

INTENSIDADE DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS E DATAS DE OCORRÊNCIA
DE NÍVEIS TÉRMICOS PREJUDICIAIS AOS CULTIVOS*.

Intensity of Minimum Temperatures and Dates of Harmful
Thermic Levels to Crop Production.

Galileo Adeli Buriol**

RESUMO

A temperatura mínima anual, média, seu desvio padrão e a probabilidade de ocorrência de mínimas absolutas em cada 20, 10 e 5 anos, foi calculada para Santa Maria, RS. Cálculos idênticos foram realizados para os meses de Abril, Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro.

Foram determinadas as datas médias de primeiras e últimas temperaturas \leq a 10°C, 5°C, 3°C, 0°C, -1°C e -2°C bem como seu desvio padrão em dias.

Comprovou-se a validade do método gráfico segundo PAPADAKIS (19) para estimar as datas médias de primeiras e últimas geadas e, segundo DAMARIO e PASCALE (10), as datas médias de qualquer nível térmico prejudicial para os cultivos.

SUMMARY

The mean annual minimal temperature, its standard deviation and the probability of occurrence of absolute minimal temperatures for periods of 20, 10 and 5 years were calculated to Santa Maria, RS. The same calculations were made for the months of April, May, June, July, August, September and October.

Mean spring and last dates with their respective standard deviations were estimated for temperatures that were equal to or less than 10°C, 5°C, 3°C, 0°C, -1°C and -2°C.

The validity of the graphical method, according to PAPADAKIS (19) to estimate mean dates of the first and last frosts of the season was observed, and according to DAMARIO and PASCALE (10), the mean dates of any temperature harmful to crops.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da intensidade das temperaturas mínimas absolu

* Trabalho realizado sob orientação do Prof. Titular de Climatologia e Fenologia Agrícolas da Faculdade de Agronomia da Universidade de Buenos Aires, Argentina, Engº Agrº Antonio J. Pascale.

** Prof. Assistente do Departamento de Fitotecnia da UFSM.

tas do período invernal e a determinação das datas médias de ocorrência de geadas outonais e primaveris, é imprescindível nos estudos agroclimáticos destinados à avaliação de aptidões locais, eleição de espécies e variedades, planificação de épocas de sementeiras e colheitas, desenvolvimento de técnicas culturais e de proteção.

A temperatura mínima absoluta mensal ou anual, no entanto, como expressão do máximo esfriamento invernal, agroclimaticamente tem um valor relativo, principalmente em locais ou regiões de regimes climáticos de elevada variabilidade entre anos. É necessário estimar a frequência e a probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas prejudiciais para os cultivos (9).

Como já existe conhecimento sobre as temperaturas mínimas locais da maior parte dos cultivos agrícolas, bem como para os diversos estágios de crescimento e desenvolvimento dos mesmos (1, 5, 7, 20, 24), é possível estabelecer as probabilidades locais de riscos por frio excessivo.

A determinação do regime local e regional de primeiras e últimas geadas é outro fator importante para a agricultura, principalmente se este conhecimento refere-se não somente às geadas em geral, mas às datas médias de ocorrência das temperaturas mínimas absolutas, classificadas por intensidade, pois o grau de resistência varia segundo os cultivos, estado fenológico e órgãos considerados dos mesmos (10).

Para substituir o cômputo direto das datas médias de primeiras e últimas geadas, PAPADAKIS (19) apresentou um método gráfico para estimar as mesmas, partindo de valores climáticos mensais. Isto simplifica os cálculos, sendo as datas médias estimadas, comparáveis às obtidas pelo método direto. Ponteou os valores das temperaturas mínimas absolutas mensais (valores normais) sobre um sistema cartesiano, com escala térmica na ordenada e dias do ano na abscissa, colocando o valor correspondente a julho sobre o dia 15, para os meses anteriores a julho, no dia 25 e para os meses posteriores, no dia 5. A ligação dos pontos assim plotados formam uma curva que marca as datas médias de primeiras e últimas geadas nos pontos de corte com a horizontal de 09 C.

PASCALE (22), DAMARIO e PASCALE (10) introduziram uma modificação no método anterior e também o utilizaram para estimar datas médias de outros níveis de temperaturas mínimas prejudiciais aos cultivos e não somente a 09 C.

Comprovaram que o maior ajuste entre valores observados e estimados, localiza-se nas pendentes da curva e que, na parte central desta, onde se encontram os níveis mais baixos, apresentava certa discrepância. A coincidência produzia-se até o nível para o qual todos os anos ou em uma proporção superior a 80% dos mesmos, se re

gistravam mínimas absolutas iguais ou inferiores a esse nível. Com o aumento da frequência sem registros de mínimas absolutas, maior era a diferença entre dados observados e estimados de tal forma que, na parte central da curva, estes valores não serviam para produzir estimativas.

Solucionaram este inconveniente mediante o prolongamento de linhas retas da tendência de caída ou ascenso de ambos os ramos da curva, tomando como referência as médias das mínimas absolutas mensais de abril e maio, de setembro e outubro, respectivamente, para o ramo descendente e ascendente.

Comprovaram também que a estimativa era mais correta quando se plotavam as médias das temperaturas mínimas absolutas de julho e agosto (grande intervalo em frio) e janeiro e fevereiro (meses mais quentes) no dia 15, e as médias dos meses anteriores e posteriores aos meses de julho e agosto, respectivamente nos dias 20 e 10.

