

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DO SOLO POSSÍVEIS DE OCORREREM NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL*

Geographical Distribution of the Soil Water Disponibility Possible to Occur in the State of Rio Grande do Sul

Galileo A. Buriol**, Ailo V. Saccol***, Valduíno Estefanel**, Arno B. Heldwein** e Flávio M. Schneider**

RESUMO

Utilizando-se curvas de frequências acumuladas relativas máximas de deficiências e excessos hídricos, para um armazenamento máximo de água no solo de 100 mm, de 42 Estações Climatológicas do Estado do Rio Grande do Sul, foram determinadas e representadas as cartas geográficas das situações hídricas correspondentes aos limites para $P(d \leq D) = 0,2$, $P(d \leq D) = 0,5$ e $P(d \leq D) = 0,8$.

Para cada mês e probabilidade considerados, as maiores deficiências ou os menores excessos foram localizados nas regiões climáticas do Litoral Sul, Baixo Vale do Uruguai, Campanha, Litoral Norte e Depressão Central; os valores intermediários no Alto Vale do Uruguai, Missões, Serra do Sudeste e na parte oeste do Planalto e as menores deficiências ou os maiores excessos no Planalto e Serra do Nordeste.

SUMMARY

By utilizing curves of the soil water budget from 42 climatological stations in the state of Rio Grande do Sul and considering 100 mm as the maximum storage capacity of the soil, the relative cumulative frequency curves of water deficiencies and excesses in the soil were determined. Climatic maps were traced representing the soil water budget situations corresponding to the limits D for $P(d \leq D) = 0,2$, $P(d \leq D) = 0,5$ and $P(d \leq D) = 0,8$.

For each mont and the probabilities considered, the major deficiencies and minor excesses were localized in the climatic regions of Litoral Sul, Baixo Vale do Uruguai, Campanha, Litoral Norte and

* Trabalho executado com recursos concedidos pelo Programa Intergado de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul - EMBRAPA/Secretaria da Agricultura, RS.

** Professores do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

*** Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. Pesquisador do CNPq.

Depressão Central. Intermediate values were observed for Alto Vale do Uruguai, Missões, Serra do Sudeste and the western part of the Planalto. Lesser deficiencies and major excesses were observed in the Planalto and Serra do Nordeste.

INTRODUÇÃO

A água disponível no solo, para o uso das plantas cultivadas, é um dos principais fatores de crescimento e de produção das mesmas. A quantificação deste elemento é portanto, de suma importância nos estudos do regime hídrico regional.

A caracterização agroclimática de uma região, em relação a disponibilidade hídrica do solo, apresenta certa dificuldade devido a mesma depender da chuva, fenômeno que apresenta grande variabilidade de entre anos e também entre meses, razão pela qual, o balanço hídrico climático geralmente não representa a disponibilidade real de água no solo.

O cálculo do balanço hídrico, em forma seriada é uma técnica que apresenta melhores resultados, em estudos do regime hídrico local e regional do que o balanço hídrico climático, pois, além de permitir a obtenção dos dados mensais de cada elemento do balanço, quando se dispõe de um grande número de anos, possibilita o cálculo da intensidade, frequência e probabilidade de suas ocorrências (49, 50).

Dos elementos utilizados no cálculo do balanço hídrico, a chuva é o de mais fácil obtenção. Considerando-se as estações pluviométricas pertencentes às diversas instituições do Estado do Rio Grande do Sul, encontram-se em torno de 400. Além disso, existem vários trabalhos que apresentam dados mensais de chuva (9, 24, 25, 37, 57), valores normais (2, 7, 39, 42, 43, 56) e cartas com isoietas (2, 7, 9, 10, 18, 39, 42, 56). No entanto, o mesmo não ocorre com os dados de evapotranspiração, que são mais difíceis de serem obtidos. São encontrados apenas dados mensais (19) e valores normais (7, 13, 43, 45, 46) estimados em função de elementos climáticos e a carta anual e a do mês mais quente (46).

Dos critérios empregados para a estimativa da evapotranspiração potencial os que empregam modelos matemáticos, em função dos dados meteorológicos, são os mais comumente utilizados. Dentre eles, destacam-se os métodos de THORNTHWAITE e HOLZMAN (65), THORNTHWAITE (64), PENMAN (55), PASQUILL (54), BLANEY & CRIDDLE (12), TURC (69) e VAN BAVEL (70).

Os métodos descritos por PENMAN (55) e THORNTHWAITE (64), segundo HOUNAM, (35), são os mais usados. Conforme alguns autores (44, 48, 58), o primeiro é mais preciso, porém, segundo MOTTA et alii

(46), uma vantagem no emprego do método de THORNTHWAITE (64), está na sua simplicidade de execução e na facilidade de obtenção dos dados meteorológicos necessários para o seu cálculo.

No Brasil, o método de THORNTHWAITE (64) foi testado em relação a evapotranspiração potencial medida em evapotranspirômetros, para diversos locais do Estado de São Paulo (20), utilizando períodos mensais; para Ribeirão Preto, do mesmo Estado (48), tomando períodos decendiais; para Pelotas, no Estado do Rio Grande do Sul (44), considerando períodos mensais e de cinco dias e para Viçosa, no Estado de Minas Gerais (58), usando períodos mensais e decendiais. Em todos estes trabalhos foram encontradas médias semelhantes e correlações significativas entre os valores medidos e os obtidos através da aplicação do modelo, principalmente para períodos mensais. Estes resultados, portanto, evidenciam que os dados de evapotranspiração potencial obtidos pelo método de THORNTHWAITE (64), podem ser considerados satisfatórios para estudos agroclimáticos.

Conhecendo-se os dados de chuva e da evapotranspiração potencial pode-se determinar as disponibilidades hídricas do solo através do balanço hídrico (16).

A realização do balanço hídrico do solo, através de dados climáticos é uma prática muito usada e que vem sofrendo, desde o início de sua aplicação, diversos aperfeiçoamentos com a finalidade de aumentar a validade do seu emprego em diferentes situações.

No Brasil, o método de THORNTHWAITE & MATHER (66), para o cálculo do balanço hídrico do solo, através dos dados climáticos, foi utilizado para o Estado de São Paulo por CAMARGO (21); para o Estado do Paraná por SOUZA (61) e por TOURINHO (68); para o Estado do Rio Grande do Sul por MOTA et alii (46) e, considerando diversas capacidades de retenção de água no solo por BARRIOS et alii (7) e BARRIOS e LEOBEL (8); para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina por MOTA et alii (43) e para todo o território nacional por BRASIL (13).

Considerando que a chuva é um fenômeno muito variável e que para o cálculo do balanço hídrico tem sido usados valores normais mensais, os estudos até agora realizados refletem apenas as disponibilidades hídricas médias de um local ou região e não a sua intensidade e frequência.

A quantificação dos elementos do balanço hídrico do solo no tempo e no espaço dá uma idéia mais precisa da disponibilidade de água contida no solo. Para isto é necessário utilizar um método que permita analisar estes parâmetros em forma contínua. Com este fim, uma das maneiras empregadas é a determinação diária da umidade do solo, conforme foi realizado na Central Experimental Farm, em Ottawa,

por BAIER (4). Este método, porém, não pode ser utilizado no Rio Grande do Sul, visto que, não são realizadas medidas contínuas de umidade do solo nas estações meteorológicas existentes. O cálculo do balanço hídrico diário, continuado através de uma série de anos, é uma outra técnica que pode ser utilizada para avaliar com maior precisão as disponibilidades hídricas do solo, pois com seus elementos pode-se computar as porcentagens ou probabilidades de ocorrência das diversas situações hídricas do solo, conforme já foi realizado por DALE (27), BAIER (5), DAMARIO & ESCALES (28) e ABRÃO (1). O uso desta técnica, porém, torna-se uma tarefa difícil em razão do grande número de dados meteorológicos envolvidos no seu cálculo, principalmente quando muitos locais são considerados.

Para evitar o inconveniente de quantificar a disponibilidade hídrica local ou regional do solo, através de valores climáticos normais, que não refletem as condições mais reais, ou de utilizar dados diários, de difícil obtenção, o balanço hídrico pode ser realizado em forma seriada através de vários anos, empregando os dados mensais e obter com os valores de seus elementos as probabilidades de ocorrências de distintas situações hídricas, conforme técnica desenvolvida por PASCALE (49) e PASCALE & DAMARIO (50). Esta técnica pode ser realizada também por unidade de tempo menor do que o mês (decêndios ou pântadas), fornecendo deste modo, resultados mais ajustados à realidade. Porém, para estes períodos é aconselhável o emprego do método de PENMAN (55), o qual conforme foi constatado por ORTOLANI et alii (48), SEDIYAMA et alii (58) e MOTA & BEIRSDORF (44), apresenta maior precisão do que o modelo de THORTHWAITE (64).

A utilização das somas mensais das chuvas e da evapotranspiração potencial para um período consecutivo de anos (no mínimo 30), que assegure a inclusão de todas as combinações possíveis entre os elementos do balanço, permite o cálculo das diferentes probabilidades mensais de ocorrência de situações de excessos e deficiências de água no solo. Neste sentido, já foram colhidos resultados práticos satisfatórios, conforme evidenciam os trabalhos sobre zoneamentos mesoagrocimáticos realizados para a cultura da soja na Argentina (51, 53) e no Estado do Rio Grande do Sul (52) e os trabalhos sobre avaliação das disponibilidades hídricas para Santa Maria (17) e para o Estado do Rio Grande do Sul (19).

Na realização de trabalhos de caráter regional, que necessitam a aplicação do conhecimento da ocorrência de diferentes probabilidades de deficiências e excessos hídricos do solo, depara-se com o problema da falta de estudos que representam a análise e a distribuição geográficas destes elementos. Sobre este aspecto, BARRIOS & LEOBEL (8) realizaram a representação cartográfica de anos secos, no

Estado do Rio Grande do Sul. Porém, resultados que se aproximam mais da realidade podem ser obtidos mediante o traçado das cartas de magnitude e de frequência das deficiências e excessos hídricos para cada mês do ano.

O presente trabalho tem por objetivo determinar os valores limites e caracterizar a distribuição geográfica dos valores mensais de deficiências e excessos hídricos do solo no Estado por $P(d \leq D) = 0,2$, $P(d \leq D) = 0,5$ e $P(d \leq D) = 0,8$, considerando a capacidade de retenção de água do solo de 100 mm (67).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados climáticos de 42 estações (Tabela 1), distribuídas no Estado do Rio Grande do Sul, segundo a Figura 1.

As médias mensais, ano a ano, da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e os totais mensais da chuva (mm), foram coletados nos arquivos do 8^o Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, localizado em Porto Alegre. O período compreendeu do início de funcionamento de cada estação climatológica até a paralisação da mesma ou até o ano de 1973, inclusive (Tabela 1).

Para as estações que apresentaram observações incompletas ou interrompidas entre um e seis meses as mesmas foram estimadas segundo a metodologia de DE FINA & SABELLA (30) para a temperatura e para a estimativa dos totais de chuva foi utilizado o método do polígono de Thiessen, descrito por GARCEZ (32).

Os valores mensais de evapotranspiração potencial foram estimados segundo a fórmula de THORNTHWAITE (64) e o balanço hídrico calculado pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (66), modificado para a forma seriada por PASCALE (49) e PASCALE & DAMARIO (50). Este método prevê o cálculo do balanço hídrico para cada ano, individualmente, porém sendo o mês de dezembro de cada ano seguido do mês de janeiro do ano seguinte, e assim, o cálculo é feito sucessivamente para um período consecutivo de anos, em número não inferior a 30. Desse modo, o balanço fornece, com razoável precisão, a variabilidade natural da chuva e da evapotranspiração potencial.

No cálculo do balanço não foi considerado o escoamento superficial e profundo, como também não foi considerada a profundidade de cada tipo de solo correspondente a capacidade de armazenamento de 100 mm de água. Tal procedimento foi adotado porque o escoamento superficial, embora tenha apresentado bons resultados no cálculo do balanço hídrico diário (59, 60), não é aplicável aos balanços mensais, pois o total mensal de precipitação não é um índice que expressa a intensidade e frequências da mesma (50). Quanto a drenagem profunda, ainda não se possui determinações das propriedades hidráulicas

Tabela 1. Coordenadas geográficas(*) e período de observações das estações climatológicas utilizadas nos cálculos do balanço hídrico seriado e probabilidades de deficiências e excessos de água do solo do Estado do Rio Grande do Sul.

ESTAÇÕES	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	PERÍODO DE
	(S)	W. DE GR.		OBSERVAÇÕES
1. Irai	27°11'	53°14'	227	1936-1969
2. Marcelino Ramos	27°27'	51°54'	383	1916-1971
3. Santa Rosa	27°51'	54°25'	369	1922-1944;1951-1965
4. Palmeira das Missões	27°53'	53°26'	634	1914-1970
5. Passo Fundo	28°15'	52°24'	678	1913-1946;1948-1973
6. Santo Ângelo	28°18'	54°15'	239	1915-1967
7. São Luiz Gonzaga	28°23'	54°58'	254	1912-1973
8. Lagoa Vermelha	28°25'	51°35'	305	1914-1973
9. Vacaria	28°33'	50°42'	955	1914-1967
10. Cruz Alta	28°38'	53°36'	473	1912-1967
11. São Borja	28°39'	56°00'	96	1913-1948;1951-1965
12. Soledade	28°50'	52°26'	720	1914-1963
13. Guaporé	28°55'	51°54'	450	1912-1969
14. Itaquí	29°07'	56°32'	78	1914-1960
15. Caxias do Sul	29°10'	51°12'	740	1912-1972
16. Bento Gonçalves	29°10'	51°25'	619	1918-1973
17. Santiago	29°11'	54°53'	426	1914-1957
18. Júlio de Castilhos	29°13'	53°40'	516	1914-1947
19. Torres	29°20'	49°43'	43	1913-1917;1919-1942; 1945-1967;1970-1973
20. São Francisco de Paula	29°20'	50°31'	912	1912-1960
21. Santa Maria	29°41'	53°48'	138	1913-1973
22. Santa Cruz do Sul	29°43'	42°25'	56	1918-1942;1946-1966
23. Uruguaiana	29°45'	57°05'	69	1912-1973
24. Taquara	29°45'	50°45'	29	1923-1965
25. Alegrete	29°46'	55°47'	116	1912-1926;1932-1946; 1952-1968;1970-1973
26. Taquari	29°48'	51°49'	76	1912-1966
27. Porto Alegre	30°01'	51°13'	10	1912-1973
28. Cachoeira do Sul	30°02'	52°53'	68	1912-1973
29. Viamão	30°05'	50°47'	52	1922-1953
30. São Gabriel	30°20'	54°19'	124	1912-1948;1952-1973
31. Caçapava do Sul	30°30'	53°29'	450	1915-1972
32. Encruzilhada do Sul	30°32'	52°31'	420	1913-1943;1945-1973
33. Tapas	30°50'	51°35'	5	1923-1973
34. Santana do Livramento	30°53'	55°31'	210	1912-1948;1952-1961
35. Dom Pedrito	30°58'	54°39'	140	1912-1948;1952-1961
36. Bagé	31°20'	54°20'	216	1912-1973
37. Piratini	31°36'	53°06'	345	1916-1960
38. Pelotas	31°45'	52°21'	7	1912-1966
39. Rio Grande (cidade)	32°01'	52°05'	3	1912-1973
40. Rio Grande (barra)	32°06'	52°06'	3	1924-1960
41. Jaguarão	32°33'	53°23'	11	1912-1948;1952-1962
42. Santa Vitória do Palmar	33°31'	53°21'	6	1913-1972

* Fonte: INSTITUTO ASTRONÔMICO E METEOROLÓGICO (36).

licas dos diversos tipos de solo do Estado e com referência à profundidade do perfil do solo correspondente ao armazenamento de 100 mm para as distintas unidades de mapeamento, levaria a uma excessiva representação cartográfica.

Seguindo a metodologia utilizada por PASCALE & DAMARIO (50) foram obtidos do balanço hídrico seriado de cada estação climatológica as deficiências, os equilíbrios e os excessos hídricos mensais, para cada ano considerado.

Utilizando-se os valores de deficiências, equilíbrios e excessos hídricos foram computados, para cada um dos 42 locais, as frequências relativas mensais. Posteriormente, conforme ilustra a Tabela 2, estas frequências foram acumuladas, em intervalos de classes de grandezas variáveis, desde a maior deficiência até o maior excesso, e traçadas as curvas das mesmas para cada um dos 12 meses e para cada uma das 42 estações climatológicas, como exemplifica as Figuras 2a e 2b. Partindo destas curvas foram determinados e tabulados os valores limites de disponibilidades hídricas, correspondentes às probabilidades de $P(d \leq D) = 0,2$, $P(d \leq D) = 0,5$ e $P(d \leq D) = 0,8$, respectivamente.

Para a obtenção dos valores limites (D) de deficiências ou de excessos hídricos para $P(d \leq D) = 0,2$, $P(d \leq D) = 0,5$ e $P(d \leq D) = 0,8$, ou seja, para obtenção dos valores de D correspondentes às probabilidades de que em cada dois anos ocorra um ($P = 0,5$), em cada cinco ocorra um ($P = 0,2$) e quatro ($P = 0,8$) anos com valores de disponibilidades hídricas iguais ou menores do que esse valor (D), procedeu-se da seguinte maneira: tomou-se as curvas de frequência relativa (Figuras 2a e 2b) e inicialmente procurou-se no eixo das ordenadas o valor correspondente às probabilidades desejadas ($P = 0,2$), ($P = 0,5$) e ($P = 0,8$). Posteriormente, partiu-se deste ponto traçando-se uma linha paralela ao eixo das abcissas até encontrar a curva e, a partir deste ponto, traçou-se uma linha paralela ao eixo das ordenadas. O encontro desta linha com o eixo das abcissas forneceu o valor D procurado de deficiência ou de excesso hídrico. Para a obtenção da probabilidade de ocorrência de determinada situação hídrica se procede de maneira inversa.

Os valores mensais de deficiências e excessos hídricos, para $P(d \leq D) = 0,2$, $P(d \leq D) = 0,5$ e $P(d \leq D) = 0,8$ foram locados num mapa hip sométrico. Para tanto, foi utilizada a carta do Estado do Rio Grande do Sul, organizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Instituto Gaúcho de Reforma Agrária, na escala 1:750.000, e posteriormente reduzida para a publicação do presente trabalho.

Visando facilitar a delimitação das diferentes situações hídricas obtidas, as isolinhas foram traçadas considerando as amplitudes de 0 a 20, 20 a 40, 40 a 60, e de 60 a 80 mm para as faixas de de

Taboia 4. Deficiências normais e excessos relativos dos distintos níveis de deficiências e excessos hídricos mensais do solo, em Santa Vitória do Palmar, período 1913-1972, sendo a capacidade máxima de retenção d'água do solo de 100 mm.

DEFICIÊNCIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
190 mm ou +	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90 mm ou +	1,6	3,3	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80 mm ou +	3,3	3,3	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
70 mm ou +	8,4	5,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60 mm ou +	13,5	8,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50 mm ou +	20,3	13,5	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40 mm ou +	23,7	13,5	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30 mm ou +	27,1	23,7	10,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20 mm ou +	42,3	35,5	15,2	16,9	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10 mm ou +	57,6	44,0	20,3	16,9	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0 mm ou +	69,4	61,0	37,2	42,3	23,7	6,7	11,8	8,4	22,0	27,1	64,4	69,4
Equilíbrio ou deficiência												
0 mm	77,9	83,0	74,5	57,6	45,7	15,2	15,2	10,1	22,1	30,5	72,8	76,2
Excesso												
até 10 mm	86,4	83,0	76,2	59,3	55,9	22,0	22,0	15,2	28,8	38,9	77,9	76,2
até 20 mm	88,1	83,0	79,6	62,7	57,6	28,8	28,8	18,6	33,8	47,4	84,7	79,6
até 30 mm	93,2	86,4	81,3	64,4	62,7	30,5	30,5	33,8	38,9	54,2	89,8	83,0
até 40 mm	93,2	86,4	81,3	64,4	66,1	33,8	40,6	38,9	45,7	64,4	91,5	86,4
até 50 mm	93,2	88,1	84,7	67,7	67,7	42,3	47,4	44,0	50,8	74,5	93,2	91,5
até 60 mm	93,2	88,1	85,1	77,9	72,8	52,9	57,9	52,9	62,7	77,9	96,6	94,9
até 70 mm	96,6	96,6	91,5	83,0	84,7	68,4	62,7	62,7	72,8	88,1	96,6	96,6
até 80 mm	96,6	99,9	93,2	86,4	84,7	81,3	83,0	81,3	72,8	93,2	96,6	96,6
até 90 mm	98,3	99,9	94,9	89,8	86,4	83,0	83,0	83,0	79,6	96,6	96,6	96,6
até 110 mm	99,9	99,9	96,6	94,9	89,8	84,7	88,1	81,3	81,3	96,6	96,6	99,9
até 130 mm	99,9	99,9	96,6	94,9	94,9	84,7	89,8	91,5	81,3	96,6	96,6	99,9
até 150 mm	99,9	99,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	94,9	91,5	98,3	99,9	99,9
até 200 mm	99,9	99,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	98,3	99,9	99,9
até 250 mm	99,9	99,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	98,3	99,9	99,9
até 300 mm	99,9	99,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	98,3	99,9	99,9
até 350 mm	99,9	99,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	98,3	99,9	99,9
até 400 mm ou +	99,9	99,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	94,9	96,6	98,3	99,9	99,9

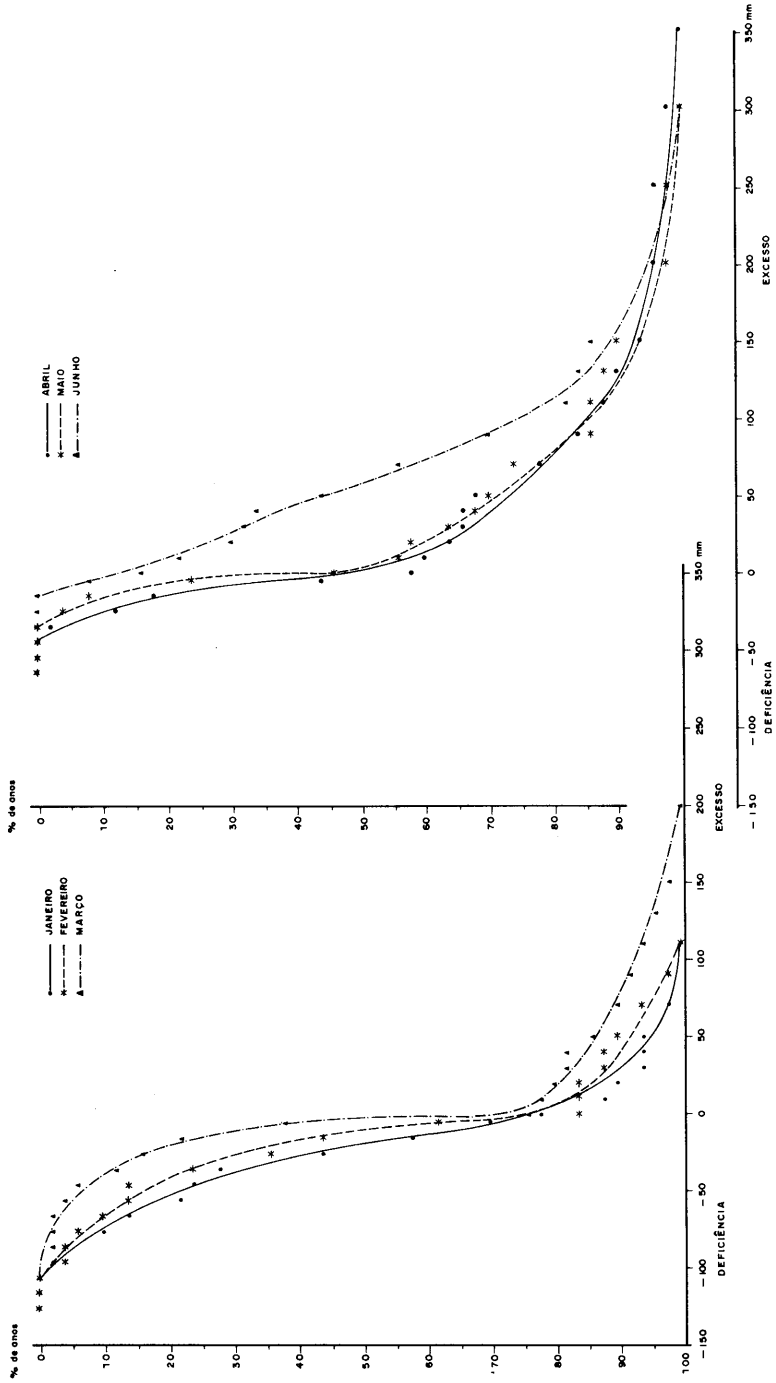


FIG. 20 - FREQUÊNCIAS RELATIVAS ACUMULADAS DAS SITUAÇÕES HÍDRICAS DO SOLO, CONSIDERANDO A CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE 100mm, SEGUNDO OS RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO SÉRIADO DE SANTA VITÓRIA DO PALMAR.

