Ciência Rural, Santa Maria, 21(3):305-313, 1991.
Aprov. p/ publicação em 11/03/92.

OCORRÊNCIA E DURAÇÃO DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIÁRIAS DO AR PREJUDICIAIS À FECUNDAÇÃO DAS FLORES DO ARROZ EM SANTA MARIA,RS.II - ESTIMATIVA DO NÚMERO DIÁRIO DE HORAS COM TEMPERATURAS BAIXAS*.

OCCURRENCE AND DURATION OF MINIMUM TEMPERATURES DAMAGING TO RICE FLOWER FECUNDATION IN SANTA MARIA,RS. II - ESTIMATIVE OF DAILY NUMBER OF HOURS WITH LOW TEMPERATURES.

Valduino Estefanel** Flavio Miguel Schneider**
Galileo Adeli Buriol** Arno Bernardo Heldwein***

RESUMO

O presente trabalho objetivou testar os modelos analíticos utilizados por ANGELOCCI et al (1979), HELDWEIN (1983) e os propostos com ajustes para o verão de Santa Maria (Santa Maria, I, II e III) para estimar o número diário de horas com temperatura do ar ≤ 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17,0°C, para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março para Santa Maria,RS. A comparação entre os valores obtidos diretamente dos termogramas e os estimados por cinco modelos analíticos (ANGELOCCI et al,1979; HELDWEIN,1983; Santa Maria I, II e III) foi feita em função dos valores médios diários de horas dos dias com temperaturas baixas, coeficientes de determinação, linear e angular da equação de 1º grau entre os valores reais e os estimados. Verifica-se que é possível estimar, com precisão satisfatória, o número diário de horas com temperatura do ar ≤ 17, 16, 15, 14, 13 e 12,0°C , utilizando os modelos analíticos de ANGELOCCI et al (1979) e o Santa Maria III.

Palavras-chave:: horas de frio de verão, arroz, fecundação de flores.

* Trabalho parcialmente financiado pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS e pelo CNPq.
** Engenheiro Agrônomo, Professor Titular do Departamento de Fitotecnia/CCR/UFSM - 97119 - Santa Maria,RS. Bolsista do CNPq.
*** Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia/CCR/UFSM - 97119 - Santa Maria,RS.

SUMMARY

This work had as objective to test the analytical methods used by ANGELOCCI et al (1979), HELDWEIN (1983) as well as the proposed with adjustment for the summer in **Santa Maria** (**Santa Maria** I, II e III) in order to estimate the daily number of hours with air temperatures ≤ 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17,0 °C for December, January, February and March in Santa Maria,RS. The comparison between values directly obtained from the records and the values estimated by five analytical methods (ANGELOCCI et al,1979; HELDWEIN,1983; Santa Maria I, II e III) were done in function of the daily average number of hours with temperatures lower than above cited values, determination, linear and angular coeficients obtained by the first degree regression equation among the real values (records) and the estimated. It was verifyed that is possible to estimate, with good precision the daily number of hours with air temperature ≤ 17, 16, 15, 14, 13 e 12,0 °C using the analytical methods proposed by ANGELOCCI et al (1979) and Santa Maria III.

Key Words:: lower temperatures in summer, rice, flower fecundation.

INTRODUÇÃO

Para alguns genótipos de arroz, temperaturas do ar abaixo de 19,0°C já causam esterilidade, mas geralmente considera-se a temperatura de 17,0°C como nível térmico abaixo do qual a fecundação das flores de arroz é prejudicada. A esterilidade do pólen aumenta com o abaixamento do nível térmico e o aumento da duração das temperaturas prejudiciais. No início do primórdio floral, plantas submetidas a 17,0 °C durante cinco dias resultam completamente estéreis, entretanto, basta que sejam submetidas a uma temperatura de 15,0°C durante uma hora para cessar a formação do pólen (SATAKE,1969; TERRES & GALLI, 1985). Portanto, além da determinação da ocorrência do número de dias com temperaturas prejudiciais (BURIOL et al,1991), é importante também quantificar a duração do intervalo de tempo em que essas temperaturas permanecem abaixo dos níveis prejudiciais.