Neste trabalho analisam-se, para Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, as características térmicas anteriormente enumeradas: a) a intensidade e variabilidade das temperaturas mínimas absolutas do ar no período invernal; b) as datas médias de ocorrência das primeiras e últimas temperaturas mínimas iguais ou inferiores a 10° C, 5° C, 3° C, 0° C, -1° C e -2° C; c) a comprovação da aplicabilidade do método de PAPADAKIS (19) e DAMARIO e PASCALE (11) às condições térmicas do Estado.

MATERIAL E MÉTODOS

Coletou-se a temperatura mínima absoluta registrada no abrigo meteorológico (1,50m do nível do solo) em cada ano do período 1912-1966.e, para cada ano, a mínima absoluta dos meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro (meses mais frios do ano). Calculou-se a média anual, médias mensais e os desvio padrões, Tabela 1. Esses elementos permitiram a derivação de probabilidades e, para isto, foram utilizadas as tabelas de distribuição normal de FISCHER e YATES (12).

Calculou-se a temperatura mínima absoluta possível de acontecer cada 5(P 0,05), 10(P 0,10) e 20(P 0,20) anos, considerando que os riscos das temperaturas mínimas absolutas anuais inferiores ou iguais às temperaturas críticas de vida para os vegetais, são aceitáveis quando ocorrerem uma vez cada 20 anos, para cultivos perenes e uma vez cada 5, para espécies anuais de cultivo invernal (7).

Na determinação das datas médias de primeiras e últimas temperaturas mínimas prejudiciais para os cultivos, utilizaram-se os dados diários de temperaturas mínimas absolutas do ar para cada mês do ano, período acima mencionado, extraíndo-se para cada ano, os va

lores e datas em que ocorreram as primeiras e últimas temperaturas iguais ou inferiores a 10° C, 5° C, 3° C, 0° C, -1° C e -2° C.

Calculou-se, desta forma, a data média para cada nível térmico e o desvio padrão correspondente, em número de dias.

A temperatura de 0° C ou inferior, pode representar o nível de danos em qualquer estado fenológico para cultivos muito sensíveis, como o são à quase totalidade dos anuais estivais termófilos, e inferior ou igual a 3° C como indicador de geada provável ao nível do solo. Os níveis térmicos \leq a -1° C e \leq a -2° C podem ser aplicados aos distintos estados fenológicos dos cultivos perenes criófilos, aos de meia estação e aos anuais, nos quais a resistência é variável durante o ciclo. As temperaturas iguais a 5° C e 10° C ou inferiores, de um modo geral, determinam o nível de zero de crescimento, para os cultivos anuais de inverno e anuais de verão respectivamente.

Calculou-se, também, a probabilidade de ocorrência dos níveis térmicos analisados, cada cinco dias antes e depois da data média, utilizando-se as tabelas de FISHER e YATES (12) e a fórmula $Z = (X - \bar{X})/\epsilon$, onde Z é o escore reduzido; \bar{X} , a média; X, elemento do conjunto e ϵ o desvio padrão (10). Para isto, considerou-se que a variação do fenômeno respondia a uma distribuição normal, da do que, na data média, a probabilidade (P) para cada nível corresponde a 50%, Tabela 3.

Sendo que, em muitos anos do período considerado não ocorreram alguns dos níveis mínimos indicados, ao calcular a probabilidade, efetuou-se a redução do valor dado pela tabela de FISHER e YATES (12) mediante sua multiplicação pela porcentagem real de anos com registros (20), Tabela 1 e 2.

Utilizaram-se as datas médias reais de primeiras e últimas temperaturas \leq a 10° C, 5° C, 3° C, 0° C, -1° C e -2° C para testar a validade do método segundo PAPADAKIS (19) e DAMARIO e PASCALE (10).

Os dados meteorológicos foram observados e registrados na estação meteorológica de Santa Maria (latitude: 29°41'S; longitude: 53°48'W e altitude: 138m), pertencente ao Departamento Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura e, para a realização deste trabalho, coletados nos arquivos do 8° Distrito de Meteorologia, Porto Alegre.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. *Intensidade das temperaturas mínimas invernais* - Como se observa na Tabela 1, a média anual (\bar{t}) das temperaturas mínimas absolutas é de -0,2° C. Esta característica no regime das temperatu

ras mínimas absolutas anuais, ou, em outras palavras, no regime de geadas de inverno, coloca este local numa situação vantajosa para o cultivo das espécies perenes pouco resistentes aos frios inverniais. Em estado de repouso invernal praticamente, todas as espécies frutíferas de folhas caducas estão livres de danos por temperaturas extremas (mínimas). Esta amenidade dos frios favorece o cultivo de espécies não exigentes em frios inverniais, mas que toleram temperaturas abaixo de zero grau, como os citrus.

Sendo as temperaturas mínimas inverniais pouco intensas e de variabilidade reduzida, possibilitam, desta forma, um potencial agropecuário privilegiado em Santa Maria, principalmente comparando com as mesmas situações latitudinais do Hemisfério Norte onde, segundo DAMARIO e PASCALE (9), ocorrem longos períodos com inatividade vegetativa invernal.