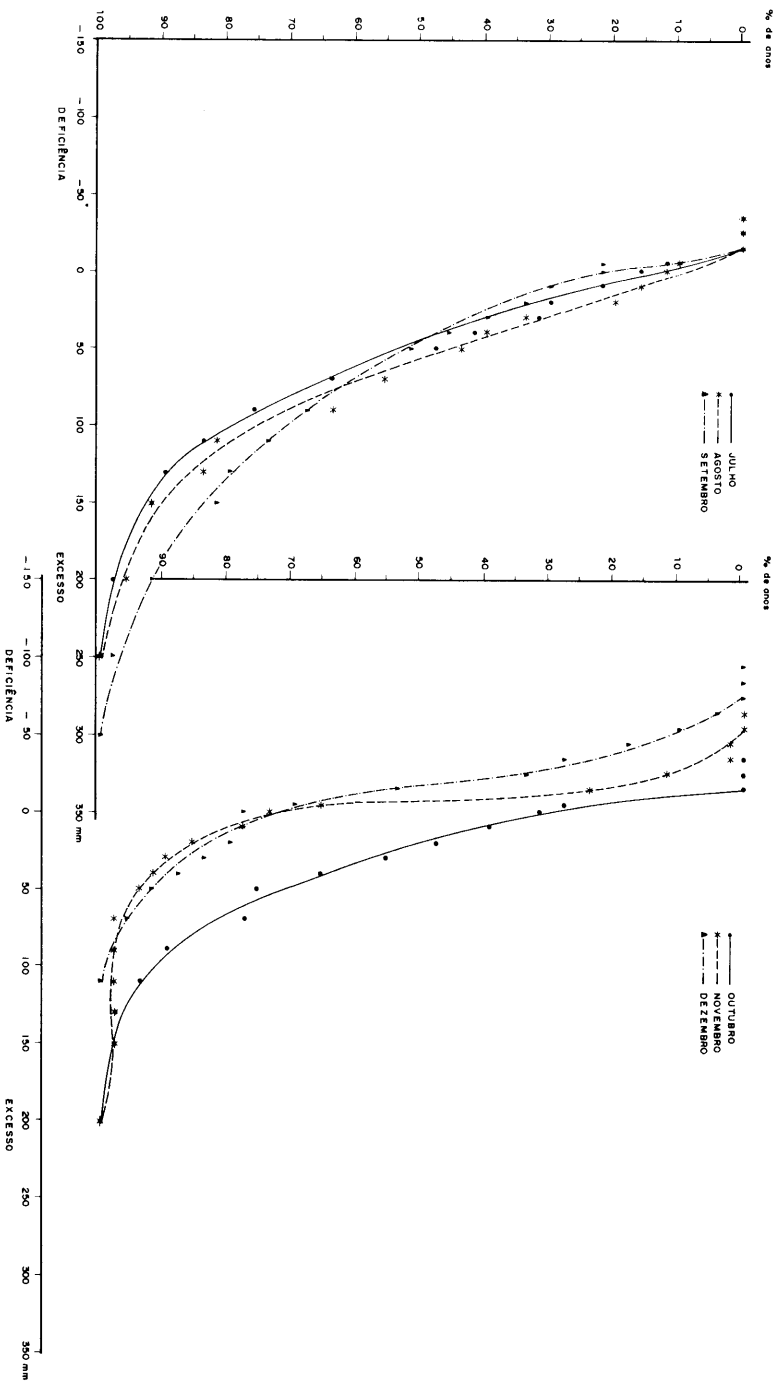


FIG. 29 - FREQUÊNCIAS RELATIVAS ACUMULADAS DAS SITUAÇÕES HÍDRICAS DO SOLO, CONSIDERANDO A CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE 100 mm, SEGUNDO OS RESULTADOS DO BALANÇO HÍDRICO SÉRIADO DE SANTA VITÓRIA DO PALMAR

ficiências hídricas e de 0 a 40, 40 a 80, 80 a 140, 140 a 200 e de 200 a 260 mm para as faixas de excessos hídricos.

No traçado das isolinhas que delimitam as áreas geográficas de mesmas deficiências ou de mesmos excessos hídricos, foi empregada a mesma técnica utilizada por BLANCO & GODOY (11), no traçado das isoietas para o Estado de São Paulo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Valores limites (D) de disponibilidades hídricas - Nas Tabelas 3, 4 e 5, são apresentados, para 42 locais do Estado do Rio Grande do Sul, os valores limites mensais (D) de disponibilidades hídricas do solo para $P(d \leq D) = 0,2$, $P(d \leq D) = 0,5$ e $P(d \leq D) = 0,8$, respectivamente, ou seja, em cada dois anos há a probabilidade de ocorrer um ano ($P = 0,5$) e em cada cinco anos há a probabilidade de ocorrer um ($P = 0,2$) e quatro ($P = 0,8$) anos com valores de disponibilidades hídricas iguais ou menores do que os valores apresentados nas Tabelas, para cada mês e local.

Analisando-se os valores contidos nas respectivas Tabelas, verifica-se que existe uma grande variação nas disponibilidades hídricas, tanto entre locais como entre os meses. Estes valores de disponibilidades permitem distinguir três períodos hídricos bem definidos ao longo do ano; um período de grande consumo de água (fim da primavera ao fim do verão); um período de reposição de água no solo (outono); e um período de excessos hídricos (inverno e início da primavera). As distintas situações hídricas dos solos, ocorridas nestes períodos, estão intimamente relacionadas com a variação anual da temperatura (39, 42, 43) e da radiação solar (43), uma vez que a distribuição relativa da chuva dentro dos meses de ano não sofre variação significativa (24).

As disponibilidades hídricas encontradas nas Tabelas não correspondem às profundidades e capacidades de armazenamento dos solos descritos no Estado (14). Embora já se conheça as propriedades físicas e hidrológicas de alguns solos do Estado (1, 3, 6, 15, 22, 23, 26, 29, 31, 33, 34, 38, 40, 41, 47, 62, 63, 71, 72) as mesmas são de caráter isolado e demandaria um estudo de correlação para que se pudesse obter estimativas adequadas ao uso dentro deste trabalho. Desse modo, a caracterização geográfica dos solos quanto a profundidade capaz de armazenar um determinado nível de água ainda é difícil. No entanto, salienta-se que, para os solos rasos ou de menor armazenamento deve-se usar Tabelas de retenção de água de valores mais baixos e ocorrendo o inverso quando se considerar o armazenamento superior a 100 mm.

Tabela 3. Valores limites de disponibilidade (D) tais que $P(d \leq D) = 0,2$, ou seja, existe a probabilidade de que em cada cinco anos ocorra um com disponibilidade hídrica igual ou menor do que o valor da tabela, para a estação climatológica, considerando a capacidade máxima de retenção de água do solo de 100 mm*.

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1. Irai	-22	-7	-5	-7	10	41	40	10	40	20	-14	-20
2. Marcelino Ramos	-24	-20	-18	-12	2	22	30	27	43	14	-15	-26
3. Santa Rosa	-42	-22	-20	-2	8	58	37	26	20	30	-16	-32
4. Palmeira das Missões	-14	-12	-12	-7	18	69	30	32	74	33	-14	-12
5. Passo Fundo	-15	-16	-10	-9	0	33	26	23	46	10	-12	-12
6. Santo Ângelo	-42	-31	-22	-6	1	32	34	14	37	15	-19	-40
7. São Luiz Gonzaga	-44	-21	-18	-6	8	56	20	1	19	20	-21	-36
8. Lagoa Vermelha	-6	-8	-10	-5	-2	40	34	38	72	16	-12	-14
9. Vacaria	-12	-8	-8	-10	0	37	38	36	48	8	-10	-14
10. Cruz Alta	-12	-16	-12	-4	4	51	32	30	52	20	-13	-25
11. São Borja	-61	-62	-22	-12	3	8	8	-10	14	0	-24	-58
12. Soledade	-4	-8	-8	-4	18	60	53	56	72	-22	-12	-12
13. Guaporé	-12	-14	-9	-8	2	43	38	38	65	0	-12	-17
14. Itaqui	-61	-71	-43	-17	-2	12	2	-8	0	-2	-22	-56
15. Caxias do Sul	-10	-2	3	1	4	52	50	53	71	24	-7	-7
16. Bento Gonçalves	-15	-13	-12	-6	5	55	47	48	62	12	-11	-12
17. Santiago	-38	-40	-26	-14	2	20	18	10	17	-4	-20	-46
18. Júlio de Castilhos	-28	-28	-26	-8	10	52	31	40	48	8	-14	-23
19. Torres	-38	-27	-16	-16	-11	-7	-6	20	27	-2	-20	-40
20. São Francisco de Paula	24	44	62	50	40	100	74	70	132	78	22	18
21. Santa Maria	-42	-46	-22	-8	2	40	34	32	40	20	-21	-31
22. Santa Cruz do Sul	-46	-40	-30	-8	6	52	20	44	58	0	-20	-41
23. Uruguaiana	-71	-64	-42	-7	-4	-3	-8	-4	0	-5	-26	-65
24. Taquara	-54	-45	-20	-18	-6	0	0	32	27	-10	-25	-58
25. Alegrete	-56	-46	-22	-2	-3	14	7	10	19	-1	-18	-48
26. Taquari	-46	-44	-37	-14	-4	31	18	40	43	-5	-26	-51
27. Porto Alegre	-66	-57	-48	-34	-11	4	19	28	26	-10	-26	-54
28. Cachoeira do Sul	-65	-60	-34	-14	-2	28	38	36	36	-6	-30	-45
29. Viamão	-68	-50	-46	-18	-4	14	40	32	18	-5	-22	-64
30. São Gabriel	-56	-43	-38	-16	-8	28	2/	12	27	0	-26	-50
31. Caçapava do Sul	-30	-28	-9	-4	?	50	42	54	40	20	-14	-23
32. Encruzilhada do Sul	-30	-22	-18	-6	-4	41	40	30	40	10	-18	-28
33. Tapas	-70	-61	-43	-18	-8	2	22	38	34	-6	-26	-54
34. Santana do Livramento	-58	-45	-24	-8	0	24	8	5	17	-11	-22	-50
35. Dom Pedrito	-42	-48	-29	-12	-8	20	16	19	20	-3	-22	-52
36. Bagé	-68	-41	-30	-12	-16	22	16	32	26	0	-24	-46
37. Piratini	-35	-33	-28	-8	-3	36	16	20	42	-4	-17	-30
38. Pelotas	-40	-18	-24	-12	-8	8	32	28	38	-2	-22	-36
39. Rio Grande (cidade)	-72	-48	-52	-35	-8	0	18	15	20	-10	-20	-48
40. Rio Grande (barra)	-74	-55	-65	-17	-7	-2	6	12	22	-7	-20	-46
41. Jaguarão	-58	-39	-20	-11	-6	6	39	20	8	-8	-16	-44
42. Santa Vitória do Palmar	-54	-40	-20	-16	-5	9	6	19	-4	-6	-16	-42

* Os valores negativos indicam deficiências (mm).

Tabela 4. Valores limites de disponibilidades (D) tais que $P(\xi \geq D) = 0,5$, ou seja, existe a probabilidade de que em cada dois anos ocorra um com disponibilidade hídrica do solo igual ou menor do que o valor da tabela, para a estação climatológica, considerando a capacidade máxima de retenção de água do solo de 100 mm*

ESTACÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AUG	SET	OUT	NOV	DEZ
1. Iraí	0	20	30	50	110	96	84	62	103	66	15	4
2. Marcelino Ramos	-2	2	-2	20	71	86	62	74	116	58	-3	-6
3. Santa Rosa	-9	-7	0	57	99	112	74	86	104	88	2	0
4. Palmeira das Missões	8	12	6	60	95	140	100	88	138	86	10	6
5. Passo Fundo	12	11	2	23	62	102	96	91	122	67	-4	5
6. Santo Ângelo	-8	-3	-8	40	59	116	82	76	113	80	-6	-3
7. São Luiz Gonzaga	-6	-6	-2	41	82	112	67	60	71	86	5	-7
8. Lagoa Vermelha	16	34	6	27	71	118	94	107	117	82	6	0
9. Vacaria	18	5	4	30	40	96	86	100	118	68	-2	0
10. Cruz Alta	0	0	22	36	82	128	92	90	116	100	12	2
11. São Borja	-25	-20	-1	33	72	92	46	32	70	66	-2	-14
12. Soledade	32	40	32	52	92	147	124	129	122	107	12	12
13. Guaporé	14	12	24	35	54	115	85	101	120	72	6	-4
14. Itaqui	-18	-20	-6	28	65	76	32	36	52	54	-2	-16
15. Caxias do Sul	32	30	40	52	66	117	106	111	116	77	22	20
16. Bento Gonçalves	16	4	18	37	56	110	97	94	116	74	0	0
17. Santiago	-16	-6	-4	23	81	94	72	51	78	60	-5	-10
18. Júlio de Castilhos	-17	-4	-4	22	107	117	94	100	101	68	-3	2
19. Torres	-4	0	-3	0	3	40	39	63	76	40	-6	-10
20. São Francisco de Paula	98	106	100	132	130	153	134	134	172	124	90	78
21. Santa Maria	-9	-4	-2	31	64	107	82	87	107	80	-6	-12
22. Santa Cruz do Sul	-8	-9	-6	1	42	102	76	91	86	54	-6	-10
23. Uruguaiana	-22	-23	-2	15	40	42	22	16	52	53	-10	-17
24. Taquara	-22	-10	-8	2	5	66	54	66	68	34	-12	-23
25. Alegrete	-12	-4	2	44	76	96	46	48	58	77	-2	-12
26. Taquari	-23	-14	-11	-2	18	92	90	91	82	35	-10	-15
27. Porto Alegre	-34	-26	-8	-6	0	71	74	65	65	20	-13	-24
28. Cachoeira do Sul	-18	-12	-8	1	31	120	91	86	86	50	-12	-18
29. Viamão	-34	-23	-5	-4	37	72	88	73	60	38	-10	-19
30. São Gabriel	-16	-7	-10	6	52	98	69	68	81	60	-12	-12
31. Caçapava do Sul	-6	-4	8	31	69	125	89	90	129	65	8	-8
32. Encruzilhada do Sul	-6	-2	-4	11	22	111	86	81	97	52	-8	-9
33. Tapes	-18	-20	-12	-4	0	41	64	65	76	24	-16	-17
34. Santana do Livramento	-15	-10	-4	32	34	88	49	50	80	65	-8	-13
35. Dom Pedrito	-20	-10	-3	2	39	86	54	62	72	57	-7	-18
36. Bagé	-27	-12	-8	-2	11	73	66	70	75	43	-12	-22
37. Piratini	-8	-8	-5	4	30	86	68	76	80	52	0	-12
38. Pelotas	-12	-4	-3	-2	0	74	74	82	71	36	-10	-12
39. Rio Grande (cidade)	-35	-20	-8	-8	-2	38	62	78	66	15	-13	-32
40. Rio Grande (barra)	-39	-21	-9	-3	-2	47	60	58	66	29	-10	-24
41. Jaguarão	-15	-9	-4	-1	19	73	80	64	86	27	-9	-26
42. Santa Vitória do Palmar	-20	-12	-4	-2	6	64	52	62	44	26	-8	-23

* Os valores negativos indicam deficiências (mm).

Tabela 5. Valores limites de disponibilidade (D) tais que $P(d \leq D) = 0,8$, ou seja, existe a probabilidade de que em cada cinco anos ocorram quatro com disponibilidade hídrica no solo igual ou menor do que o valor da tabela, para a estação climatológica, considerando a capacidade máxima de retenção de água do solo de 100 mm*.

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1. Iraí	67	80	101	147	145	192	119	174	172	162	120	71
2. Marcelino Ramos	68	39	54	145	139	200	119	153	172	160	50	39
3. Santa Rosa	58	16	55	172	193	176	135	140	180	163	80	80
4. Palmeira das Missões	80	80	97	141	190	199	162	190	205	160	81	62
5. Passo Fundo	83	70	62	115	152	181	145	179	222	163	82	80
6. Santo Ângelo	53	23	59	166	186	190	131	144	170	187	80	74
7. São Luiz Gonzaga	43	20	80	171	176	200	125	139	177	167	91	65
8. Lagoa Vermelha	112	110	73	133	152	182	150	210	207	161	75	72
9. Vacaria	90	64	64	96	114	164	165	161	182	139	37	70
10. Cruz Alta	54	51	88	163	194	184	140	165	196	194	95	70
11. São Borja	20	6	60	152	181	144	113	111	147	123	94	70
12. Soledade	88	98	100	158	192	230	200	210	230	198	80	100
13. Guaporé	76	84	104	101	132	200	166	182	202	144	74	70
14. Itaquí	0	0	74	104	170	144	104	88	139	128	62	4
15. Caxias do Sul	112	88	92	124	142	200	179	179	205	148	85	80
16. Bento Gonçalves	73	67	73	124	127	192	170	179	203	132	84	80
17. Santiago	49	22	52	143	204	174	145	113	172	133	89	6
18. Júlio de Castilhos	74	18	47	123	203	190	152	165	172	113	96	80
19. Torres	50	58	88	58	62	88	103	140	162	114	54	18
20. São Francisco de Paula	186	158	175	209	236	247	239	242	236	176	148	166
21. Santa Maria	65	40	46	93	171	198	182	140	162	171	53	53
22. Santa Cruz do Sul	6	10	27	74	147	178	142	157	149	135	42	14
23. Uruguaiana	28	8	67	143	117	106	85	60	108	135	42	32
24. Taquara	2	6	6	73	114	130	131	107	132	70	40	12
25. Alegrete	22	16	70	132	146	151	150	108	136	173	72	31
26. Taquari	9	4	10	64	106	153	144	151	136	94	21	14
27. Porto Alegre	-3	0	-1	22	66	140	138	124	126	73	11	2
28. Cachoeira do Sul	12	12	4	70	126	167	158	168	152	118	32	2
29. Viamão	-4	-2	4	48	94	140	115	118	132	118	20	-4
30. São Gabriel	1	11	50	92	142	167	148	150	160	140	46	6
31. Caçapava do Sul	86	54	57	82	160	182	155	167	191	139	56	33
32. Encruzilhada do Sul	34	50	32	60	136	195	174	156	177	118	72	36
33. Tapes	-2	3	2	6	70	126	128	116	146	96	6	-8
34. Santana do Livramento	12	4	44	100	160	163	100	112	131	158	60	5
35. Dom Pedrito	2	3	28	46	150	143	130	116	122	103	40	5
36. Bagé	2	-1	4	60	110	163	125	125	164	120	35	-5
37. Piratini	38	26	35	63	138	156	120	138	134	124	38	4
38. Pelotas	2	40	45	66	96	140	116	132	167	114	40	-6
39. Rio Grande (cidade)	-6	-2	0	25	56	117	112	140	135	80	15	-15
40. Rio Grande (barra)	-6	-1	5	33	62	99	88	137	110	85	14	-12
41. Jaguarão	14	20	36	59	110	147	134	133	165	122	30	0
42. Santa Vitória do Palmar	3	10	22	80	80	110	100	121	138	65	12	17

* Os valores negativos indicam deficiências (mm).

Distribuição geográfica dos valores limites (D) - As Figuras 3 a 14, mostram as áreas correspondentes à probabilidade de que em cada cinco anos ocorra um com disponibilidades hídricas do solo iguais ou menores do que os valores representados nas cartas, ou seja, $P(d \leq D) = 0,2$.

Para esta probabilidade observa-se que os valores mensais mais elevados de deficiências e de excessos de água no solo encontram-se dentro dos limites de 60 a 80 mm e de 80 a 140 mm, respectivamente.

As maiores deficiências correspondem aos meses de verão, início do outono e fim da primavera. Em todos os meses do ano, em uma ou outra região, ocorrem deficiências, porém, com valores de menor magnitude do que os verificados nos meses anteriormente citados. Por outro lado, os maiores excessos hídricos correspondem aos meses de inverno e início da primavera. Dentre todas estações climatológicas consideradas, apenas na de São Francisco de Paula, observa-se excessos de água no solo em todos os meses do ano.

Os resultados acima, de certa forma, discordam dos trabalhos realizados por MOTA et alii (43, 46), BARRIOS et alii (7) e BRASIL (13) que, através da utilização do balanço hídrico climático, encontraram para muitos locais valores menores e períodos mais curtos de deficiências de água no solo do que os obtidos neste estudo. Também, observa-se que, para muitos locais onde o balanço hídrico climático acusou excesso hídrico em todos os meses do ano, neste estudo verifica-se a probabilidade de ocorrer deficiência em vários meses.

A distribuição geográfica dos valores limites (D) para $P(d \leq D) = 0,5$ são apresentados nas Figuras 15 a 26, as quais indicam as áreas com probabilidade de que em cada dois anos ocorra um com disponibilidades hídricas do solo iguais ou menores do que os valores representados.

Os valores de deficiências e excessos hídricos possíveis de ocorrerem uma vez em cada dois anos, poderão ir de 40 a 200 mm, respectivamente. Para esta probabilidade, os valores de deficiências foram menores e os de excessos foram mais elevados, dentro de cada mês, do que os obtidos na probabilidade de $P(d \leq D) = 0,2$.

As maiores deficiências foram observadas nos meses do verão, seguindo-se os meses de início do outono e fim da primavera. Ao contrário do que se verificou para a probabilidade anterior ($P = 0,2$), nenhum dos locais considerados apresentou deficiências em todos os meses do ano.

De uma forma geral, os valores de deficiências e excessos hídricos do solo correspondentes a probabilidade de $P(d \leq D) = 0,5$ são os que mais se aproximam dos encontrados por MOTA et alii (43, 46), BARRIOS et alii (7) e BRASIL (13).

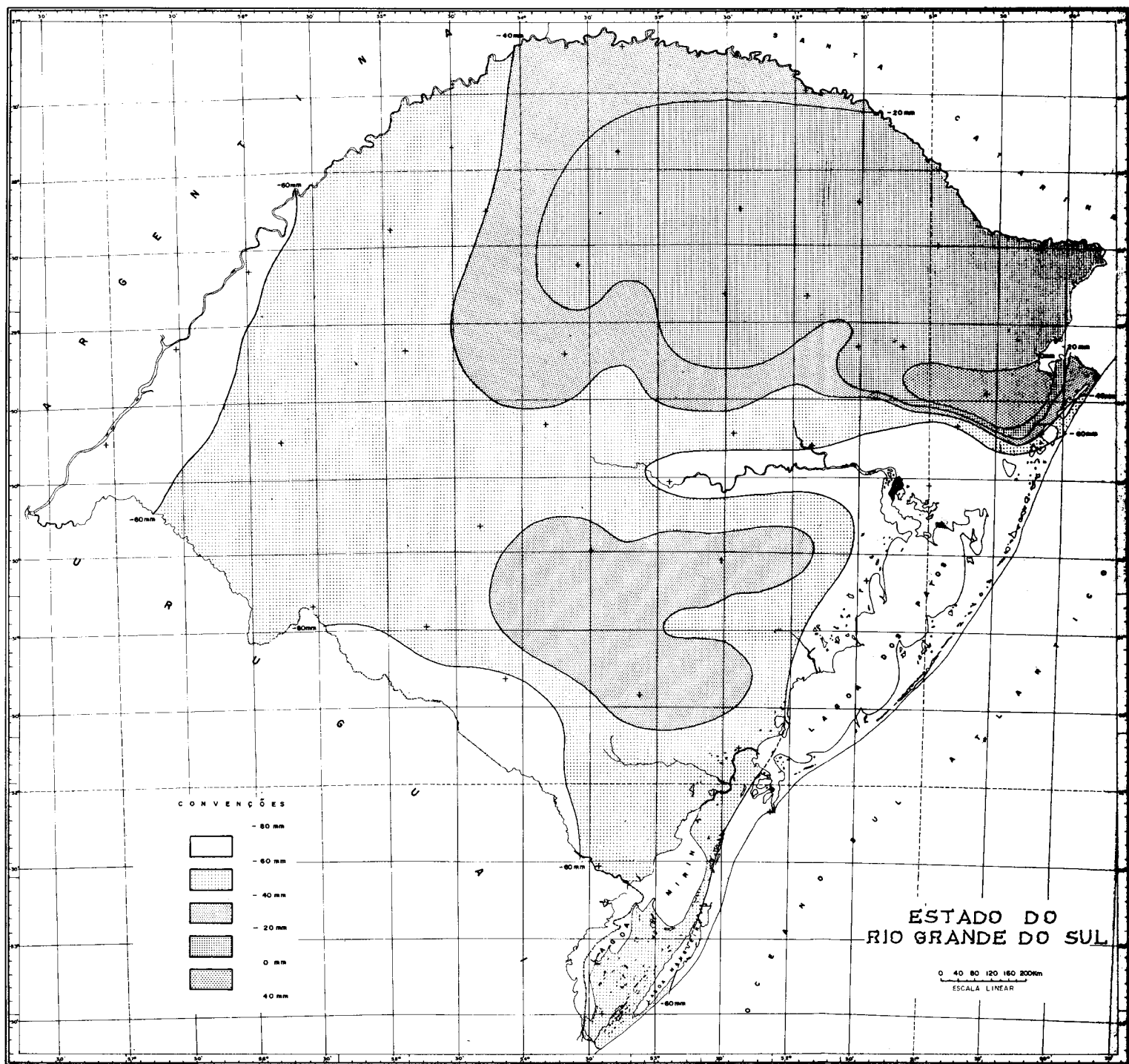
RIOS et alii (7) e BRASIL (13), através do balanço climático calculado com valores normais. Resultados semelhantes foram encontrados, na Argentina, por PASCALE & DAMARIO (50).

