

DISPONIBILIDADES DE CALOR PARA OS CULTIVOS NO ESTADO DO
RIO GRANDE DO SUL.

Availability of heat for the crops of the State of
Rio Grande do Sul.

Edmundo A. Damario*, Antonio J. Pascale* e Galileo A. Buriol**

RESUMO

Comprovou-se a validade do método de soma de temperaturas efetivas segundo DAMARIO e PASCALE (6) na sua aplicação às condições térmicas do Estado do Rio Grande do Sul.

Estimaram-se, pelo mesmo método, as somas de temperaturas efetivas sobre 0°C, 5°C, 10°C e 15°C, para 42 estações meteorológicas do Estado.

O resultado dos cálculos permitiu o traçado das cartas de disponibilidades de calor mensais do Estado, apresentando-se, no trabalho, as correspondentes ao ano e aos meses de janeiro e julho, para cada nível térmico utilizado.

As regiões climáticas do Alto Vale do Uruguai, Baixo Vale do Uruguai, Missões e Depressão Central foram as que apresentaram maior soma de temperaturas efetivas e a Serra do Nordeste, centro e leste do Planalto e a Serra do Sudeste a menor.

SUMMARY

The validity of the Method of DAMARIO and PASCALE (6) for summing effective temperatures was confirmed by applying it to the thermal condition of the State of Rio Grande do Sul.

The effective temperatures above 0°C, 5°C, 10°C and 15°C were estimated for 42 meteorological stations of the State. These calculations permitted the drawing of a monthly isothermic map for the State. This paper presents maps for the year and the months of January and July for each thermic level studied.

The climatic regions of the upper and lower valley of the Uruguai, the Missions and the Central Depression have the highest sum

* Professores Titulares de Climatologia e Fenologia Agrícolas das Faculdades de Agronomia da Universidade de La Plata e Universidade de Buenos Aires (Argentina), respectivamente.

** Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista da UNDP/FAO/BRA - 69/533 na Faculdade de Agronomia, Universidade de Buenos Aires.

of effective temperatures; the mountain ranges of the Northeast and Southeast and the central and east regions of the Planalto have the least sum of effective temperatures.

INTRODUÇÃO

Para o zoneamento agroclimático dos cultivos são necessárias duas etapas bem definidas: a) a determinação das exigências bioclimáticas das espécies e seus cultivares e; b) a delimitação das disponibilidades climáticas regionais que devem satisfazer as exigências das espécies e seus cultivares. O ajuste entre necessidades biológicas e disponibilidades ambientais conduz ao zoneamento das aptidões agroclimáticas da região em estudo.

Na determinação das exigências bioclimáticas das espécies cultivadas, analisam-se as influências exercidas pelos elementos do ambiente atmosférico, atuando separadamente ou combinados, sobre o crescimento e desenvolvimento dos indivíduos integrantes do cultivo.

A temperatura é um dos elementos bioclimáticos mais importantes na distribuição geográfica das comunidades vegetais naturais ou cultivadas. A influência deste elemento sobre a atividade vegetal vem sendo estudada desde o século XVII (6).

Na realidade, deveria interpretar-se o crescimento das plantas como o aproveitamento da energia radiante, pelas mesmas, na formação de matéria seca. Poderia medir-se, desta forma, a acumulação de matéria seca por intermédio da carga diária de calor dos tecidos vegetais. Sua quantidade dependeria do calor específico, da massa e da temperatura dos mesmos. Entretanto, como estes fatores são continuamente variáveis e difíceis de serem medidos, utiliza-se a temperatura média diária do ar como expressão da carga de calor para o vegetal, devido sua simplicidade de cálculo e universalidade de obtenção. Assim, o conhecimento do zero térmico de iniciação do crescimento, variável de espécie para espécie, permite, ao descontá-lo da temperatura média diária, obter as denominadas unidades de calor, graus-dia ou, com mais propriedade, temperaturas efetivas.

Esta forma simples de quantificar o balanço de calor para o vegetal representa apenas parcialmente a ação biológica da temperatura. Sabe-se que tal ação manifesta-se como uma expressão parabólica, crescente até um ótimo térmico, após o qual todo o aumento da temperatura produz uma diminuição de intensidade nos processos de crescimento ou desenvolvimento. Desta forma, a temperatura média diária não representa adequadamente a integração do efeito biológico correspondente a cada uma das variações térmicas que atuam sobre o vegetal e, menos ainda, o efeito diferencial das foto e nictotem

peraturas nos referidos processos biológicos.

Para superar estas deficiências foram desenvolvidos índices biometeorológicos mais complexos, os quais consideram, separadamente, os efeitos das temperaturas diurnas e noturnas, diferentes um brais térmicos, mínimos e máximos segundo os cultivos e funções exponenciais de diferentes graus (3, 4, 11, 17, 18, 20).

Uma forma simples de obter-se a soma de temperaturas efetivas diárias é pelo método direto (6). Consiste em descontar a temperatura base, da temperatura média diária. Entretanto, neste caso, devido à sua variação diária, a temperatura alcança, durante as horas do dia, valores superiores à temperatura média e, ainda que o resíduo seja zero, o vegetal pode estar submetido a certa ação positiva da temperatura durante o lapso diário em que a onda térmica supera a temperatura base inicial de crescimento.

Para contabilizar este efeito e, supondo uma variação linear na marcha da temperatura do ar desde a mínima até a máxima diária, LYN DSEY e NEWMAN (13) deduziram geometricamente uma fórmula para calcular as temperaturas residuais diárias quando a temperatura base se encontra compreendida entre as temperaturas extremas.

A soma de temperaturas efetivas normais para um dado mês consiste em descontar a temperatura base da temperatura normal e multiplicar o resíduo pelo número de dias do mês considerado. Este valor pode diferir, as vezes consideravelmente, daquele que se obtem computando diariamente as temperaturas efetivas de um período extenso de anos e realizando posteriormente sua média para chegar ao valor normal mensal. Esse erro ou diferença fundamenta-se na variabilidade diária da temperatura.

Para suprir este erro, THOM (19) derivou uma fórmula com a qual trabalhando-se unicamente com a temperatura normal mensal e seu desvio-padrão, obtem-se um resultado similar ao logrado com o cálculo diário, pois este último é trabalhoso e nem sempre possível de realizar-se.

THOM (19) julgou que o coeficiente médio de correlação entre as temperaturas de todos os dias do mês não variava apreciavelmente entre lugares distintos e, desta forma, considerou constante para todos os lugares essa correlação entre dias da temperatura.

DAMARIO e PASCALE (6) constataram que a variação assincrônica da temperatura nesta parte meridional do Hemisfério Sul afetava a aplicação da fórmula de THOM (19) e assim introduziram um ajuste na mesma. Além disso, partindo da fórmula de LYN DSEY e NEWMAN (13), incluíram também o efeito adicional da amplitude térmica mensal na estimativa da soma de temperaturas efetivas.

Qualquer que seja a fórmula utilizada para computar a ação da temperatura, a acumulação dos valores diários dentro do ciclo total

ou de cada sub-período do vegetal, conduz às expressões conhecidas como soma de graus-dia ou soma de temperaturas efetivas, cuja magnitude será variável segundo as espécies e cultivares, épocas de seaduradas e integração com outros elementos biometeorológicos.

Este trabalho tem por finalidade comprovar a validade do método de estimativa das disponibilidades de calor mensal segundo DAMARIO e PASCALE (6), em sua aplicação às condições térmicas do Estado do Rio Grande do Sul e traçar as cartas das somas de temperaturas efetivas sobre 0º C, 5º C, 10º C e 15º C para o ano e os meses de janeiro e julho.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a comprovação da validade do método de estimativa das disponibilidades de calor segundo DAMARIO e PASCALE (6), foram selecionadas 6 estações meteorológicas (Bagé, Caxias do Sul, Passo Fundo, Pelotas, Santa Maria e Uruguaiana), distribuídas de tal forma a abranger as possíveis variações de temperaturas devidas à distinta localização geográfica: altitude, latitude e distância do mar (Tabela 1.).

Coletou-se os dados meteorológicos diários correspondentes aos meses de janeiro, abril, julho e outubro, durante o período 1961-1970 e procedeu-se o cálculo das temperaturas efetivas diárias sobre as temperaturas base de 0º C, 5º C, 10º C, 15º C e 20º C, mediante dois métodos de cálculo: o direto (6) e o de LINDSEY e NEWMAN (13).

A soma pelo método direto consistiu em descontar da temperatura média diária o valor da temperatura base, resultando um resto que se acumulou diariamente até a obtenção da somatória mensal correspondente. Quando a temperatura média foi igual ou menor do que a temperatura base, o resíduo obtido por este método foi igual a zero (6).

A soma pelo método de LINDSEY e NEWMAN (13) consistiu no emprego de fórmula:

$$\text{graus-dia} = 0,5 \frac{(t_M - t_b)^2}{(t_M - t_m)}$$

onde: t_M foi a temperatura máxima diária; t_m a temperatura mínima diária e t_b a temperatura base.

LINDSEY e NEWMAN (13) consideraram a marcha de temperatura do ar desde a mínima até a máxima como uma variação linear, porém foi uma suposição para simplificar o cálculo, porque na realidade a onda térmica diária tem um caráter senoidal que poderia introduzir algumas diferenças nos resultados, tal como foi assinalado por ARNOLD (2). Entretanto este aspecto é de muito menor importância e de mais

difícil estimativa, pelo qual não foi considerado neste trabalho.

O cálculo diário dos graus-dia segundo a fórmula de LINDSEY e NEWMAN (13), foi simplificado mediante o uso das tabelas de WILLIAMS e MAC KAY (21).

Os valores residuais diários, calculados para cada temperatura base pelo método direto (6) e pelo de LINDSEY e NEWMAN (13), foram totalizados mensalmente, obtendo-se desta forma a soma de temperaturas residuais de cada mês e ano do período considerado. Estes valores constituíram a soma de temperaturas efetivas observadas.

Foram calculados, para cada localidade, os seguintes valores climáticos correspondentes aos 10 anos de observação, período de 1961 a 1970:

- temperatura média mensal (\bar{t}) e seu desvio padrão ($\sigma_{\bar{t}}$);
- médias das temperaturas máxima mensais (\bar{t}_M) e seu desvio-padrão ($\sigma_{\bar{t}_M}$);
- média das temperaturas mínimas mensais (\bar{t}_m) e seu desvio-padrão ($\sigma_{\bar{t}_m}$);
- média das somas de temperaturas efetivas mensais sobre 0° C, 5° C, 10° C, 15° C e 20° C pelo método direto (Σt_D), de LINDSEY e NEWMAN (Σt_{LN}) e de THOM (Σt_T).

