

CONDICIONAMENTO CLIMÁTICO E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. NO BRASIL

A. Backes*

SUMMARY

The following report analyses the geographical distribution of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. as related to the climatic conditions in the south of Brazil. The following conclusions have been reached through analysing the available climatic data.

The present area of occurrence represents the last refuge of *Araucaria angustifolia*; it is restricted and maintains itself in the places where the general climatic conditions are less favorable for the development of tropical associations. The climatic conditions, within certain limits, are favorable to the development of *Araucaria angustifolia*, they are, however, much more a limit to the advance of the tropical forests which favor a more humid and megatermic climate, with more uniform diuturnal and seasonal fluctuations. In all boundary areas between tropical latifoliate plant associations and associations of conifers from temperate climate there are antagonisms between the two systems, generally not favorable to the conifers. The competitive capacity of *Araucaria angustifolia* is smaller than the one of the latifoliate species due to its heavier seed which difficultates dissemination and has less viability because it needs more luminosity in all stages of its biological cycle. The latifoliate species, on the contrary, have a faster growth and create a shadowy pattern disadvantageous to the development of the araucaria. The more aggressive species of the tropical forests which posses smaller and lighter seeds of easier dissemination adapted to various levels of luminosity, advance over campestral areas and mainly to the interior of the araucaria forest and little by little create an ideal environment for themselves. In the south of Brazil, as well as in all the other places the conifers of temperate climate advance till

* — Professor Titular do Departamento de Biologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Av. UNISINOS, 950. São Leopoldo. Rio Grande do Sul. (93.000)

smaller latitudes reaching the intertropical regions. This always occurred in the mountain ranges and progressively higher and higher altitudes as they advance to the Equator.

The araucaria maintains itself in areas which are less favorable to the tropical and subtropical associations. The subtropical ones prefer magaterrmic climate with diurnal and seasonal termoperiodic variations less accentuated. Further more the araucaria growth depends on an hydrologic cycle with alternations of rainy and dryer periods. This alternation is important to its development and probably necessary for the reproductive cycle. In the northern regions the cycle is distinguished between the rainy season and the dry periods. In the southern regions it rains regularly during all the months of the year. However in this region the steady humidity is softened during some months, by the low temperatures which have a negative influence in the hydric balance of the vegetal species. The araucaria is conditioned to at least, three consecutive months of lower temperatures with the minimum media equal or inferior to 10°C with seasonal termoperiodic fluctuations around 12°C. These conditions represent a favorable factor to the araucaria and a limitant factor to the advance of the latifoliate tropical hydrophile forests.

The araucaria forests in Brazil are restricted and circunstricted by the latifoliate forests: in the north and east by the shadowy tropical latifoliate forest; in the west and south by the subtropical latifoliate forest. Everywhere where the conditions permit it, the latifoliate forests spread over the "campos", in the valleys along the rivers and also among the araucaria forests. During the times of history only small areas of araucaria forests have been formed by the typical associations. Great part of the araucaria forests already existed in conjunction with tropical or subtropical latifoliate forests. The most pure associations were always situated in the highest altitudes with a colder climate and therefore less favorable to the megaterrmic species.

RESUMO

O presente trabalho at em-se a uma análise da distribui ao geográfica de *Araucaria angustifolia* em fun ao das condi oes climáticas reinantes no sul do Brasil. A análise de numerosos dados de clima permitiu chegar às seguintes conclusões: a área de ocorrência atual representa o derradeiro refúgio da *Araucaria angustifolia*, a qual está confinada e mant em-se em locais onde as condi oes gerais de clima são menos favoráveis para o desenvolvimento de forma oes tropicais; as condi oes climáticas dentro de certos limites são favoráveis ao desenvolvimento de *Araucaria angustifolia*; elas agem, porém, muito mais como fatores limitantes ao avanço dos sistemas florestais tropicais condicionados por um clima úmido e megatérmico, com flutua oes diurnas e sazonais mais homog neas. Em todas as áreas de contato entre forma oes latifoliadas tropicais e forma oes de coniferas de clima temperado, desenvolvem-se antagonismos entre os dois sistemas, geralmente desfavoráveis às últimas. A capacidade competitiva da *Araucaria angustifolia*   menor