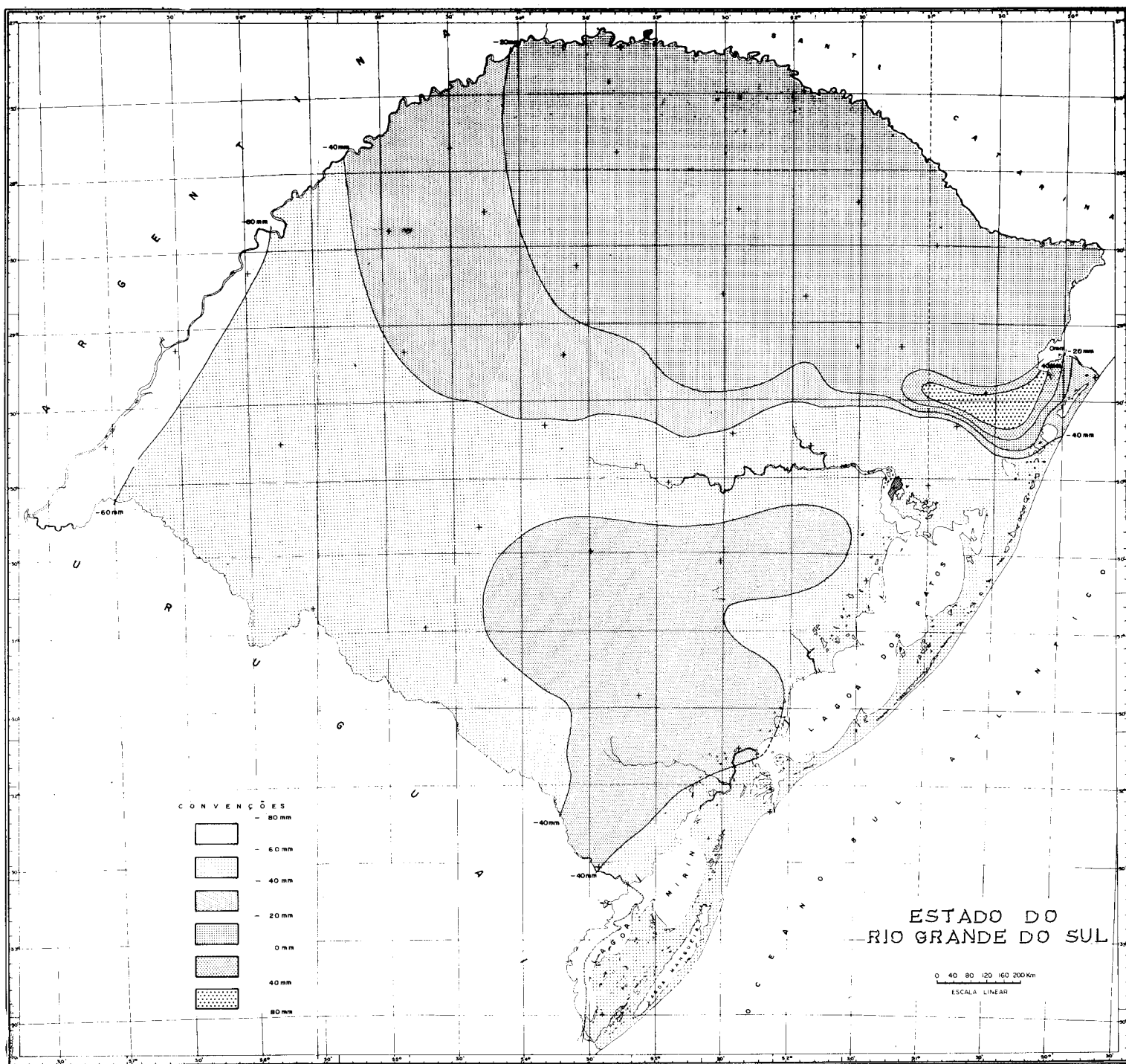
As áreas geográficas correspondentes aos valores críticos de disponibilidades hídricas para $P(d \leq D) = 0,8$, ou seja, as que apresentam a probabilidade de que em cada cinco anos ocorram quatro com disponibilidades iguais ou menores do que os valores limites (D), estão representadas nas Figuras 27 a 38.

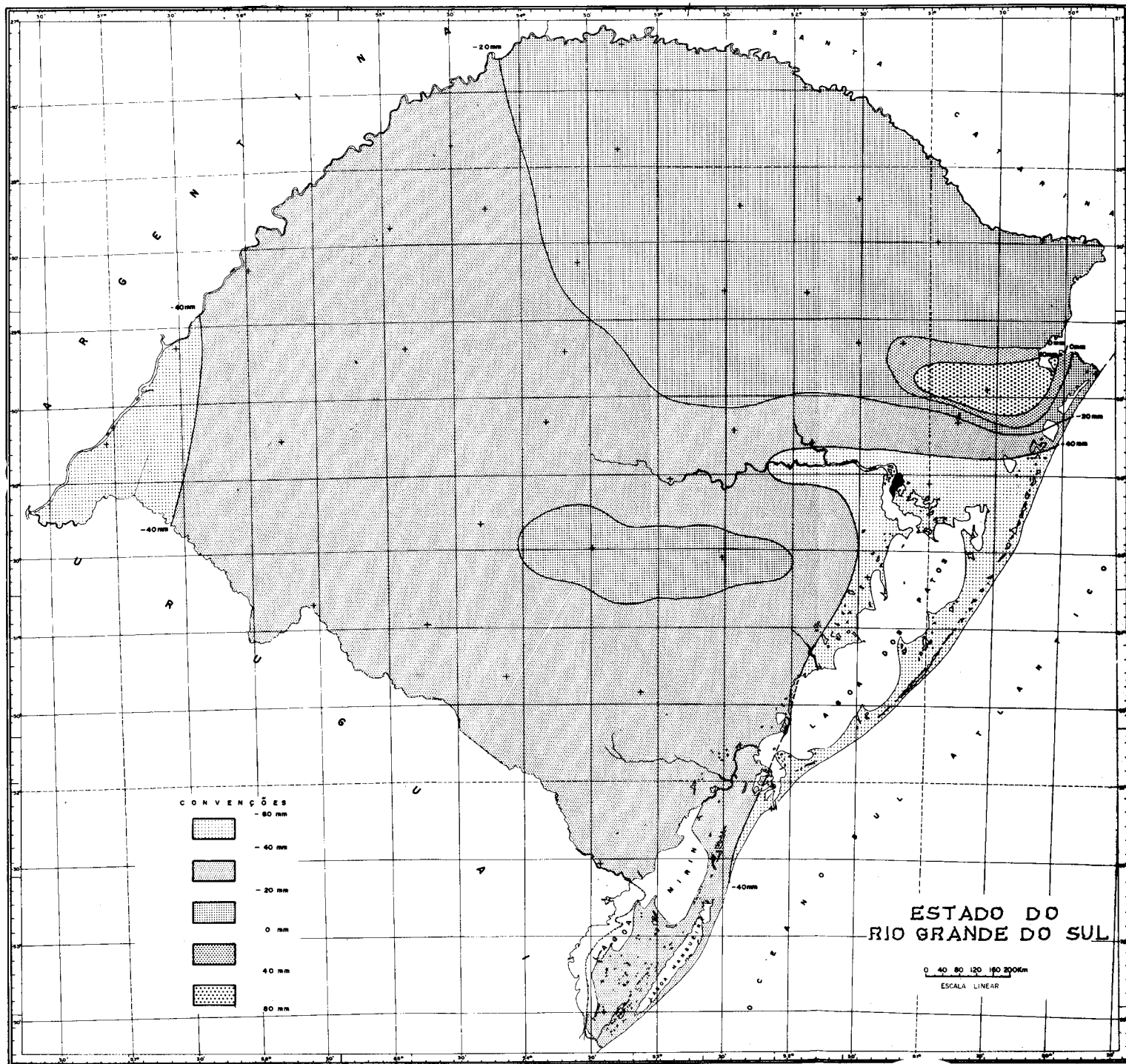
Os resultados representados nas Figuras 27 a 38, evidenciam que as deficiências ocorrem somente nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e estão delimitadas numa faixa compreendida entre 0 e 20 mm, enquanto que os mais elevados excessos hídricos encontram-se dentro dos limites de 200 a 260 mm e ocorrem no fim do outono, inverno e início da primavera. Estes resultados não concordam com os encontrados por MOTA et alii (43, 46), BARRIOS et alii (7) e BRASIL (13), visto que, os resultados obtidos por estes autores mostram que os valores de excessos são de menores e os de deficiências são de maiores grandezas, como também, porque em muitos locais onde o balanço climático acusou deficiências nos meses de início do outono e fim da primavera, este estudo, através do balanço hídrico seriado, indica a probabilidade de ocorrerem excessos hídricos.

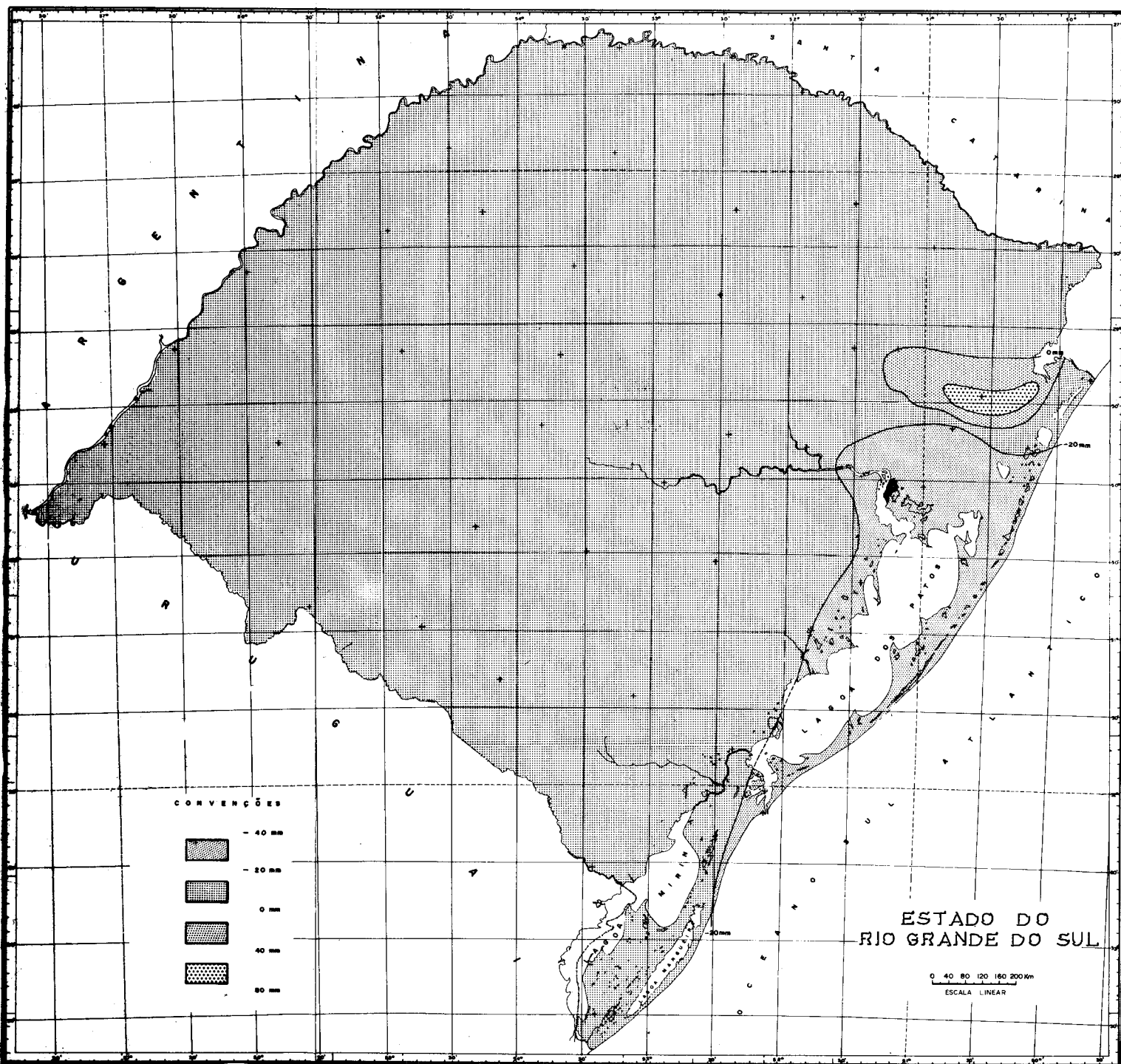
Conforme se observa, tanto para $P(d \leq D) = 0,2$ como para $P(d \leq D) = 0,8$, os valores de deficiência e excessos discordam dos valores obtidos por MOTA et alii (43, 46), BARRIOS et alii (7) e BRASIL (13). Estas diferenças, possivelmente, podem ser atribuídas ao fato de que para o cálculo do balanço hídrico seriado são utilizados os valores médios mensais de uma série de anos, o que permite uma consideração mais real da variabilidade de cada elemento, enquanto no cálculo do balanço hídrico climático é utilizado apenas um único valor, não representando esta variabilidade. Dos elementos utilizados no cálculo do balanço hídrico, segundo afirma MOTA et alii (46) a chuva apresenta uma maior variabilidade entre anos do que a evapotranspiração potencial.

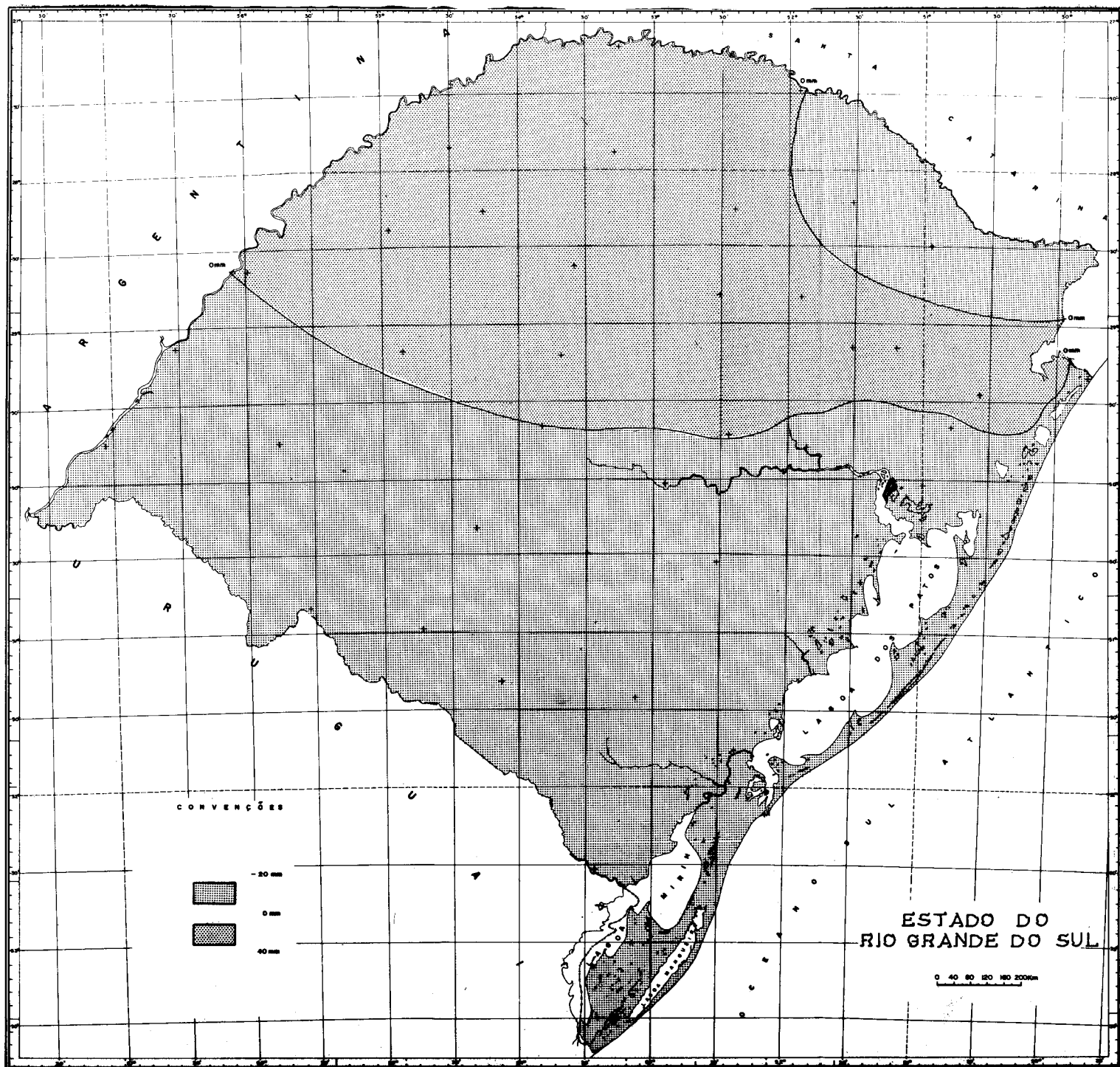
Como pode ser observado nas cartas (Figuras 3 a 38), para qualquer nível de probabilidade, os valores de deficiências ou excessos hídricos seguem uma distribuição geográfica bastante definida. Dentro de cada mês, as maiores deficiências ou os menores excessos localizam-se nas regiões climáticas (2, 30) do Litoral Sul, Baixo Vale do Uruguai, Camapanha, Litoral Norte e Depressão Central. Valores intermediários são encontrados no Alto Vale do Uruguai, Missões, Serra do Sudeste e na parte oeste do Planalto, enquanto as menores deficiências ou os maiores excessos são localizados nas regiões do Planalto e Serra do Nordeste. Estes resultados, confirmam os regis