Em consequência da pouca intensidade local dos frios inverniais, deve-se considerar o fato de, no Rio Grande do Sul, ocorrerem frequentemente variações aperiódicas das temperaturas nesta estação do ano (3, 4, 13). Isto tem uma implicação agrônômica importante. Em muitos anos, no inverno, ocorrem períodos com temperaturas que superam os valores médios e, as espécies com baixo umbral térmico de brotação e floração, aos estímulos destas, entram em fase de crescimento e desenvolvimento. Neste momento de seu estado fenológico os órgãos vegetais possuem menos resistência às temperaturas extremas (mínimas).

Devido à pouca intensidade do frio invernal e às variações aperiódicas do mesmo, seria útil estudar a intensidade e probabilidade de temperaturas mínimas para cada mês do período que apresenta geadas. Assim, na Tabela 1, apresenta-se também as temperaturas mínimas absolutas ocorridas em cada um dos sete meses mais frios do ano, bem como as respectivas médias, desvio padrões e probabilidades.

Analisando estes dados, observa-se uma concentração da maior intensidade das temperaturas mínimas absolutas no mês de julho, seguindo junho, agosto, maio, setembro, outubro e abril. Isto revela que a carga de frio é maior e mais intensa no ramo descendente da termofase negativa anual do que no ramo ascendente, fato já comprovado no estado do Rio Grande do Sul, para as condições térmicas de Porto Alegre (14) e Pelotas (15), e para esta parte da América do Sul (21), apresentando o mês de maio e junho maior soma normal de temperatura abaixo de 7° C do que nos meses de agosto e setembro. Representa isso uma grande implicação bioclimática, pois as árvores frutíferas de folhas caducas pouco exigentes em frio, como o pessegueiro, ameixeira, cerejeira, damasqueiro e amendoeira, satisfazem suas exigências em frio, em muitos anos, no primeiro período da

Tabela 1. Temperaturas mínimas absolutas mensais e anuais (°C), médias mensais, anual (E), desvio padrões (σ) das mesmas e temperaturas mínimas absolutas possíveis de ocorrerem cada 20, 10 e 5 anos em Santa Maria. Período: 1912-1966.

	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Ano
1912	8,5	2,0	2,5	0,0	1,0	1,5	3,5	0,0
1913	6,7	6,8	2,0	5,4	0,8	6,8	5,8	0,8
1914	5,2	4,0	3,4	4,2	3,6	4,2	5,0	3,4
1915	14,6	0,4	-2,6	-1,4	3,4	4,6	4,4	-2,6
1916	10,0	1,1	-0,8	-0,6	2,4	5,0	5,1	-0,8
1917	5,7	2,1	-1,8	0,2	-0,2	5,2	5,2	-1,8
1918	10,1	3,2	0,0	-2,4	0,4	3,0	3,4	-2,4
1919	11,2	7,3	1,8	8,0	2,0	3,1	8,0	1,8
1920	9,8	4,2	0,4	-0,6	1,9	6,0	6,0	-0,6
1921	6,9	3,9	-1,6	0,4	2,0	4,6	8,0	-1,6
1922	8,1	2,8	1,1	6,4	4,0	7,2	4,0	1,1
1923	9,8	2,0	1,7	-0,2	4,2	5,4	7,4	-0,2
1924	6,0	-0,4	1,4	0,5	1,6	5,6	2,8	-0,4
1925	5,6	0,0	-2,0	2,2	2,5	3,3	6,6	-2,0
1926	7,8	3,5	2,9	1,0	3,6	3,4	7,2	1,0
1927	8,5	3,0	0,5	0,0	3,1	3,5	6,7	0,0
1928	9,0	3,7	0,7	-0,4	0,2	4,3	8,0	-0,4
1929	7,4	1,0	-0,5	4,0	1,0	6,0	6,0	-0,5
1930	7,0	6,0	7,0	-2,0	1,0	3,0	4,0	-2,0
1931	4,7	2,5	0,8	-1,0	1,0	3,8	6,0	-1,0
1932	8,2	1,6	0,2	5,5	1,2	5,4	8,0	0,2
1933	6,6	9,0	2,0	-1,0	2,3	4,0	4,0	-1,0
1934	5,4	3,0	2,1	-1,0	5,8	3,6	6,0	-1,0
1935	3,4	2,4	2,0	-0,6	1,5	2,6	4,8	-0,6
1936	7,8	8,0	4,0	2,0	0,0	4,0	7,0	0,0
1937	8,8	3,2	5,0	0,8	3,0	5,4	6,8	0,8
1938	6,6	4,8	3,0	0,2	1,8	4,4	5,0	0,2
1939	4,8	7,0	3,4	1,9	3,6	9,5	8,8	1,9
1940	6,6	8,2	1,5	3,8	2,2	6,0	8,0	1,5
1941	9,2	4,0	1,0	1,0	3,6	2,5	5,7	1,0
1942	8,8	2,2	-0,1	-1,6	3,6	7,3	7,0	-1,6
1943	9,0	6,4	7,4	3,2	1,0	4,4	9,0	1,0
1944	7,0	4,8	-0,5	1,0	4,2	5,2	8,5	-0,5
1945	5,2	5,4	-0,8	-1,5	5,3	4,5	8,0	-1,5
1946	7,9	7,6	3,8	1,2	5,2	6,0	4,4	1,2
1947	8,6	3,0	4,0	-0,4	2,0	5,2	5,8	-0,4
1948	8,9	3,0	2,0	2,4	2,8	7,6	6,2	2,0
1949	7,0	2,0	4,0	-1,5	3,5	0,1	5,0	-1,5
1950	6,3	6,6	3,8	1,0	0,7	3,4	5,8	0,7
1951	6,8	4,8	1,9	0,9	0,8	3,6	3,9	0,8
1952	2,5	6,7	0,5	1,2	4,5	3,2	6,7	0,5
1953	5,1	3,4	1,5	-2,0	4,0	8,0	6,7	-2,0
1954	6,0	2,5	1,6	0,4	1,2	5,2	6,5	0,4
1955	5,7	4,1	-0,6	-1,2	-2,0	4,4	5,5	-2,0
1956	5,4	0,9	-0,5	0,3	0,3	3,9	10,2	-0,5
1957	9,3	7,3	4,0	0,2	-0,6	5,0	7,1	-0,6
1958	7,0	1,1	2,0	8,2	0,4	2,4	8,9	0,4
1959	5,2	2,3	0,2	3,0	0,5	3,4	6,6	0,2
1960	6,8	2,7	-0,8	-0,5	2,1	2,0	6,6	-0,8
1961	6,3	4,7	0,0	0,0	*	6,6	10,0	*
1962	5,0	1,5	0,9	-2,2	*	4,9	5,4	-2,2
1963	8,2	5,4	2,7	0,5	-0,6	*	5,7	-0,6
1964	6,6	6,3	-1,1	0,6	3,3	0,2	*	-1,1
1965	5,9	3,5	5,9	-1,0	2,0	7,7	4,9	-1,0
1966	10,8	4,0	3,0	1,3	1,5	2,0	5,6	1,3
E	7,3	3,9	1,6	0,9	2,1	4,5	6,2	-0,2
σE	2,1	2,3	2,2	2,4	1,7	1,9	1,7	1,3
P 0,05	3,9	0,2	-2,0	-3,1	-0,6	1,4	3,4	-2,3
P 0,10	4,6	1,0	-1,2	-2,2	0,0	2,1	4,0	-1,8
P 0,20	5,5	2,0	-0,2	-1,1	0,7	2,9	4,8	-1,3