do que a das espécies latifoliadas e perde dessas sobretudo por apresentar sementes pesadas, de mais difícil disseminação e de menor viabilidade e necessitar altos índices de luminosidade em todos os estágios de desenvolvimento. As espécies latifoliadas pelo contrário, apresentam crescimento mais rápido e criam um sistema de sombreamento prejudicial para o desenvolvimento da araucária. As espécies mais agressivas das florestas tropicais, possuidoras de sementes pequenas e leves, de fácil disseminação, muitas delas adaptadas a variados níveis de luminosidade, avançam sobre as áreas campestres, assim como para o interior das matas de araucária e aos poucos criam o ambiente que lhes é próprio. No sul do Brasil, assim como em toda a parte onde as coníferas de clima temperado avançaram até latitudes progressivamente menores, alcançando muitas vezes as regiões intertropicais, esse avanço sempre ocorreu sobre cordilheiras de montanhas e em altitudes progressivamente mais elevadas à medida que avançaram em direção ao Equador.

A araucária mantém-se, portanto, nas áreas menos favoráveis às formações tropicais e subtropicais condicionadas por climas megatérmicos e com variações termoperiódicas diurnas e sazonais menos acentuadas. A presença da araucária está condicionada por um ciclo hidrológico com alternância de um período chuvoso e de um período mais seco. Essa alternância é importante para o desenvolvimento e, como tudo parece indicar, necessária para induzir o ciclo reprodutivo. Na parte norte da região da araucária, o ciclo apresenta um período chuvoso e outro seco, bem definidos. Na parte ao sul chove regularmente durante todos os meses do ano. Porém a umidade constante é amenizada, durante alguns meses, pelas baixas temperaturas as quais influem negativamente no balanço hídrico das espécies vegetais. A araucária está condicionada, no mínimo, por três meses consecutivos de frio intenso com médias das mínimas iguais ou inferiores a 10°C, com flutuações termoperiódicas sazonais ao redor de 12°C. Estas condições são favoráveis à araucária e constituem fator limitante para o avanço das florestas latifoliadas higrófilas tropicais.

As florestas com araucária do Brasil estão limitadas e circunscritas pelas florestas latifoliadas, ao norte e ao leste pela floresta latifoliada tropical ombrófila e ao oeste e sul pela floresta latifoliada subtropical. Por toda a parte onde as condições o permitiram, as florestas latifoliadas expandiram-se por sobre os campos, nos vales ao longo dos rios e por meio das florestas com araucária. No tempo histórico somente pequenas áreas de florestas com araucárias eram formadas somente pela conífera, sendo que a maior parte já era constituída por florestas latifoliadas tropicais ou subtropicais com araucária. As associações mais puras estavam localizadas sempre em altitudes mais elevadas, sob um clima marcadamente frio e, portanto, menos propício às espécies latifoliadas.

INTRODUÇÃO

Durante o Mesozóico, a família ARAUCARIACEAE ocupava vasta área sobre o globo. Durante o Jurássico Médio, ocupava a Europa Cen-

tral e posteriormente estendeu-se desde Spitzberg e a Groenlândia até o sul da África e da Patagônia (SCHNELL, 1970; FLORIN, 1967).

Segundo PAULA COUTO (1975), "o paleoclima do Pleistoceno sul-americano destaca que os ungulados em sua maioria, alguns roedores e os lagomorfos e alguns desdentados, pelo menos, são adaptados à vida em ambiente pastoral, de campo raso, provido de vegetação herbácea rica em gramíneas, capazes de resistir a longos períodos de seca, e às vezes um tanto arborizado (savanas) ou de florestas ralas de coníferas, de clima temperado, tendendo mais para o frio, relativamente seco, do que para quente... Mais para o sul, os pinheiros (**Araucaria angustifolia**), próprios de clima mais frio, formam florestas ralas, com solo atapetado por gramíneas curtas ou provido de arbustos, interrompidos por campos de gramíneas... Os camelídeos, representados no Pleistoceno do Sudeste por diversas lhamas de então tenham tido as mesmas afinidades ecológicas de suas afins, modernas... A presença comum de restos fósseis de camelídeos deste grupo em depósitos pleistocênicos de regiões de pouca ou baixa altitude da região oriental da América do Sul pode levar-nos a admitir que estes mamíferos tenham tido, então, área de distribuição bem maior que a de hoje, vivendo desde os Andes ou sopé dos Andes, até a costa do Atlântico, inclusive em toda a região intermediária, que teria tido clima mais frio que o de hoje, como teria acontecido também com a região oriental da América do Sul e intertropical. A fauna fóssil das cavernas de Minas Gerais, São Paulo e do Sudeste brasileiro, em geral, estendendo-se até o Nordeste, parece indicar, portanto, um regime climático diferente do atual, para a região respectiva, no Pleistoceno, que, além disto, teria sido, de norte a sul, bem mais uniforme do que hoje".