Essa quantificação pode ser feita diretamente nos termogramas ou com dados das observações convencionais e regularmente medidas de temperatura do ar. O primeiro método possui o inconveniente de ser muito trabalhoso e se deparar com freqüentes falhas ou faltas de registro causadas por problemas operacionais nos termógrafos. Dentre os métodos de estimativa, destacam-se as equações matemáticas derivadas do padrão de variação diária da temperatura do ar (modelo analítico), utilizadas por ANGELOCCI et al (1979) e HELDWEIN (1983) para estimar os totais diários de horas de frio para o Estado de São Paulo e Santa Maria,RS, respectivamente. Es-

te modelo utiliza apenas os valores diários de observação de temperatura máxima, mínima e das 21 h, hora local, como variáveis que governam a marcha diária da temperatura do ar. ANGELOCCI et al (1979) sugerem que o modelo pode ser utilizado em outras regiões desde que haja um teste e ajuste das equações em função do horário de ocorrência das temperaturas extremas diárias do ar do local.

Neste sentido, o presente trabalho objetivou testar os modelos analíticos utilizados por ANGELOCCI et al (1979), HELDWEIN (1983) e outros propostos com ajustes para o verão de Santa Maria, para estimar o número diário de horas com temperatura do ar ≤ 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17,0 °C para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março para Santa Maria,RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Determinou-se o número diário de horas com temperatura do ar ≤ 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17,0 °C diretamente dos termogramas e tabularam-se os dados diários de temperatura mínima do ar (T_m), temperatura máxima do ar do dia anterior (T_{M1}), temperatura máxima do ar do dia em questão (T_{M2}) e temperatura do ar das 21h do dia anterior (T_{21h}) para os dias com $T_m \leq 17,0$°C da Estação Climatológica Principal, pertencente ao 8º DISME e instalada no campus da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°43'S, longitude: 53°42'W e altitude: 95 m) dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março do período de 1968 a 1989. Também determinou-se o horário de ocorrência da T_m (hT_m) e da T_{m2} (hT_{m2}) utilizando os termogramas dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março dos anos de 1979, 1980, 1985, 1986, 1987, 1988 e 1989.

O número diário de horas com temperatura do ar ≤ 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17,0 °C (HFTB) também foi estimado pelo modelo analítico, inicialmente com as equações utilizadas por ANGELOCCI et al (1979) e HELDWEIN (1983), adaptadas para a ocorrência das hT_m às 7h e das hT_{M2} constante entre 14 às 15h e 15 às 16h, respectivamnte. Como as temperaturas extremas, período de dezembro a março (Tabela 1), mostram uma grande dispersão nas horas de ocorrência e uma razoável concentração entre 6 e 7h para as hT_m e entre 15 e 17h para as hT_{M2} ainda testaram-se as seguintes situações: a) Santa Maria I que considera hT_m às 7h e hT_{M2} constante entre 16 e 17h; b) Santa Maria II que considera hT_m às 6h e hT_{M2} constante entre 16 e 17h; c) Santa Maria III que considera a hT_m às 6h e hT_{M2} constante entre 15 e 16h. As equações gerais para as diferentes situações de T_m, T_{21h}, T_{M2} e T_{M1} encontram-se na Tabela 2 e os valores dos coeficientes a, b, c, d, e, f das diferentes equações utilizadas, na Tabela 3.