Utilizaram-se os valores mensais de graus-dia observados, obtidos pelo método direto (Σt_D), para comprovar o método de THOM (19) que estima a disponibilidade média de soma de temperaturas efetivas, sobre qualquer temperatura base (Σt_T), partindo da temperatura média mensal e seu desvio-padrão, segundo a fórmula:

$$\Sigma t_T = N \left[(\bar{t} - t_b) + l \sigma_{\bar{t}} \sqrt{N} \right]$$

onde : N = número de dias do mês;

l = coeficiente de proporcionalidade cujo valor está em função não linear (função λ) com o valor h:

$$h = \frac{(\bar{t} - t_b)}{\sigma_{\bar{t}} \sqrt{N}} \text{ e } l = \frac{\frac{\Sigma t_D}{N} - (t + t_b)}{\sigma_{\bar{t}} \sqrt{N}}$$

A relação h e l foi tabulada por THOM (19) a partir de valores observados nos Estados Unidos da América.

THOM (19) baseou o cálculo das somas mensais, considerando a relação existente entre σt diário e o σt mensal mediante a expressão:

$$\sigma t_d = \frac{\sigma_{\bar{t}} \sqrt{N}}{\sqrt{1 + (N + 1) \cdot r}}$$

onde: σt_d = desvio padrão da temperatura média de um dia;

$\sigma_{\bar{t}}$ = desvio padrão da temperatura média mensal ao qual cor

responde este dia;

N = número de dias do mês;

r = coeficiente de correlação entre as temperaturas de todos os dias do mês.

THOM (19) desprezou o denominador ao considerar que r não varia consideravelmente entre lugares distintos, resultando o produto $6 \bar{t} \sqrt{N}$ como uma estimativa adequada da variabilidade térmica diária.

DAMARIO e PASCALE (6) constataram que a fonte de erro na estimativa da soma de temperaturas mensais utilizando os valores de l de THOM (19), derivava de considerar constante para todas as localidades o coeficiente de correlação r . A variação entre dias da temperatura para localizações do hemisfério sul modificava o valor r e afetava o desvio-padrão da temperatura média mensal, pela qual a relação h e l obtida por THOM não era de aplicação universal, ao menos que se corrigisse a variabilidade.

HOLMES e ROBERTSON (12) aplicaram a relação entre h e l , tabulada por THOM (19), à estimativa de soma de temperaturas no Canadá, sem efetuar nenhuma correção por desvio-padrão, pois a variabilidade de temporal e geográfica da temperatura do ar é similar em todo o continente norte americano.

Para introduzir a influência dos diferentes $6 \bar{t}$, foi calculado várias curvas de h e l para cada valor de desvio-padrão. Segundo este critério, DAMARIO e PASCALE (6) desenvolveram o sistema gráfico reproduzido na Figura 1, mediante o qual se pode estimar as temperaturas efetivas normais mensais para qualquer $6 \bar{t}$ e t_D .

Com os valores das 6 localidades selecionadas obtiveram-se as estimativas de $\sum t_T$, médias mensais para o período 1961-1970. A comparação das $\sum t_D$ e as $\sum t_T$ estimadas mediante a aplicação da fórmula, serviu para avaliar o método de THOM (19) para a obtenção da soma de temperaturas efetivas mensais.

Como no trabalho de DAMARIO e PASCALE (6), foi necessário efetuar um ajuste na temperatura média mensal, através do desvio padrão, a fim de lograr um resultado mais próximo dos valores de graus-dia conseguidos pelo método direto ($\sum t_D$). Obteve-se então a soma de temperaturas efetivas segundo o método de THOM (19), corrigido pelo desvio padrão ($\sum t_{TC}$).

Na comprovação anterior não está incluída a correção para a temperatura efetiva diária quando a temperatura base se encontra entre as temperaturas mínima e máxima diária, pois considerou-se somente a temperatura média mensal. Portanto o cálculo diário dos dez anos, efetuado pelo método de LINDSEY e NEWMAN (13) para as 6 localidades do Estado, permitiu comprovar maiores acumulações mensais que os obtidos com o método direto. Isto é lógico, pois, neste último método

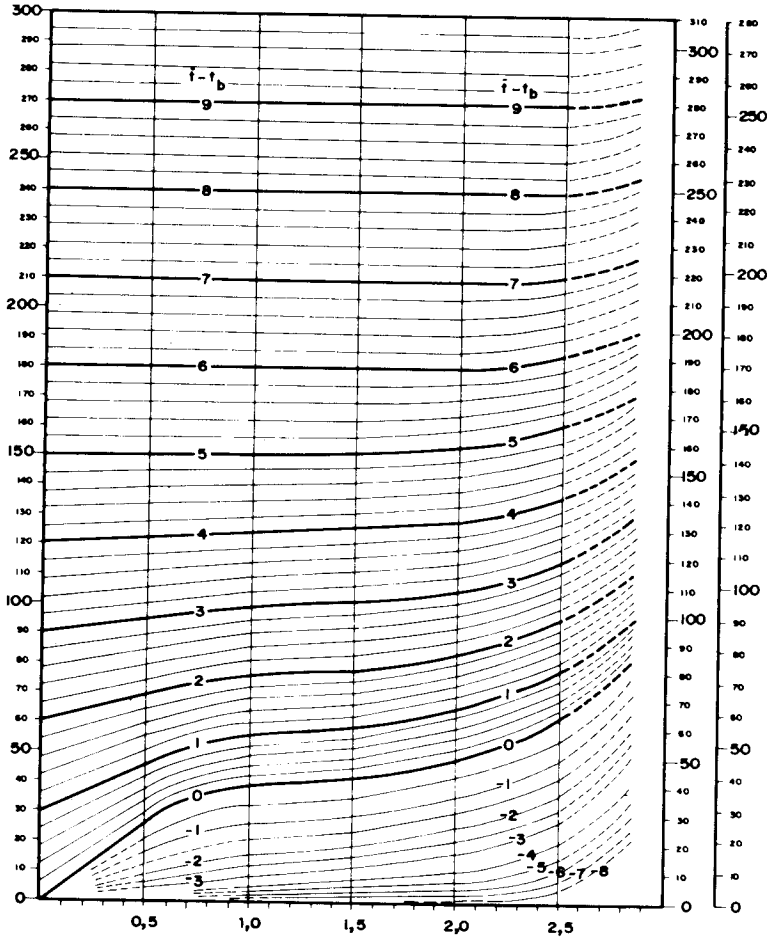


FIGURA 1 - GRÁFICO PARA CALCULAR A SOMA DE GRAUS-DIA NORMAIS MENSIS SOBRE QUALQUER TEMPERATURA BASE (t_b) EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA NORMAL (t) E SEU DESVIO PADRÃO. SEGUE-SE A ORDENADA QUE CORRESPONDE AO DESVIO-PADRÃO ATÉ CORTAR A LINHA $i - t_b$ E SE LÊEM OS GRAUS-DIA NA ESCALA LATERAL QUE CORRESPONDE AO NÚMERO DE DIAS DO MES.

do, não se somam os aportes energéticos diferenciais diários logrados pelo método de LINDSEY e NEWMAN (13) quando a temperatura base se encontra entre a temperatura mínima e a temperatura máxima.

No método segundo DAMARIO e PASCALE (6) de estimativa da soma de temperaturas efetivas normais para fins agroclimáticos, foi desenvolvido um ajuste dos valores climáticos integrando o efeito adicional da amplitude térmica diária mediante a fórmula:

$$\Delta (\sum t_{LN} - \sum t_d) = N \cdot 0,1965 \cdot e^{0,3818f}$$

onde:

$$f = \frac{(\bar{t}_M - t_b)(t_b - \bar{t}_m)}{(t_M - t_m)}$$

Aplicou-se esta correção aos cálculos dos valores climáticos dos dez anos das 6 localidades selecionadas do Estado, obtendo-se portanto, as somas de temperaturas efetivas corrigidas pelo desvio-padrão da temperatura média mensal e pelo efeito da amplitude térmica dos valores mensais extremos.

Com o antecedente das comprovações mencionadas acima, estimaram-se as somas de temperaturas efetivas sobre 0º C, 5º C, 10º C, 15º C e 20º C para 42 localidades do Estado, Tabela 1, calculando-se previamente as respectivas temperaturas médias, médias das máximas, médias das mínimas e o desvio-padrão da temperatura média mensal (5).

Para a computação destas médias coletaram-se os dados mês a mês ano a ano, nos arquivos do 8º Distrito de Meteorologia do Serviço Nacional de Meteorologia, Porto Alegre, para cada estação meteorológica, desde a instalação da mesma, Tabela 1.

Utilizando-se as somas de temperaturas efetivas das 42 estações, Tabela 1, com base no mapa hipsométrico do Estado, publicado pelo Conselho Nacional de Geografia/Instituto Gaúcho de Reforma Agrária, 1966, foram confeccionadas as cartas agroclimáticas, regionalizando-se, desta forma, as disponibilidades de calor (figuras 6 a 17).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. *Comparação entre $\sum t_p$ e $\sum t_f$* - Os valores das somas de temperaturas efetivas normais estimadas com a fórmula e o fator l de THOM (19) foram muito semelhantes aos resultados do cálculo direto. As diferenças ocorridas nos 4 meses eleitos, para as 6 localidades, período 1961-1970, oscilaram entre + 14 (abril: Passo Fundo) e - 11 (janeiro: Caxias do Sul), ambas na soma de disponibilidades de calor sobre 20º C. Como exemplo apresenta-se os resultados dos quatro meses de comparação, graus-dia sobre 0º C, 5º C, 10º C, 15º C e 20º C, para as localidades de Caxias do Sul e Santa Maria, Tabela 2.

A grandeza geral dos erros foi pequena e, analisados em conjunto, não acusaram significação estatística ao aplicar o teste "t" de Student. Entretanto, como no trabalho original (6), buscou-se explicar tais diferenças em função da variabilidade da temperatura média mensal correspondente. Da Tabela 2 pode deduzir-se que os maiores erros se encontram nos casos em que $(\bar{t} - t_b)$ resulta próximo a \bar{t} e as diferenças negativas e positivas extremas correspondem aos \bar{t} variáveis entre $\pm 0,6333$ e $\pm 1,591$. Estes desvio padrões correspon

Tabela 1. Latitude, longitude, altitude e período de observações das estações meteorológicas utilizadas nos cálculos das disponibilidades de calor no Estado do Rio Grande do Sul.