A família ARAUCARIACEAE está representada, na flora atual por dois gêneros: **Agathis** e **Araucaria**. As espécies desses gêneros estão localizadas, em sua maioria, em áreas descontínuas, geralmente distantes umas das outras, no hemisfério austral. O seu desaparecimento na maior parte das áreas primitivas e a distribuição agregada atual, constitui uma das questões da paleofitogeografia até hoje não suficientemente esclarecidas.

O padrão de distribuição atual das espécies do gênero **Araucaria** é característico de espécies dominadas, ao passo que as espécies dominantes têm distribuição uniforme. As espécies de ARAUCARIACEAE, no contexto geoclimático atual, em geral não o mais favorável às mesmas, constituem espécies dominadas em relação às latifoliadas melhor adaptadas às atuais condições. A agregação resulta como resposta a diferen-

ças locais entre habitats, como resposta a mudanças meteorológicas diárias e sazonais e como causas relacionadas com processos reprodutivos (ODUM, 1985).

O gênero **Araucaria** compreende atualmente 14 espécies, todas localizadas no hemisfério sul, entre 0° e 45°S. **Araucaria araucana** (Molina) K. Koch encontra-se no Chile e na Argentina, sobre a Cordilheira dos Andes, entre as latitudes de 37°20' e 40°50' (DALLIMORE & JACKSON 1974; GOLTE 1978); **Araucaria angustifolia** (Bert.) O. Ktze. é encontrada no Brasil e na Argentina e no Paraguai, entre os paralelos 20 e 31°S. As demais espécies ocorrem na Austrália(2), Nova Guiné(2), Nova Caledônia(7), Ilha Norfolk(1), Ilha dos Pinheiros(1) e Polinésia(1). Fig.1.

A Araucaria angustifolia ocupava, sem dúvida, a maior área entre todas as espécies atuais do gênero. As matas com araucária ocupavam, no Brasil, 200.000Km² e, entre as espécies de maior valor econômico, a espécie brasileira destacava-se por sua extraordinária importância tanto pela quantidade como pela qualidade da madeira produzida, assim como pelo valor nutritivo de suas sementes e por sua extraordinária beleza paisagística.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho está baseado na análise dos dados de diferentes estações de meteorologia do Ministério da Agricultura, localizadas na região da araucária. Após uma análise preliminar de toda a região, foram escolhidos os seguintes pontos: Campos do Jordão, São Paulo, Curitiba, Porto União, Irenópolis, São Joaquim, Lajes, Passo Fundo, Bom Jesus, São Francisco de Paula, Caxias do Sul, Cachoeira do Sul e Porto Alegre. À base dos dados obtidos, foram elaborados os climadiagramas de cada local. Na elaboração dos mesmos, foram observados os critérios básicos estabelecidos por WALTER (1986). O índice de aridez foi calculado com base na fórmula de DE MARTONNE (DAJOZ, 1973).

DISTRIBUIÇÃO DA ARAUCÁRIA NO SUL DO BRASIL

As gimnospermas têm, nos países tropicais, um papel muito menor em comparação com sua importância nos países temperados. Poucas espécies ocorrem em altitudes baixas e não formam povoamentos comparáveis às imponentes florestas das regiões temperadas. Nas zonas in-

terropicais, são encontradas espécies de gimnospermas pertencentes a, aproximadamente, 30 gêneros. Vivem nas montanhas não só nas regiões temperadas, mas também nas subtropicais.