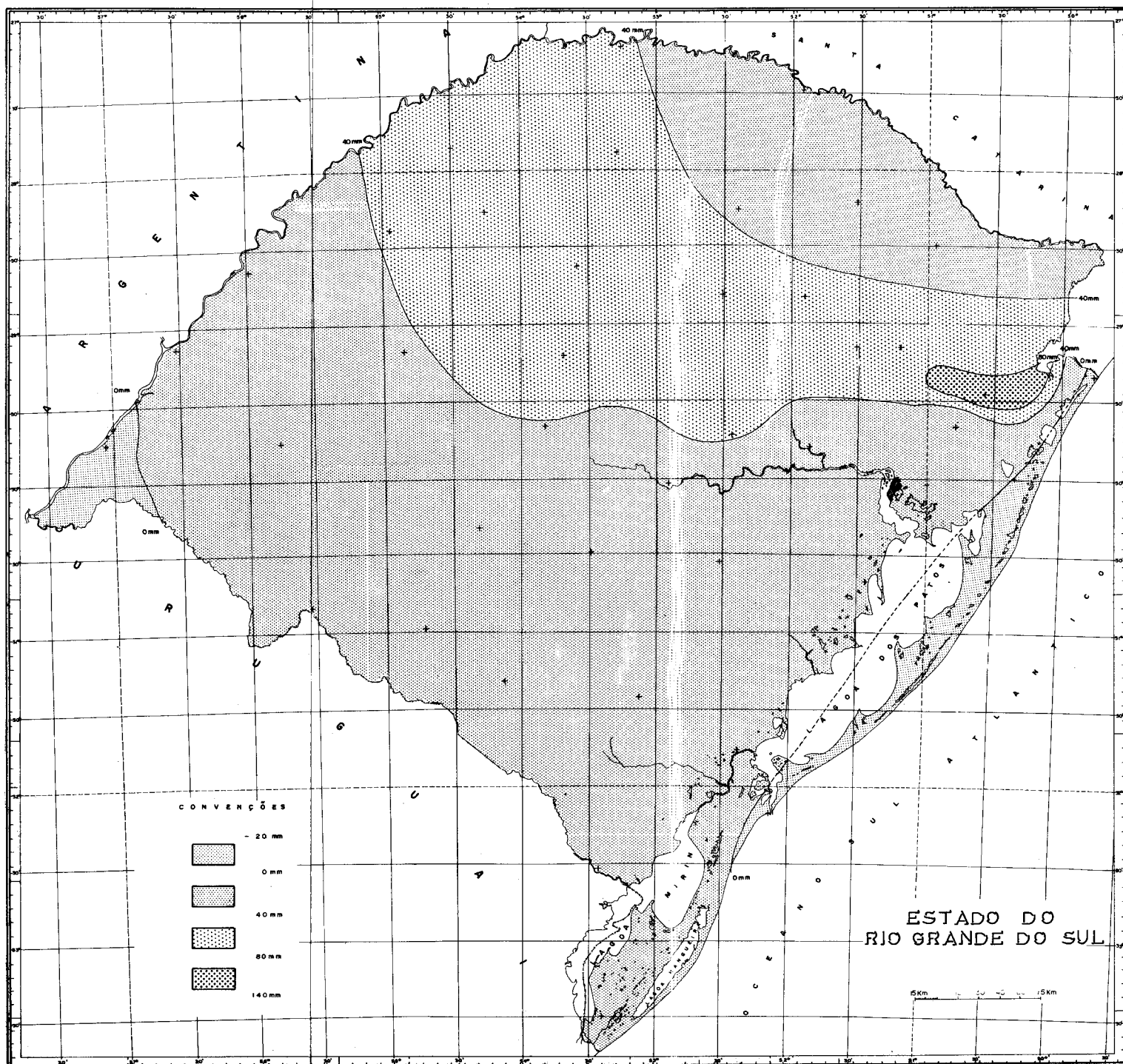


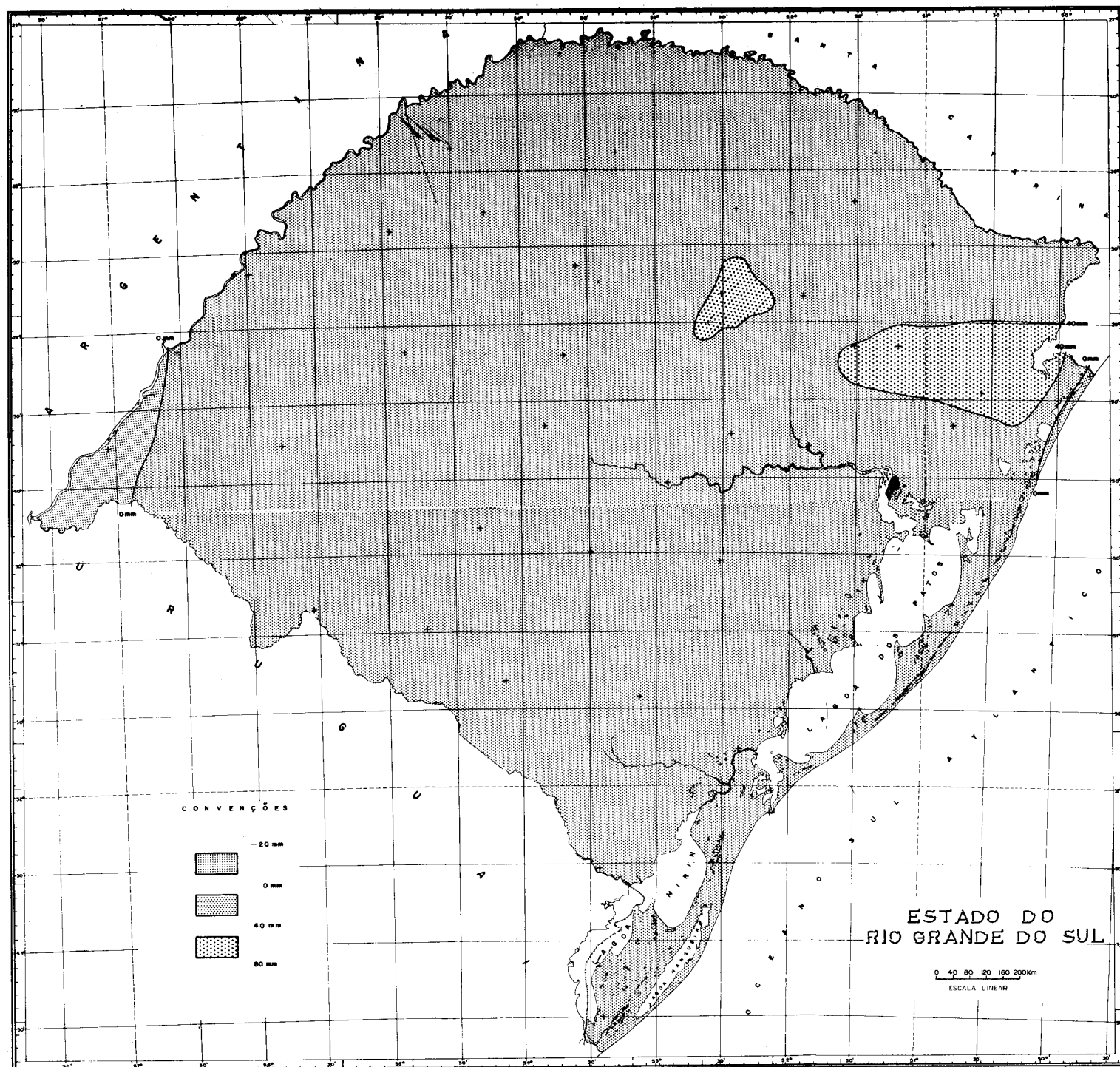


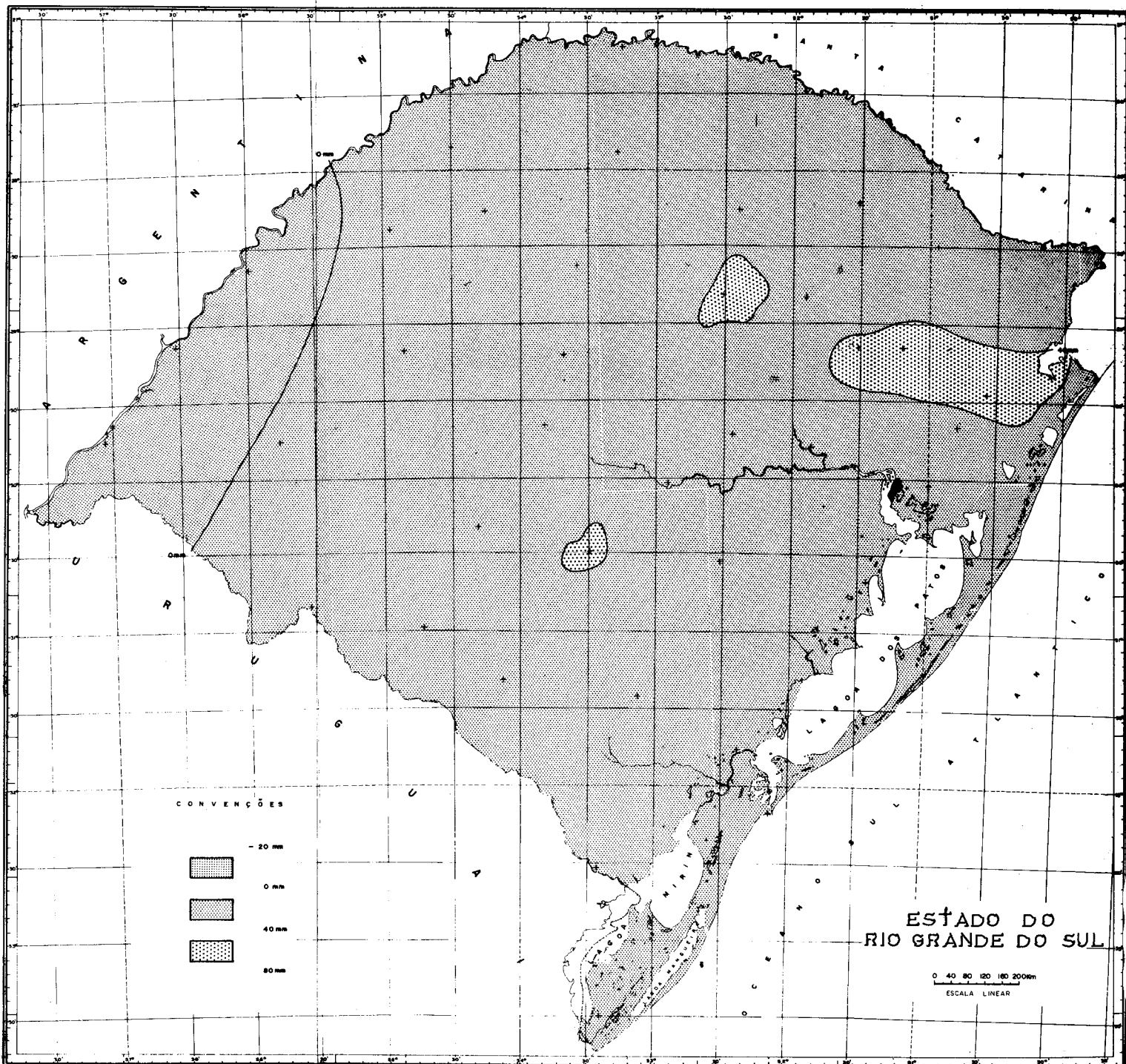


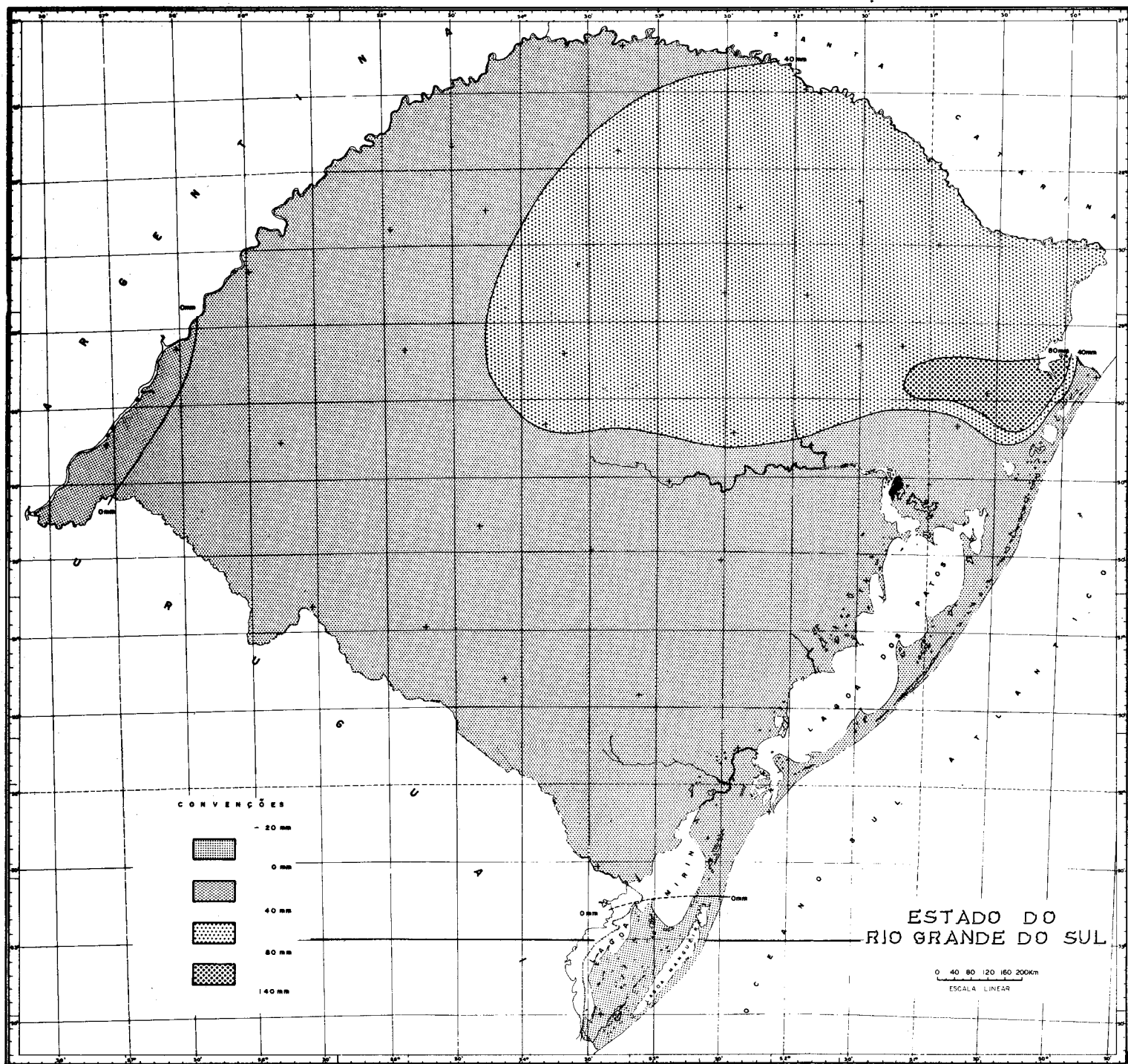












CONVENÇÕES



— — — —



• • • •



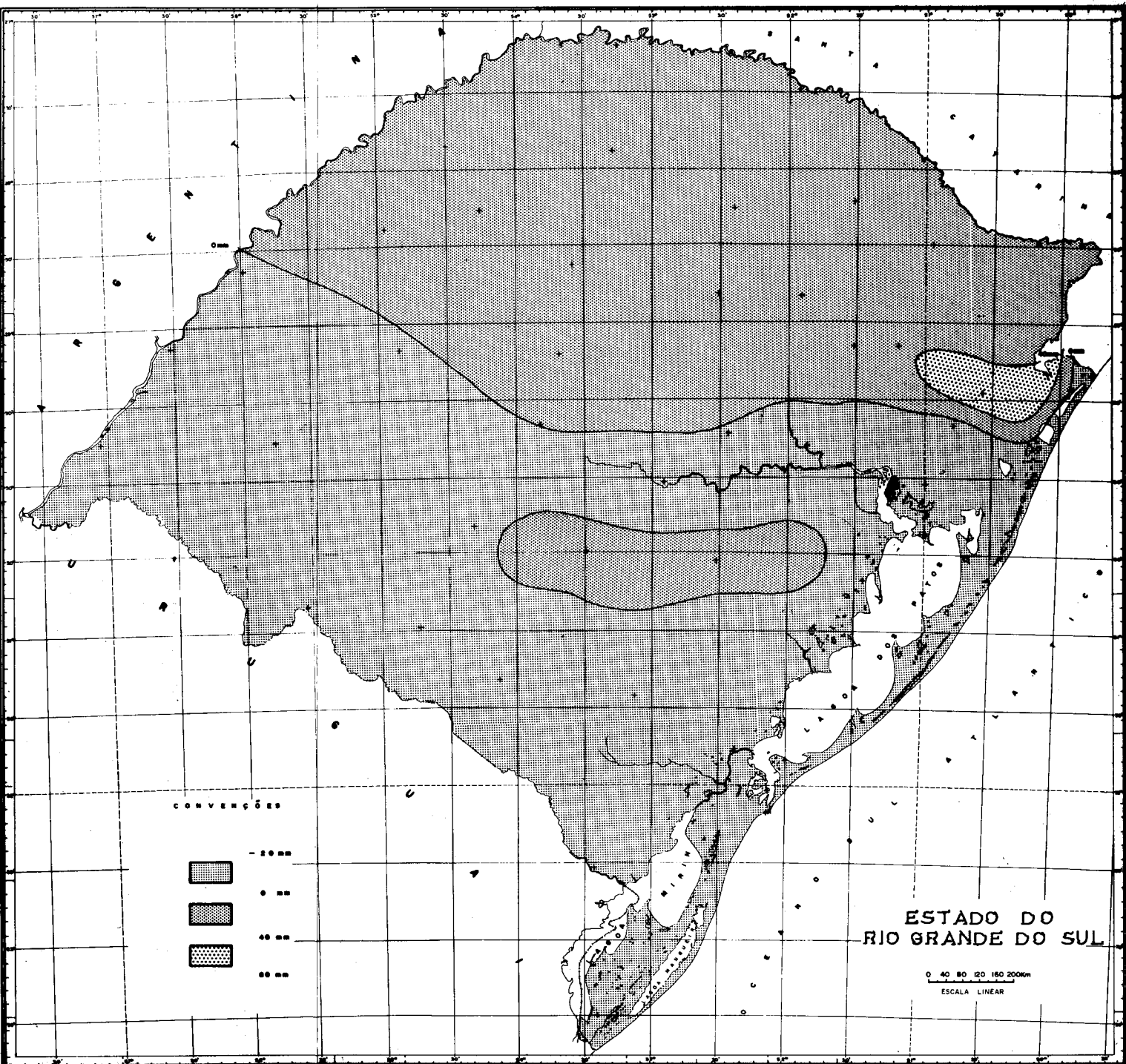
•• ••

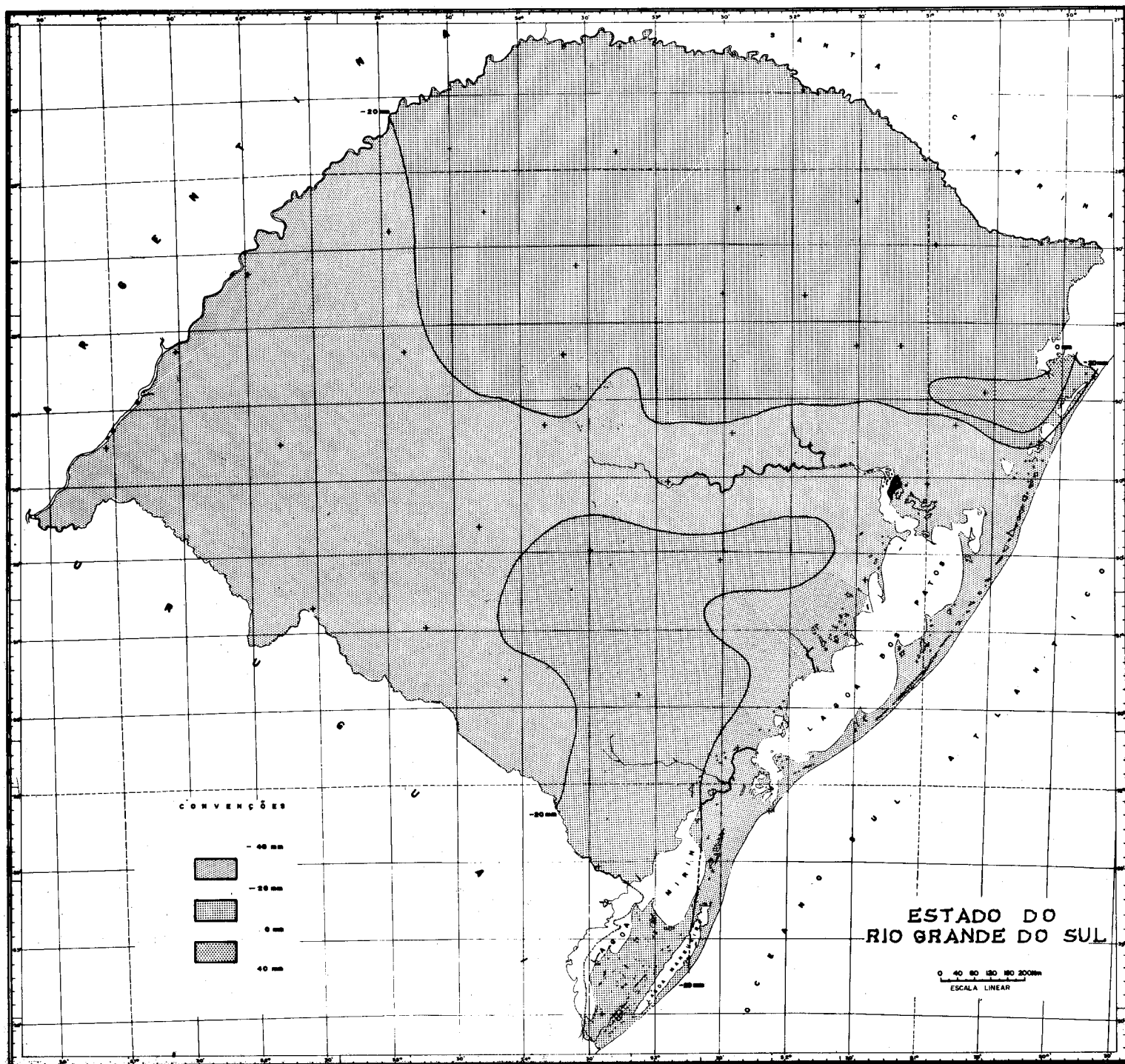
•• ••

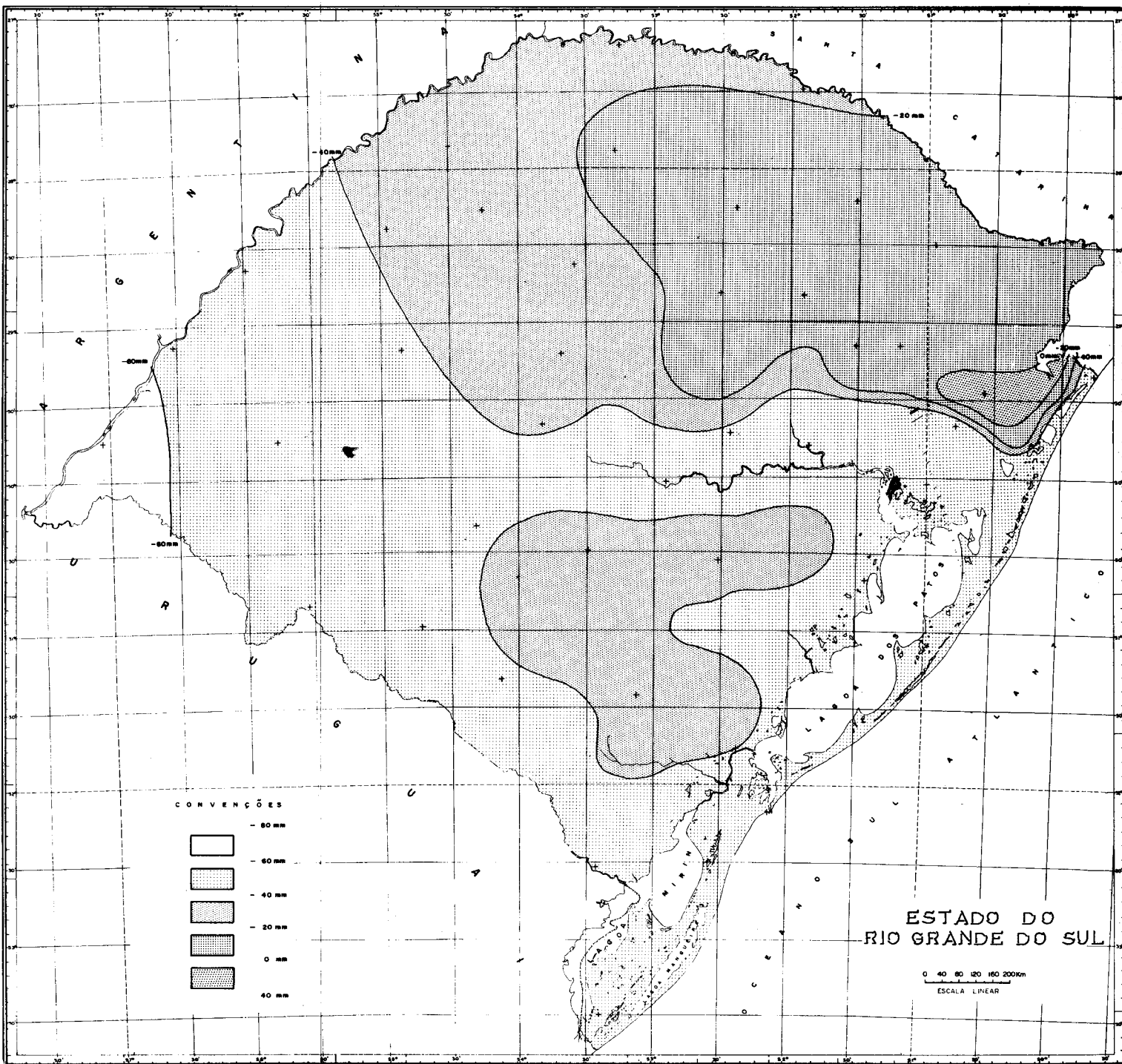
ESTADO DO
RIO GRANDE DO SUL

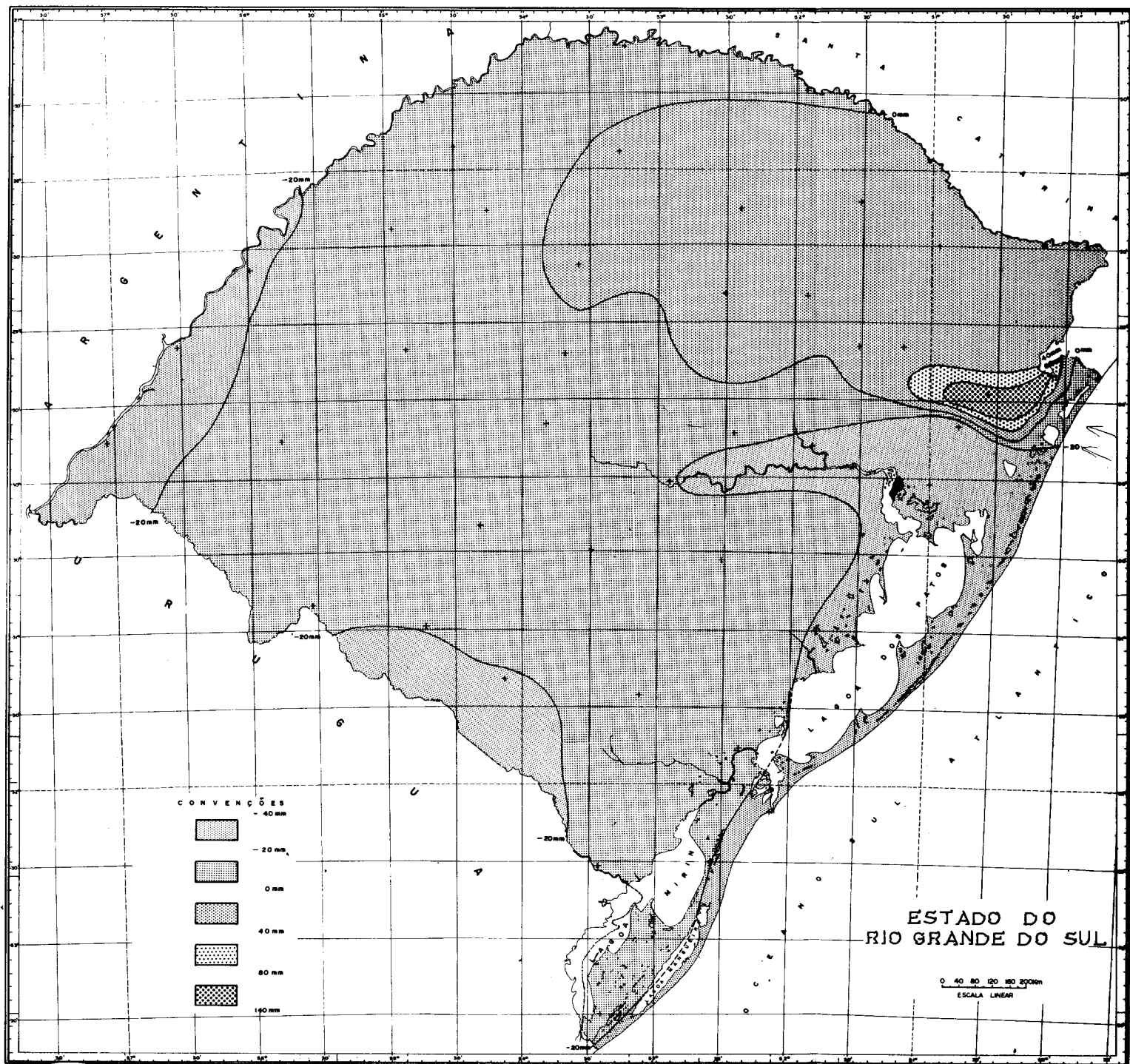
0 40 80 120 160 200km

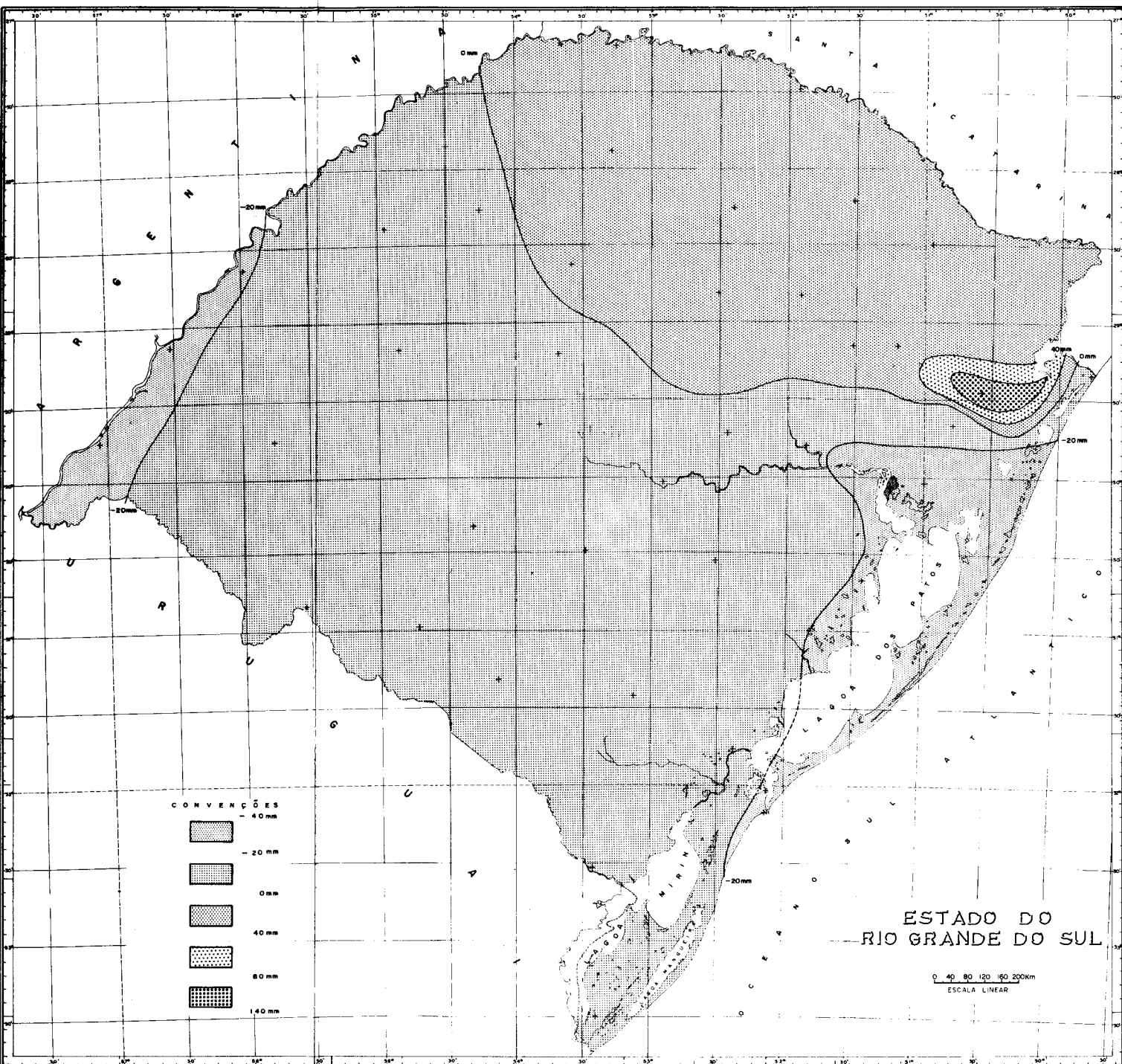
ESCALA LINEAR

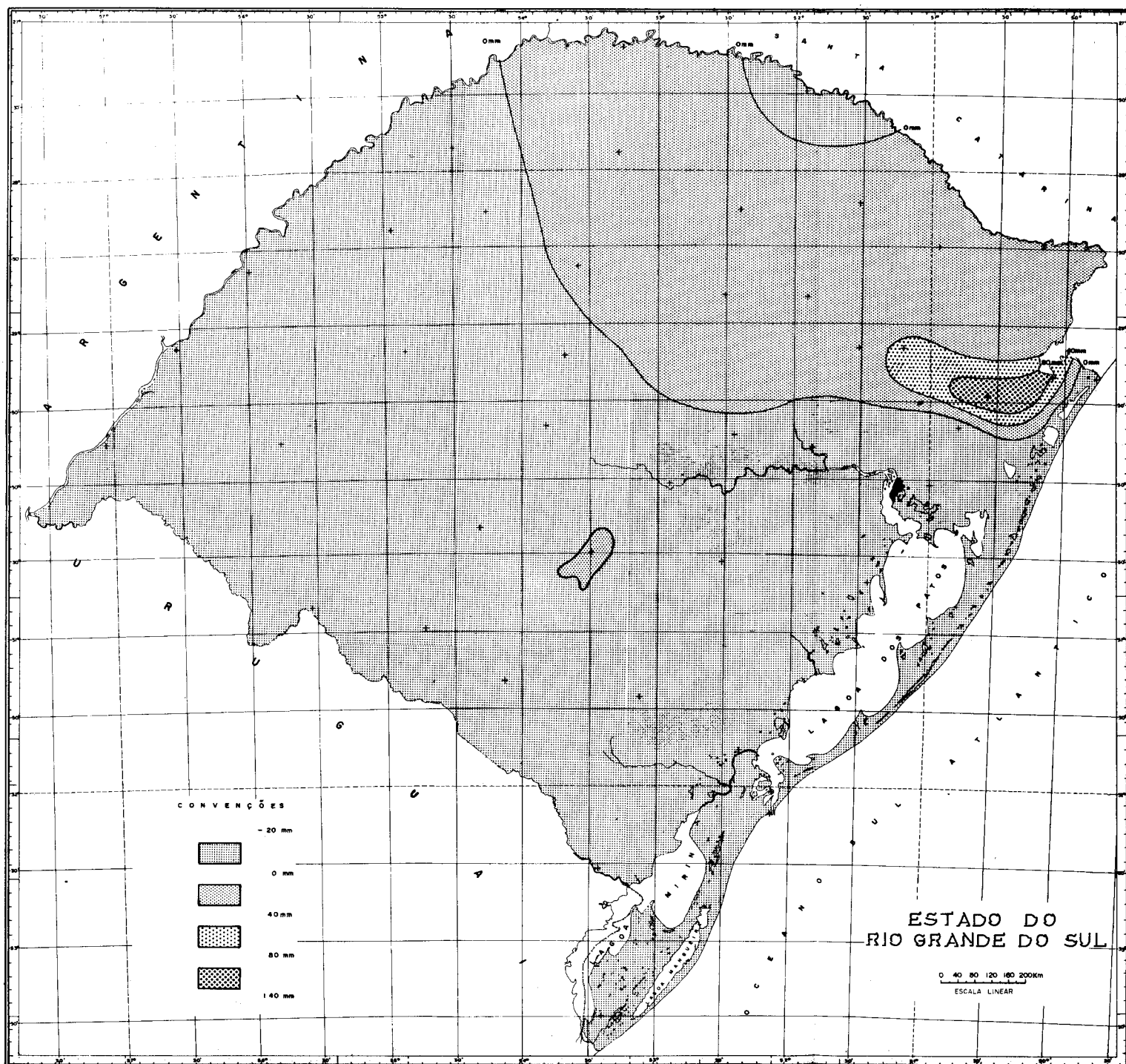


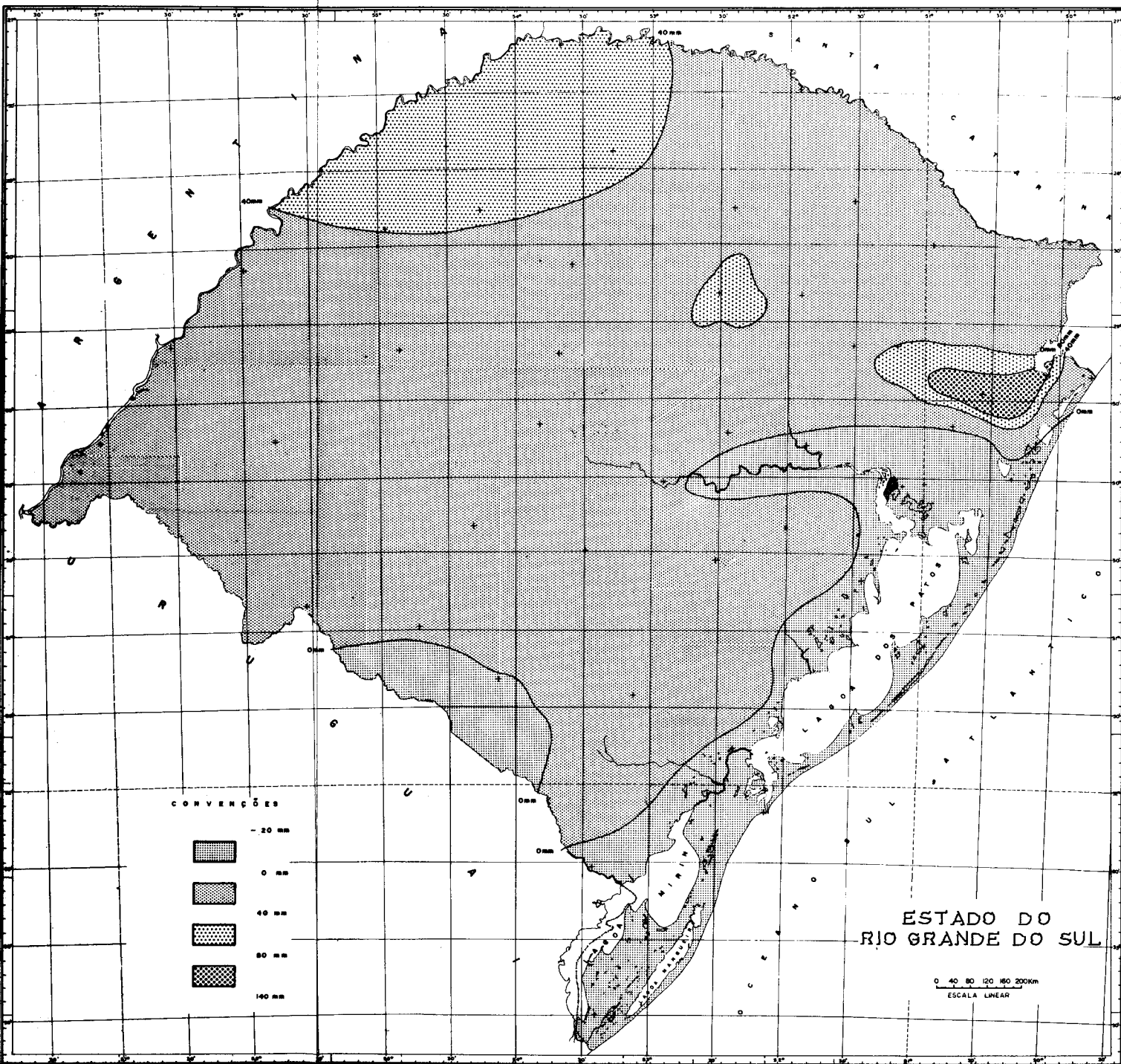






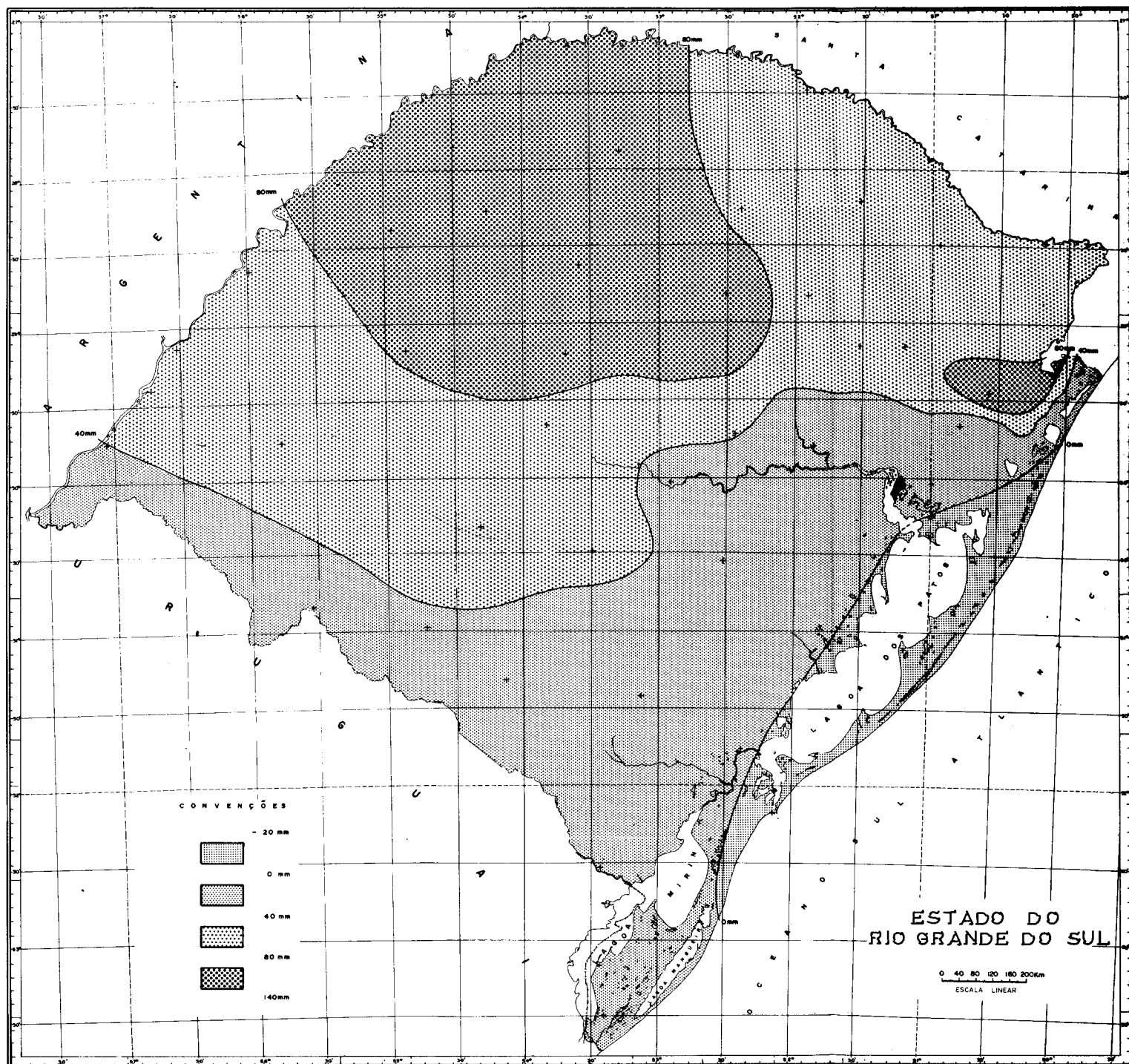


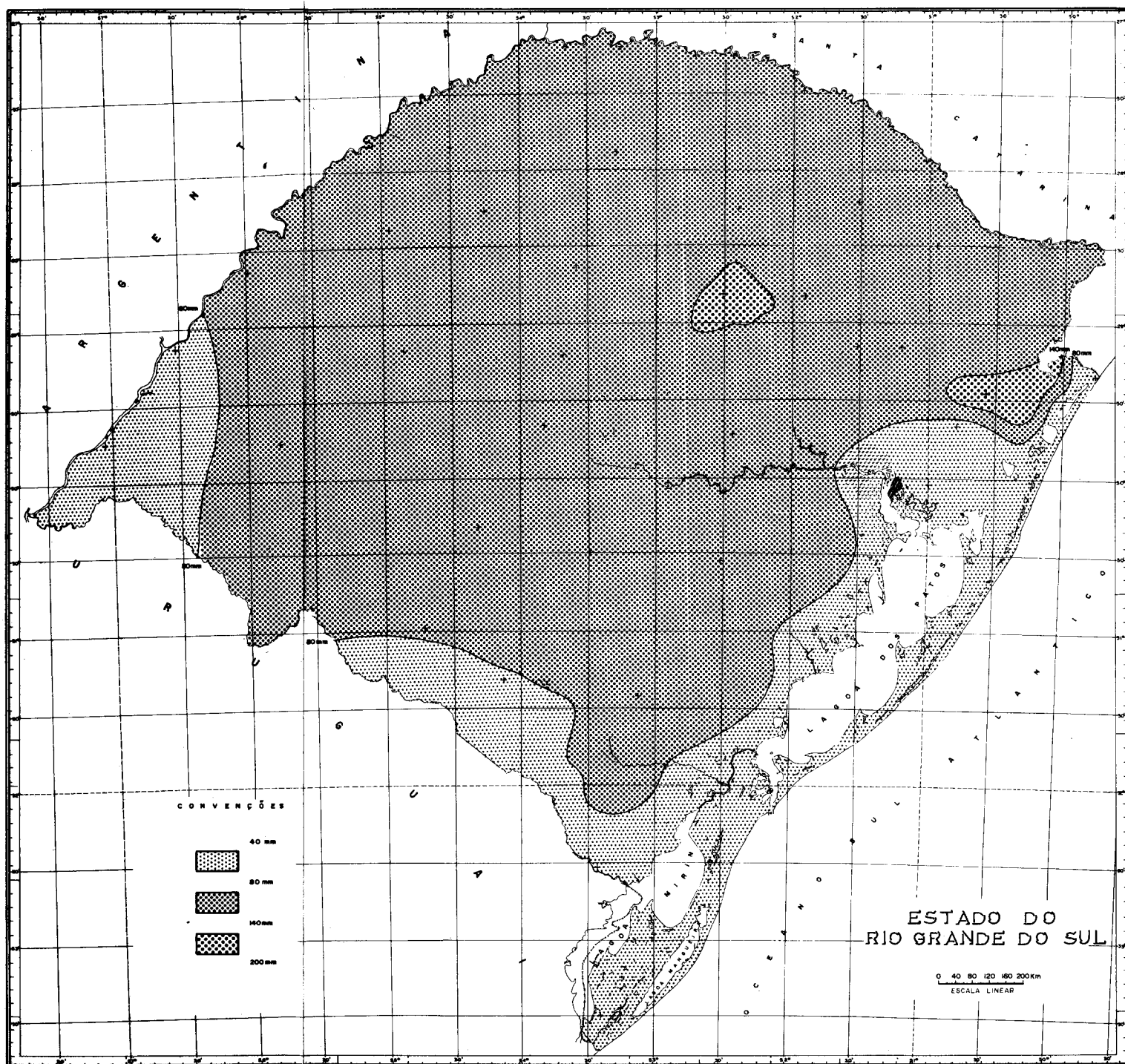


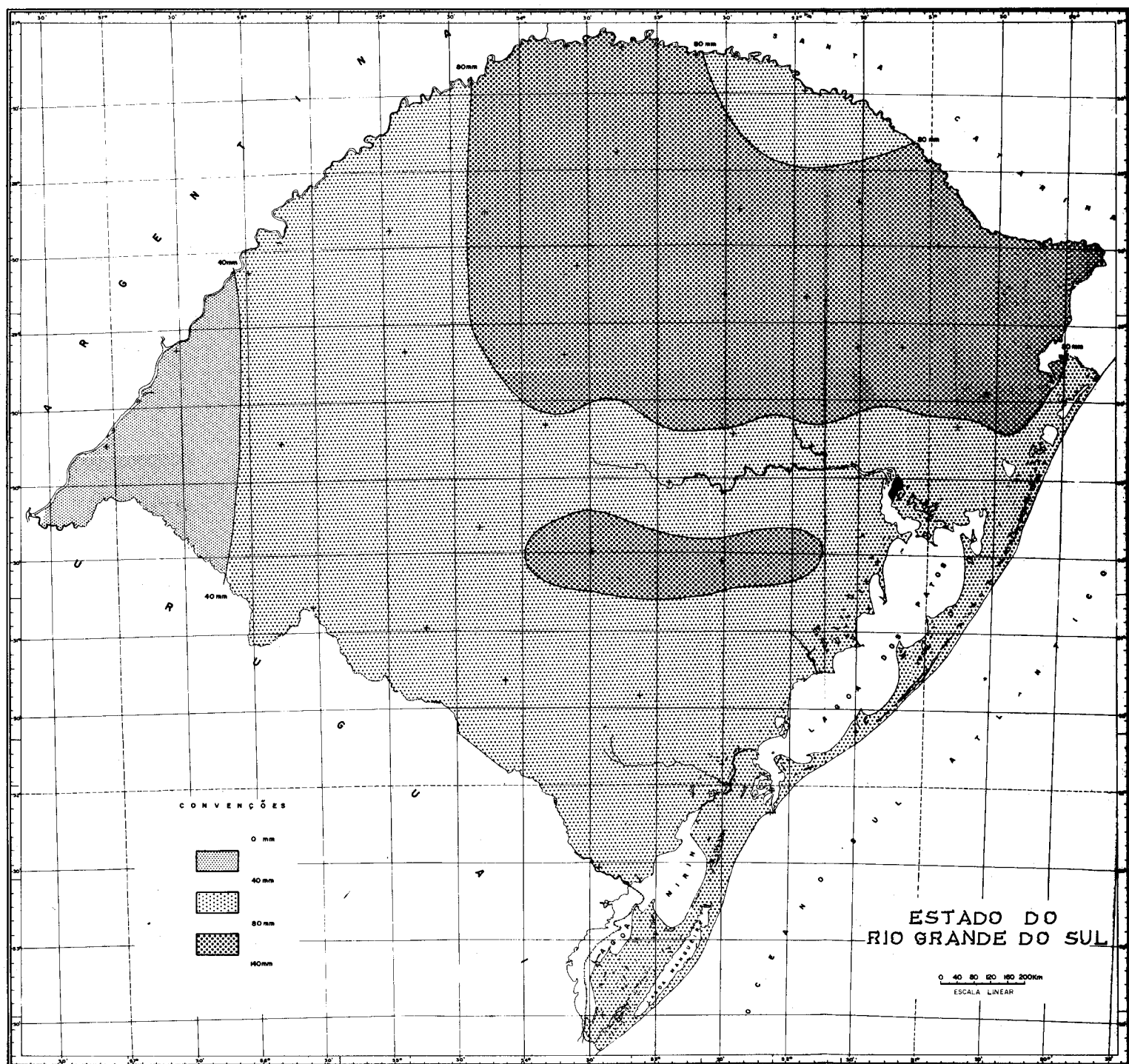


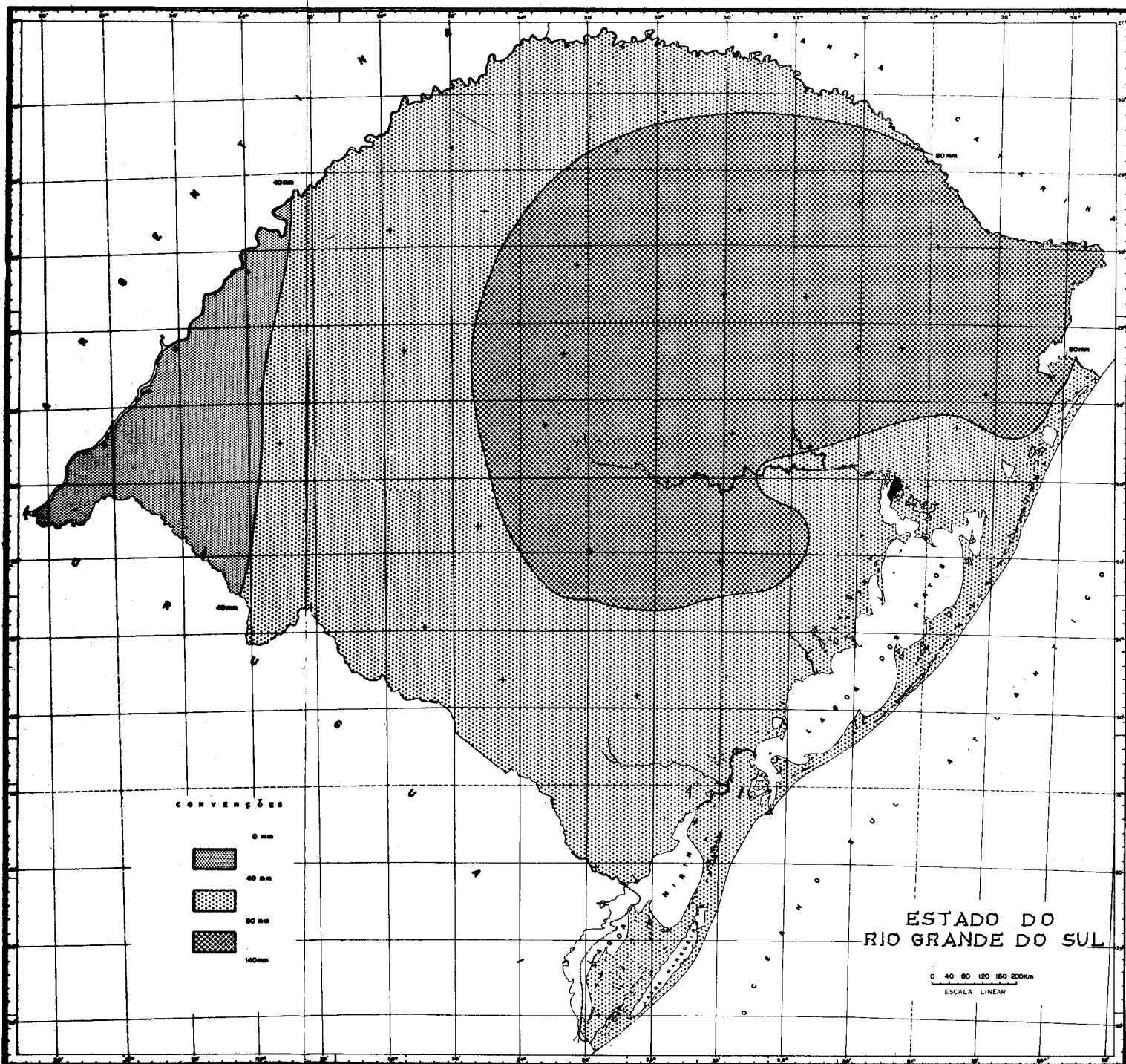
ESTADO DO
RIO GRANDE DO SUL

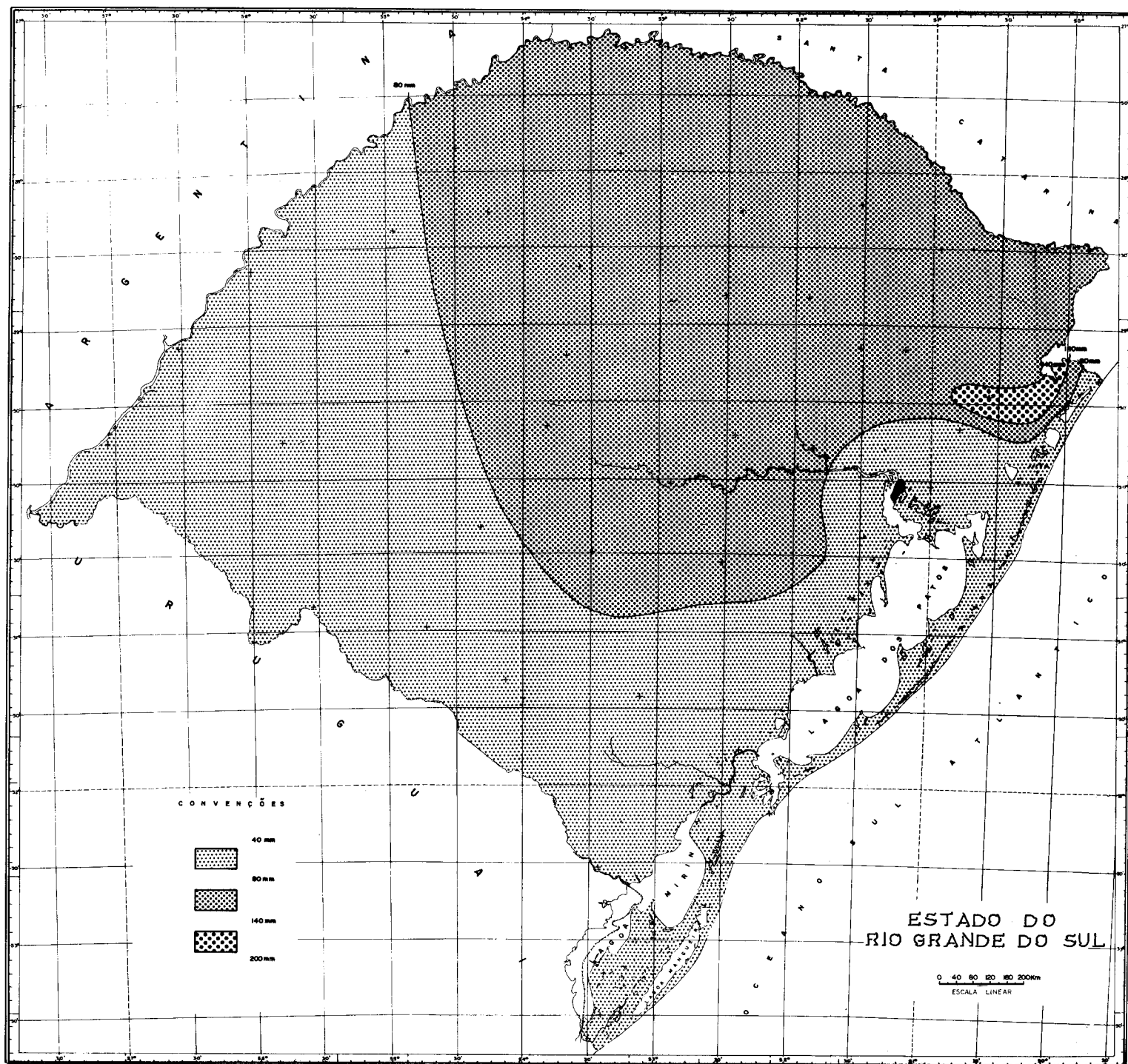
0 40 80 120 160 200km
ESCALA LINEAR

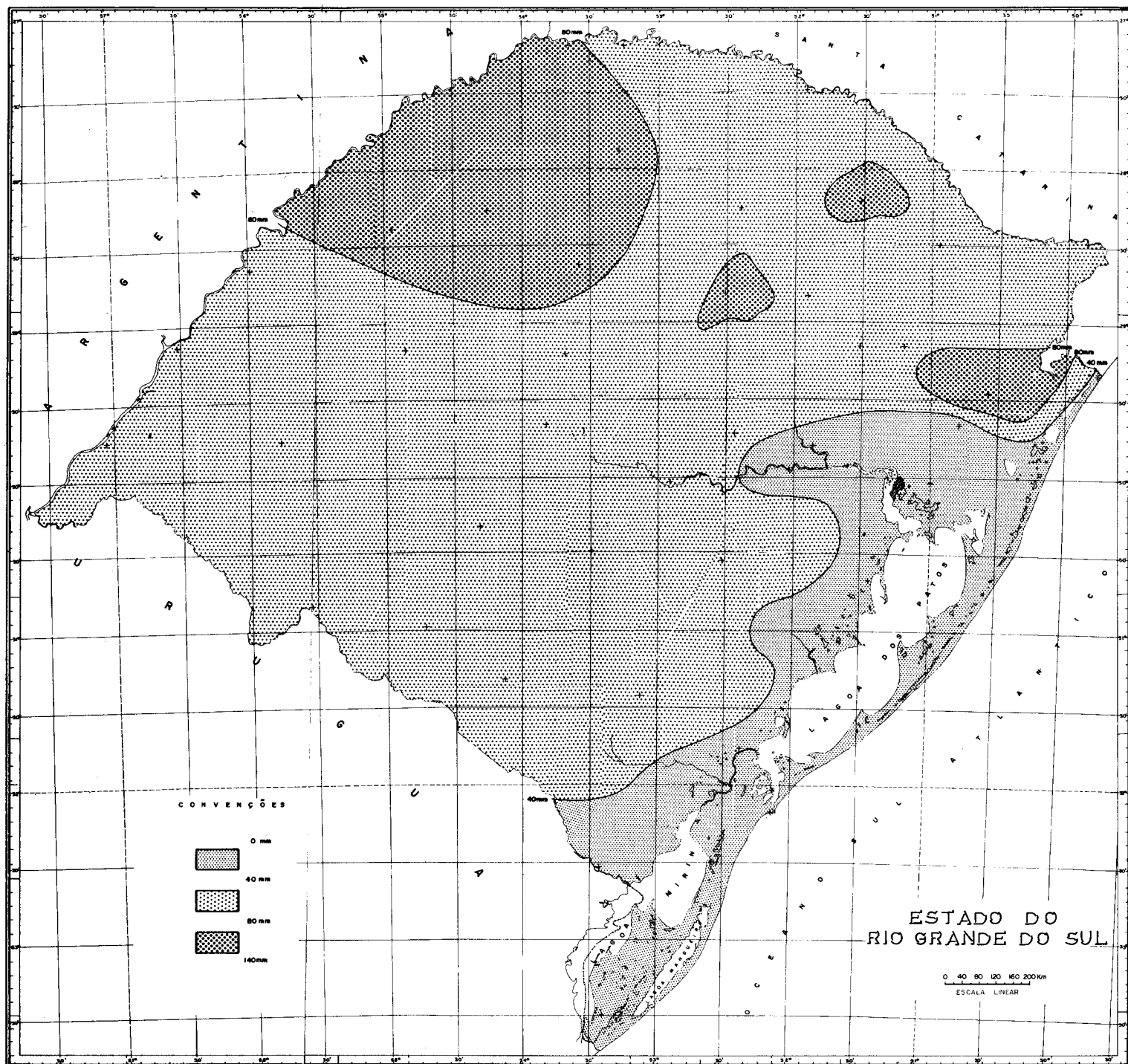


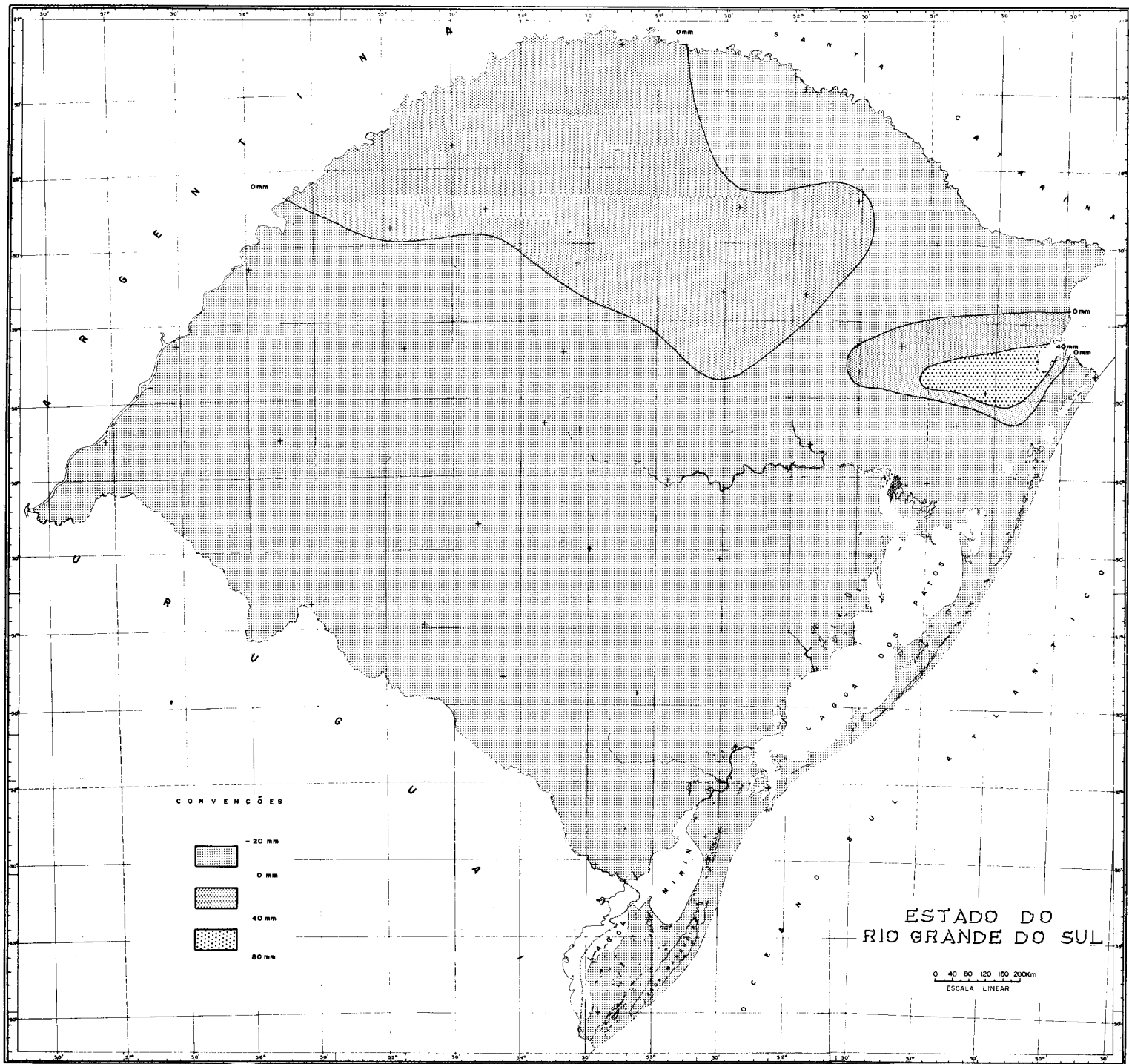


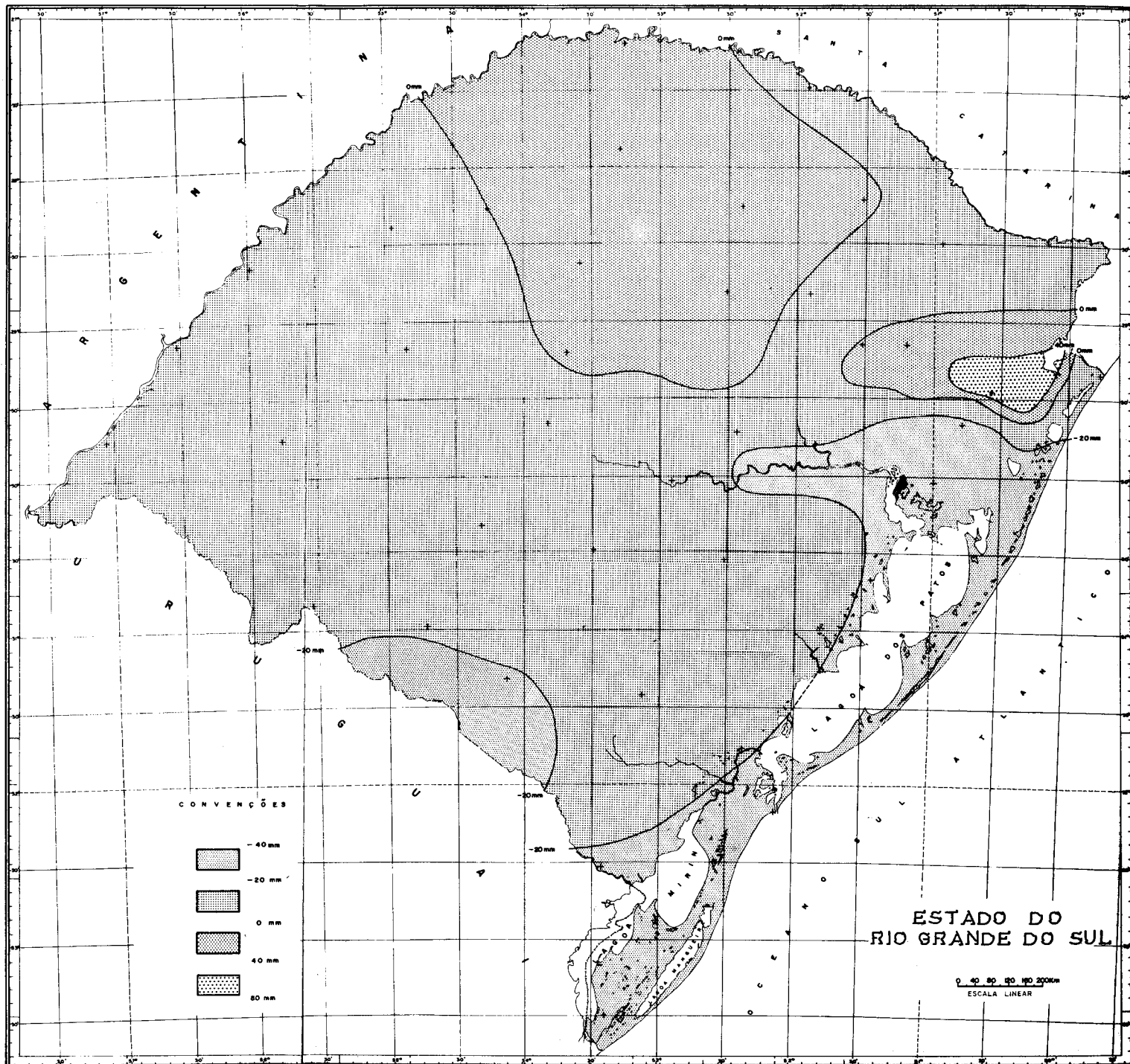


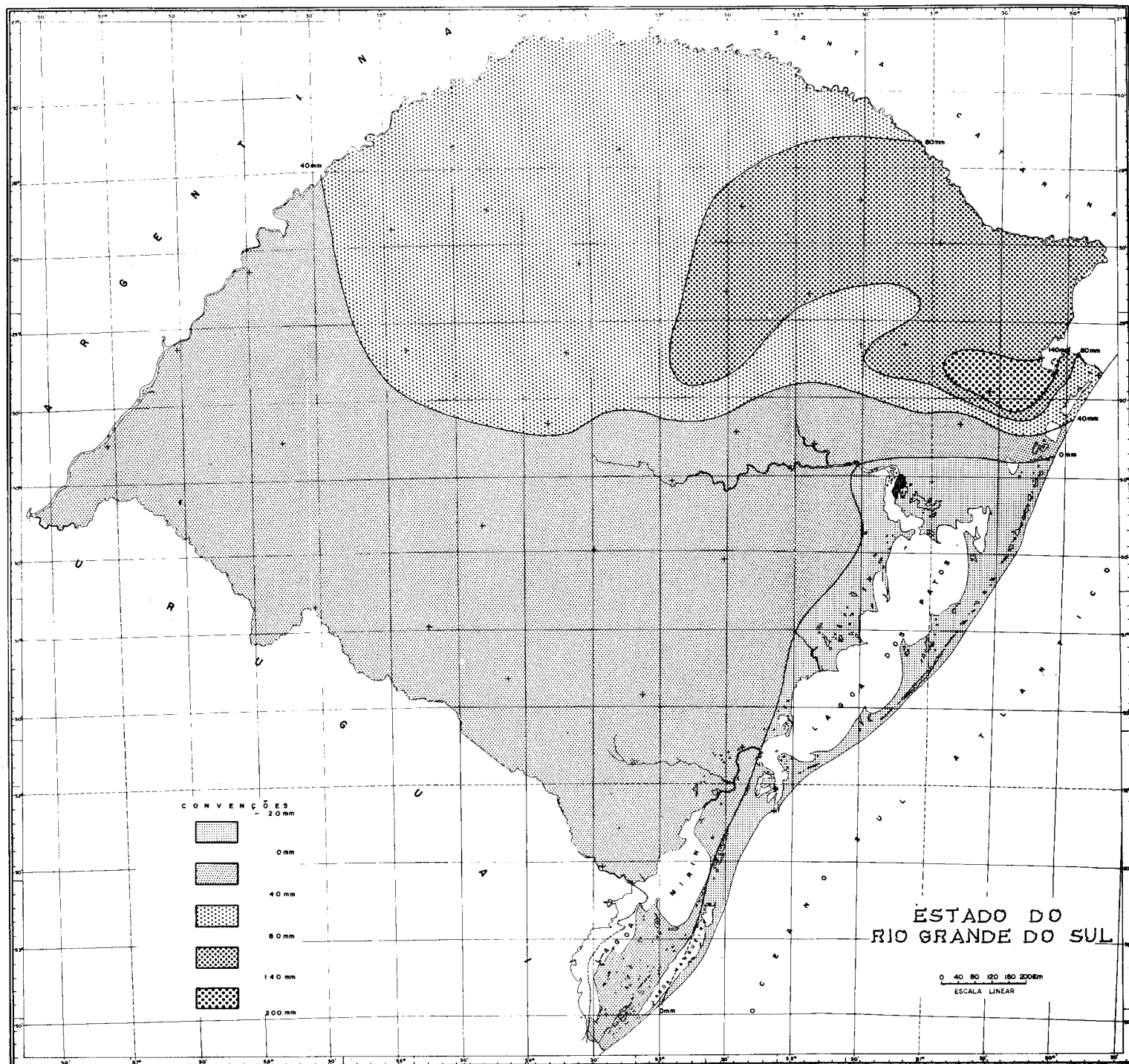


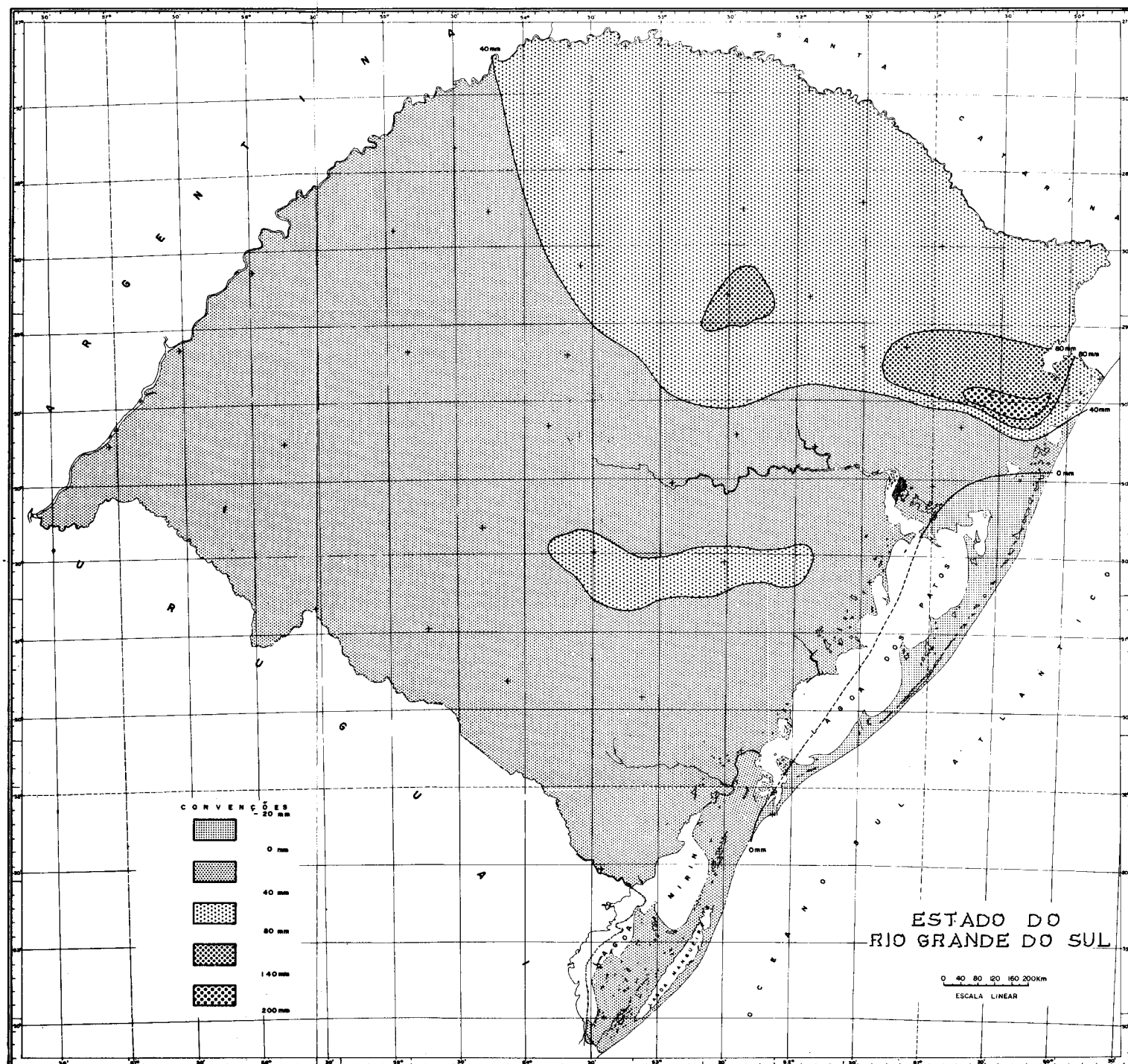


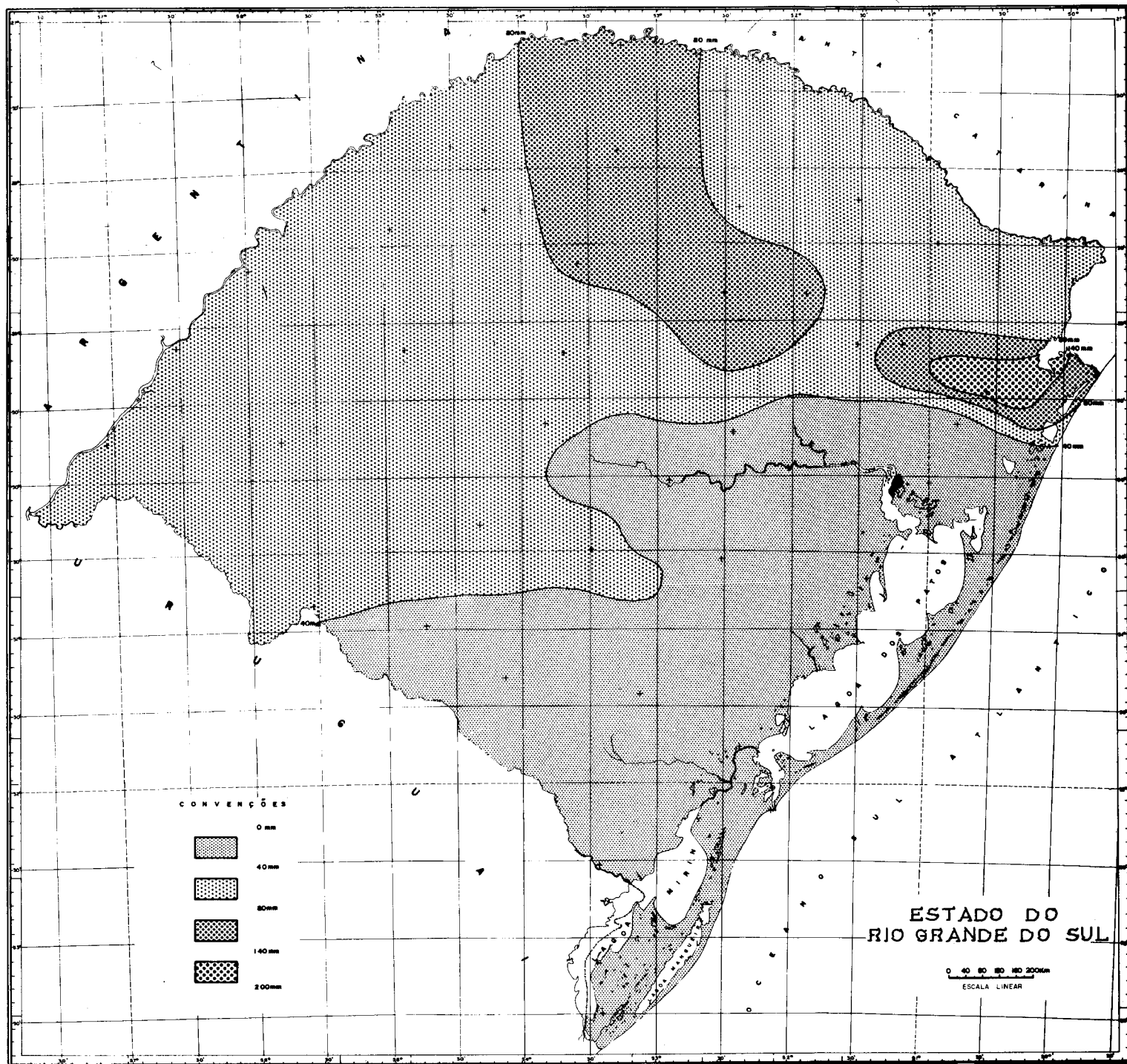


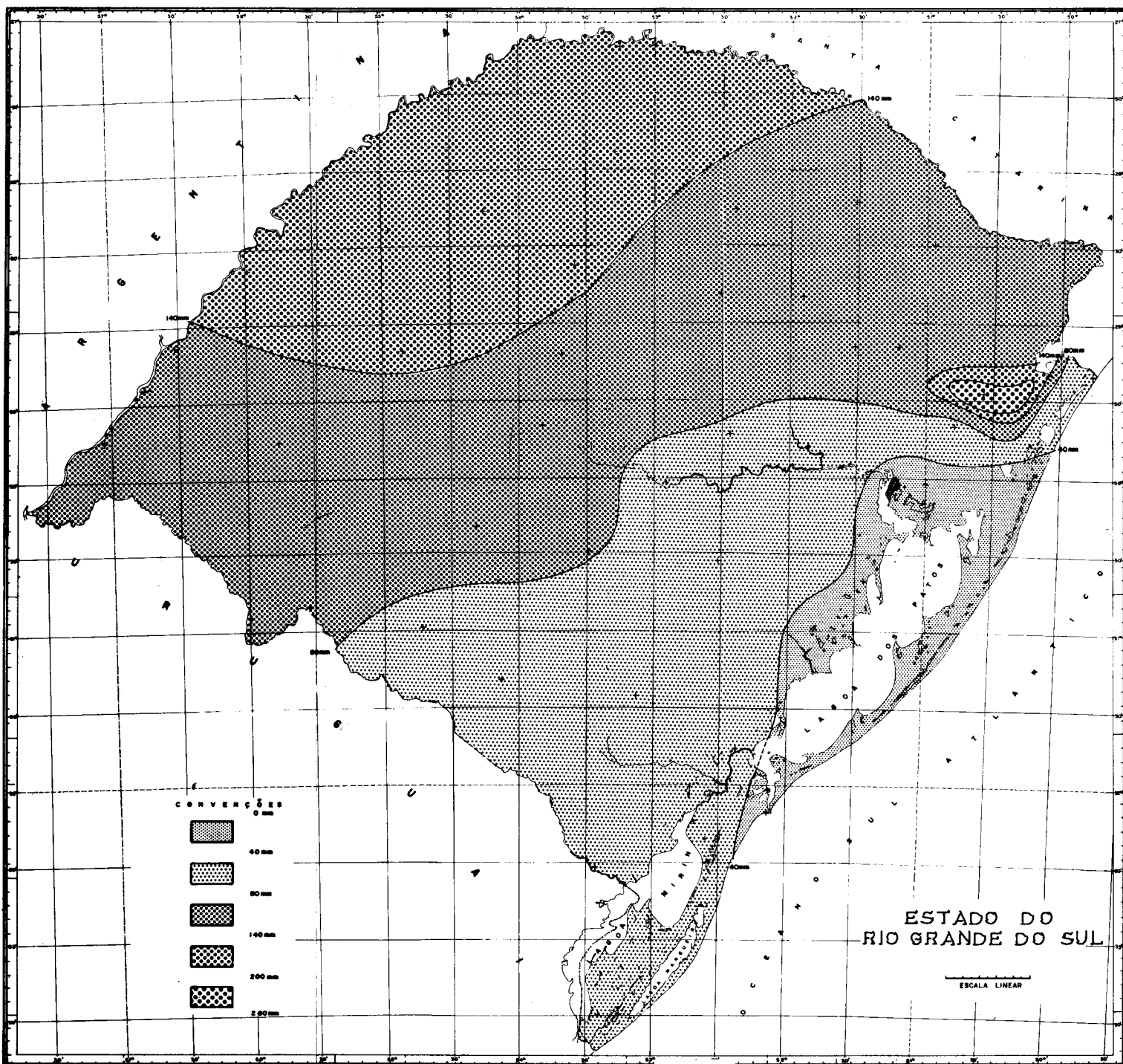


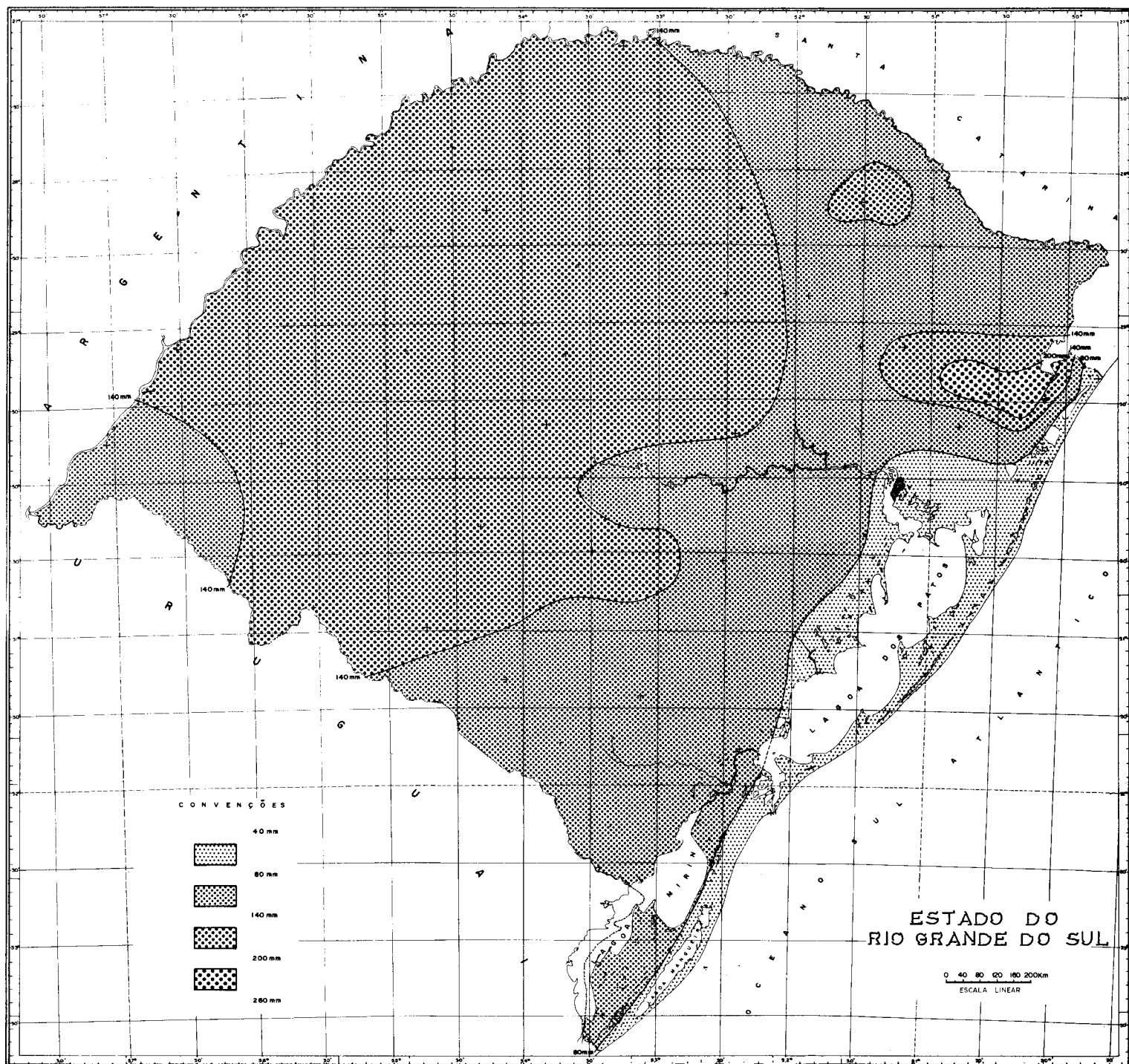


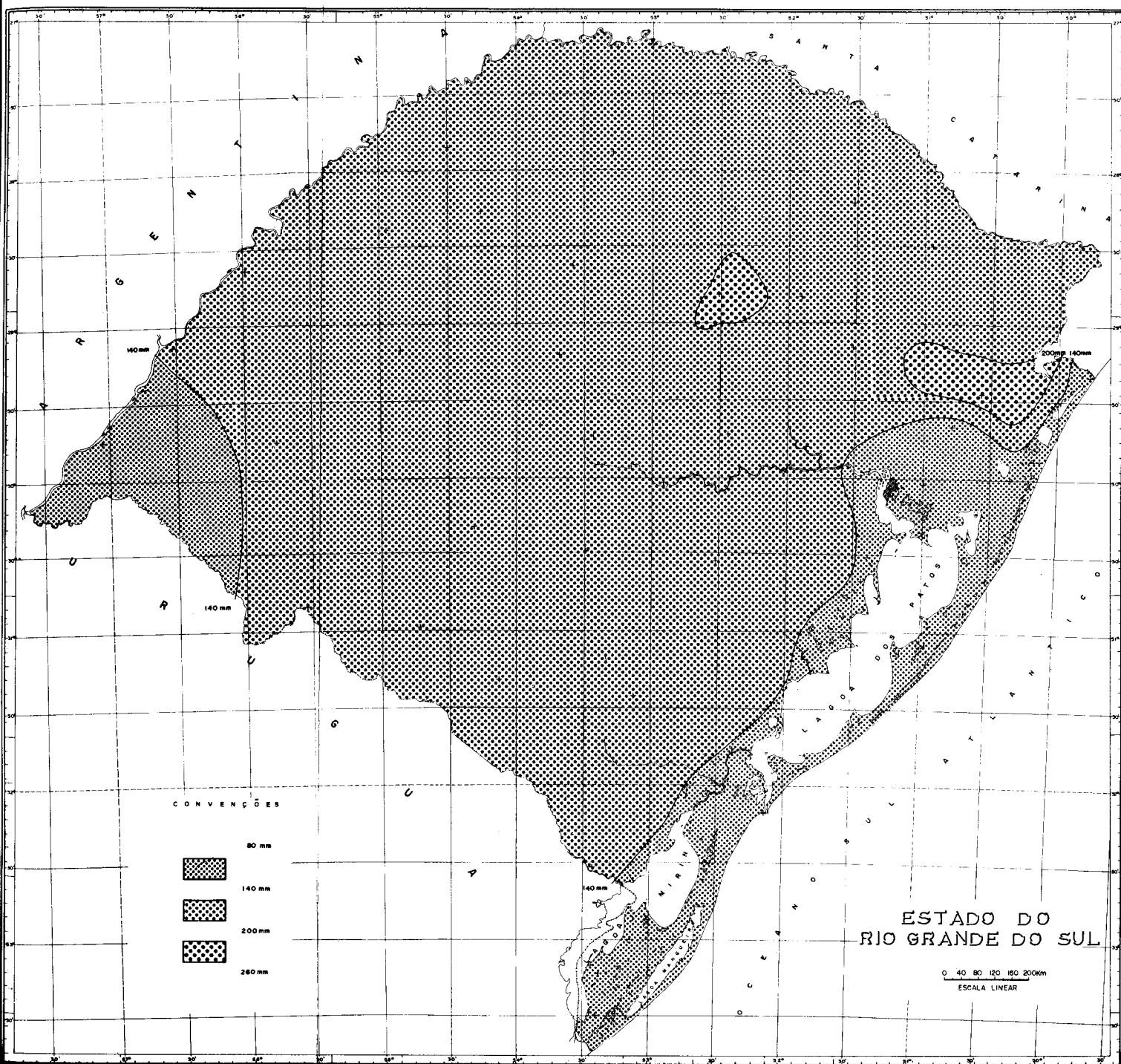


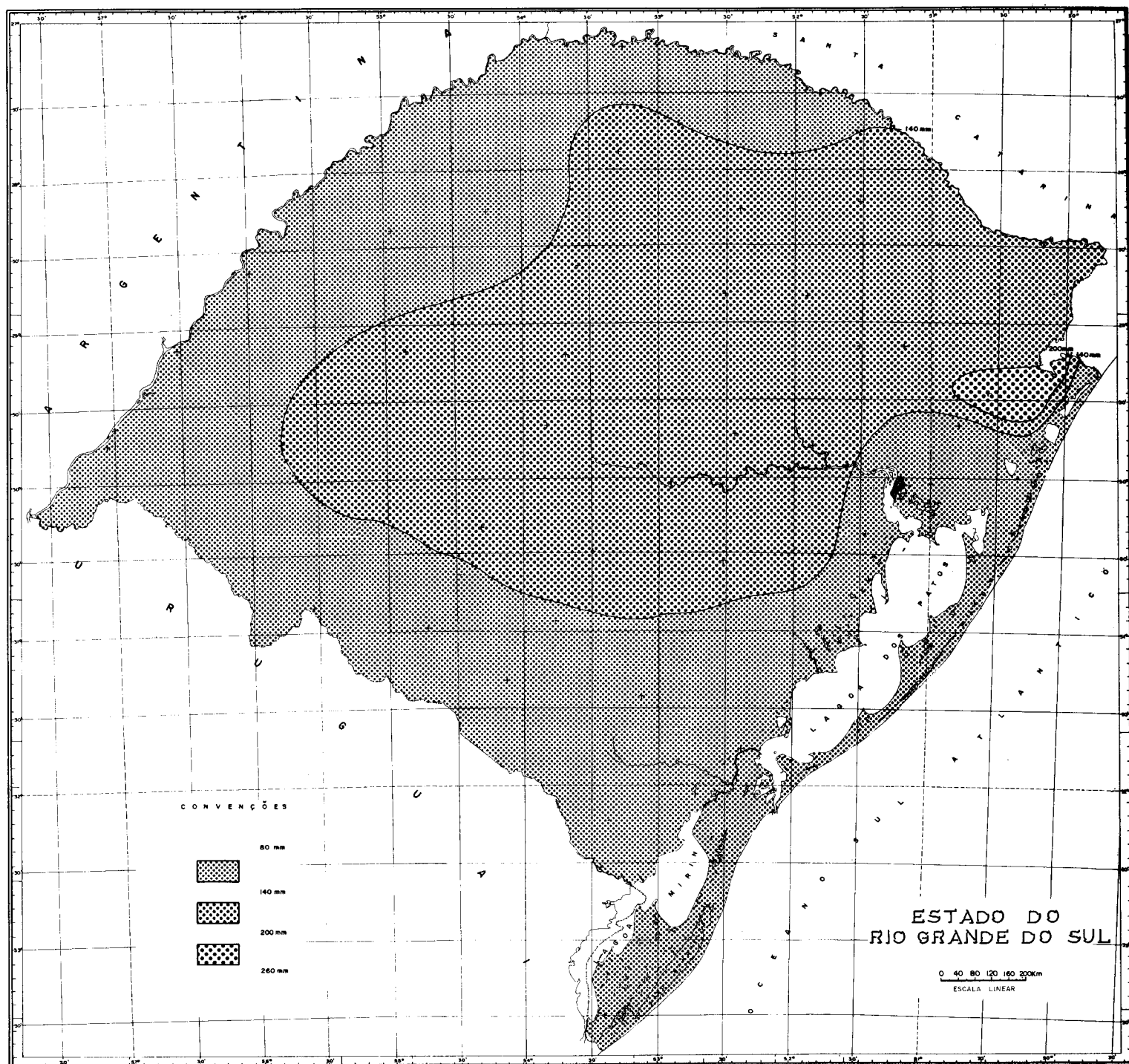


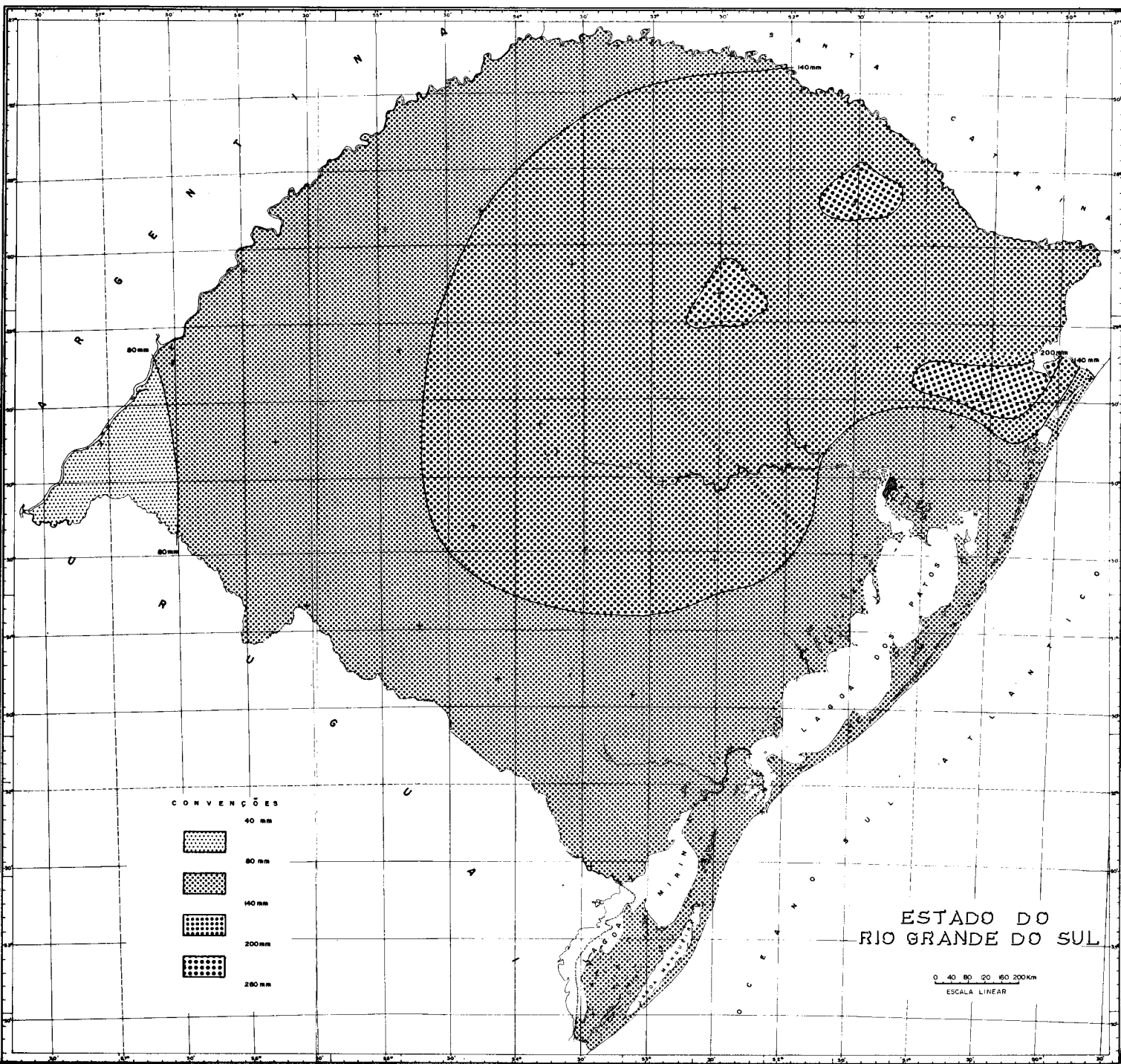


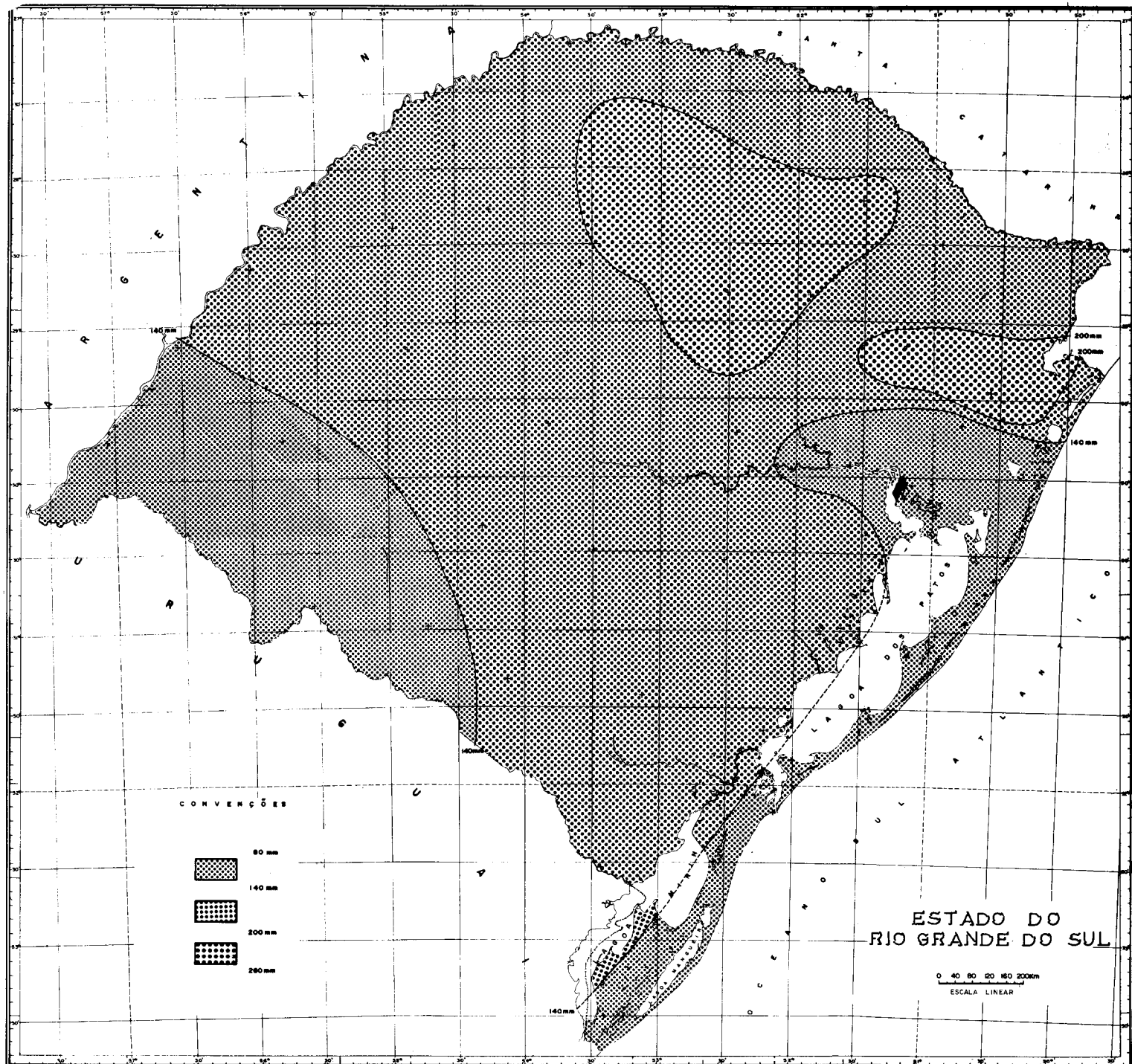


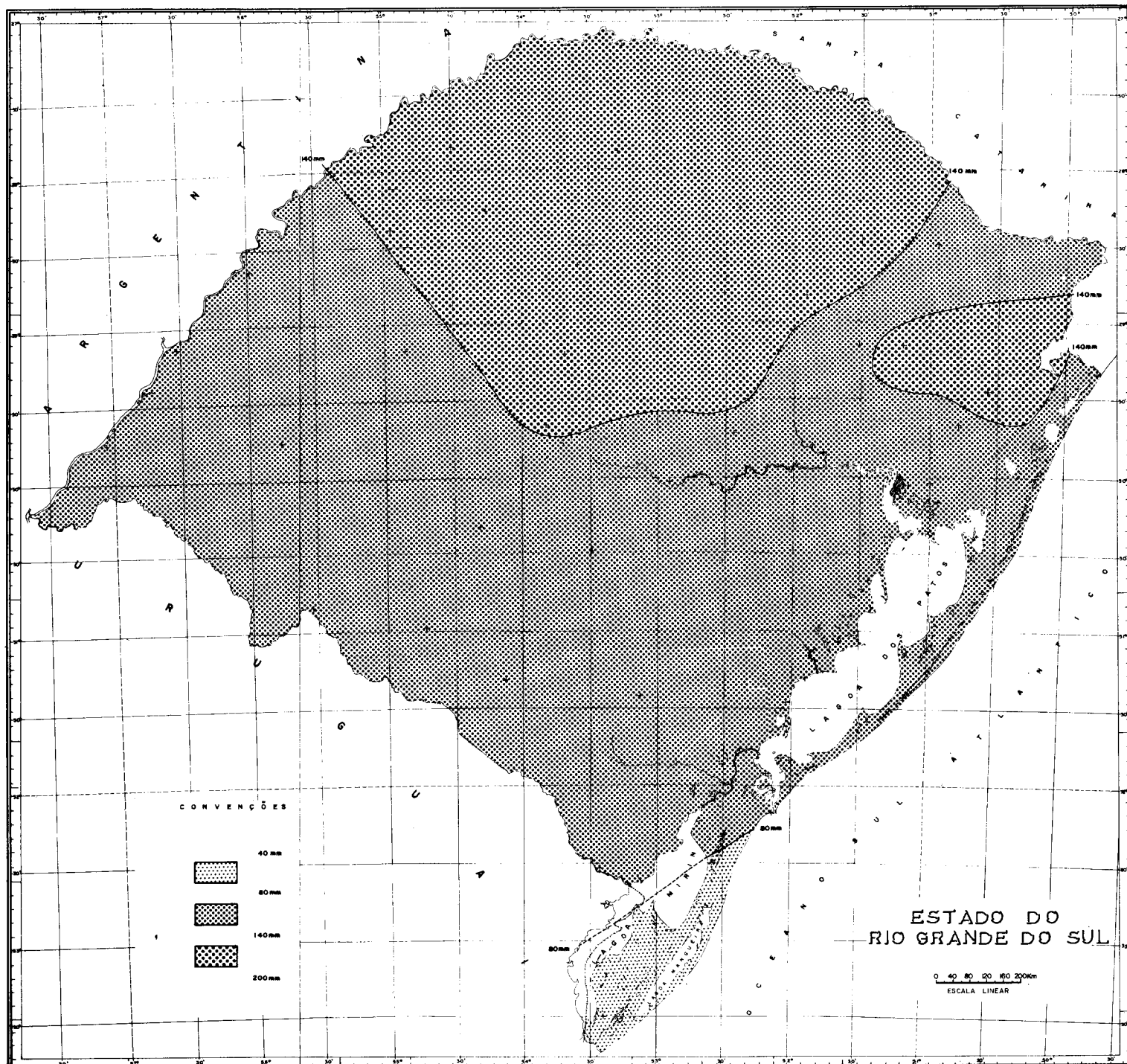


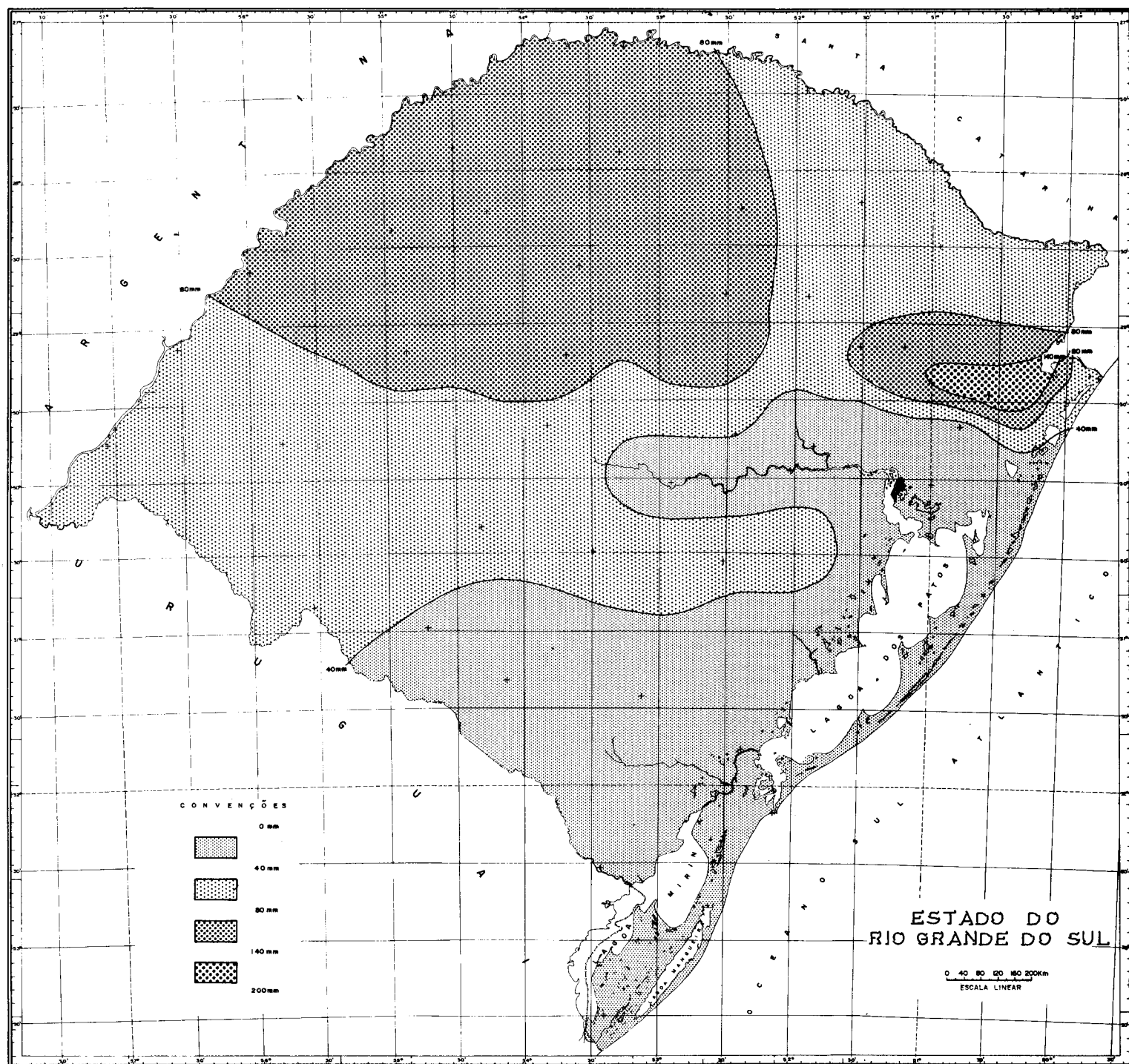


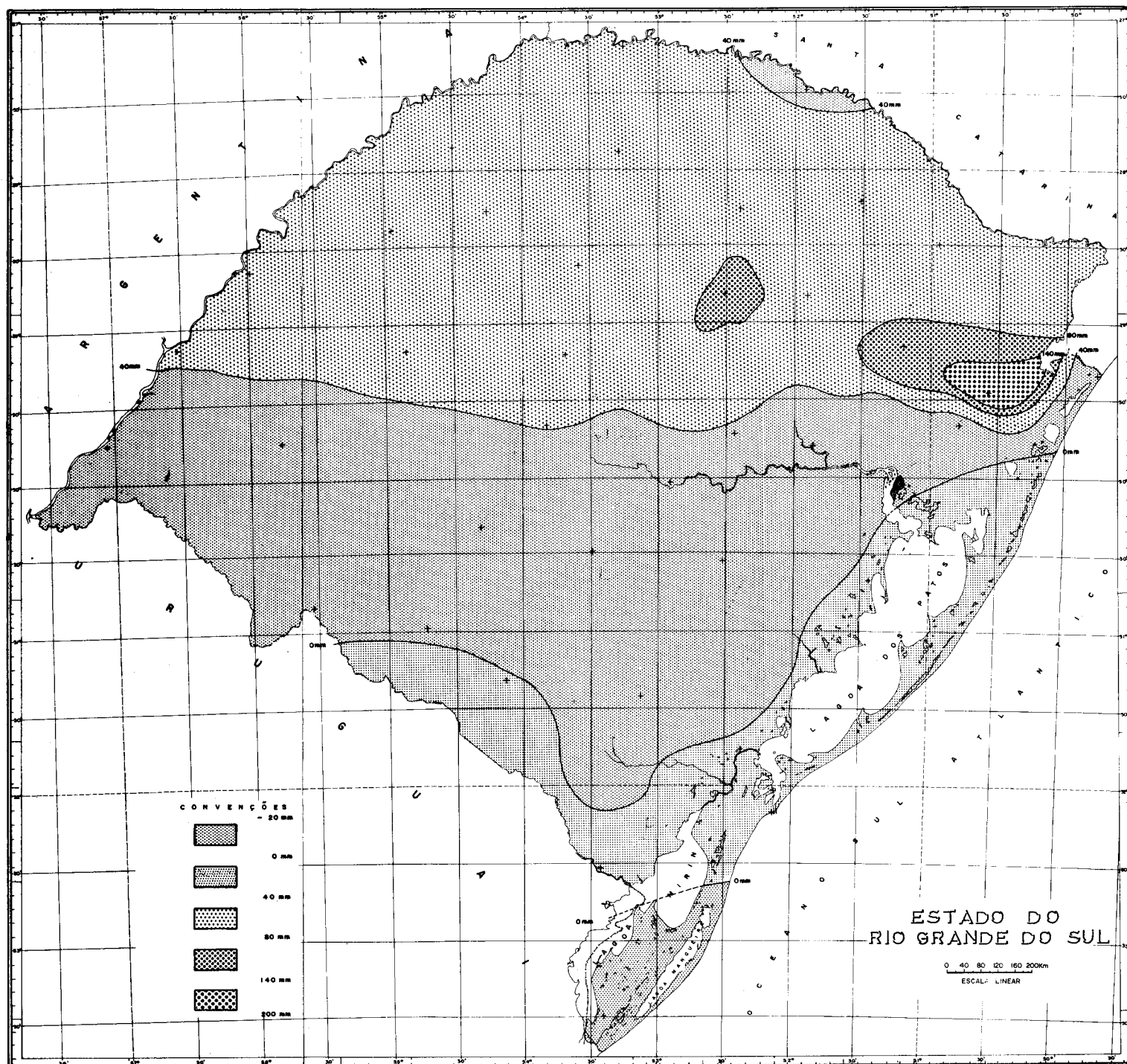












trados por MOTA et alii (46), BARRIOS et alii (7) e BRASIL (13), porém, deve-se ressaltar que, para estes autores, a extensão das áreas correspondentes às deficiências e excessos somente se aproximam da dimensão das áreas delimitadas neste estudo para a probabilidade de $P(d \leq D) = 0,5$. No entanto, para as probabilidades de $P(d \leq D) = 0,2$ e $P(d \leq D) = 0,8$, as áreas de deficiências são, respectivamente, maiores e menores do que as delimitadas por aqueles autores, enquanto que, nas áreas correspondentes aos excessos hídricos verifica-se uma situação inversa.

CONCLUSÕES

1. O balanço hídrico seriado, por permitir o estudo das probabilidades de ocorrência de deficiências e excessos, expressa a disponibilidade hídrica do solo com maior aproximação da realidade do que o balanço hídrico climático.

2. As deficiências hídricas são máximas nos meses de verão, de crescem nos meses de outono, são mínimas nos meses de inverno e início de primavera e crescem no fim da primavera. Situações contrárias ocorrem com os valores de excessos hídricos.

3. No Estado do Rio Grande do Sul, com exceção de uma pequena região da Serra do Nordeste, num mês ou noutro, existe probabilidade de ocorrer deficiências hídricas no solo.

LITERATURA CITADA

1. ABRÃO, P. U. R. - *Características físico-hídricas e ocorrência provável de deficiência ou excesso de umidade em alguns solos da Campanha - Oeste do Rio Grande do Sul*. Santa Maria, Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, 1977. 107p. (Tese de Mestrado).
2. ARAÚJO, L. C. de - *Memórias sobre o clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1930. 101p.