ESTAÇÕES	LATITUDE SUL	LONGITUDE W. de Gr.	ALTITUDE (m)	PERÍODO DE OBSERVAÇÃO
1. Irai	27º11'	53º14'	227	1935-1970
2. Marcelino Ramos	27º27'	51º54'	383	1916-1970
3. Santa Rosa	27º51'	54º25'	360	1922-1967
4. Palmeira das Missões	27º53'	53º26'	634	1915-1970
5. Passo Fundo	28º15'	52º24'	678	1913-1970
6. Lagoa Vermelha	28º25'	51º35'	808	1914-1970
7. Santo Angelo	28º18'	54º15'	289	1915-1968
8. São Luiz Gonzaga	28º23'	54º58'	254	1912-1970
9. Vacaria	28º33'	50º42'	955	1914-1967
10. Cruz Alta	28º38'	53º36'	473	1912-1970
11. São Borja	28º39'	56º00'	96	1913-1966
12. Soledade	29º03'	52º26'	720	1915-1964
13. Guaporé	28º55'	51º54'	450	1912-1970
14. Itaqui	29º07'	56º32'	53	1914-1970
15. Bento Gonçalves	29º10'	51º25'	619	1918-1970
16. Caxias do Sul	29º10'	51º12'	740	1912-1970
17. Santiago	29º11'	54º53'	426	1915-1963
18. Júlio de Castilhos	29º13'	53º40'	516	1915-1947
19. Torres	29º20'	49º43'	43	1913-1968
20. São Francisco de Paula	29º20'	50º31'	912	1912-1961
21. Taquara	29º45'	50º45'	29	1923-1965
22. Santa Maria	29º41'	53º48'	138	1912-1970
23. Santa Cruz	29º43'	52º25'	56	1915-1968
24. Uruguaiana	29º45'	57º05'	69	1912-1970
25. Alegrete	29º46'	55º47'	116	1912-1970
26. Taquari	29º48'	51º49'	76	1912-1966
27. Porto Alegre	30º01'	51º13'	10	1910-1970
28. Cachoeira do Sul	30º02'	53º53'	68	1912-1970
29. Viamão	30º05'	50º47'	52	1922-1954
30. São Gabriel	30º20'	54º19'	124	1912-1970
31. Caçapava do Sul	30º30'	53º29'	450	1915-1970
32. Encruzilhada do Sul	30º32'	52º31'	420	1913-1970
33. Tapes	30º50'	51º35'	5	1923-1969
34. Santana do Livramento	30º53'	55º31'	210	1912-1968
35. Dom Pedrito	30º58'	54º39'	140	1912-1962
36. Bagé	31º20'	54º20'	216	1912-1970
37. Piratini	31º26'	53º06'	345	1916-1970
38. Pelotas	31º45'	51º21'	7	1912-1969
39. Rio Grande (cidade)	32º01'	52º05'	3	1912-1969
40. Rio Grande (barra)	32º08'	52º06'	2	1926-1962
41. Jaguarão	32º33'	53º23'	11	1912-1962
42. Santa Vitória do Palmar	33º31'	53º21'	6	1913-1969

Tabela 2. Diferenças entre Σt_D e Σt_T para duas localidades do Rio Grande do Sul, utilizando o fator λ da Tabela de THOM (19) e o fator λ calculado a partir das somas das temperaturas observadas (Σt_{Tc}), período 1961-1970.

LOCALIDADE	MÊS	\bar{t}	$s \bar{t}$	t_D	COM λ DE THOM (19)				COM λ CALCULADO			
					Σt_D	Σt_T	$\Sigma t_T - \Sigma t_D$	Σt_D	Σt_{Tc}	$\Sigma t_{Tc} - \Sigma t_D$	Σt_D	
Caxias do Sul	Jan.	21,4	0,6338	0	663	663	0	663	0	663	0	
				5	508	508	0	508	0	508	0	
				10	353	353	0	353	0	353	0	
				15	198	198	0	198	0	198	0	
				20	60	49	-11	60	0	60	0	
	Abr.	17,5	1,5320	0	525	525	0	525	0	525	0	
				5	375	375	0	375	0	375	0	
				10	225	225	0	225	0	225	0	
				15	89	92	+3	89	0	89	0	
				20	9	19	+10	9	0	9	0	
	Jul.	13,0	1,5189	0	403	403	0	403	0	403	0	
				5	248	248	0	248	0	248	0	
				10	118	109	-9	118	0	118	0	
				15	28	26	-2	28	0	28	0	
				20	0	0	0	0	0	0	0	
	Out.	16,8	1,5909	0	521	521	0	521	0	521	0	
				5	366	366	0	366	0	366	0	
				10	211	214	+3	211	0	211	0	
				15	76	86	+10	76	0	76	0	
				20	10	17	+7	10	0	10	0	
Santa Maria	Jan.	24,3	0,7416	0	757	757	0	757	0	757	0	
				5	598	598	0	598	0	598	0	
				10	443	443	0	443	0	443	0	
				15	288	288	0	288	0	288	0	
				20	233	233	0	233	0	233	0	
	Abr.	19,8	0,8922	0	594	594	0	594	0	594	0	
				5	444	444	0	444	0	444	0	
				10	294	294	0	294	0	294	0	
				15	144	144	0	144	0	144	0	
				20	37	27	-10	37	0	37	0	
	Jul.	14,5	1,574	0	449	449	0	449	0	449	0	
				5	294	294	0	294	0	294	0	
				10	152	148	-4	152	0	152	0	
				15	57	48	-9	57	0	57	0	
				20	11	6	-5	11	0	11	0	
	Out.	19,0	1,1146	0	589	589	0	589	0	589	0	
				5	434	434	0	434	0	434	0	
				10	279	279	0	279	0	279	0	
				15	129	126	-3	129	0	129	0	
				20	27	24	-3	27	0	27	0	

dem praticamente ao limite total encontrado nas seis localidades e nos quatro meses analisados que foram $\sigma \bar{t} = \pm 0,628$ para janeiro de Pelotas e $\sigma \bar{t} = \pm 1,670$ para julho de Uruguaiana.

Considerando-se que a fórmula de THOM (19) inclui o desvio padrão da temperatura média mensal no fator λ da correção, o qual a sua vez se obtém em função de h , onde também se inclui o $\sigma \bar{t}$, é lógico deduzir-se que a variabilidade da temperatura média mensal seja a causa dos ajustes logrados na comparação entre $\sum t_T$ e $\sum t_{Tc}$ (Tabela 2), pois na estimativa destes últimos o fator λ utilizado calculou-se da soma de temperaturas efetivas observadas e com o $\sigma \bar{t}$ mensal correspondente à série 1961-1970 analisada.

Ao colocar num gráfico os valores de h e λ dados por THOM (19) e os h e λ calculados mediante a soma de temperaturas efetivas observadas, plotando-os em conjunto, sem diferenciar meses, temperaturas médias ou desvio padrões, não se pode visualizar diferenças (Figura 2), em razão do que, como no trabalho similar realizado por DAMARIO e PASCALE (6), separaram-se os casos com $\sigma \bar{t} \leq 1$, $\sigma \bar{t}$ entre 1,00 e 1,50 e $\sigma \bar{t} \geq 1,50$. A Figura 3 representa as três curvas assim obtidas, onde observa-se claramente que a linha superior, com $\sigma \bar{t}$ médio $\pm 0,82$, produz valores de h e λ bastante diferentes aos da linha inferior, cujo $\sigma \bar{t}$ médio é de $\pm 1,59$. A curva intermediária, com $\sigma \bar{t}$ médio $\pm 1,29$, equivale a obtida na Argentina (6) para $\sigma \bar{t} \pm 1,25$, coincidindo também com a original de THOM (19).

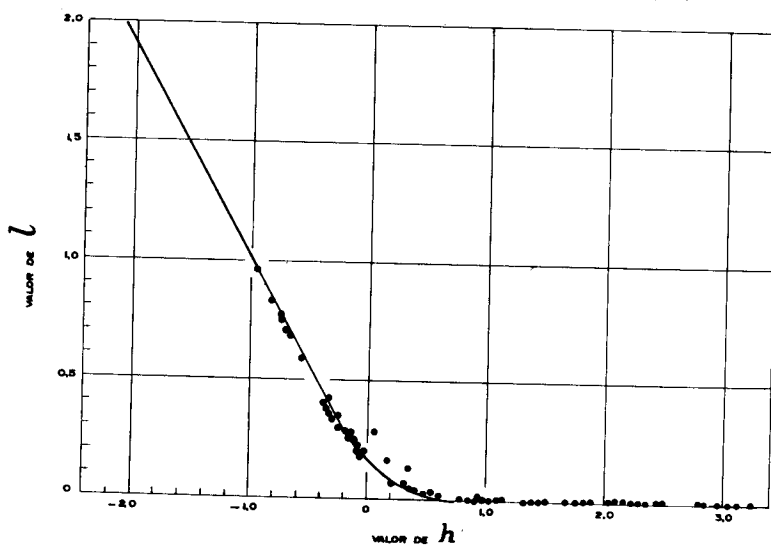


FIGURA 2 - VALORES DE h e λ DEDUZIDOS PARA DISTINTAS LOCALIDADES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL UTILIZANDO 5 NÍVEIS DE TEMPERATURA: 0°C , 5°C , 10°C , 15°C E 20°C . A CURVA DE AJUSTAMENTO FOI TRAÇADA SEGUNDO OS VALORES DADOS POR THOM (19)

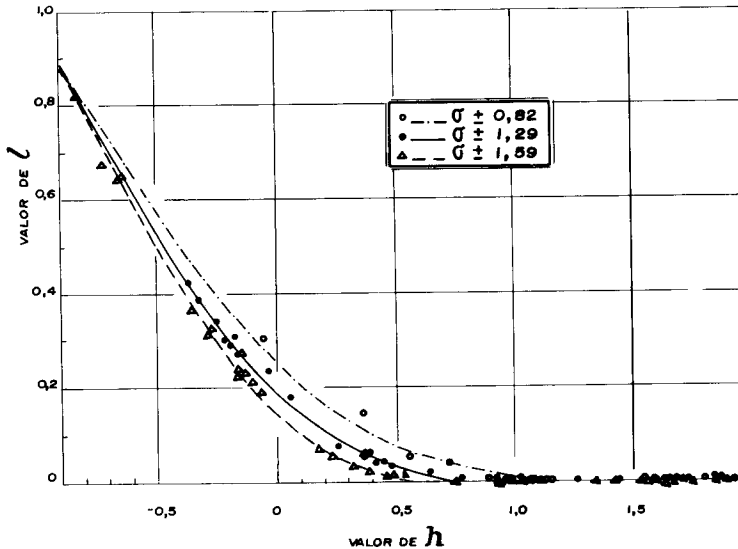


FIGURA 3 - ORDENAMENTO DO FATOR λ EM FUNÇÃO DO DESVIO-PADRÃO DA TEMPERATURA MÉDIA MENSAL PARA LOCALIDADES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

2. Comparação entre Σt_D e Σt_{LN} - Os dados da Tabela 3 permitem comparar as médias mensais das somas de temperaturas efetivas computadas pelo método direto (Σt_D), com as calculadas aplicando a metodologia de LINDSEY e NEWMAN (13). As diferenças assinaladas quantificam os efeitos da magnitude e variabilidade da amplitude térmica consideradas com este último método.

Podemos observar-se que, quanto menor $\bar{t} - t_b$, isto é, quando a temperatura base se aproxima da temperatura média, maiores diferenças ocorrem. Entretanto não se observa tão claramente a outra característica saliente do cálculo, referente à relação direta entre as diferenças e a amplitude térmica, devido à pouca variação desta última nos casos analisados.