* Dados incompletos por falta de observações.

estação invernal (têrmica). Com o advento de períodos com temperaturas que superam os valores médios, no fim de julho ou início de agosto, estas espécies entram em fase de desenvolvimento, e, neste momento de seu estado fenológico, os órgãos possuem menor resistência às temperaturas mínimas extremas que possam ocorrer no restante do período invernal.

Estas características climáticas locais e regionais devem ser levadas em consideração também para as espécies anuais de cultivo invernal. Nos anos em que ocorre um período invernal benigno quanto à temperatura, ainda muito antes da primavera, entram em tal grau de desenvolvimento que as temperaturas mínimas extremas poderão causar grandes danos. As temperaturas mínimas absolutas são tanto mais perigosas no momento de sua ocorrência, quanto mais elevado seja o nível térmico do fim de inverno (7).

2. *Datas de ocorrência de primeiras e últimas temperaturas mínimas prejudiciais aos cultivos* - Como se observa na Tabela 2, temperaturas iguais ou inferiores a 3º C não ocorrem todos os anos, de crescendo a porcentagem quanto mais baixo o nível térmico considerado. Dos 55 anos analisados, 100% apresentam temperaturas iguais ou inferiores a 10º C e 5º C e aproximadamente 91% ≤ a 3º C, 46% ≤ a 0º C, 28% ≤ a -1º C e somente 5% ≤ ao nível de -2º C, tanto para primeiras como para últimas. Desta forma a data média de ocorrência destes níveis é pouco representativa. Inclusive, em consequência do pequeno número de anos que se registram esses valores mínimos, por exemplo, as datas médias de ocorrências de temperaturas ≤ a -2º C dão-se antes que as datas médias de temperaturas ≤ a -1º C.

Quanto à dispersão, verifica-se que a mesma aumenta à medida que se calculam as datas médias para níveis aumentando de ≤ -1º C, tanto para as datas médias de primeiras como para últimas temperaturas mínimas. Observa-se na Tabela 3, que existe afastamento de ocorrência de temperaturas iguais ou inferiores a 10º C, 5º C e 3º C até 40 dias antes da data média no caso das primeiras e, com as últimas, as temperaturas referentes aos níveis térmicos ≤ a 5º C e 10º C, podem registrar-se até 50 dias depois da data média. Isto denota a elevada dispersão destas últimas temperaturas.

Para as datas médias de primeiras e últimas temperaturas ≤ a 3º C, 0º C, -1º C e -2º C, calculou-se o afastamento reduzido segundo a porcentagem de anos de ocorrência das mesmas, pois somente as temperaturas ≤ a 5º C e 10º C registraram-se todos os anos.

A análise dos dados precedentes, mostra a elevada variabilidade de as datas médias e, por consequência, a grande periculosidade das primeiras e últimas temperaturas mínimas iguais ou inferiores à níveis térmicos prejudiciais aos cultivos ou espécie determinada,

Tabela 2. Datas médias, desvio padrão, porcentagem de anos com registros e probabilidade de ocorrência na data média das primeiras e últimas temperaturas iguais ou inferiores a distintos níveis térmicos para Santa Maria, período 1912-1966.