Quanto à sua procedência, as coníferas podem ser repartidas em dois grandes grupos: um boreal e outro austral. Um certo número de espécies de cada grupo irradiou-se por cima de cordilheiras de montanhas, das regiões frias e temperadas em direção aos trópicos. Exemplos que ilustram esse processo são observados na Ásia, onde o gênero boreal **Pinus** expandiu-se até as regiões tropicais, confrontando com espécies do gênero **Dacrydium** de origem austral (FLORIN, 1967; SCHNELL, 1970). No Brasil, **Araucaria angustifolia** e **Podocarpus lambertii** alcançaram a região intertropical e **Podocarpus sellowii** e **Podocarpus rospigliozii** chegaram até a floresta equatorial na Amazônia.

A Araucaria angustifolia expandiu-se do sul em direção à região tropical até a latitude de 20°S, ocupando sempre a parte superior do planalto meridional e os pontos mais altos da serra de Paranapanema, da Mantiqueira, dos Órgãos e do Caparaó, em altitudes que variam de 200m no extremo sul (31°S), até mais de 1.500m acima do nível do mar na serra da Mantiqueira (22°S), observando-se, portanto, uma relação inversa entre o gradiente da latitude e o da altitude.

As florestas com araucária ocupavam, no sul do Brasil, grande parte dos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Agrupamentos menores eram encontrados nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. A área de dispersão estava limitada num quadrilátero formado pelos paralelos 20 e 31°S e pelos meridianos 41 e 54°W. No interior desse polígono a araucária ocupava aproximadamente 200.000 Km².

No Rio Grande do Sul a araucária ocorria sobretudo nas regiões altas a partir de 300m. As maiores concentrações ocorriam junto às cabeceiras dos Rios Caí, Antas e Pelotas, nos municípios de Bom Jesus, Cambará do Sul, São Francisco de Paula, Vacaria e Lagoa Vermelha. Uma segunda concentração ocorria junto às nascentes do Rio Jacuí, nos municípios de Passo Fundo, Carazinho, Não-me-Toque e Soledade. Ao longo do curso superior do Rio Uruguai, ocorria uma terceira grande concentração. Núcleos menores, porém fitogeograficamente importantes, estavam localizados na serra do Sudoeste, em altitudes menores e em latitudes próximas a 31°S (RAMBO, 1942; MALAGARRIGA, 1976). As matas com araucária ocupavam primitivamente 186.658ha, correspondendo a 11.7% da cobertura florestal do Rio Grande do Sul (IBDF, 1983; REITZ, KLEIN & REIS, 1983).

No Estado de Santa Catarina, as formações com araucária ocupavam primitivamente a maior parte das áreas compreendidas entre 500 e 1.500m de altitude, desde a borda da Serra Geral, a leste, até os limites com a Argentina, ao oeste (REITZ & KELEIN, 1966). Entre os paralelos 25°30' e 27°S, a araucária alcança o território da Argentina (REITZ, KLEIN & REIS, 1983).

No Estado do Paraná, as florestas com araucária ocupavam áreas igualmente extensas. Segundo MAACK (1948), a extensão primitiva dos pinhais era de 119.300Km². "No Paraná a área de distribuição do pinheiro é bem definida, marcando, com sua presença, nítida diferenciação e delimitação das formações florestais existentes no Estado. Ocorre em altitudes superiores a 500m, limitado a leste pela Serra do Mar, ao norte pelas formações tropicais mais quentes (23°30'S) e a oeste avizinha-se com as florestas latifoliadas tropicais e subtropicais da bacia do rio Paraná e afluentes (Iguaçu, Piquiri e Ivaí), até aproximadamente 54°W; ocorre em todo o sul do Estado" (INOUE, RODERJAN & KUNIYOSHI, 1984).

No Estado de São Paulo, as formações maiores estavam restringidas à Serra de Paranapiacaba, em áreas limítrofes com o Paraná. Grupos mais esparsos eram encontrados até nas vizinhanças da cidade de São Paulo. Em toda a região, as matas com araucária estavam situadas em altitudes acima de 700m (HUECK, 1972). Mais ao norte, as formações com araucária restringiam-se a agrupamentos menores, condicionados por um clima mais ameno, solos mais profundos, em altitudes acima de 1.500m. Agrupamentos diversos eram encontrados tanto na Serra da Mantiqueira como na Serra do Mar, nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo (ALONSO, 1977). RUSCHI (1950), em ALONSO (1977), refere a ocorrência de araucárias nas proximidades do Pico da Bandeira, no Espírito Santo, em altitudes acima de 1.700m.