Com referência ao efeito da variabilidade das médias mensais das temperaturas extremas, podem ocorrer diferenças em certos casos com t_b inferior a \bar{t}_m ou superior a \bar{t}_M . Um exemplo pode explicar isto: supondo um mês que tivera uma média normal das máximas de $15^\circ \text{C} \pm 3^\circ \text{C}$, tal desvio padrão indica que, em alguns dos anos incluídos neste cálculo climático, a média da máxima esteve acima dos 15°C e nestes casos, muitos dos dias do mês superaram os 15°C médio. Em tais dias o cômputo das somas térmicas segundo LINDSEY e NEWMAN (13) sobre base 15°C , daria valores diferenciais com relação ao

Tabela 3. Média e diferença da soma das temperaturas efetivas calculadas pelo método direto (Σt_D) e segundo LINDSEY e NEWMAN (Σt_{LN}), para quatro meses de seis localidades do Estado do Rio Grande do Sul (6, 13). Período 1961-1970.

LOCALIDADES	MÊS	\bar{t}_H	\bar{t}_m	\bar{t}	\bar{e}	NÍVEIS (t_D)														
						0º C			5º C			10º C			15º C			20º C		
						Σt_{LN}	Σt_D	Dif.	Σt_{LN}	Σt_D	Dif.	Σt_{LN}	Σt_D	Dif.	Σt_{LN}	Σt_D	Dif.	Σt_{LN}	Σt_D	Dif.
Bagé	Jan.	30,4	17,8	24,1	0,9	747	747	0	592	592	0	437	437	0	284	282	2	140	127	13
	Abr.	24,3	13,5	18,9	2,5	567	567	0	417	417	0	269	267	2	134	123	11	43	30	13
	Jul.	18,1	8,8	13,5	1,6	418	418	0	265	263	2	135	127	8	48	41	7	11	5	6
	Out.	23,6	12,4	18,0	1,4	558	558	0	403	403	0	241	239	2	119	105	14	34	19	15
Caxias do Sul	Jan.	26,8	16,1	21,4	0,6	663	663	0	508	508	0	353	353	0	263	198	5	76	60	16
	Abr.	22,2	12,8	17,5	1,5	525	525	0	376	375	1	228	225	3	99	89	10	22	9	13
	Jul.	17,5	8,5	13,0	1,5	403	403	0	251	248	3	126	119	7	38	28	10	5	0	5
	Out.	21,9	11,7	16,8	1,6	521	521	0	366	366	0	215	211	4	88	76	12	21	10	11
Passo Fundo	Jan.	28,4	17,1	22,8	0,9	707	707	0	552	552	0	397	397	0	243	242	1	105	93	12
	Abr.	23,6	13,4	18,5	1,5	554	554	0	404	404	0	256	254	2	121	114	7	32	15	17
	Jul.	18,4	8,9	13,7	1,7	425	425	0	272	270	2	139	132	7	46	36	10	8	1	7
	Out.	23,5	12,8	18,1	1,4	561	561	0	406	406	0	253	251	2	118	107	11	32	18	14
Pelotas	Jan.	28,8	17,4	23,2	0,6	718	718	0	563	563	0	408	408	0	255	254	1	113	99	14
	Abr.	24,2	12,6	18,4	1,3	552	552	0	402	402	0	254	252	2	122	110	12	34	15	19
	Jul.	18,0	7,8	12,9	1,3	401	400	1	248	245	3	117	105	12	35	23	12	6	1	5
	Out.	22,4	11,6	17,0	1,4	527	527	0	372	372	0	221	217	4	92	77	15	21	11	10
Santa Maria	Jan.	30,2	18,4	24,3	0,7	753	753	0	598	598	0	443	443	0	288	288	0	142	133	9
	Abr.	25,1	14,5	19,8	0,9	594	594	0	444	444	0	295	294	1	154	144	10	52	37	15
	Jul.	19,4	9,9	14,6	1,6	449	449	0	296	294	2	160	152	8	65	57	8	18	11	7
	Out.	24,7	13,3	19,0	1,1	589	589	0	434	434	0	280	279	1	142	129	13	44	27	17
Uruguaiana	Jan.	31,7	19,6	25,7	0,9	796	796	0	641	641	0	486	486	0	331	331	0	182	176	6
	Abr.	25,8	15,3	20,6	1,1	618	618	0	468	468	0	318	318	0	169	164	5	64	52	12
	Jul.	19,3	9,8	14,6	1,7	452	452	0	297	297	0	163	154	9	64	56	8	15	7	8
	Out.	25,3	14,4	19,8	1,1	614	614	0	459	459	0	301	304	3	162	149	13	51	38	13

cálculo direto. O mesmo ocorreria caso se considerasse a variabilidade da média normal das temperaturas mínimas. Obviamente, as diferenças entre ambos os métodos são cada vez menores em magnitude e, possivelmente se anulam quando a temperatura base se distancia do valor das temperaturas extremas normais em limites que superam a variabilidade imposta pelo desvio padrão particular de cada caso.

3. Correção dos valores Σt_{TC} para introduzir o efeito da amplitude diária e anual - Como se explicou ao fazer a comprovação da eficiência do método de THOM (19) na estimativa da soma de temperaturas efetivas, resulta indispensável efetuar uma correção por desvio padrão da temperatura média mensal, para lograr um ajuste total com os cálculos efetuados em forma direta. Em tais circunstâncias a

Σt_{TC} resulta uma estimativa adequada das disponibilidades de calor mensais utilizando só o valor climático da temperatura normal mensal e sua variabilidade. Entretanto, este valor resulta inferior ou no máximo igual, dependendo do valor de $t - t_b$, ao obtido mediante a aplicação da fórmula de LINDSEY e NEWMAN (13), tal como se conclui da Tabela 3.

O caráter geométrico da fórmula de LINDSEY e NEWMAN (13) permite concluir que a diferença $\Sigma t_{LN} - \Sigma t_{TC}$ está em função da amplitude térmica diária. Com efeito, partindo das duas fórmulas básicas

$$\Sigma t_D = t - t_b \quad \text{e} \quad \Sigma t_{LN} = 0,5 \frac{(t_M - t_b)^2}{(t_M - t_m)} ;$$

dando à temperatura base distintos valores e designando com A a amplitude térmica e com Δt a diferença entre a temperatura base e a temperatura média diária t, pode deduzir-se:

t_b	Σt_{LN}	Σt_D	$\Sigma t_{LN} - \Sigma t_D$
$t_b = t_M$	0	0	0
$t_b = (t + \Delta t) < t_M$	$\frac{A}{8} - 0,5 \Delta t \left(1 - \frac{\Delta t}{A}\right)$	0	$\frac{A}{8} - 0,5 \Delta t \left(1 - \frac{\Delta t}{A}\right)$
$t_b = t$	$\frac{A}{8}$	0	$\frac{A}{8}$
$t_b = (t - \Delta t) > t_m$	$\frac{A}{8} + 0,5 \Delta t \left(1 + \frac{\Delta t}{A}\right)$	Δt	$\frac{A}{8} - 0,5 \Delta t \left(1 - \frac{\Delta t}{A}\right)$
$t_b = t_m$	$\frac{A}{2}$	$\frac{A}{2}$	0

Como pode observar-se, as diferenças entre ambos os cálculos é função da amplitude. Quando t_b é igual a t, esta diferença adquire um valor máximo igual a 1/8 da amplitude diária. A medida que t_b

tende a t_M ou a t_m , a diferença tende a zero, diminuindo em função inversa com o valor de $t - t_b$.

Ao levar as considerações anteriores ao plano climático, estas relações devem manter-se, porém agora estarão influenciadas pela variabilidade das temperaturas médias e extremas diárias.

Desde o momento que THOM (19) demonstrou que a variabilidade da temperatura média mensal era uma estimativa adequada da variabilidade das temperaturas diárias através de $\sigma t_d = \sigma \bar{t} \sqrt{N}$, poderia também se supor que a variabilidade das médias das temperaturas máximas e mínimas mensais resultariam representativas de suas variações diárias e, em consequência, desenvolver-se para as temperaturas extremas uma fórmula de estimativa similar àquela. Ainda que isto fosse possível, sua aplicação prática exigiria o conhecimento dos desvios padrões das médias mensais das temperaturas extremas, o que limitaria sua aplicação generalizada. Para evitar este inconveniente, DAMARIO e PASCALE (6) desenvolveram uma forma de correção tendo em conta que

$$\Sigma t_{TC} + \text{correção} = \Sigma t_{LN} ,$$

onde o valor de tal correção é dependente da amplitude térmica e está influenciado pela variabilidade das médias das temperaturas extremas. Além disso, a correção é máxima para $t_b = \bar{t}$, diminui à medida que a t_b se aproxima a t_M ou a t_m e se anula quando a t_b se afasta além dos limites da variabilidade das temperaturas extremas.

Todas estas condições foram completadas por um fator de correção (f) cuja expressão é a seguinte:

$$f = \frac{(\bar{t}_M - \bar{t}_b) (t_b - \bar{t}_m)}{(\bar{t}_M - \bar{t}_m)} .$$

Como no trabalho de DAMARIO e PASCALE (6), buscou-se comprovar-se a aplicação da fórmula aos dados da Tabela 3 produziria uma correção tal que, somada ao cálculo direto Σt_D (ou às Σt_{TC} , por ser uma estimativa de valor similar), originaria um ajuste coincidente com as somas de temperaturas efetivas normais calculadas pelo método de LINDSEY e NEWMAN (13). As diferenças $\Sigma t_{LN} - \Sigma t_D$ da Tabela 3, reduzidas a valores diários, plotaram-se num gráfico, Figura 4, no qual foi traçado a curva de ajuste aos valores originais da Argentina - Figura 5 do trabalho de DAMARIO e PASCALE (6). Comprovou-se uma coincidência como se os pontos tivessem originado a referida curva, os quais habilitaram sua utilização na prova do ajuste proposto. Desta forma surgiu a Tabela 4 onde se verifica que a diferença entre valores calculados e observados pode chegar no máximo a 4 ou 5º C, erro totalmente desprezível para estudos agroclimáticos,

Tabela 4. Diferenças entre ΣT_{m} observadas (O) e calculadas (C) segundo o método proposto por DAMARIO e PASCALE (6) para 6 localidades do Rio Grande do Sul e 4 meses. Período 1961-1970.