Níveis térmicos (°C)	Data Média	Desvio padrão (+/-)	Porcentagem de anos com registros	Probabilidade de ocorrência na data média (%)
10	6 - IV	17,04	100,0	50,00
5	21 - V	18,01	100,0	50,00
3	5 - VI	19,22	92,7	46,35
0	26 - VI	12,96	46,3	23,15
-1	1 - VII	11,50	27,8	13,90
-2	22 - VI	15,63	5,6	2,80
-2	22 - VII	6,65	5,4	2,70
-1	23 - VII	5,37	27,3	13,65
0	30 - VII	9,26	45,4	22,70
3	16 - VIII	18,54	90,9	45,45
5	13 - IX	21,22	100,0	50,00
10	21 - XI	20,33	100,0	50,00

Tabela 3. Probabilidade de ocorrência dos níveis térmicos, primeiros e últimos, antes e depois da data média, para Santa Maria.

Níveis térmicos (°C)	Dias antes e depois da data média									
	5	10	15	20	25	30	35	40	50	
Primeiros										
10	38,5	28,0	19,0	12,0	7,0	4,0	2,0	1,0		
5	39,0	29,0	20,0	13,0	8,5	5,0	2,5	1,5		
3	36,6	27,8	19,9	13,9	9,3	5,6	3,5	1,8		
0	16,2	10,2	5,8	2,8	1,2	0,5				
-1	9,2	5,4	2,5	1,1	0,6	0,2				
-2	16,0	1,4	1,0	0,6	0,3	0,1				
Últimos										
-2	12,2	0,4	0,1							
-1	47,8	0,8								
0	14,4	6,4	5,7	0,7						
3	35,9	26,8	19,1	12,7	8,2	4,5	2,8	1,4		
5	40,5	31,5	24,0	17,5	12,0	8,0	5,0	3,0	1,0	
10	40,5	31,0	23,0	16,5	11,0	7,0	4,0	2,5	0,5	

pois primeiramente deve-se considerar a etapa de alta sensibilidade ao frio que apresentam nesta fase: estado adiantado de brotação e floração das plantas perenes ou o nascimento das anuais e, em segundo lugar, que pequenas diferenças na data de ocorrência de uma mesma temperatura menor que 0° C, pode surpreender as plantas em momentos de maior sensibilidade e causar prejuízos (9, 10).

Analisando-se a Tabela 4, observa-se que o período médio anual livre de temperaturas \leq a 0° C corresponde a 330 dias, ocorrendo,

como termo médio, somente 35 dias com geadas, concordando desta forma com REIS et alii (23), o qual encontrou o período livre um pouco mais curto, porém utilizou somente 5 anos de observação e discrepância de MOTA et alii (17) que encontrou 12 meses livres de geadas para o ano como média, empregando valores climáticos do período 1931-1960. Deve-se ressaltar, porém, que no caso presente, apenas em 46,3% e 45,4% dos anos analisados registraram-se temperaturas \leq a 0 $^{\circ}$ C respectivamente para primeiras e últimas, sendo, desta forma, uma data média não perfeitamente ajustada, pois ao calcular os valores, entraram distintos anos e distintas quantidades dos mesmos. Em consequência disto, as datas médias de primeiras e últimas temperaturas mínimas \leq a -1 $^{\circ}$ C e -2 $^{\circ}$ C são ainda menos representativas.

Tabela 4. Período médio anual livre e datas extremas absolutas, em dias, para as primeiras e últimas temperaturas iguais ou inferiores a 10 $^{\circ}$ C, 5 $^{\circ}$ C, 3 $^{\circ}$ C, 0 $^{\circ}$ C, -1 $^{\circ}$ C e -2 $^{\circ}$ C. Período 1912-1966.

	10 $^{\circ}$ C	5 $^{\circ}$ C	3 $^{\circ}$ C	0 $^{\circ}$ C	-1 $^{\circ}$ C	-2 $^{\circ}$ C
Período médio anual livre	134	249	292	330	342	334
Primeiro dia com registro:						
Caso mais cedo	22-II	13-IV	26-IV	25-V	8-VI	8-VI
Caso mais tarde	22-V	6-VII	14-VII	14-VII	13-VII	9-VII
Último dia com registro:						
Caso mais cedo	8-X	29-VII	29-VII	17-VII	17-VII	17-VII
Caso mais tarde	2-I	6-XI	11-X	23-VIII	1-VIII	1-VIII

Tomando-se a data de 15 de julho como limite de primeiras e últimas geadas, acontece que, em muitos anos, registra-se uma única temperatura mínima \leq a 0 $^{\circ}$ C, que pode ser antes ou depois desta data, tendo-se em alguns anos, somente datas de primeira ou somente de últimas geadas. Também, em outros anos, verifica-se este mesmo caso porém com registro de vários dias com temperatura \leq a 0 $^{\circ}$ C. Considerando-se no primeiro caso, a única temperatura mínima \leq a 0 $^{\circ}$ C registrada como data tanto de primeira como de última geada e, no segundo, a primeira e última temperatura mínima \leq 0 $^{\circ}$ C como data de primeira e última geada respectivamente, independente de uma data limite (15 de julho), observou-se que as mesmas ocorrem no dia 8 de julho (1 $^{\circ}$) e 14 de julho (última), correspondendo, desta forma, a um período médio anual com geadas de 7 dias.