O desempenho das equações analíticas foi avaliado em funçãc da estimativa das médias dos valores diários de horas com temperatura baixa, dos coeficientes de

determinação(R^2) e dos coeficientes **a** e **b** do modelo **NR = a + bNE + e**. Estas estimativas foram obtidas com as horas com temperatura menor ou igual às diversas temperaturas bases estudadas (NR) e aquelas estimadas com os modelos analíticos (NE). Nestes cálculos somente foram usados os dias que apresentaram temperatura mínima do ar menor ou igual ao nível térmico considerado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número médio real de horas (NR) com temperatura do ar abaixo de diferentes temperaturas base (TB) aumentou com a elevação da TB, variando de 2,01h para TB = 10,0°C à 5,52h para TB = 17,0°C (Tabela 4), evidenciando que, por exemplo, nos dias em que ocorrem $T_m \leq 15,0°C$, este nível térmico permanece por mais de uma hora, afetando a formação do pólen, visto que neste nível NR = 4,29h. Já os valores do número médio diário estimado de horas (NE) abaixo de diferentes TB, estimados pelos modelos analíticos utilizadas por ANGELOCCI et al (1979) e HELDWEIN (1983) e os propostos Santa Maria I, II e III, são bastante próximos aos valores do número médio real (NR) e de um modo geral subestimam o NR, com exceção do método Santa Maria I que, principalmente a partir do nível de 14,0°C, tende a superestimar os valores de NR.

Os valores dos coeficientes de determinação, resultantes da análise de regressão entre os valores de NR e os de NE abaixo de diferentes TB, não foram influenciados pelo método de estimativa e foram 0,66; 0,77; 0,85; 0,84; 0,86; 0,86; 0,86; e 0,88 respectivamente para os níveis de TB de 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17,0°C. Verifica-se que os valores dos coeficientes de determinação para os níveis térmicos de 10 e 11,0°C são apenas razoáveis e de um modo geral inferiores aos encontrados por ANGELOCCI et al (1979) e HELDWEIN (1983) na estimativa das horas de frio para o período invernal. A grande dispersão na freqüência relativa de ocorrência das temperaturas máximas e mínimas (Tabela 1), no período de dezembro a março, dificultando a escolha de um horário representativo do momento de ocorrência dessas temperaturas, certamente contribuiu para que a precisão da estimativa não fosse tão elevada.

Com relação aos coeficientes lineares da regressão de 1º grau (Tabela 5) , verifica-se, que para todas as temperaturas base estudadas, foram maiores que zero e similares nos cincos modelos analíticos utilizados. Já os coeficientes angulares foram sempre menores que a unidade. Os mais elevados e , portanto, mais próximos do ideal, foram aqueles obtidos com os modelos de ANGELOCCI et al (1979) e Santa Maria III principalmente para TB > 11,0°C. Para utilizar diretamente as estimativas sem necessidade das equações de regressão, o ideal seria que os coeficientes lineares fossem iguais a zero e os angulares iguais a unidade.

Obtiveram-se também estimativas para cada mês separadamente, mas não houve melhora na precisão. Neste sentido, também ajustaram-se os modelos analíticos com base no momento de ocorrência das temperaturas extremas do ar somente dos dias com temperatura mínima do ar ≤ 17,0 °C, o que diminuiu a dispersão na freqüência relativa do momento de ocorrência, mas esta tentativa foi infrutífera visto que na maioria das situações houve uma superestimativa superior a uma hora no número médio diário de horas com temperaturas do ar abaixo de diferentes TB.

Com base na comparação dos valores médios diários (Tabela 4) e dos coeficientes de determinação, linear e angular da regressão de 1º grau(Tabela 5), pode-se concluir que o modelo utilizado por ANGELOCCI et al (1979) e o proposto Santa Maria III são os mais adequados para estimar o número diário de horas com temperatura do ar ≤ 17, 16, 15, 14, 13 e 12,0°C para Santa Maria, RS. Deve-se, entretanto, esclarecer que como o método de ANGELOCCI et al (1979) é um dos dois mais adequados, se leva a maiores desvios na estimativa de valores médios. Na verdade, esse maior desvio ocorre certamente porque na população amostrada para cálculo dos valores médios, houve predominância de baixos valores do número de horas, sendo que nessa faixa de valores o método subestima mais que os demais, enquanto que para valores mais elevados de N, tende a estimar melhor que os demais modelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCCI, L. R., CAMARGO, M. B. P., PEDRO JUNIOR, M. J. et al. Estimativa do total de horas abaixo de determinada temperatura base através das medidas diárias da temperatura do ar. **Bragantia**, v. 4, n. 38, p. 27-36,1979.