LOCALIDADES	MÊS	$t_D = 0^{\circ} C$		$t_D = 5^{\circ} C$		$t_D = 10^{\circ} C$		$t_D = 15^{\circ} C$		$t_D = 20^{\circ} C$	
		ΣT_{m} (O)	ΣT_{mCL} (C)	ΣT_{m} (O)	ΣT_{mCL} (C)	ΣT_{m} (O)	ΣT_{mCL} (C)	ΣT_{m} (O)	ΣT_{mCL} (C)	ΣT_{m} (O)	ΣT_{mCL} (C)
Bagé	Jan.	747	747	592	592	437	437	284	284	140	139
	Abr.	567	567	417	417	269	268	-1	134	43	41
	Jul.	418	418	265	264	-1	136	+1	48	0	8
	Out.	558	558	403	403	0	241	0	119	-1	34
Caxias do Sul	Jan.	663	663	508	508	353	353	203	202	-1	76
	Abr.	525	525	375	375	228	227	99	99	0	22
	Jul.	503	403	251	249	-2	125	+3	38	40	2
	Out.	521	521	366	366	0	215	-1	88	90	21
Passo Fundo	Jan.	707	707	552	552	397	397	243	244	+1	105
	Abr.	555	555	405	405	0	256	0	121	123	32
	Jul.	425	425	272	271	-1	139	+2	46	-4	8
	Out.	561	561	406	406	0	253	0	118	0	32
Pelotas	Jan.	719	719	564	564	409	409	255	256	+1	113
	Abr.	552	552	402	402	0	254	0	122	0	34
	Jul.	400	400	247	247	0	117	-1	35	0	6
	Out.	527	527	372	372	0	221	-1	92	0	21
Santa Maria	Jan.	753	753	598	598	443	443	288	290	-2	142
	Abr.	594	594	444	444	0	293	0	154	-3	52
	Jul.	449	449	296	295	-1	157	0	69	+4	18
	Out.	589	589	434	434	0	280	0	142	-2	44
Uruguaiana	Jan.	796	796	641	641	486	486	331	332	+1	182
	Abr.	618	618	468	468	0	318	0	169	0	64
	Jul.	452	452	297	297	0	163	-2	64	+5	15
	Out.	614	614	459	459	0	305	0	162	-4	51

propósito para o qual foi desenvolvido por DAMARIO e PASCALE (6) o método de somas de temperaturas efetivas. Isto significa que, com a fórmula:

$$\Sigma t_{LN} - \Sigma t_D = (0,1965 \cdot e^{0,3818f}) N,$$

mencionada anteriormente, pode-se estimar a diferença entre a soma mensal de temperaturas efetivas calculadas pelos métodos de LINDSEY e NEWMAN (13) e direto (6), corrigidos por desvio padrão da temperatura média mensal e por efeito da amplitude dos valores extremos mensais.

Destaca-se que, nas estimativas de disponibilidades de calor mensais, somente se utiliza a variabilidade da temperatura média mensal pois a dos valores extremos fica incluída na diferença

$$\Sigma t_T - \Sigma t_D.$$

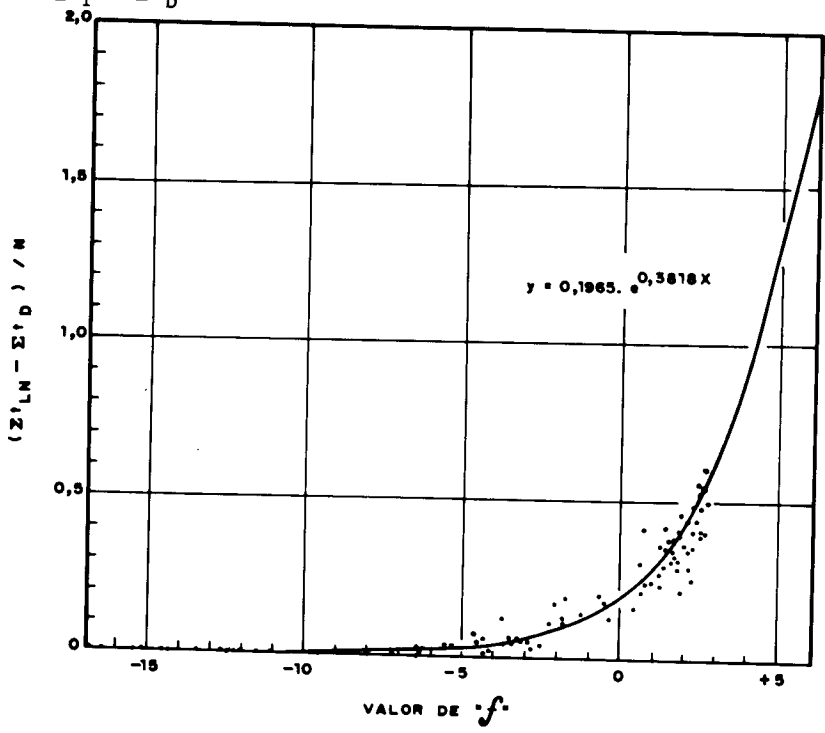


FIGURA 4 - MAGNITUDE DO FATOR DE CORREÇÃO A APLICAR ÀS Σt_c EM FUNÇÃO DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS NORMAIS MENSAIS

Para simplificar a aplicação do método inclui-se a Tabela 5 com as correções (f) a somar às estimativas de graus-dia (Σt_{Tc}).

4. Disponibilidades de calor ou soma de temperaturas efetivas no Estado do Rio Grande do Sul - As Figuras 5 a 16 mostram a dispo

Tabela 5. Tabela de correção da Σt_{TC} para incluir o efeito de amplitude mensal da temperatura. Graus-dia mensais a somar segundo:

$$f = (\bar{t}_M - t_b)(t_b - \bar{t}_m) / (\bar{t}_M - \bar{t}_m).$$

f	NÚMERO DE DIAS DO MÊS			f	NÚMERO DE DIAS DO MÊS		
	28	30	31		28	30	31
≤ de -7,6	0	0	0	2,8	16	17	18
-7,5 a -7,0	0	1	1	3,0	17	18	19
-6,9 a -4,5	1	1	1	3,2	19	20	21
-4,4 a -2,5	2	2	2	3,4	21	22	23
-2,4 a -1,5	3	3	3	3,6	22	24	25
-1,4 a -1,0	4	4	4	3,8	24	26	26
-0,9 a -0,5	5	5	5	4,0	25	27	28
-0,4 a 0,0	6	6	6	4,2	28	30	31
0,1 a 0,5	6	7	7	4,4	30	32	33
0,6 a 1,0	8	8	9	4,6	32	34	36
1,2	9	9	10	4,8	34	37	38
1,4	10	10	11	5,0	37	40	41
1,6	10	11	11	5,2	39	42	43
1,8	11	12	12	5,4	42	45	46
2,0	12	13	13	5,6	44	47	48
2,2	13	14	14	5,8	47	50	52
2,6	15	16	17	6,0	50	53	55

nibilidade energética para os cultivos agrícolas no Estado do Rio Grande do Sul, quantificada pela soma de temperaturas efetivas sobre 09 C, 59 C, 109 C e 159 C, apresentando o valor anual e o correspondente aos meses extremos (janeiro e julho). A soma sobre cada um desses níveis pode ser utilizada como valor agroclimático comparativo geral, ou como disponibilidade regional para satisfazer as necessidades energéticas dos cultivos invernais, estivais de reduzir o umbral térmico e megatérmicos, respectivamente. A representação geográfica da soma de temperaturas efetivas sobre 209 C, valores também utilizados no curso desta pesquisa para efetuar comparações de casos teóricos, não teria uso prático por tratar-se de uma temperatura base demasiada elevada para cultivos agrícolas muito megatérmicos.

Representou-se a disponibilidade de calor regional somente para os meses extremos (janeiro e julho) com a finalidade de evitar uma excessiva apresentação cartográfica. Além disso, pode conseguir-se a soma mensal de temperatura efetivas para outros períodos e lo

cais do Estado ou para estudos agroclimáticos especiais, dispondo de dados climáticos das médias das temperaturas máximas e mínimas normais (14, 15), das cartas dos desvio-padrões da temperatura média mensal (5) e dos gráficos e nomogramas incluídos neste trabalho ou no de DAMARIO e PASCALE (6).

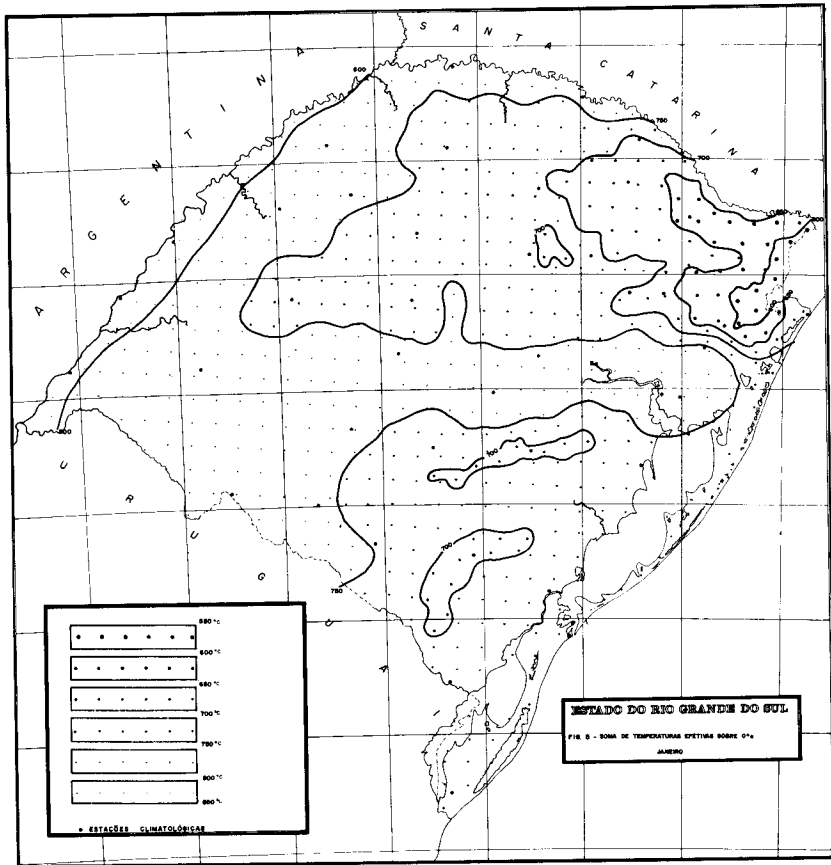
Analisando as 12 cartas em forma conjunta, Figuras 5 a 16, observa-se que os aspectos gerais da distribuição geográfica das somas de temperaturas efetivas de um mês do ano repetem-se, em maior ou menor extensão, para o mesmo mês ou ano nas distintas temperaturas base. Nota-se também a grande influência da latitude, altitude, continentalidade, grandes massas de água (Lagoa dos Patos, Mirim e Manqueira) e o relevo regional sobre a distribuição das mesmas.