RESULTADOS

À base dos dados de clima, foram elaborados os climadiagramas das diferentes localidades abrangendo a maior parte da região ocupada pelas florestas com araucária no sul do BRASIL.

Em Campos do Jordão, no Estado de São Paulo, está localizado um núcleo importante e talvez o mais significativo entre todos os agrupamentos dispersos pela região sudeste. O posto de meteorologia está localizado a 1.578m de altitude e a 22°S. A temperatura média anual é de 14°C, a média das máximas do mês mais quente é de 20.9°C e a média

das mínimas do mês mais frio é de 8.3°C. Em 19 anos, a máxima absoluta foi de 30.5°C e a mínima absoluta foi de -7.3°C. Temperaturas negativas podem ocorrer durante os meses de abril a outubro. As precipitações pluviométricas ocorrem a partir do equinócio de primavera, coincidindo as máximas com o solstício de verão quando atingem valores mensais superiores a 300mm. A coincidência das precipitações mais intensas com as temperaturas mais elevadas faz com que os valores de evapotranspiração alcancem também seus valores máximos, com o dispêndio de grandes quantidades de energia térmica, o que mantém a temperatura dentro de limites perfeitamente favoráveis à presença da araucária. A partir de maio as precipitações diminuem acentuadamente e os valores mínimos são registrados durante o mês de julho. Apesar dos valores muito baixos registrados durante o solstício de inverno, em nenhum mês ocorre seca, pois durante esse período ocorrem também as temperaturas mais baixas e a evapotranspiração alcança seus valores mínimos. Fig. 2.

Nas proximidades da cidade de São Paulo, sobre o trópico, estavam localizados diferentes núcleos de araucárias. O climadiagrama de São Paulo corresponde aos dados da estação do Mirante Santana, localizado a 23°S e 729m de altitude. A temperatura média anual é de 18.7°C, a média das máximas do mês mais quente é de 24.7°C e a média das mínimas é de 14.7°C. Temperaturas negativas podem ocorrer durante o mês de agosto. Em 49 anos (1931-1980), a máxima absoluta foi de 38°C e a mínima absoluta foi de -2.1°C. A precipitação pluviométrica acentua-se durante o equinócio de primavera e atinge os valores mínimos após o solstício de verão. Os valores caem abaixo de 100mm/mês a partir do equinócio de outono. Os menores índices ocorrem durante o mês de agosto, quando são registradas igualmente as temperaturas mais baixas. Em nenhum mês ocorre seca. A média de precipitação pluviométrica, em 49 anos, foi de 1.413mm/ano. Fig.3.

O climadiagrama de Curitiba foi considerado por diversos autores como característico da região da araucária. No entanto, Curitiba está localizada no extremo norte da região de formações maciças com araucária, a 25°S e 947m acima do nível do mar. A temperatura média anual é de 16.6°C, a média das máximas do mês mais quente é de 22.9°C e a média das mínimas do mês mais frio é de 12.3°C. Em 49 anos, a máxima absoluta foi de 34.8°C e a mínima absoluta foi de -5.2°C. Somente nos meses de janeiro, fevereiro e março não foram registradas temperaturas negativas. As precipitações pluviométricas mais intensas coincidem com o solstício de verão e os menores índices são registrados durante o solstício de inverno. Abril é o mês com os índices mais baixos. A média da precipitação, em 49 anos, foi de 1.466mm/ano. Fig.4.

Lajes está localizada em pleno planalto na região central do Estado de Santa Catarina, a 27°S e a 926m de altitude. A temperatura média anual é de 15.7°C, a média das máximas do mês mais quente é de 21.8°C e a média das mínimas do mês mais frio é de 11.4°C. Em 49 anos, a máxima absoluta foi de 35.3°C e a mínima absoluta foi de -7.3°C. Temperaturas negativas podem ocorrer durante os meses de abril a outubro. As precipitações pluviométricas mais intensas ocorrem a partir de agosto e se prolongam até março. Durante os meses de outono verificam-se índices inferiores a 100mm/mês, mas em nenhum mês ocorre seca. A precipitação média anual, em 49 anos, foi de 1.424mm/ano. Fig.5.