BURIOL, G. A., ESTEFANEL, V., SCHNEIDER, F. M. et al. Ocorrência e duração das temperaturas mínimas diária do ar prejudiciais à fecundação das flores do arroz em Santa Maria, RS. 1 - Probabilidades de ocorrência. **Ciência Rural**, v. 21, n. 1, p. 23-34, 1991.

HELDWEIN, A. B. **Avaliação de métodos de estimativa de totais diários de horas de frio para Santa Maria,RS**. Piracicaba, SP, 1983, 97p. Tese(Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, 1983.

SATAKE, T. Research on cool injury of paddy rice plants in Japan.**Japan Agric. Res. Quart.**, v. 4, n. 4, p. 5-10,1969.

TERRES, A. L., GALLI, J. Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul - 1984. In:**Fundamentos para a cultura do arroz irrigado**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1985. Cap. 6, p. 83-94.

Tabela 1 - Freqüência relativa (%) de ocorrência das temperaturas mínimas e máximas do ar nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março para Santa Maria,RS.

Hora	Freqüência Relativa (%)			
	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março
Mínima				
3:30 - 4:00	2,82	2,50	3,14	4,92
4:00 - 4:30	2,82	0,83	1,80	2,05
4:30 - 5:00	6,10	3,33	3,59	3,69
5:00 - 5:30	5,63	5,42	2,69	3,28
5:30 - 6:00	23,95	17,92	11,66	6,97
6:00 - 6:30	30,52	24,59	23,32	9,02
6:30 - 7:00	7,98	18,33	24,66	29,92
7:00 - 7:30	1,88	4,59	8,07	13,94
7:30 - 8:00	0,94	1,67	4,49	3,28
Máxima				
12:30 - 13:00	1,40	0,41	2,67	2,45
13:00 - 13:30	2,33	2,49	2,22	2,85
13:30 - 14:00	2.34	2,90	2,67	3,27
14:00 - 14:30	6,07	6,64	5,33	8,98
14:30 - 15:00	8,88	3,73	10,22	13,87
15:00 - 15:30	8,41	11,20	10,22	10,61
15:30 - 16:00	17,29	13,28	17,78	17,96
16:00 - 16:30	18,23	15,77	17,33	15,10
16:30 - 17:00	15,42	15,77	16,00	9,80
17:00 - 17:30	6,54	8,29	3,11	4,49
17:30 - 18:00	5,14	5,81	3,56	2,45
18:00 - 18:30	0,93	2,07	2,22	0,83

TABELA 2. Diferentes situações da temperatura do ar e as equações analíticas de estimativa do número de horas com temperaturas abaixo de diferentes temperaturas-base (NHTB).