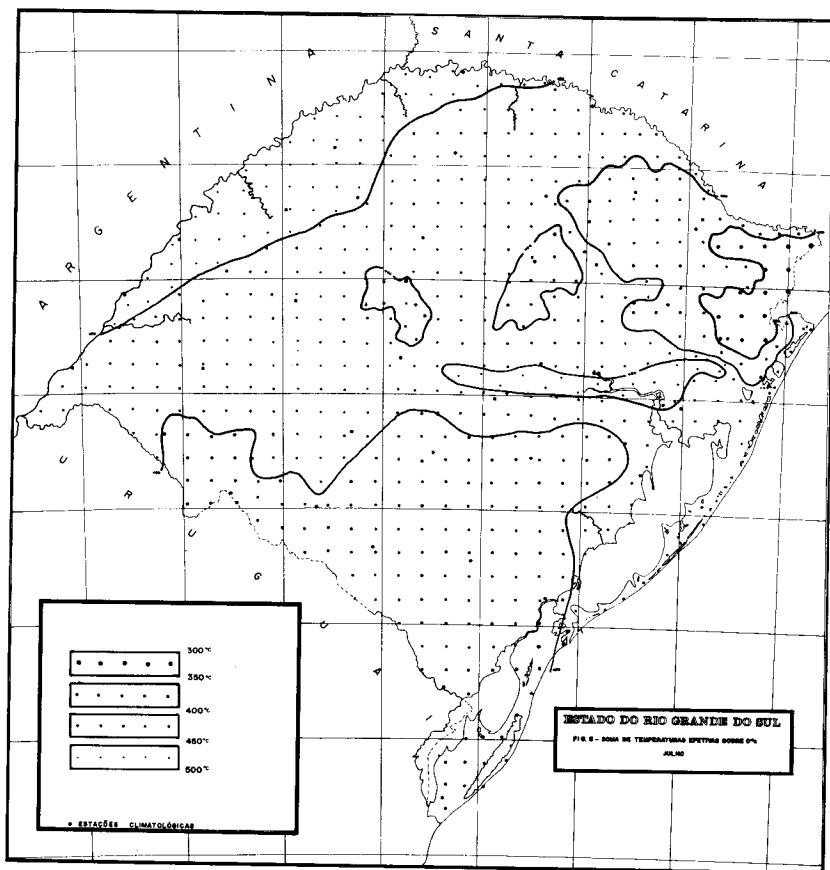
Pelas influências citadas anteriormente, as áreas com maiores somas térmicas aparecem na parte mais continental do Estado, no Vale do Uruguai, com deslocamento mais para o sul ou para o norte, segundo se trate do verão ou do inverno, ocupando, nas cartas anuais, uma posição central. Isto poderia explicar-se pelo fato de que, no inverno, as áreas de alta e baixa pressão exercem uma ação dominante por serem mais frequentes e de maior extensão. Ao contrário, no verão, a ação da circulação secundária emigra para os polos, se debilita sua atividade e permite uma influência mais importante da radiação incidente (1). Em consequência disto, no Estado do Rio Grande do Sul, a distribuição geográfica das temperaturas médias no inverno está influenciada principalmente pela latitude, enquanto que no verão aumenta a importância da altitude sobre a mesma (9).

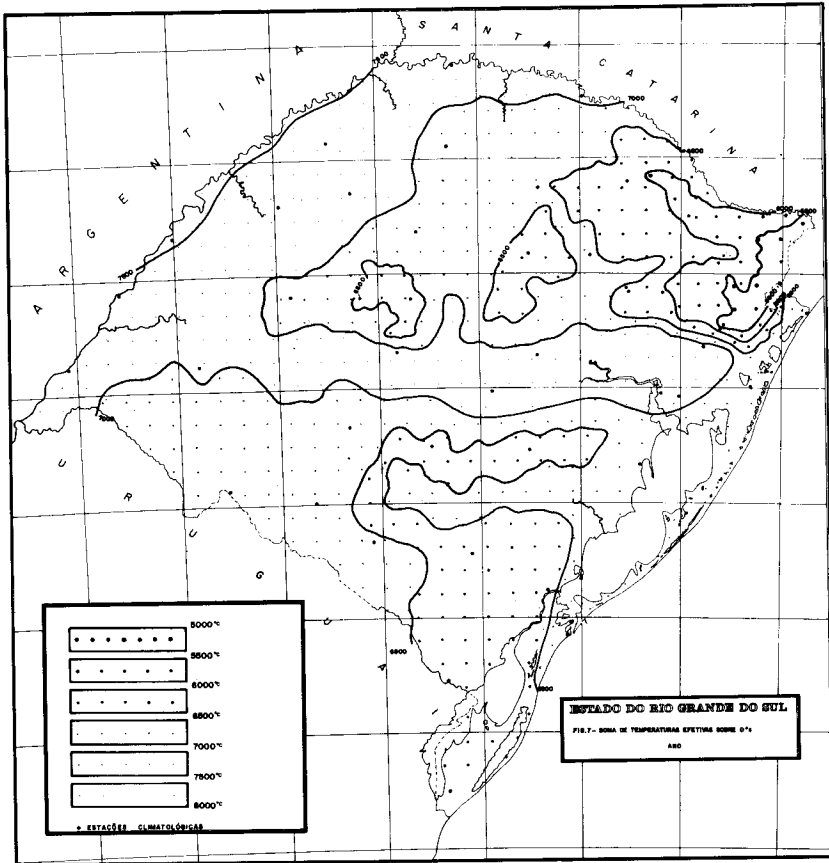
Durante o verão os valores mais elevados de disponibilidades energéticas ocupam as áreas mais continentais do Estado: as regiões climáticas do Alto e Baixo Vale do Uruguai, Missões, oeste do Planalto, partes de menor altitude da Campanha, avançando pela Depressão Central até um pouco mais ao leste de Porto Alegre. Entretanto, no inverno, os valores mais elevados se estendem até o litoral, demonstrando assim a influência conjugada da continentalidade, altitude e maritimidade.

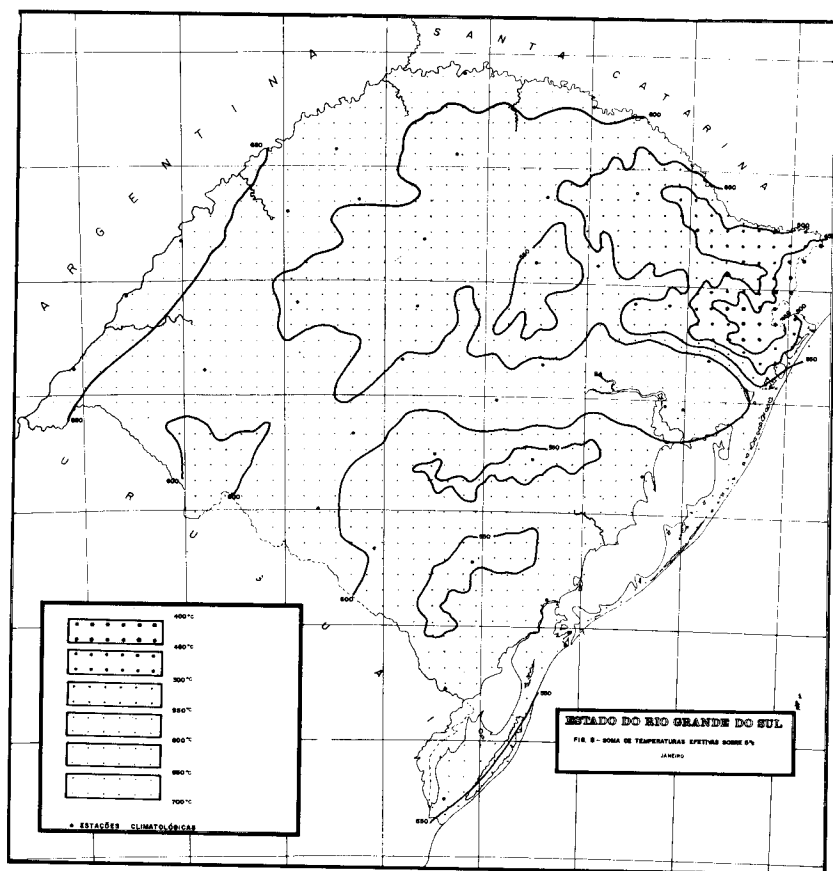
As áreas com menos disponibilidades de calor localizam-se na Serra do Nordeste e no Leste do Planalto, ressaltando a ação preponderante da altitude. Outra região do Estado onde se observam valores baixos de soma de temperaturas efetivas é a Serra do Sudeste, devido a ação combinada da latitude e altitude.

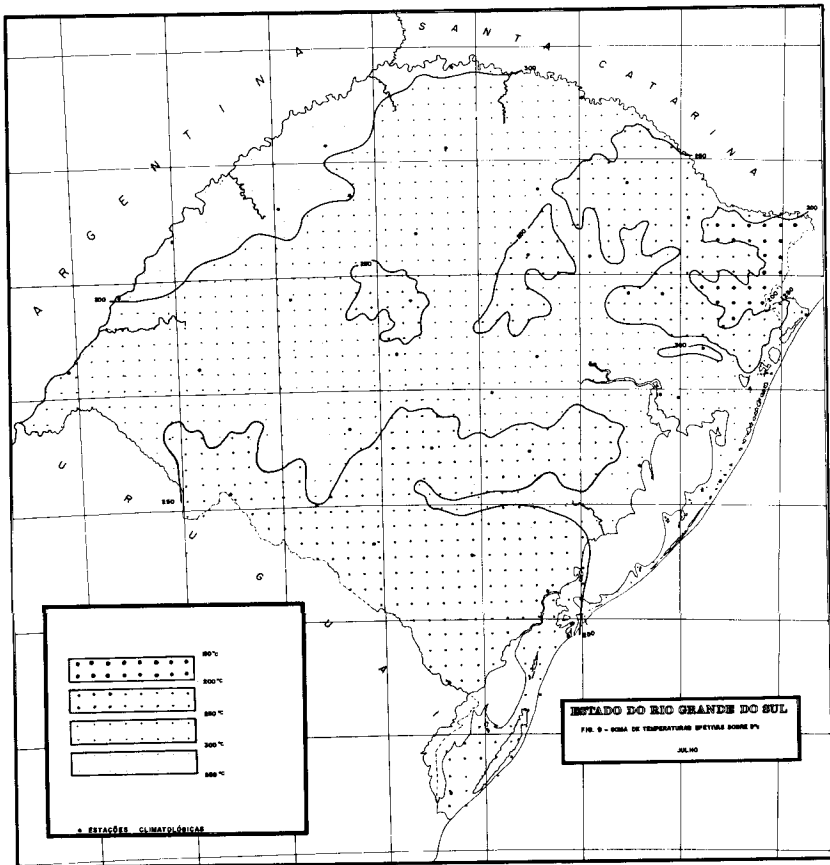
Também no extremo sul do litoral são registrados valores baixos de soma de temperaturas efetivas com relação a outras regiões do Estado devido, sem dúvida, à sua posição latitudinal. Em alguns pontos do Planalto, como Soledade e Júlio de Castilhos, observam-se valores baixos, influenciando no primeiro exemplo a altitude e, nesta última localidade, além da altitude, sua situação meridional.

