

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL MENSAL E ANUAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL EM FUNÇÃO DA ALTITUDE, LATITUDE E LONGITUDE

Estimate of Monthly and Annual Potential Evapotranspiration
for Rio Grande do Sul (Brazil) in Fuction of Altitude,
Latitude and Longitude

Galileo A. Buriol (*), Valduino Estefanel (*) e M. Ferreira (**)

RESUMO

Calcularam-se para o Estado do Rio Grande do Sul (Brasil) equações de regressão e coeficientes de correlação entre a evapotranspiração potencial média mensal e anual, obtida pelo método de Thornthwaite e a altitude, latitude e longitude.

Encontraram-se equações diferentes para o litoral e para a parte continental do Estado. Em ambos os casos, os coeficientes de correlação múltipla foram elevados, permitindo o uso das estimativas da evapotranspiração potencial para locais que não dispõem de observações meteorológicas para efetivar seus cálculos.

SUMMARY

The Thornthwaite method was used to calculate regression equations and correlation coefficients for monthly and annual observations of potential evapotranspiration at different levels of altitude, latitude and longitude in Rio Grande do Sul (Brazil).

Different equations for the continental and seabord part of Rio Grande do Sul were estimated. In both equations the coefficients of multiple correlation were hight, this permitting the use of potential evapotranspiration estimated for places where meteorological data are not available.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração potencial é o elemento meteorológico que, juntamente com a precipitação, permite o cálculo do balanço hídrico.

O balanço hídrico fornece elementos como a evapotranspiração real, o excesso e o deficit de água, os quais permitem o cálculo de índices que facilitam o estudo da distribuição geográfica das disponibilidades hídricas e, no caso de um balanço hídrico seriado (4, 12, 13), uma análise estatístico-climática da água do solo.

No Estado do Rio Grande do Sul existe uma rede bastante densa de estações pluviométricas. Duzentos e noventa e quatro estações pertencem ao 8.º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura, Companhia Estadual de Energia Elétrica, Departamento Esta-

* Professores Assistentes do Departamento de Fitotecnia — UFSM.

** Professor Adjunto do Departamento de Fitotecnia — UFSM.

dual de Portos, Rio e Canais e Departamento Nacional de Águas e Energia (7); vinte e quatro pertencem à Secretaria de Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul (16); além desses, outros órgãos como o Instituto Riograndense de Arroz e a Comissão Mista para o Estudo da Baía da Lagoa Mirim, também possuem algumas estações pluviométricas.

Tais estações carecem de observações de elementos meteorológicos para permitir o cálculo da evapotranspiração potencial pela maioria das fórmulas conhecidas, baseadas no processo aerodinâmico, no balanço energético ou no balanço hídrico. O sistema de THORNTHWAITE (17) e THORNTHWAITE and MATHER (18) é um dos mais simples, exigindo somente os dados de temperatura média. Esses valores são disponíveis apenas nas estações do 8.º Distrito de Meteorologia, Secretaria da Agricultura e alguns postos do Departamento Estadual de Portos, Rios e Canais, sendo, portanto, reduzido o número de estações com dados de temperatura em relação aquelas com registro de precipitação.

A estimativa da evapotranspiração potencial para qualquer local do Estado onde não existem dados meteorológicos que possibilitem seu cálculo, facilitará a confecção das cartas desse elemento climático e a realização do balanço hídrico.

A avaliação de elementos climáticos em função de fatores geográficos foi feita por BROWN & COCHEME (2) que estimaram as normais de temperatura na África Ocidental em função da altitude. No Brasil, PINTO et alii (4) estimaram as temperaturas médias mensais do Estado de São Paulo em função da altitude e latitude. PINTO e ALFONSI (15) utilizaram o mesmo processo para estimar as temperaturas médias, máximas e mínimas mensais do Estado do Paraná e ALFONSI et alii (1) para as normais de temperaturas médias mensais do Estado de Goiás.

No Estado do Rio Grande do Sul, FERREIRA et alii (10), BURRIOL et alii (3) e ESTEFANEL et alii (9) estimaram, respectivamente, as médias mensais e anuais das temperaturas médias, máximas e mínimas, também utilizando a altitude e a latitude como variáveis independentes.

Todos os autores encontraram alta correlação entre o elemento climático estudado e os fatores geográficos, concluindo que as estimativas poderiam ser utilizadas principalmente em locais carentes de observação.