Passo Fundo está situada a 28°S e a 679m de altitude. A temperatura média anual é de 17.6°C, a média das máximas do mês mais quente é de 23.5°C e a média das mínimas do mês mais frio é de 12.9°C. A máxima absoluta, em 49 anos, foi de 36.8°C e a mínima absoluta foi de -5.5°C. Temperaturas negativas ocorrem durante os meses de maio a novembro. Em todos os meses são registradas precipitações pluviométricas superiores a 100mm, sendo que as máximas coincidem com o equinócio de primavera. A precipitação média, em 49 anos, foi de 1.714mm/ano. Fig.6.

Caxias do Sul está situada a 760m de altitude e a 29°10'S. A temperatura média anual é de 16.1°C, a média das máximas do mês mais quente é de 21.9°C e a do mês mais frio é de 12.1°C. A máxima absoluta, em 49 anos, foi de 35.6°C e a mínima absoluta foi de -6.4°C. Temperaturas negativas ocorrem durante os meses de abril a setembro. A precipitação pluviométrica é, em todos os meses, superior a 100mm e as máximas coincidem com o equinócio de setembro. A precipitação média, em 49 anos, foi de 1.705mm/ano. Fig. 7.

São Francisco de Paula está localizada a 912m de altitude e a 29°20'S. A temperatura média é de 14.5°C, a média das máximas do mês mais quente é de 20.9°C e a do mês mais frio é de 9.9°C. A máxima absoluta é de 34°C e a mínima absoluta é de -6.5°C. Temperaturas negativas podem ocorrer durante os meses de abril a novembro. A precipitação pluviométrica é elevada em todos os meses e a média anual é de 2.252mm, sendo a região onde são registrados os maiores índices pluviométricos. Fig.8.

Cachoeira do Sul está situada a 72m de altitude e a 30°S. Foi sempre considerada o limite sul da araucária. Grande parte do município está compreendida dentro da Depressão Central do Rio Grande do Sul e o clima das áreas baixas difere sensivelmente do das áreas do planalto. A temperatura média é de 18.9°C, a média das máximas do mês mais

quente é de 31.1°C e a do mês mais frio é de 9.1°C. A máxima absoluta registrada em 24 anos foi de 40.2°C e a mínima absoluta foi de -2.7°C. Temperaturas negativas ocorrem durante os meses de junho a agosto. As precipitações pluviométricas não são regularmente distribuídas durante o ano. O período mais chuvoso coincide com os meses de inverno e início da primavera. Durante o outono e no final da primavera, as precipitações são inferiores a 100mm/mês e, durante o verão, as chuvas não são abundantes. Fig. 9.

Porto Alegre está situada a 46m de altitude e a 30°S. A temperatura média anual é de 19.5°C, a média das máximas do mês mais quente é de 24.9°C e a média das mínimas do mês mais frio é de 15.4°C. A máxima absoluta, em 49 anos, foi de 40.7°C e a mínima absoluta foi de -1.9°C. Temperaturas negativas podem ocorrer durante os meses de junho a agosto. As precipitações pluviométricas não ocorrem regularmente durante todo o ano. À semelhança de Cachoeira do Sul, em Porto Alegre ocorrem dois períodos, um durante o outono e outro no final da primavera, com acentuados déficits pluviométricos. As precipitações mais intensas ocorrem durante o inverno e início da primavera. Durante o solstício de verão, particularmente durante o mês de janeiro, as precipitações são, em média levemente superiores a 100mm/mês. Fig. 10.

Os índices de aridez reunidos na figura 11 são o resultado da análise dos dados de diferentes estações desde Campos do Jordão até Porto Alegre. Os dados correspondem, para a maioria das localidades a 49 anos. Com exceção dos resultados correspondentes à estação do Mirante Santana, São Paulo, os demais variam de úmido a superúmido. No interior da área principal da araucária, os índices variam de úmido a superúmido. Nos limites extremos, tanto norte como sul, ocorrem índices de 20-40, isto é, simplesmente úmido.