Para a horticultura e floricultura, com seus cultivos herbáceos

e anuais que, nos meses de primavera raramente alcançam uma altura maior que 30 cm e, para alguns cultivos agrícolas, seria fundamen tal uma análise mais profunda e detalhada das últimas temperatu ras mínimas prejudiciais, pois, o processo da geada radiativa vai acompanhada de inversão térmica e, geralmente, próximo ao solo se registram temperaturas \leq a 0º C, enquanto que no abrigo meteorolô gico, altura de 1,5 m, ocorrem temperaturas iguais a 3º C ou mais. Este fato foi salientado por vários autores, entre eles BERTONI (5), BOSSO (6), DAMARIO e PASCALE (10) e comprovado com medições por DE FINA (11). MOTA (16), inclusive, comprovou que, no Estado do Rio Grande do Sul, com temperaturas mínimas de 2º C no abrágo meteorológico, observou-se danos no trigo quando encanado (16).

Isto é comprovado ao comparar-se os dados da Tabela 1 com o nú mero de geadas, observações visuais, anotadas para cada mês, Tabe la 5, na mesma estação e período. Ainda que nos meses de abril, se tembro e outubro não se registraram temperaturas a 0º C, observa-se o fenômeno de geadas e, nos outros meses, foi maior a frequência de anos com este elemento climático.

Muito útil seria também elaborar tabelas de probabilidades das médias da mínima e da mínima absoluta para cada p^{en}tata dos 365 dias do ano, semelhante às realizadas por AMARAL et alii (2) em Pe lotas, RS.

3. *Comprovação da validade do método de estimativa das datas m^e dias de primeiros e últimos níveis térmicos prejudiciais aos culti vos* - Na Figura 1, apresenta-se os resultados obtidos da compara ção do método gráfico para estimar a data média de primeira e últi ma geada (19) e as datas médias de primeiros e últimos níveis térmi cos prejudiciais aos cultivos (10), mínimas absolutas, com as datas médias reais de primeiras e últimas temperaturas \approx a 10º C, 5º C, 3º C, -1º C e -2º C.

Ponteando-se as datas médias reais de primeiras e últimas tempe raturas iguais ou inferiores a 10º C, 5º C, 3º C, 0º C, -1º C e -2º C, observa-se que os níveis de 10º C, 5º C e 3º C alia-se mais ao método de PAPADAKIS (19). Porém na parte central da curva, onde os valores observados correspondem a uma porcentagem menor do que 90% dos anos considerados, se afastam completamente, fato já compro vado por DAMARIO e PASCALE (10), demonstrando que esta parte da cur va não serve para estimar datas médias.

Calculando-se para cada nível o valor médio das temperaturas ex traídas dos dados observados, obtém-se um valor inferior ao nível considerado, pois as temperaturas mínimas ocorridas, nas datas anu ais utilizadas para extrair a data média correspondente a um nível dado, serão sempre inferiores ou iguais à referida temperatura. No caso de Santa Maria as médias das temperaturas mínimas utilizadas

Tabela 5. Número mensal de geadas observadas em Santa Maria, período de 1912-1966.

Ano	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.
1912	0	0	0	1	4	4	0
1913	0	0	0	0	1	1	0
1914	0	0	0	0	0	0	0
1915	0	1	7	2	0	0	0
1916	0	0	6	5	0	0	0
1917	0	2	3	0	2	0	0
1918	0	0	5	5	2	0	0
1919	0	0	2	0	3	0	0
1920	0	0	0	2	3	0	0
1921	0	1	10	5	0	0	0
1922	0	2	3	0	0	0	1
1923	0	3	0	4	0	0	0
1924	0	7	2	3	3	0	2
1925	0	5	12	5	1	0	0
1926	0	1	1	4	2	0	0
1927	0	0	2	2	2	3	0
1928	0	1	6	5	0	0	0
1929	0	1	4	0	2	0	0
1930	0	0	0	10	1	0	0
1931	0	0	3	3	4	1	0
1932	0	3	1	0	1	0	0
1933	0	0	0	6	1	0	0
1934	0	0	1	4	0	0	0
1935	1	2	2	3	1	1	0
1936	0	0	0	2	3	0	0
1937	0	0	0	2	1	0	0
1938	0	0	0	3	2	0	0
1939	1	0	1	2	0	0	0
1940	3	0	0	0	5	0	0
1941	0	0	6	2	0	2	0
1942	0	1	5	4	0	0	0
1943	0	0	0	1	8	0	0
1944	0	0	2	4	0	0	0
1945	0	0	8	6	0	0	0
1946	0	0	1	5	0	0	0
1947	0	2	0	8	5	0	0
1948	0	2	2	3	*	0	0
1949	0	1	0	4	*	2	0
1950	0	0	*	5	*	0	0
1951	0	1	3	*	4	*	0
1952	1	0	2	2	1	2	0
1953	0	0	3	7	0	0	0
1954	0	2	1	1	2	0	0
1955	0	0	2	3	3	0	0
1956	0	11	2	5	1	0	0
1957	0	0	0	0	3	0	0
1958	0	3	2	0	2	1	0
1959	0	0	3	0	1	0	0
1960	0	4	4	4	2	0	0
1961	0	0	4	3	*	0	0
1962	1	4	3	3	*	0	0
1963	0	0	1	3	2	*	0
1964	0	0	8	6	0	0	*
1965	0	0	0	5	0	*	0
1966	0	0	1	1	0	0	0

* Dados incompletos por falta de observações.