Considerando que no cálculo da evapotranspiração potencial pelo método de THORNTHWAITE (17) é utilizada a temperatura e o comprimento do dia, este último dependente da latitude, deduziu-se que aquele elemento climático também poderia ser estimado em função de coordenadas geográficas.

Este trabalho se propõe a estimar a evapotranspiração potencial média, calculada pelo método de THORNTHWAITE (17), para qualquer ponto do Estado do Rio Grande do Sul carente de registros de temperatura, bastando para tal conhecer a altitude, latitude e a longitude do local considerado.

MATERIAL E MÉTODOS

Considerando-se Y a média da evapotranspiração potencial em milímetros, X_1 a altitude em metros, X_2 a latitude em minutos, X_3 a

longitude em minutos e X_4 a distância ao mar da estação considerada em quilômetros, calcularam-se para cada mês e para o ano, pelo método dos quadrados mínimos, as seguintes equações de regressão e seus respectivos coeficientes de correlação:

$$1) Y = a + bX_1$$

$$2) Y = a + bX_1 + cX_2$$

$$3) Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$$

$$4) Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_4$$

Com régua milimetrada determinou-se a menor distância ao mar para cada estação, sobre a carta hipsométrica do Estado do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000, publicada pelo Conselho Nacional de Geografia e Estatística/Instituto Gaúcho de Reforma Agrária, 1966.

Primeiramente calcularam-se as equações de regressão e os coeficientes de correlação utilizando as médias mensais e anuais de evapotranspiração potencial de trinta estações continentais e seis litorâneas obtidas por MOTA et alii (11) e de duas estações continentais obtidas pelo DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (8).

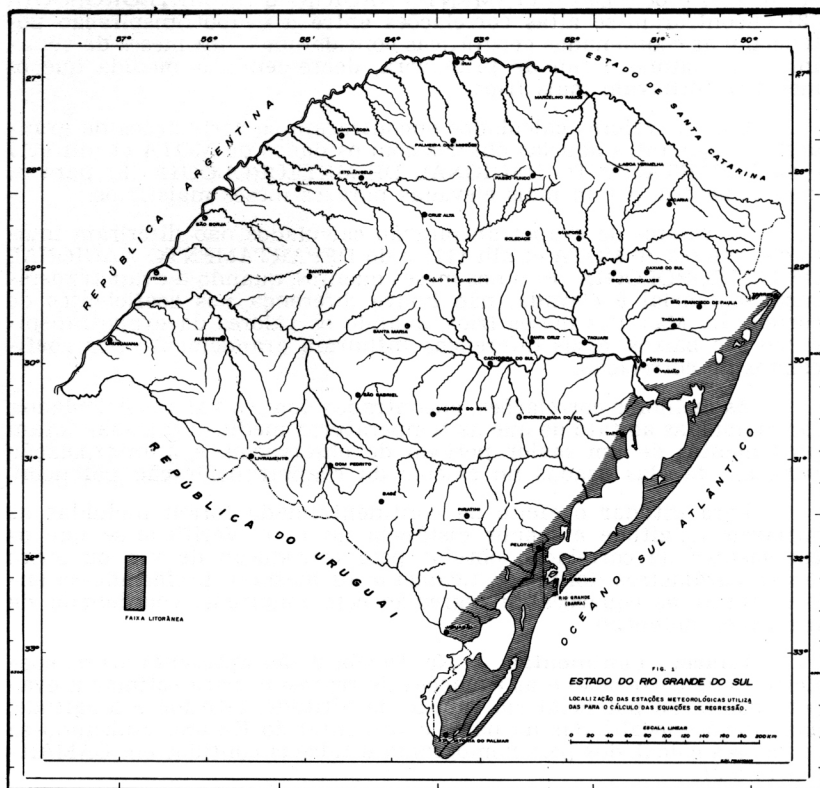
Posteriormente foi calculada a evapotranspiração potencial pelo nomograma e tabelas contidas em CAMARGO (5 e 6) das mesmas estações (8 e 11) e de mais duas para o continente e uma para o litoral, utilizando as temperaturas médias obtidas com todos os dados disponíveis no período de observação (Tabela 1), coletados dos arquivos do 8.º DISME.

Distribuindo os valores de evapotranspiração potencial em diagramas de dispersão, verificou-se que as estações mais próximas ao litoral e regiões das grandes lagoas formavam um grupo separado das estações mais continentais, constituindo uma área homoclimática diferente. Em consequência, calcularam-se as equações de regressão e os coeficientes de correlação separadamente para os dois grupos.