Foi feita também a análise do andamento anual das médias das temperaturas mínimas. Os resultados estão expressos na figura 12 e tabela 1. Os resultados obtidos indicam uma variação de três a oito meses consecutivos com médias das temperaturas mínimas iguais ou inferiores a 10°C, em todas as localidades menos em São Paulo (Mirante Santana) e Porto Alegre. A ocorrência de mínimas absolutas pode ser observada na tabela 2. A flutuação da temperatura normal diária é de 11.2°C.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em condições naturais de quase todos os climas, as temperaturas diurnas são mais altas do que as noturnas. Isso determina um ciclo térmico regular ao longo do dia. O ótimo diurno de crescimento e de desenvolvimento, para muitas espécies, é mais alto do que o correspondente noturno. O crescimento é maior sob um regime apropriado de flutuações térmicas do que em condições de temperatura homogênea.

Os climas tropicais caracterizam-se pelas flutuações insignificantes entre a temperatura diurna e a noturna e as espécies dessas regiões não apresentam um aumento de crescimento como resposta às flutuações termoperiódicas. Contrariamente, respostas termoperiódicas típicas manifestam-se em muitas espécies de zonas temperadas onde as flutuações da temperatura constituem um caráter essencial do clima.

O crescimento da planta num determinado período é o resultado de muitas reações que respondem certamente de forma diferente à temperatura. Algumas delas processam-se durante o dia e outras durante a noite.

Outro aspecto importante da resposta termoperiódica é a manutenção de um equilíbrio favorável entre a produção fotossintética e as perdas de material durante a noite pela respiração. Esse equilíbrio é fortemente influenciado pela temperatura. Na maioria das espécies manifesta-se um incremento da respiração em temperaturas acima de 15°C. Quanto maior a temperatura noturna, maior a perda de substâncias. Contrariamente, as baixas temperaturas noturnas determinam a diminuição das perdas por respiração (BONNER & GALSTON, 1951).

Os processos de absorção são igualmente influenciados pela temperatura. Segundo DELVIN (1970), a intensidade da difusão depende da energia cinética das moléculas e dos íons e em qualquer momento a difusão é uma função da temperatura. Conseqüentemente, a diminuição da temperatura desacelera os processos que dependem da difusão.

O clima da região sul do Brasil é relativamente uniforme, ao mesmo tempo que se apresenta com certa individualidade, isto é, não existem áreas inter-regionais muito distintas. Fatores muito atuantes na região são a latitude, o relevo, a maritimidade e a continentalidade.

A análise das temperaturas médias mostra que as isotermas de 22°C e de 20°C, que caracterizam o clima tropical, penetram somente em pequenas áreas da região sul. Atingem a parte norte do Estado do Paraná e uma faixa que se estende ao longo do litoral até as proximidades

do paralelo 28°S. A isoterma de 18°C situa-se entre 900 e 500m de altitude no Paraná, entre 500 e 300m em Santa Catarina e entre 500 e 200m no Rio Grande do Sul. A isoterma de 13°C, representativa da média do mês de julho, o mais frio do ano, circunscreve praticamente todo o Planalto Meridional e representa o limite térmico das florestas com araucária e a partir da qual manifestam-se fatores que se não limitam totalmente, desaceleram progressivamente a expansão das florestas latifoliadas megatérmicas. A isoterma de 13°C acompanha, aproximadamente, as seguintes cotas altimétricas: Paraná, 800m no litoral e 1.000 a 700m no interior; Santa Catarina, 800 a 600m no litoral e 800 a 700m no interior; Rio Grande do Sul, 600 a 500m no litoral e 600 a 400m no interior. Na Serra do Sudeste, no Rio Grande do Sul, entre 400 a 300m. No interior dessa área ocorrem isotermas de 10°C e a mais baixa, que é de 7.3°C, correspondentes a altitudes acima de 1.000m até altitude máxima de 1.808m. As isotermas do mês de julho oscilam entre 15°C e 7.3°C e abrangem uma área que corresponde a aproximadamente 85% do território da região sul (NIMER, 1977). Essas mesmas médias são encontradas na Serra do Mar, da Mantiqueira e do Caparaó. Em Campos do Jordão, a média anual é de 13.6°C, com médias compensadas inferiores a 15°C de abril a outubro; no alto do Itatiaia a média anual é de 11.5°C e a média compensada é inferior a 15°C em todos os meses do ano. Fig. 13.

As regiões elevadas mantêm, durante o verão, a média das máximas entre 27 e 24°C, enquanto nas partes baixas essa mesma média é superior a 30°C, podendo ocorrer máximas próximas a 40°C.