Situação	Condição	Equação
I	$T_B > T_m$; $T_B \leq T_{21}$; $T_B < T_{M1}$; $T_B < T_{M2}$	$NHTB = \frac{a(T_B - T_m)}{T_{21} - T_m} + \frac{b(T_B - T_m)}{T_{M2} - T_m}$
II	$T_B > T_m$; $T_B \geq T_{21}$; $T_B < T_{M1}$; $T_B < T_{M2}$	$NHTB = \frac{c(T_B - T_{21})}{T_{M1} - T_{21}} + \frac{b(T_B - T_m)}{T_{M2} - T_m}$
III	$T_B > T_m$; $T_B \geq T_{M1}$; $T_B \leq T_{M2}$	$NHTB = \frac{b(T_B - T_m)}{T_{M2} - T_m} + d$
IV	$T_B > T_m$; $T_B \geq T_{M2}$; $T_B \geq T_{21}$; $T_B < T_{M1}$	$NHTB = \frac{c(T_B - T_{21})}{T_{M1} - T_{21}} + e$
V	$T_B > T_m$; $T_B \leq T_{21}$; $T_B < T_{M1}$; $T_B > T_{M2}$	$NHTB = \frac{a(T_B - T_m)}{T_{21} - T_m} + f$
VI	$T_B \geq T_{M1}$; $T_B \geq T_{M2}$	NHTB = 24 horas
VII	$T_B \leq T_m$	NHTB = 0 horas

T_B= Temperatura base (10°C, ..., 17°C); T_m= Temperatura mínima diária do ar (°C); T_{21}= Temperatura do ar das 21 horas do dia anterior; T_{M1}= Temperatura do ar do dia anterior; T_{M2}= Temperatura máxima do ar do dia em questão; a, b, c, d, e, f = Constantes que dependem do momento de ocorrência das temperaturas extremas.

Tabela 3 - Constantes dos modelos analíticos utilizados no trabalho.

Modelo	Constantes					
	a	b	c	d	e	f
ANGELOCCI et al (1979)	9	8	6	9	16	17
HELDWEIN (1983)	10	8	5	10	16	18
Santa Maria I	10	9	4	10	15	19
Santa Maria II	9	10	4	9	14	19
Santa Maria III	9	9	5	9	15	18

Tabela 4 - Número médio diário real (NR) e estimado(NE),por cinco modelos analíticos, de horas com temperatura do ar abaixo de diferentes temperaturas base (TB) para Santa Maria,RS.

TB (°C)	NR (h)	NE				
		A	B	C	D	E
10	2,01	2,04	3,20	2,27	2,18	2,17
11	3,97	2,67	2,88	2,98	2,87	2,77
12	3,05	2,64	2,85	2,95	2,84	2,74
13	3,42	2,97	3,20	3,31	3,19	3,08
14	3,69	3,37	3,64	3,76	3,62	3,49
15	4,29	4,05	4,36	4,51	4,34	4,19
16	4,84	4,43	4,77	4,93	4,75	4,59
17	5,52	5,00	5,37	5,55	5,35	5,17

A, B, C, D e E representam os modelos analíticos utilizados por ANGELOCCI et al (1983), HELDWEIN (1983) e os propostos Santa Maria I, II e III, respectivamente.

Tabela 5 - Coeficientes linear e angular das equações do modelo y = a + bx + e entre o número diário real e o estimado por cinco modelos analíticos, de horas com temperatura do ar abaixo de diferentes temperatura base (TB) para Santa Maria, RS.

TB (°C)	Modelos analíticos				
	A	B	C	D	E
	Coeficiente angular				
10	0,76	0,70	0,68	0,71	0,73
11	0,95	0,87	0,85	0,99	0,92
12	0,95	0,88	0,85	0,90	0,92
13	0,94	0,87	0,84	0,88	0,91
14	0,94	0,87	0,84	0,88	0,90
15	0,92	0,86	0,83	0,87	0,90
16	0,91	0,85	0,82	0,86	0,88
17	0,91	0,85	0,82	0,86	0,88
	Coeficiente linear				
10	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
11	0,44	0,45	0,44	0,43	0,43
12	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52
13	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
14	0,53	0,54	0,54	0,52	0,52
15	0,55	0,55	0,54	0,53	0,53
16	0,81	0,79	0,78	0,77	0,77
17	0,99	0,95	0,94	0,92	0,95

A, B, C, D e E representam os modelos analíticos utilizados por ANGELOCCI et al (1979), HELDWEIN (1979) e os propostos Santa Maria I, II e III, respectivamente.