Na Tabela 1, apresentam-se as estações meteorológicas utilizadas, com suas coordenadas geográficas e períodos de observação e, na figura 1, a localização das mesmas.

Tabela 1 - Relação das estações meteorológicas utilizadas no cálculo dos coeficientes de correlação e equação de regressão

Estações	Lat. Sul	Long. W de Gr.	Alt. (m)	Distância ao mar (km)	Período
CONTINENTE					
1. IRAÍ	27°11'	53°14'	227	425	1935-1969
2. MARCELILO RAMOS	27°27'	53°54'	383	300	1916-1969
3. SANTA ROSA	27°51'	54°25'	360	488	1921-1967
4. PALMEIRA DAS MISSÕES	27°53'	53°26'	634	385	1913-1969
5. PASSO FUNDO	28°15'	52°24'	678	290	1912-1969
6. LAGOA VERMELHA	28°25'	53°35'	808	220	1914-1969
7. SANTO ANGELO	28°18'	54°15'	289	450	1914-1968
8. SÃO LUIZ GONZAGA	28°23'	54°58'	254	513	1912-1969
9. VACARIA	28°33'	50°42'	955	153	1914-1969
10. CRUZ ALTA	28°38'	53°36'	473	375	1912-1969
11. SÃO BORJA	28°39'	52°00'	96	538	1913-1966
12. SOLEDADE	29°03'	52°26'	720	265	1914-1964
13. GUAPORÉ	28°55'	53°54'	450	213	1912-1969
14. ITAQUI	29°07'	52°32'	53	540	1912-1969
15. BENTO GONÇALVES	29°10'	53°25'	619	165	1918-1969
16. CAXIAS DO SUL	29°10'	53°12'	740	135	1912-1969
17. SANTIAGO	29°11'	54°53'	426	425	1914-1963
18. JULIO DE CASTILHOS	29°13'	53°40'	516	350	1914-1947
19. SÃO FRANCISCO DE PAULA	29°20'	50°31'	912	68	1912-1961
20. TAQUARA	29°45'	50°45'	29	85	1923-1965
21. SANTA MARIA	29°41'	53°48'	138	315	1912-1969
22. SANTA CRUZ DO SUL	29°43'	52°25'	56	213	1914-1969
23. URUGUAIANA	29°45'	57°05'	69	540	1912-1969
24. ALEGRETE	29°46'	55°47'	116	443	1912-1969
25. TAQUARI	29°48'	53°49'	76	163	1912-1966
26. PORTO ALEGRE	30°01'	51°13'	10	100	1909-1969
27. CACHOEIRA DO SUL	30°02'	52°53'	68	238	1912-1968
28. SÃO GABRIEL	30°20'	54°19'	124	300	1912-1969
29. CAÇAPAVA DO SUL	30°30'	53°29'	450	225	1913-1969
30. ENCRUZILHADA DO SUL	30°32'	52°31'	420	175	1913-1969
31. LIVRAMENTO	30°53'	55°31'	210	350	1912-1969
32. DOM PEDRITO	30°58'	54°39'	140	270	1912-1962
33. BAGÉ	31°20'	54°20'	216	213	1912-1969
34. PIRATINI	31°26'	53°06'	345	125	1916-1969
LITORAL					
1. TORRES	29°20'	49°43'	43	0	1913-1968
2. TAPES	30°50'	51°35'	5	75	1912-1969
3. PELOTAS	31°45'	52°21'	7	48	1912-1969
4. RIO GRANDE (CIDADE)	32°01'	52°05'	3	13	1912-1969
5. RIO GRANDE (BARRA)	32°08'	52°06'	2	1	1926-1962
6. JAGUARÃO	32°33'	53°23'	11	88	1912-1962
7. SANTA VITÓRIA DO PALMAR	33°31'	53°21'	6	43	1913-1969



Todos os cálculos foram elaborados através do computador IBM-1130 pertencente a Universidade Federal de Santa Maria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados de evapotranspiração potencial obtidos por MOTA et alii (11) e pelo DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (8) encontraram-se altas correlações entre a evapotranspiração potencial e as coordenadas geográficas consideradas, nos meses de verão, início de outono e fim de primavera, decrescendo à medida que os meses se tornavam mais frios.

Com os valores calculados encontraram-se correlações de grandezas semelhantes aquelas obtidas com os dados de MOTA et alii (11) e do DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (8) para os meses quentes, porém mais elevadas para os meses mais frios.