3. AZOLIN, M. A. D. - *Relações solo-superfícies geomórficas e material de origem a Sudoeste do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1975. 131p. (Tese de Mestrado).
4. BAIER, W. - *Observed and estimated seasonal soil water variation under nonirrigated sod*. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, 49(2):181-188, 1969.
5. BAIER, W. - *Concepts of soil moisture availability and their effect on soil moisture estimates from a meteorological budget*. *Agr. Meteorol.*, Amsterdam, 6:165-178, 1969.

6. BARACHO, M. das D. M. - *Levantamento detalhado e capacidade de uso dos solos da Estação Experimental Fitotecnia, Águas Belas de Viamão*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1975. 95p. (Tese de Mestrado).
7. BARRIOS, J.; BERLATO, M.; CHRISTINI, J. D.; LEOBEL, G. V. - *Estudo das bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, IBRA - Governo do Estado - IICA, 1969, v. 1, 199p. e v. 2, 19p. (mimeografado).
8. BARRIOS, J. & LEOBEL, G. - *Levantamento dos recursos naturais do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Projeto ACCIIRS, Acordo IBRA-IICA-Governo do Estado, 1970. 15p. (mimeografado).
9. BERLATO, M. - *Análise de alguns elementos componentes do agroclima do Estado do Rio Grande do Sul*. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciências Agrícola de la OEA, 1970, 117p. (Tese de Magister Scientiae).
10. BEIRSDORF, M. I. C. & MOTA, F. S. da. - *Mapa pluviométrico anual do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. *Ciência e Cultura*. São Paulo, 25(5):457-460, 1973.
11. BLANCO, H. G. & GODOY, H. - *Cartas das chuvas do Estado de São Paulo*, Campinas, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Instituto Agrônomico, 1967. 18p.
12. BLANEY, M. F. & CRIDDLE, W. D. - *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation date*. Washington, Soil Conservation Service, 1950. 48p. (Tech. Paper, 96).
13. BRASIL. - Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Meteorologia. *Balanço Hídrico do Brasil*. Rio de Janeiro, 1972. 94p.
14. BRASIL. - Ministério da Agricultura, Divisão de Pesquisa Pedológica. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife, M.A., S.A.(P.S.) e INCRA, 1973. 431p. (Boletim Técnico nº 30).
15. BRUM, A. C. R. de. - *Efeito de manejo e exploração agrícola na densidade populacional de bactérias nitrificadoras, em solo da unidade de mapeamento Santo Ângelo*. Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 1975. 64p. (Tese de Mestrado).
16. BRUNINI, O. - *Relações solo-água-planta em cultura de arroz em condições de sequeiro*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", 1975. 128p. (Tese de Mestrado).

17. BURIOL, G.A.; FONTANA, G.; FERREIRA, M. - Utilização dos elementos do balanço hídrico seriado para estudos agroclimáticos. *Rev. Centro de Ciências Rurais, Santa Maria*, 6(1): 73-92, 1976.
18. BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M. - Cartas mensais e anual das chuvas do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Centro de Ciências Rurais, Santa Maria*, 7(1):55-82, 1977.
19. BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; SACCOL, A. V.; FONTANA, G.; FERREIRA, M.; SCHNEIDER, F. M.; AITA, L.; GIARETA, A. - *Balanço Hídrico seriado do Estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1977, 216p. (Publicação Avulsa do Departamento de Fitotecnia, nº 2).*