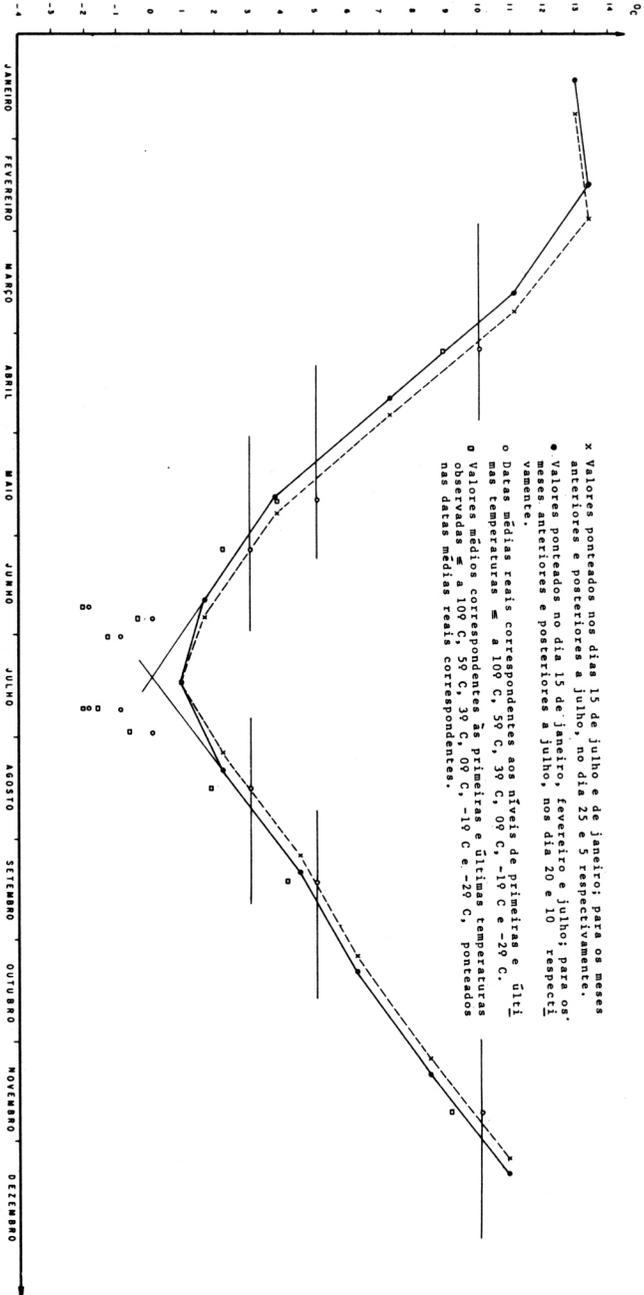


Figura 1. Comprovação do método de estimativa segundo PAPADAKIS (19) e DIMARIO e PASCALE (10), com as datas médias de níveis térmicos = a 10º C, 5º C, 3º C, 0º C, -1º C e -2º C, registrados na estação meteorológica de Santa Maria.

para determinar as datas médias foram as seguintes:

Nível Térmico	para primeiras	para últimas
10º C	8,9º C	9,1º C
5º C	3,9º C	4,1º C
3º C	2,1º C	1,8º C
0º C	-0,4º C	-0,7º C
-1º C	-1,4º C	-1,7º C
-2º C	-2,2º C	-2,1º C

Traçando a curva com as datas médias reais encontradas para cada nível de primeiras e últimas temperaturas iguais ou inferiores a 10º C, 3º C, 0º C, -1º C e -2º C, não no ponto da curva correspondente a estes valores, mas sim utilizando as médias encontradas acima, vê-se que se ajustam mais ao método com as modificações propostas por DAMARIO e PASCALE (10). Mas também aqui a estimativa é mais exata no ramo descendente da curva do que no ramo ascendente. Na parte central da curva ocorre o mesmo: os valores normais não servem para produzir estimativas. Tudo isto observaram e comprovaram os dois pesquisadores acima citados e solucionaram o problema, nesta parte da curva, segundo a técnica que se detalhou anteriormente (10).

Para as condições térmicas de Santa Maria, constatou-se ser mais prático prolongar, mediante linhas retas, a tendência de queda ou de ascensão de ambas as pendentes da curva tomando-se, como referência principal, as médias das mínimas absolutas de maio e junho para o ramo descendente e agosto e setembro para o ramo ascendente. Observou-se que o melhor ajuste consegue-se com as datas médias de primeiras temperaturas iguais ou inferiores aos níveis considerados, fato também constatado na República Argentina por DAMARIO e PASCALE (10).

No mês de setembro constatou-se uma inflexão da curva para cima, fato que se comprovou ocorrer em outras localidades do Estado, ao traçar a curva com os valores médios das temperaturas mínimas absolutas encontradas em MOTA et alii (18). Talvez isto seja em consequência de ser o mês mais chuvoso da estação primaveril.

Para estimar-se as datas médias de primeiras e últimas temperaturas mínimas prejudiciais aos cultivos para todo o estado do Rio Grande do Sul, julga-se conveniente realizar a comprovação desse método também com dados de alguma outra estação que apresente condições térmicas distintas das de Santa Maria.

CONCLUSÕES

1. As geadas invernais em Santa Maria são pouco perigosas, permitindo o aproveitamento do inverno como estação produtiva para a

agricultura, pois as temperaturas mínimas absolutas estão acima dos níveis críticos de muitos e importantes cultivos.

2. Considerando os três meses invernais individualmente, a maior periculosidade ocorre em julho, seguindo junho e depois agosto.

3. A dispersão das datas médias das primeiras e últimas temperaturas aumenta à medida que se eleva o nível térmico elegido (exceto para -29°C).