Os valores de evapotranspiração calculados não diferiram muito dos valores de MOTA et alii (11) e do DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (8) e nos meses quentes, quando a evapotranspiração potencial é elevada, não houve diferença nos coeficientes de correlação. Mas, nos meses frios, quando os valores da evapotranspiração são baixos, essas diferenças influenciaram grandemente nos coeficientes de correlação.

As melhores correlações, encontradas com os valores calculados, são atribuídas ao fato de que as temperaturas médias utilizadas foram provenientes de um maior período de observação, e à interpolação feita nas tabelas usadas no cálculo da evapotranspiração potencial.

Para estudar o efeito da continentalidade foram incluídas as variáveis longitude e menor distância ao mar. Verificou-se que os coeficientes de correlação obtidos pela introdução de um ou outro desses parâmetros, foram praticamente os mesmos, preferindo-se então utilizar as equações de regressão com longitude, coordenada de mais fácil obtenção.

Estações Continentais — Na Tabela 2 são apresentados os coeficientes de correlação e as equações de regressão para estimar a evapotranspiração potencial em função da altitude, latitude e longitude, das estações localizadas na parte continental do Estado, utilizando-se os valores calculados pelo nomograma e tabelas contidos em CAMARGO (5 e 6).

Tabela 2 - Coeficientes de correlação e equações de regressão para o cálculo das médias mensais e anuais da evapotranspiração potencial da parte continental do Estado do Rio Grande do Sul, sendo \hat{Y} a evapotranspiração potencial estimada em mm, X_1 a altitude em m, X_2 a latitude e X_3 a longitude ambas em minutos.

PERÍODO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	r_{YX_1}	$R_{Y.X_1X_2}$	$R_{Y.X_1X_2X_3}$
JANEIRO	$\hat{Y} = 107,33 - 0,044022X_1 - 0,058395X_2 + 0,044585X_3$	- 0,867	0,902	0,940
FEBREIRO	$\hat{Y} = 95,55 - 0,035854X_1 - 0,043518X_2 + 0,032108X_3$	- 0,875	0,905	0,936
MARÇO	$\hat{Y} = 212,98 - 0,039400X_1 - 0,042983X_2 - 0,007295X_3$	- 0,888	0,920	0,922
ABRIL	$\hat{Y} = 87,52 - 0,015232X_1 - 0,019643X_2 + 0,005785X_3$	- 0,862	0,900	0,907
MAIO	$\hat{Y} = 79,40 - 0,006878X_1 - 0,013477X_2 - 0,002403X_3$	- 0,816	0,933	0,941
JUNHO	$\hat{Y} = 132,38 - 0,005082X_1 - 0,024153X_2 - 0,017345X_3$	0,046	0,593	0,902
JULHO	$\hat{Y} = 110,72 - 0,004974X_1 - 0,027510X_2 - 0,008914X_3$	- 0,129	0,859	0,958
AGOSTO	$\hat{Y} = 164,84 - 0,006335X_1 - 0,045181X_2 - 0,0133304X_3$	0,010	0,853	0,936
SETEMBRO	$\hat{Y} = 153,60 - 0,010812X_1 - 0,056209X_2 + 0,000321X_3$	- 0,421	0,948	0,948
OUTUBRO	$\hat{Y} = 188,88 - 0,021644X_1 - 0,069654X_2 + 0,004033X_3$	- 0,700	0,956	0,957
NOVEMBRO	$\hat{Y} = 121,27 - 0,028084X_1 - 0,061293X_2 + 0,028086X_3$	- 0,815	0,909	0,946
DEZEMBRO	$\hat{Y} = 149,30 - 0,041988X_1 - 0,064847X_2 + 0,031895X_3$	- 0,865	0,916	0,940
ANO	$\hat{Y} = 1596,13 - 0,260225X_1 - 0,528551X_2 + 0,100888X_3$	- 0,853	0,954	0,961

A correlação entre a evapotranspiração potencial e a altitude foi negativa, com exceção dos meses de junho, julho e agosto, nos quais não houve correlação entre as duas variáveis.

A latitude influenciou a evapotranspiração potencial em todos os meses, aumentando os coeficientes de correlação em relação àquelles calculados somente com a altitude.

Com o acréscimo da longitude, observou-se que não houve elevação dos coeficientes de correlação nos meses de primavera e outono, havendo influência dessa variável nos meses de inverno e verão.