20. CAMARGO, A. P. de. - Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. *Bragançã, Campinas*, 21(12):163-213, 1962.
21. CAMARGO, A. P. de. - *Balanço hídrico do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1964. 20p. (Boletim nº 116).*
22. CECÍLIO, J. - *Levantamento detalhado, classificações e possibilidades de utilização dos solos da Estação Experimental de Encruzilhada do Sul. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1973. 149p. (Tese de Mestrado).*
23. CÔGO, N. P. - *Morfologia e gênese dos solos escuros formados sobre basalto na Campanha - Oeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1972. 131p. (Tese de Mestrado).*
24. COMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO. - *Precipitações no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, CEE/D.P. - Seção de Hidrologia, 1961. 135p. (Mimeografado).*
25. COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA. - *Precipitação nos postos da CEEE. Porto Alegre, D.T./D.E.P./Seção de Hidrologia, 1969. 155p. (mimeografado).*
26. CURI, N. - *Relações genéticas e geomorfológicas em solos das Encostas Inferior e Superior do Nordeste, no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1975. 134p. (Tese de Mestrado).*
27. DALE, R. F. - The Climatology of soil moisture, evaporation, and non-moisture stress days for corn in Iowa. *Agr. Meteorology, Amsterdam*, 5(2):111-128, 1968.
28. DAMARIO, E. A. & ESCALES, A. - *Agroclimatologia de la sequia en la región semiárida sudoccidental pampeana. Rev. Fac. de Agron., La Plata*, 47(2):225-274, 1971.

29. DEDECEK, R. A. - *Características físicas e fator de erodibilidade de Oxisols do Rio Grande do Sul. I: Unidade Exerxí Passo Fundo e Santa Ângelo*. Porto Alegre, Faculdade d Agronomia, UFRGS, 1974. 132p. (Tese de Mestrado).
30. DE FINA, A. L. & SABELLA, L. J. - *Cálculo de las temperaturas medias de localidades montañosas carentes de observaciones termométricas*. Rev. Fac. de Agron., La Plata, 35 (2):127-145, 1959.
31. DREWS, C. R. - *Levantamento detalhado e classificação de aptidão agrícola dos solos da Estação Experimental de Tupanciretã, RS*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1977. 136p. (Tese de Mestrado).
32. GARCEZ, L. N. - *Hidrologia*. São Paulo, Editora Universidade de São Paulo, 1967. 249p.
33. GOEDERT, W. J. - *Gênese de solos pretos e argilosos formados sobre sedimentos no Sudoeste do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia e Veterinária, UFRGS, 1968. 94p. (Tese de Mestrado).
34. GOMES, A. S. - *Relações solo-água em solos argilosos escuros da Campanha-Sudoeste do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1972. 132p. (Tese de Mestrado).
35. HOUNAM, C. E. - *Problems of evaporation assesment in the water balance*. Geneve, World Meteorological Organization, 1971. 80p. (Report M. 13 - WMO nº 285).
36. INSTITUTO ASTRONÔMICO E METEOROLÓGICO. - *Boletim Anual de 1926*. Porto Alegre, Escola de Engenharia de Porto Alegre, 1928. 62p.
37. INSTITUTO RIO-GRANDENSE DO ARROZ. - *Precipitações pluviométricas, dias de chuva e normais em 19 municípios rurais do Estado*. Porto Alegre, Departamento de Obras e Assistência Técnica do IRGA, 1957. 43p.