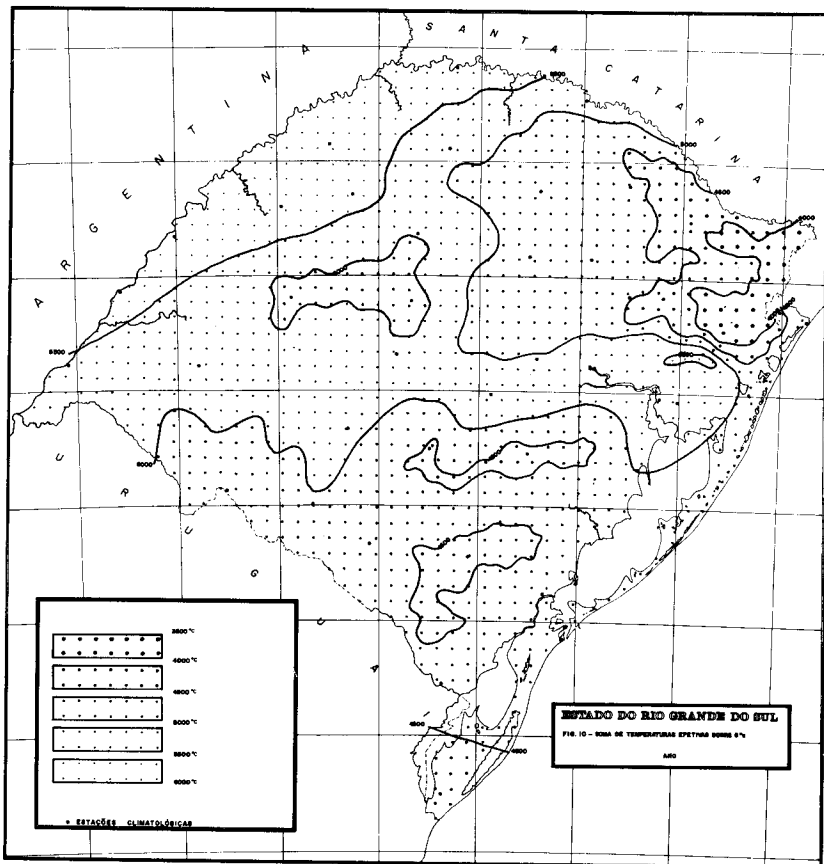


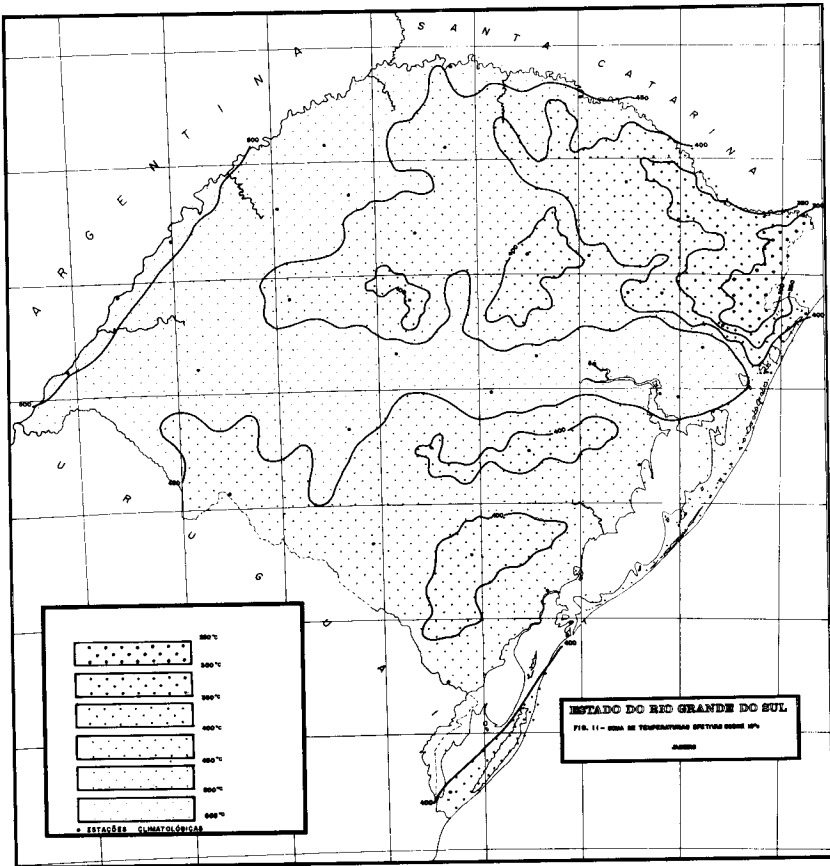


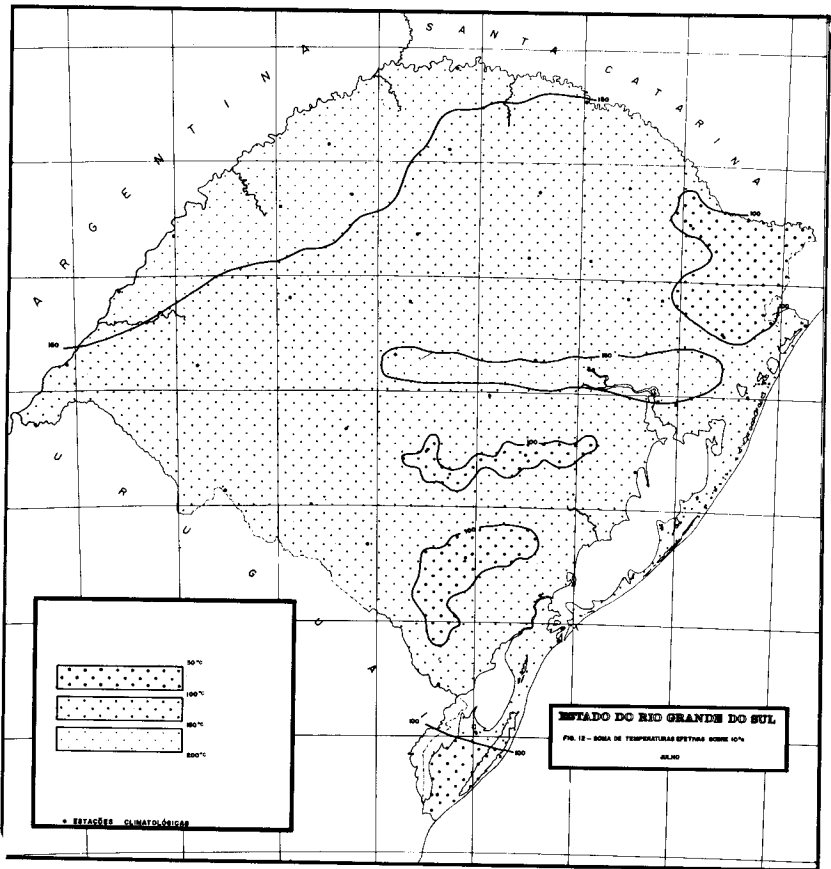


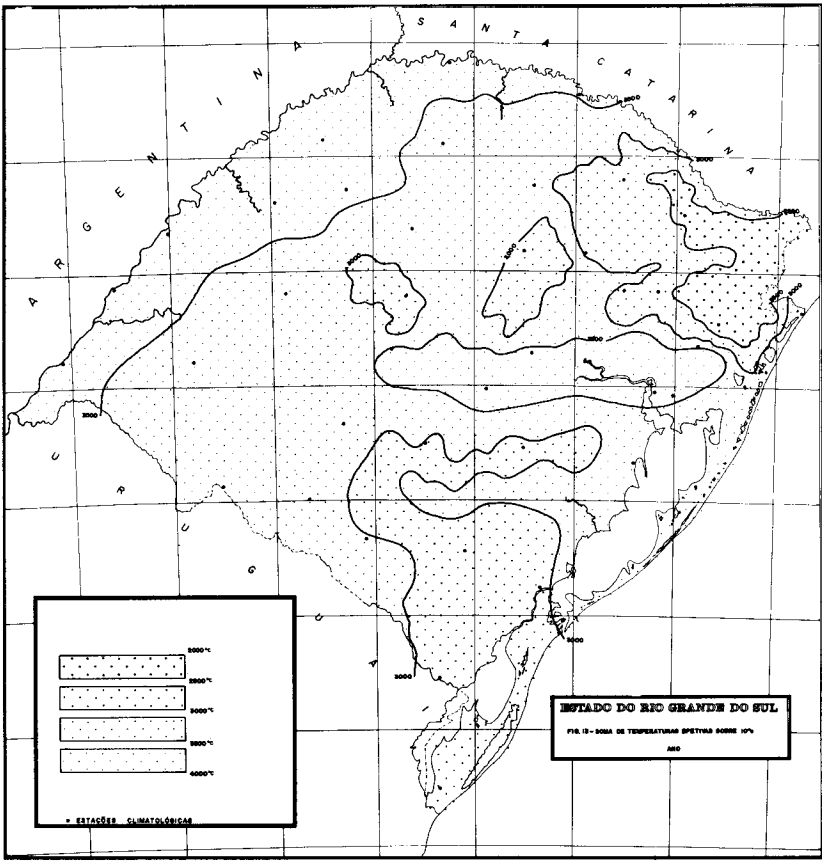


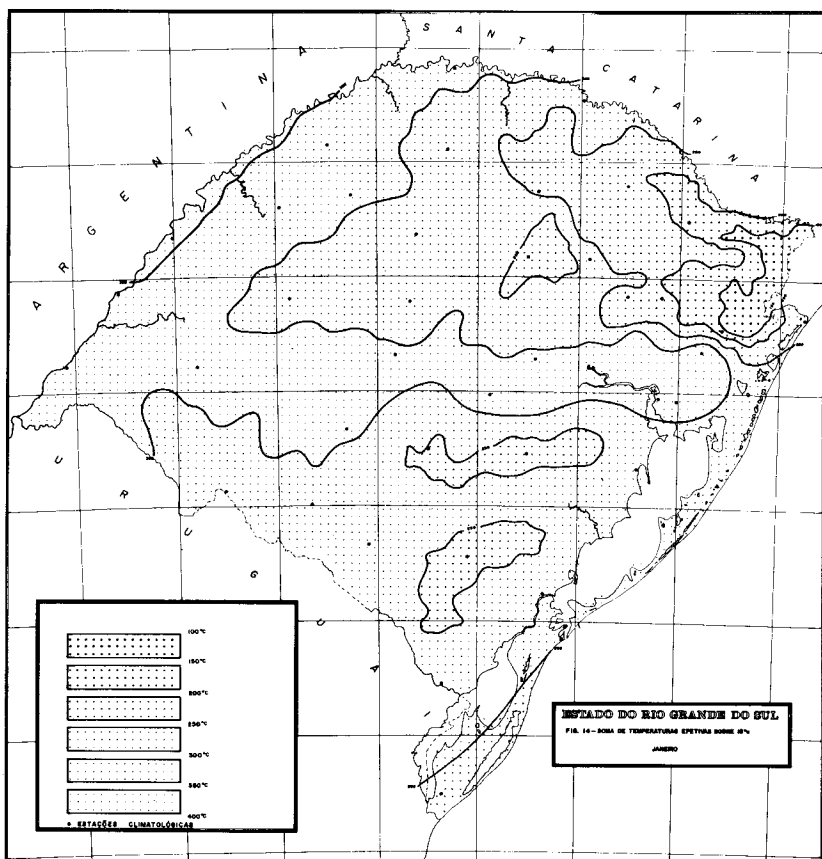


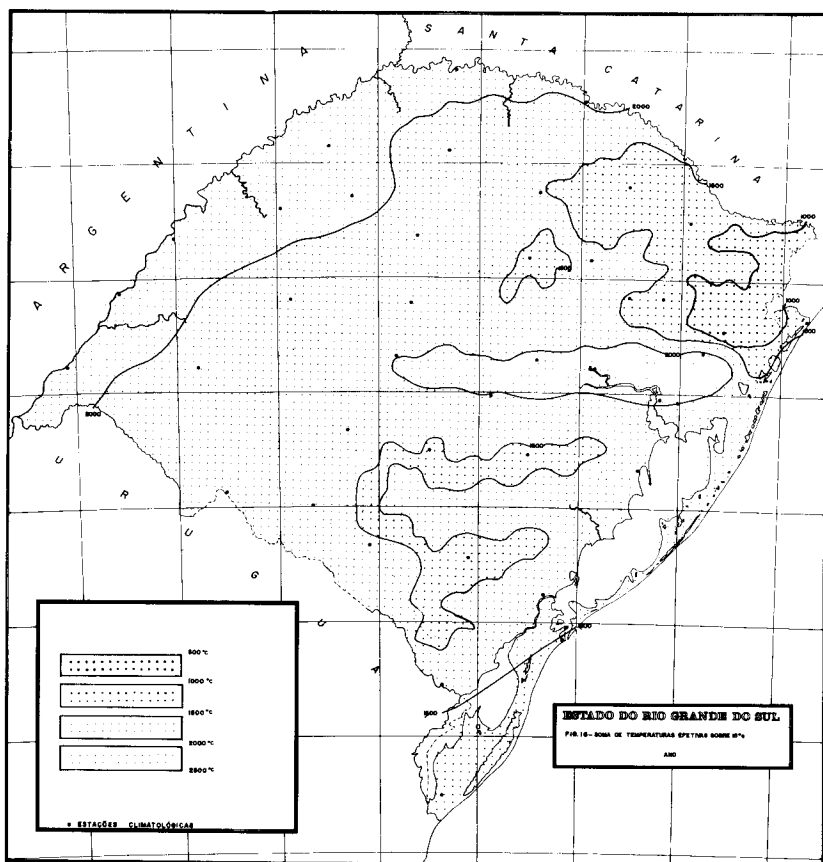












A amplitude extrema de variação das disponibilidades energéticas mensais é mais elevada no período estival, como pode comprovar-se nas cartas de janeiro (Figura 5, 8, 11 e 15). Ao contrário, no inverno, como consequência da menor amplitude, observa-se que as áreas com uma mesma soma de temperaturas abarcam grande extensão geográfica. Também pode observar-se que, no verão, as isolinhas são mais sinuosas por estarem muito influenciadas pelos fatores geográficos, tal como se mencionou com relação à ação estival da altitude sobre a distribuição da temperatura média (9).

O litoral e a região das lagoas (Patos, Mirim e Mangueira), caracterizada por uma altitude relativamente uniforme, tem pouca variação na soma de temperaturas para os distintos meses do ano, enquadrando-se quase sempre numa mesma faixa, desde o norte até bem ao sul do Estado, onde aparece então uma área de menor valor devido à influência exercida pela maior latitude.

O conhecimento da distribuição geográfica das disponibilidades de calor tem direta aplicação agroclimática, pois, à medida que progressivamente as pesquisas sobre as exigências biometeorológicas das espécies agrícolas e seus cultivares, conseguir-se-á sua localização regional correta em função das disponibilidades zonais de cada elemento bioclimático, entre os quais a soma de temperaturas efetivas.

Uma análise geral do Estado mostra que nas áreas de menor disponibilidade de calor estão localizadas as maiores extensões dedicadas à fruticultura de espécies criófilas, e naquelas onde se registram valores mais elevados como na Depressão Central, as frutíferas termófilas. Observa-se que, nesta última região climática, os valores mais elevados de graus-dia encontram-se ao norte do rio Jacuí, justamente onde estão localizadas as plantações de citrus no Estado. Na parte oeste e norte do Estado (Missões, Vale do Uruguai, Depressão Central e oeste do Planalto) onde se registram elevadas disponibilidades de calor, localizam-se as maiores explorações agrícolas (soja, milho, feijão, fumo, trigo). Segundo MOTA e GOMES (16) e GARCEZ et alii (10), é devido à falta de temperaturas que não se pode cultivar soja nem milho no extremo leste do Planalto e partes da Serra do Nordeste.

Assinala-se aqui a coincidência dos valores mensais e anuais de soma de temperaturas efetivas na área do Estado do Rio Grande do Sul com os correspondentes aos das províncias argentinas limítrofes, também calculadas pelo método aqui utilizado (7).

Como era de supor, em razão das características diferenciais de suas regiões térmicas, o território argentino acusa maior amplitude entre as disponibilidades de calor máximas e mínimas sobre qualquer base e período temporal considerado. Reduzindo a comparação às faixas latitudinais comuns, verifica-se que as disponibilidades máxi

mas no Estado são inferiores às argentinas; isto tem sua aplicação na maior influência marítima que suaviza os regimes térmicos na região motivo dessa pesquisa.

Do cotejo das cartas sobre disponibilidades de calor do território argentino e do Estado do Rio Grande do Sul, surge que, ao considerar a quantidade anual sobre o nível de 0º C, no norte da Argentina se localiza uma isolinha de 8.500º C e no sul uma de 2.500º C, enquanto que no Rio Grande do Sul, as disponibilidades máximas e mínimas são de 7.500º C e 5.000º C. Isto é indicativo de uma menor variação de soma energética sobre este Estado que, embora elevada, não chega ao valor máximo argentino, maior em aproximadamente 1.000º C.

As diferenças na soma de temperaturas efetivas apontadas para o ano e nível de 0º C repetem-se em todos os outros níveis e através dos distintos meses.

Sem dúvida, quando se estuda a correta localização geográfica dos cultivos ou zoneamento agroclimático como meio indispensável para originar uma empresa agrícola sobre base científica, o cotejo das disponibilidades de calor regionais e as necessidades bioclimáticas correspondentes, permitirá objetivar as reais diferenças existentes nas possibilidades de êxito das espécies nas distintas áreas. O levantamento agroclimático resultante não só conduzirá à correta localização das espécies, senão, o que é mais importante, à de suas cultivares, podendo assim indicar as barreiras bioclimáticas que deverão superar os fitotecnistas em futuras criações, com a finalidade de aumentar os rendimentos e poder utilizar áreas totalmente improdutivas.