Os coeficientes de correlação múltipla indicam que de 81,4% (junho) a 92,4% (ano) da variação da evapotranspiração potencial é explicada pela diferença de altitude, latitude e longitude, permitindo, dessa forma, o uso das equações de regressão para estimar tal elemento climático.

Estações da faixa litorânea — Na Tabela 3 apresentam-se as equações de regressão e os coeficientes de correlação calculados com as mesmas variáveis para as estações localizadas próximo ao litoral e regiões das lagoas.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação e equações de regressão para o cálculo das médias mensais e anuais da evapotranspiração potencial para a faixa litorânea do Estado do Rio Grande do Sul, sendo \hat{Y} a evapotranspiração potencial estimada em mm, X_1 a altitude em mm, X_2 a latitude e X_3 a longitude ambas em minutos.

PERÍODO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	r_{yX_1}	$R_{y.X_1X_2}$	$R_{y.X_1X_2X_3}$
JANEIRO	$\hat{Y} = 116,17 - 0,51453X_1 - 0,118954X_2 + 0,078216X_3$	- 0,737	0,884	0,926
FEBREIRO	$\hat{Y} = 288,97 - 0,247846X_1 - 0,041243X_2 - 0,031422X_3$	0,162	0,957	0,974
MARÇO	$\hat{Y} = 381,43 - 0,420156X_1 + 0,007634X_2 - 0,093140X_3$	- 0,284	0,838	0,952
ABRIL	$\hat{Y} = 210,50 - 0,169538X_1 + 0,012303X_2 - 0,052589X_3$	- 0,114	0,770	0,948
MAIO	$\hat{Y} = 160,91 + 0,043839X_1 + 0,040505X_2 - 0,061043X_3$	0,691	0,716	0,922
JUNHO	$\hat{Y} = 195,66 + 0,014940X_1 + 0,031375X_2 - 0,071257X_3$	0,696	0,812	0,943
JULHO	$\hat{Y} = 151,70 + 0,031895X_1 + 0,008112X_2 - 0,043356X_3$	0,798	0,934	0,988
AGOSTO	$\hat{Y} = 156,70 + 0,031895X_1 + 0,008112X_2 - 0,043356X_3$	0,798	0,934	0,988
SETEMBRO	$\hat{Y} = 110,59 + 0,004076X_1 + 0,002012X_2 - 0,021224X_3$	0,713	0,883	0,933
OUTUBRO	$\hat{Y} = 122,09 - 0,195557X_1 + 0,075394X_2 + 0,028831X_3$	0,015	0,965	0,989
NOVEMBRO	$\hat{Y} = 87,81 - 0,268675X_1 - 0,111109X_2 + 0,068483X_3$	- 0,291	0,874	0,964
DEZEMBRO	$\hat{Y} = 26,43 - 0,227800X_1 - 0,062984X_2 + 0,066448X_3$	- 0,893	0,906	0,995
ANO	$\hat{Y} = 1985,65 - 1,911956X_1 - 0,315112X_2 - 0,158547X_3$	- 0,001	0,946	0,956

Nos meses de fevereiro, março, abril, outubro e novembro e para o ano, não houve correlação entre a altitude e a evapotranspiração potencial; nos meses de janeiro e dezembro a correlação foi negativa, enquanto que nos restantes, que correspondem aos meses mais frios, a correlação foi positiva.

Houve um aumento dos coeficientes de correlação em todos os meses e no ano com o acréscimo da variável latitude. O mesmo aconteceu quando foi incluída a variável longitude.

De maneira geral, os coeficientes de correlação múltipla foram maiores para a faixa litorânea do que para a parte continental do Estado.

Na faixa litorânea os fatores geográficos correlacionados explicaram de 87,1% (setembro) a 99,0% (dezembro) da variação da evapotranspiração potencial.

CONCLUSÕES

Com base nos dados analisados conclui-se que:

- 1 — Há correlação entre a evapotranspiração potencial e a altitude, tanto para a faixa litorânea como para a parte continental do Estado, em quase todos os casos estudados.
- 2 — A inclusão da variável latitude aumenta a correlação, tanto para a faixa litorânea como para a parte continental do Estado.
- 3 — Com exceção dos meses de março, abril, maio, setembro e outubro, na parte continental, o acréscimo da longitude também acarreta aumento da correlação.
- 4 — O efeito da menor distância ao mar é semelhante ao da longitude.
- 5 — As altas correlações encontradas permitem utilizar os valores de evapotranspiração potencial estimados em função da altitude, latitude e longitude para locais carentes de observações meteorológicas.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à direção e funcionários do Departamento Nacional de Meteorologia — 8.º DISME, que franquearam os dados meteorológicos.