38. KOCHHANN, R. A. - *Levantamento detalhado e classificação de capacidade de uso e de irrigação dos solos do Posto Agropecuário de Carazinho, RS*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1971. 100p. (Tese de Mestrado).
39. MACHADO, F. P. - *Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950. 91p.
40. MACHADO, J. A. - *Efeito de sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo*. Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 1976. 129p. (Tese de Mestrado).

41. MONTENEGRO, J. O. - *Características físicas e fator de erodibilidade de solos da Depressão Central do Rio Grande do Sul*. Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 1976, 92p. (Tese de Mestrado).
42. MORENO, J. A. - *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
43. MOTA, F. S. da.; BEIRSDORF, M. I. C.; GARCEZ, J. R. B. - *Zonamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Normais agroclimáticas*. Pelotas, Instituto de Pesquisa Agropecuária do sul. 1971, v. 1. 80p. (Circular nº 50).
44. MOTA, F. S. da. & BEIRSDORF, M. I. C. - *Medidas e estimativas da evapotranspiração potencial em Pelotas, Rio Grande do Sul*. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28(6):666-672, 1976.
45. MOTA, F. S. da. & GOEDERT, C. O. - *Evapotranspiração potencial no Rio Grande do Sul*. *Pesq. Agropec. Bras.*, Rio de Janeiro, 1:155-163, 1966.
46. MOTA, F. S. da.; GOEDERT, C. O.; LOPES, N. F.; GARCEZ, J. R. B.; GOMES, A. da S. - *Balanço hídrico do Rio Grande do Sul*. *Pesq. Agropec. Bras.*, Rio de Janeiro, 5:1-27, 1970.
47. OLIVEIRA, L. B. de.; VEIGA, C. L.; DARIVA, T.; MACHADO, J. A. - *Caracterização físico-hídrica de um perfil da unidade de São Pedro - podzólico vermelho amarelo*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, Santa Maria, 1973. *Anais... Soc. Bras. Ciência Do Solo*, 1974, p.72-88.
48. ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, A. P. de; VILLA NOVA, N. A. - *Correlação entre valores decendiais da evapotranspiração potencial calculados segundo métodos de Penman e de Thornthwaite de dados de evapotranspirômetros, na região de Ribeirão Preto*. *Bragantia*, Campinas, 1966, LXV-LXVIII. (nota nº 15).
49. PASCALE, A. J. - *Analysis of air temperature and soil moisture*. In: *Agricultural Meteorology*, Genove, World Meteorological Organization, 310:338-347, 1970.
50. PASCALE, A. J. & DAMARIO, E. A. - *El balance hidrológica seriado y su utilización en estudios agroclimáticos*. *Rev. Fac. de Agron.*, La Plata, 53(1-2):15-35, 1977.
51. PASCALE, A. J. & MURPHY, G. - *Condiciones agroclimáticas para la maduración de la soja en la subregión oriental*. *Idia*, Buenos Aires, 31:40-53, 1975.
52. PASCALE, A. J. & PÓRFIDO, O. D. - *Zonamento mesoagroclimático hídrico do Rio Grande do Sul para a cultura da soja*.

- Buenos Aires, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. 1978. 14p. (mimeografado).
53. PASCALE, A. J.; VILLEGAS, J. A.; MEDINA, L. F. - Aptitud agroclimática del Noroeste Argentino para el cultivo de la soja. *Revista Agronômica del Noroeste Argentino*. San Miguel de Tucuman, 10(3-4):173-203, 1973.