4. Considerando o número mensal de geadas observada visualmente, verifica-se a ocorrência deste fenômeno também nos meses de abril, setembro e outubro e maior a sua frequência anual nos meses de inverno.

5. O método segundo DAMARIO e PASCALE (10) se aproxima mais aos valores reais, para as condições térmicas de Santa Maria, do que o método de PAPADAKIS (19).

6. Deve-se procurar, para este local, a seleção e criação de variedades com pouca ou nenhuma exigência em frio e elevado umbral térmico de brotação e floração.

LITERATURA CITADA

1. ACOSTA, M. J. C., BEIRSDORF, M. I. C., e MOTA, F. S. da - *Primeiras geadas de outono no Rio Grande do Sul. Ciência e Cultura*, São Paulo, 25(10):671-979, Out., 1973.
2. AMARAL, E., SILVA, J. B. e BASSÓLS, M. do C. - *Tabelas de probabilidades da temperatura mínima em Pelotas, RS (médias das mínimas e mínimas absolutas)*. Pelotas, Cadeira de Matemática da Universidade Federal de Pelotas, 1972, 13 p. (mimeografado).
3. ARAÚJO, L. C. de - *Invernos frios e invernos quentes. Egea*, Porto Alegre, 5(2):78-80, 1919.
4. ARAÚJO, L. C. de - *Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul*, Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1930, 100 p.
5. BERTONI, M. S. - *Límites de resistencia de las plantas tropicales y subtropicales a las bajas temperaturas estudiadas en la Estación Agronómica de Puerto Bertoni, Ser.*, 2(5): 324-344, 1919.
6. BOSSO, J. A. - *Régimen y pronóstico local de heladas en Bella Vista*. Buenos Aires, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, 1947, 13 p. (mimeografado).
7. BURGOS, J. J. - *Las heladas en la Argentina*. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1963, 388 p.

8. BURGOS, J. J. - *Observaciones sobre el problema de la protección contra las heladas en la Republica Argentina.* Neuquen, Federación Productores de Fruta de Rio Negro y Neuquen. 1957, 175-276. (trabalho apresentado no VII Congreso Fruticola Nacional, 1957).
9. DAMARIO, E. A. e PASCALE, A. J. - *Intensidad y variabilidad del frio invernal.* Buenos Aires, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, 1973 a, 5 p. e mapas (mimeografiado).
10. DAMARIO, E. A. e PASCALE, A. J. - *Fechas medias de primeras y últimas temperaturas mínimas perjudiciales para los cultivos.* Buenos Aires, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, 1973 b, 14 p. e mapas (mimeografiado).
11. DE FINA, A. L. - *Las heladas primaverales en Buenos Aires durante el período 1909-1933.* Revista Argentina de Agronomía. Buenos Aires, 2(6):57-77, Ago. 1935.
12. FISHER, R. A. e YATES, F. - *Tablas estadísticas.* Madrid, Aguilar, S.A. de Ediciones, 1949, 133 p.
13. MACHADO, F. P. - *Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul.* Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950, 91 p.
14. MARKUS, R. - *Um estudo estatístico dos invernos de Porto Alegre em relação às exigências de frio das frutíferas de clima temperado.* Revista Agronômica. Porto Alegre, 16 (187, 188, 189):231-248, Jul/Ago/Set., 1952.
15. MOTA, F. S. da - *Os invernos de Pelotas, RS, em relação às exigências das árvores frutíferas de folhas caducas.* Pelotas, Instituto Agronômico do Sul. 1957, 38 p. (bol. tecn. nº 18).
16. MOTA, F. S. da - *O problema da época de sementeira do trigo.* Porto Alegre, Suplemento Rural do Jornal "Correio do Povo", 10 de dezembro de 1960.
17. MOTA, F. S. da - *Geadas de Primavera no Rio Grande do Sul.* Pelotas, Instituto Agronômico do Sul, 1961, 15 p. (circular nº 17).
18. MOTA, F. S. da, BEIRSDORF, M. I. C. e GARCEZ, J. R. B. - *Zonamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina-Normais agroclimáticas.* Vol. I. Pelotas, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul, 1971, 80 p. (circular nº 50).
19. PAPADAKIS, J. - *Mapa ecológico de la República Argentina.* Buenos Aires, Ministério de Agricultura y Ganadería, 1952,

254 p.

20. PASCALE, A. J. e DAMARIO, E. A. - *Fecha de floración en frutales y probabilidad de daño por heladas*. Buenos Aires, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, 1958, 23 p. (trabalho apresentado no Congresso Frutícola Argentino, 1958).
21. PASCALE, A. J. y ASPIAZÚ, C. - Régimen de horas de frío durante el invierno en Buenos Aires. *Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires*. Buenos Aires, 16(2):63-82, Dez. 1965.
22. PASCALE, A. J. - Analysis of air temperature and soil moisture. In *Agricultural Meteorology*. Geneva, World Meteorological Organization, nº 310, 1970, pp. 321-337 (proceeding of the WMO Seminar in Agriculture Meteorology. Barbados, 1970).
23. REIS, B. G. , BERLATO, M. a. e LEOBEL, C. V. - *Aspectos gerais do clima do Estado*, Porto Alegre, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - Coordenadoria Regional do Rio Grande do Sul, 1972, 187 p. (vol. I), mapas e gráficos (Vol. II).
24. YOUNG, F. D. - *Frost and the prevention of frost damage*. Washington, Weather Bureau, 1947, 65 p. (bol. nº 1588).