CONCLUSÕES

1. Comprova-se um ajuste quase total entre os cálculos diretos de soma de temperaturas efetivas e as estimativas realizadas mediante o método proposto por DAMARIO e PASCALE (6) que inclui, além da variabilidade mensal, a influência da amplitude térmica correspondente.
2. Os maiores valores mensais de temperaturas efetivas concentram-se na parte mais continental do Estado: Vale do Uruguai, seguido-lhe, em ordem decrescente, Missões e as partes de menor altitude da Depressão Central e Campanha. Os valores mais baixos encontram-se no extremo oeste do Planalto, na Serra do Nordeste, nas partes mais elevadas da Serra do Sudeste, Planalto Central e extremo sul do Litoral.
3. Nos meses de verão cresce a influência da altitude na variação e distribuição geográfica da soma de temperaturas efetivas. Ao

contrário, no inverno tem maior influência a circulação secundária da atmosfera. Por estas razões, durante o verão se delimitam maior número de áreas térmicas diferenciais e com mais detalhes no traço das isotérmicas.

4. A distribuição regional das disponibilidades de calor explica adequadamente, de uma maneira geral, a colocação atual dos cultivos no Estado, desde as espécies criófilas até as megatérmicas.

LITERATURA CITADA

1. ARAUJO, L. C. de - *Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1930, 100 p.
2. ARNOLD, Ch. Y. - Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. *Proc. Agr. Soc. hort. Sci.*, 76:682-692, 1960.
3. BROWN, D. M. - Soybean Ecology I. Development-temperature relationships from controlled environment studies. *Agr. J.*, Madison, 52:493-496, 1960.
4. BROWN, D. M. - *Heat units for corn in southern Ontario*. Ontario, Department of Agriculture and Food, Information Leaflet, 1969, (AGDEX III/3, Abril).
5. BURIOL, G. A., FERREIRA, M. e ESTEFANEL, V. - Variabilidade das temperaturas médias mensais do ar no Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. do Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, 4(3):271-294, 1974.
6. DAMARIO, E. A. y PASCALE, J. A. - Estimación de suma de temperaturas efectivas normales para estudios Agroclimáticos. *Rvta. Fac. Agr. Vet. Univ. Bs. Ar. Buenos Aires*, 19(3): 109-124, 1971.
7. DAMARIO, E. A. y PASCALE, J. A. - *Régimen Agroclimático de la suma de temperaturas efectivas en la Argentina*. Buenos Aires, Universidade de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, 1973, 15 p. com mapas (mimeografado).
8. DAMARIO, E. A. y PASCALE, J. A. - Agroclimatología de las disponibilidades caloríficas en la Argentina. *Rvta. Fac. Agr. de La Plata.*, La Plata, 1974, (em impressão).
9. FERREIRA, M., BURIOL, G. A. e ESTEFANEL, V. - Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro de Ciências Rurais*, 1(4):21-52, 1972.
10. GARCEZ, J. R. B., MOTA, F. S. da, MOTTA, W. A. e BEISDORF, M. I. C. - Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina para a cultura da soja. *Ciência e Cultu*

- ra, São Paulo, 26(3):273-285, 1974.
11. GILMORE, E. and ROGERS, J. S. - Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agr. J.*, Madison, 50:611-615, 1958.
 12. HOLMES, R. M. and ROBERTSON, G. W. - *Heats units an crop growth*. Publs. Dep. Agric. Can. 1042, 1959.
 13. LINDSEY, A. and NEWMAN, J. E. - Use of official weather data in spring time temperature analysis of an Indiana phenological record. *Ecology*, 37(4):812-823, 1956.
 14. 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.
 15. MORENO, J. A. - *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961, 38 p.
 16. MOTA, F. S. da e GOMES, A. S. - *Viabilidade climática da agricultura, pecuária e silvicultura da Bacia Taquari-Antas, sul do Brasil*. Pelotas, Setor de Climatologia Agrícola do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária do Sul. 1970, 39 p. (mimeografado).
 17. ROBERTSON, G. W. - A biometeorological time-scale for a cereal crop involving day and night temperatures an photoperiods. *Int. J. Biometeorol.* 12(3):191-223, 1968.
 18. SIERRA, E. M. y MURPHY, G. M. - *Aspectos bioclimáticos del cultivo de sorgo*. Rio Negro (Argentina), Estación Experimental de Riego y Cultivo, I.D.E.V., 1973 (Série Técnica, 3:29-54).
 19. THOM, H. C. S. - The rational relationships between heating degree-day and temperature. *Monthly Weather Review*, 82(1):1-6, 1954.
 20. WANG, J. Y. - A critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology*, 41:785-790, 1960.
 21. WILLIAMS, G. D. U. and MAC KAY, K. H. - *Tables of dayly degree - days above or bellow any base temperature*. Publ. Dep. Agricul. con. 1409, 35 p.