54. PASQUILL, P. - Eddy diffusion of water vapor and heat near the ground. *Proc. Roy. Soc., London*, 198:116-140, 1949.
55. PENMAN, H. L. - Natural evaporation from open water, bare soil and grasses. *Proc. Roy. Soc., London*, 193(4):120-145, 1948.
56. REIS, B. G.; BERLATO, M.; 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, v. 1, 187p.; v.2, mapas e gráficos.
57. RIO GRANDE DO SUL. - Secretaria da Agricultura, Instituto de Pesquisas Agronômicas. *Observações Meteorológicas*. Porto Alegre, 1974. 179p.
58. SEDIYAMA, G. C.; BERNARDO, S.; RESENDE, M.; WOLF, D. F. - Estudos de Métodos para estimativa da evapotranspiração potencial em Viçosa. *Experientiae, Viçosa*, 16(4):61-79, 1973.
59. SHAW, R. H. - Estimation of soil moisture under corn. *Agr. and Home Econ. Exp. Sta. Res. Bul.*, Ames, 520:968-980, 1963.
60. SHAW, R. H. - Prediction of soil moisture under meadow. *Agron. J.*, Madison, 56(3):320-324, 1964.
61. SOUZA, D. M. P. - Aspectos hidrológicos dos principais solos do Nordeste do Estado do Paraná. Curitiba, Escola de Agronomia da Universidade Federal do Paraná, 1965. 117p. (Tese de Cátedra).
62. SOUZA, L. - Caracterização física e fator erodibilidade em solo da unidade de mapeamento São Jerônimo (Paleudult) em diferentes sistemas de manejo. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1976. 113p. (Tese de Mestrado).
63. SUZIN, N. E. - Avaliação das influências de dois tipos de solos e suas disponibilidades de água sobre o rendimento de cultivares de milho, densidades de plantas e adubação nitrogenada. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1970. 53p. (Tese de Mestrado).
64. THORNTHWAITE, C. W. - An approach toward a rational classification of climate. *Geograph. Rev.*, 38(1):55-94, 1948.

65. THORNTHWAITTE, C. W. & HOLZMAN, B. - *Measurement of evapotranspiration from land and water surfaces*. Washington, U. S. Dept. Agr., 1942. 75p. (Tech. Bul. 817).
66. THORNTHWAITTE, C. W. & MATHER, J. R. - *The water balance*. Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Techonology. Laboratory of Climatology, 1955. 104p.
67. THORNTHWAITTE, C. W. & MATHER, J. R. - *Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance*. Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Techonology. Laboratory of Climatology, 1957. 311p.
68. TOURINHO, L. C. N. - *Balanço hídrico Pedológico*. Curitiba, Escola de Agronomia da Universidade Federal do Paraná, 1967. 62p. (Tese de Doutorado).
69. TURC, L. - *Le bilan d'eau des sols. Relations entre les précipitations, l'évaporations et l'écoulements*. Ann. Agron. Paris, 6(1):3-131, 1955.
70. VAN BAVEL, C. H. M. - *Potential evaporation: the combinations concept and its experimental verification*. Water Res. 2(3):445-467, 1966.
71. VEIGA, C. L. - *Influência de diversos tipos de manejo do solo no desenvolvimento e distribuição de raízes e na produtividade da soja (Glycine max Merrill) em solo da unidade São Pedro - RS, Podzólico Vermelho Amarelo*. Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 1975. 74p. (Tese de Mestrado).
72. WINKLER, E. I. G. & GOEDERT, W. J. - *Características hídricas dos solos de Pelotas, Rio Grande do Sul*. Pesq. Agron. Bras., Rio de Janeiro, 7:1-4, 1972. (Série Agron.).