LITERATURA CITADA

- 1 — ALFONSI, R. R., PINTO, H. S. e PEDRO JÚNIOR, M. J. — *Estimativa das Normais de Temperaturas Média Mensal e Anual do Estado de Goiás (BR) em Função de Altitude e Latitude*. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, Ciências da Terra — Caderno 45, 1974.
- 2 — BROWN, L. H. & COCHEME, J. — *A Study of the Agrometeorology of the Highlands of Eastern Africa*. Roma, FAO/UNESCO/WMO, 1960, 330 p.
- 3 — BURIOL, G. A., ESTEFANEL, V., FERREIRA, M. E PINTO, H. S. — *Estimativa das Médias das Temperaturas Máximas Mensais e Anuais do Estado do Rio Grande do Sul*. *Rev. Centro Ciências Rurais*. Santa Maria, 3 (1-4): 131-150, 1973.

- 4 — BURIOL, G. A., FERREIRA, M. e FONTANA, G. — **Utilização dos Elementos do Balanço Hídrico Seriado para Estudos Agroclimáticos**. Santa Maria. Seção de Climatologia do Departamento de Fitotecnia — CCR/UFSM, 1974, 22 p. (mimeografado).
- 5 — CAMARGO, A. P. de — **O Balanço Hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico, 1964, 20 p. (Boletim n.º 116 do Instituto Agronômico).
- 6 — CAMARGO, A. P. de — **Contribuição para a Determinação da Evapotranspiração Potencial no Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico, 1966, 54 p. (Boletim n.º 161).
- 7 — COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA — **Rede Plúvio-Fluviométrica no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, D. Técnico — D. E. Projetos, Seção de Hidrologia. 45 p. 1967 (mimeografado).
- 8 — DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA — **Balanço Hídrico do Brasil**, Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1972, 94 p. e mapas.
- 9 — ESTEFANEL, V., FERREIRA, M., BURIOL, G. A. e PINTO, H. S. — **Estimativa das Médias das Temperaturas Mínimas Mensais e Anuais do Estado do Rio Grande Sul**. *Rev. Centro Ciências Rurais*. Santa Maria, 3 (1-4): 1-20, 1973.
- 10 — FERREIRA, M., BURIOL, G. A., ESTEFANEL, V. e PINTO, H. S. — **Estimativa das Temperaturas Médias Mensais e Anuais do Estado do Rio Grande do Sul**. *Rev. Centro Ciências Rurais*, Santa Maria, 1 (4): 21-52, 1971.
- 11 — MOTA, F. S. da, GOEDERT, C. O., LOPES, N. F., GARCES, J. R. B. e GOMES, A. da S. — **Balanço Hídrico do Rio Grande do Sul**. *Pesq. Agropec. Bras.*, Rio de Janeiro, 5: 1-27, 1970.
- 12 — PASCALE, A. J. — **Methods of Computing the Water Balance**. In *Agricultural Meteorology*. Genova, World Meteorological Organization, n.º 310, 1970, p. 323-334. (proceeding of the WMO Seminar in Agriculture Meteorology, Barbados, 1970).
- 13 — PASCALE, A. J. y DAMARIO, E. A. — **Interpretación del Balance Hidrológico Seriado para Estudios Agroclimáticos**. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, 1973 (mimeografado).
- 14 — PINTO, H. S., ORTOLANI, R. R. — **Estimativa das Temperaturas Médias Mensais do Estado de São Paulo em Função da Altitude e Latitude**. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, Ciências da Terra — Caderno 23, 1972.
- 15 ← PINTO, H. S. e ALFONSI, R. R. — **Estimativa das Temperaturas Médias, Máximas e Mínimas do Estado do Paraná em Função da Altitude e Latitude**. São Paulo, Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico de Campinas, 47 p. (mimeografado).
- 16 — SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL — **Boletim Meteorológico**. Porto Alegre, Divisão de Pesquisas Agrícolas/Serviço de Ecologia Agrícola. XIX. (1): 1974.
- 17 — THORNTHWAITE, W. C. — **An Approach Toward a Rational Classification of Climate**. *Geog. Rev.*, 38 (1): 55-94, 1948.
- 18 — THORNTHWAITE, W. C. and MATHER, J. R. — **The Water Balance**. Centerton, New Jersey Dextel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955, 104 p.