., BURIOLO, G.A., *et al.* Growth, development and dry matter distribution of a tomato crop as affected by environment. Santa Maria, 1997. (aceito para publicação).
- ÅNGSTRÖM, A. Solar and Terrestrial Radiation. *Journal of Royal Met Soc*, v. 50, p. 121-126, 1994.

- BURIOL, G.A., ESTEFANEL, V., SCHNEIDER, F.M. *et al.* Insolação e radiação solar na região de Santa Maria, RS. II - Disponibilidade e variabilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 205-223, 1991.
- BURIOL, G.A., STRECK, N.A., PETRY, C., *et al.* Transmissividade à radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 01-04, 1995.
- CAMPOS, H. de. **Estatística não paramétrica**. 4 ed., Piracicaba, ESALQ/USP, p. 349, 1983
- COCKSHULL, K.E., GRAVES, C.J., CAVE, C.R. J. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. **J. horticult Sci**, v. 67, n. 1, p. 11-24, 1992.
- ESTEFANEL, V., SCHNEIDER, F.M., BERLATO, M.A., *et al.* Insolação e radiação solar na região de Santa Maria RS: I - Estimativa da radiação solar global incidente a partir dos dados de insolação. **Rev Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 20, n. 3-4, p. 203-218, 1990.
- FAO - **Protected cultivation in the mediterranean climate**. Roma, FAO, 1990, 313 p. (Plant Production and Protection paper, n. 90).
- GARY, C., BAILLE, A., NAVARRETE, M., *et al.* Un modèle simplifié de prévision du rendement et du calibre de la tomate. **In : Séminaire de L'AIP "Serres"**, Alenya, INRA, 1996. 10 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1979, 271 p. (Boletim Técnico n. 3).
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1989, v. 1 102 p.
- PECAUT, P. Connaissance et amélioration du matériel vegetal. **In: L'INRA et les cultures sous serre**. Paris, Institut National de la Recherche Agronomique, 1983, p. 135-174 (230 p.).
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proc Royl Soc**, v. 193, p. 120-145, 1948.
- POERSCHRE, P.R., BURIOL, G.A., STRECK, N.A., *et al.* Efeito do sistema de poda sobre o rendimento do tomateiro cultivado em estufa de polietileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 379-384, 1995.
- PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Trans Roy Soc South Australia**, v. 64, n. 1, p. 114-118, 1940.
- SELLERS, W.D. **Physical climatology**. Chicago, University of Chicago Press, 1965, 267 p.
- STRECK, N.A., SCHNEIDER, F.M., BURIOL, G.A., *et al.* Effect of polyethylene mulches on soil temperature and tomato yield grown in plastic greenhouse. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 3, p. 587-593, 1996.