

# DISPONIBILIDADE DE RADIAÇÃO SOLAR NOS MESES DE INVERNO PARA O CULTIVO DO TOMATEIRO EM ESTUFA NA REGIÃO DE SANTA MARIA, RS

Valduíno ESTEFANEL<sup>1</sup>, Galileo Adeli BURIOL<sup>2</sup>, Jerônimo Luiz ANDRIOLO<sup>3</sup>, Carina Petry LIMA<sup>4</sup>.

## RESUMO

Determinou-se a probabilidade de ocorrência de dias com valores de radiação solar global inferiores aqueles considerados críticos ao desenvolvimento do tomateiro ( $\leq 180$  e  $200 \text{ cal.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ ), para Santa Maria, nos meses de maio, junho, julho e agosto. A radiação solar global foi estimada a partir dos dados diários de insolação, período 1912 - 1996. Os resultados mostraram que a disponibilidade de radiação solar é inferior à necessária para o bom desenvolvimento da cultura do tomateiro, principalmente nos meses de junho e julho.

## INTRODUÇÃO

Apesar de obter-se produtividade elevada com o tomateiro cultivado em estufa no Estado do Rio Grande do Sul, tem-se constatado que em alguns anos, quando as plantas encontram-se em pleno crescimento, floração e formação de frutos nos meses de maio, junho e julho ocorre abortamento das flores, alongamento e ramificação excessiva das inflorescências e mal formação de frutos, estes maturando com diâmetro abaixo do exigido pelo comércio. Tem-se demonstrado que isto ocorre principalmente quando as exigências térmicas e de radiação solar não são satisfeitas (ANDRIOLO et al. 1996).

Quanto à radiação solar sabe-se que o tomateiro apresenta problemas de fecundação e de crescimento de frutos com valores inferiores a  $200 \text{ cal.dia}^{-1}$  (FAO, 1990). Os dados normais de radiação solar global para diferentes locais do Estado do Rio Grande do Sul revelam que, em muitos deles ocorrem, nos meses de inverno, valores inferiores a este nível. Dessa forma, a baixa radiação solar incidente, juntamente com a temperatura, pode ser um fator importante de diminuição da produtividade do tomateiro nos meses de inverno. Assim para manejar a cultura no intuito de minimizar o problema nos períodos de ocorrência de baixa radiação solar é importante avaliar o potencial de radiação nos meses de inverno para os diferentes locais e regiões do Estado.

O presente trabalho objetivou determinar a probabilidade de ocorrência de dias com valores de radiação solar global inferiores aqueles considerados críticos ao desenvolvimento do tomateiro, para a região de Santa Maria, RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados os dados diários de insolação do período 1912 a 1996, dos meses de maio, junho, julho e agosto, registrados na estação meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura (latitude:  $29^{\circ}41'S$ , longitude:  $53^{\circ}48'W$  e altitude: 95m). Os dados dos meses que possuíam três ou mais dias sem observação não foram utilizados bem como aqueles do período 1962 - 1968 em função da interferência de obstáculos na incidência da insolação na estação meteorológica (BURIOL et al., 1990). Devido à inexistência de registros de radiômetros na maior parte do período estudado, estimou-se a radiação solar global utilizando o modelo proposto por ANGSTROM (1924) modificado por PRESCOTT (1940) e PENMAN (1948):

<sup>1</sup> Engº Agrº, Mestre, Prof. Aposentado do Departamento de Fitotecnia/CCR, Universidade Federal de Santa Maria. 97119-900 SANTA MARIA, RS. Email: Valduino@ccr.ufsm.br

<sup>2</sup> Engº Agrº, Dr., Prof. aposentado do Departamento de Fitotecnia, CCR, Universidade Federal de Santa Maria. 97119-900 SANTA MARIA, RS. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Engº Agrº, Dr., Professor do Departamento de Fitotecnia/CCR, Universidade Federal de Santa Maria. 97119-900 SANTA MARIA, RS.

<sup>4</sup> Estudante do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. 97119-900 SANTA MARIA, RS.

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

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),  $N$  duração do período diurno (h/dia) e  $b_0$  e  $b_1$  parâmetros estimados através de regressão linear.

Os valores dos parâmetros  $b_0$  e  $b_1$  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 com radiação menor que 180 e 200  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , considerando 200  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  como limite trófico inferior e 180  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  como limite com importante deficiência. Verificou-se o ajustamento do número de dias com valores de radiação baixas em cada mês às distribuições binomial negativa e Poisson usando-se o teste Kolmogorov - Smirnov (CAMPOS, 1983).

Considerou-se o 1º decêndio do dia 1o ao dia 10 de cada mês, o 2º decêndio do dia 11 ao dia 20, e o 3º decêndio do dia 21 até o fim do mês.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores de probabilidade de  $N$  ou mais dias com radiação solar global ( $K\downarrow$ ) igual ou inferior a 180 e 200  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  no 1º, 2º, 3º decêndio dos meses de maio, junho, julho e agosto.

Os resultados do teste Kolmogorov - Smirnov mostraram que o número de dias com radiação solar global menor que 180 e 200  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  adere mais a distribuição binomial negativa. Desta forma, sempre que possível, as probabilidades, 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 e quando não ocorreu ajustamento nem à distribuição de Poisson usou-se a distribuição empírica.

As maiores probabilidades de ocorrer  $N$  ou mais dias com radiação solar global menor que 180 e 200  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  são observados do 3º decêndio do mês de maio ao 3º decêndio do mês de julho, sendo os seus valores mais elevados em junho. Como se observa, existe a probabilidade de ocorrer até 9, 10 e 11 dias, dependendo do decêndio, com radiação solar global menor que 180 e 200  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ , ou seja, pode não ocorrer dias no decêndio com radiação maior ou igual a esse nível.

Os resultados obtidos levam à conclusão que a disponibilidade de radiação solar é inferior à necessária para o bom desenvolvimento da cultura do tomateiro na fase reprodutiva, principalmente nos meses de junho e julho. As plantas de tomateiro conduzidas nesses meses certamente sofrerão problemas de fertilização e formação dos frutos reduzindo o rendimento e inviabilizando economicamente a cultura. Nas estufas existe ainda o agravante de que as estruturas e o plástico retém radiação, sendo a disponibilidade no seu interior ainda menor.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDRIOLO, J. L., STRECK, N. A., BURIOL, G. A., LUDKE, L., Ggovith, development and dry matter distribution of a tomato crop as affected by environment. Santa Maria, 1996 (enviado para publicação).
- ANGSTRON, A. Solar and Terrestrial Radiation. *Journal of Royal Met. Soc.*, v.50, p. 121-126, 1994.
- CAMPOS, H. *Estatística não Paramétrica*, 4ª ed., Piracicaba, ESALQ/USP, 1983, 349 p.
- ESTEFANEL, V., SCHNEIDER, F. M., BERNATO, M.A., BURIOL, G. A., HELDWEIN, A. B. 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).

PENMAN, H. L. Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil And Grass. **Proc. Royl. Soc.**, v.193, p.120-145, 1948.

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.

**Tabela 1.** Probabilidade de N ou mais dias com radiação solar global ( $K_{\downarrow}$ ) inferior a 180 e 200  $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  no 1º, 2º e 3º decêndio dos meses de maio, junho, julho e agosto, em Santa Maria, RS.

N	Maio			Junho			Julho			Agosto		
	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º
Inferior à 180 $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$												
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			0.03	0.03	0.03		0.02	0.02	0.02	0.01		
11			0.01						0.01			
Inferior à 200 $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$												
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			0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.02	0.03	0.02		
			0.02						0.01			