Quando a região sul está sob o domínio da massa polar, são registradas as mínimas mais baixas. Nessas condições as noites tornam-se acentuadamente mais frias, pois a baixa umidade relativa permite a dispersão rápida do calor resultante da radiação diurna. Observações feitas mostraram que durante as noites de inverno a temperatura diminui progressivamente e tende a atingir os valores mínimos logo após o nascer do sol. As temperaturas noturnas atingem, muitas vezes, valores negativos, e valores próximos a 0°C são freqüentes mesmo durante o outono e a primavera. Nos pontos mais altos do Planalto Meridional, são registrados valores de temperatura noturna muito baixos mesmo durante o verão (BACKES, 1973).

Uma das conseqüências da queda da temperatura é a formação de geada. A forma mais comum e mais facilmente constatável é a geada branca. Esta é menos nociva do que a geada negra. A ocorrência de geada branca varia de uma a mais de trinta, sendo a freqüência diretamente proporcional à altitude e inversamente proporcional à influência marítima.

ma. Em campos do Jordão, o número de dias com geada é, em média, de 46 e, no alto do Itatiaia, é de 56.

Uma segunda consequência do frio é a formação de neve. Esse fenômeno é mais raro do que a formação de geada. O número de ocorrências varia de 1 a 4, em média, por ano. É nos municípios de Vacaria, Bom Jesus, Lajes e São Joaquim, onde a queda de neve é mais freqüente e onde alcança geralmente maior intensidade.

A araucária situa-se dentro dos limites climáticos com médias mensais inferiores a 18°C durante o solstício de verão e inferiores a 15°C durante o solstício de inverno. Médias superiores limitam a presença da mesma. Dessa maneira, a região ocupada pelas florestas com araucária está limitada, ao norte, pelo clima tropical, e a araucária aparece somente onde são mantidas as condições mesotérmicas em decorrência do relevo. Na faixa litorânea, a leste, até a latitude de 28°S, domina igualmente o clima tropical subquente, determinando condições de tropicalidade e impedindo igualmente a presença da araucária. "A partir daquela latitude, a zona litorânea está sob domínio do clima mesotérmico e nessa zona a araucária avançou sobre a planície quaternária nas proximidades do oceano, nos municípios de Sombrio, Lauro Müller e outros, em Santa Catarina (REITZ & KLEIN, 1966). A faixa litorânea está, além do mais, sob forte influência marítima, o que contribui, de modo significativo, para a estabilidade climática da região. Para tal estabilidade, influi, além do mais, a proximidade da corrente quente do Brasil, a qual tem sua origem nas águas equatoriais mais ao norte, e acompanha o litoral até a latitude de 28°S, onde se confronta com a corrente fria das Malvinas. REITZ(1983) destaca a existência de duas barreiras físicas que influem decisivamente na dispersão norte-sul dos espécies tropicais: a Serra de Tijucas e a Serra do Tabuleiro. A primeira (27°S) estabelece o limite sul da bacia do Itajaí e a segunda (28°S), o limite sul dos manguezais. Segundo KLEIN (1979), "somente ao longo do litoral catarinense e paranaense, da Ilha de Santa Catarina para o norte, constatam-se temperaturas médias anuais superiores a 20°C...". Ao longo da costa catarinense, a variação da temperatura média anual é de 2°C (REITZ, 1983), o que atesta a homogeneidade climática da região e com flutuações pouco significativas da temperatura. Fig. 14.

Pelo norte e pelo oeste, o Planalto Meridional está limitado pelas condições megatérmicas dos vales dos rios Paranapanema, Paraná, Iguaçu e Uruguai. Ao sul está limitado pelo rio Ibicuí e pela depressão central do Rio Grande do Sul. Em todos esses vales, as médias das máximas de verão são superiores a 30°C, chegando as de janeiro a mais de

32°C. As máximas absolutas podem atingir 40°C, correspondendo a níveis térmicos dos mais altos, igualando-se aos das regiões equatoriais e tropicais mais quentes do País (NIMMER, 1977). Esses índices térmicos tão elevados aumentam consideravelmente a evapotranspiração, Os aumentos de precipitação contribuem positivamente na regulação térmica, mas agem negativamente no sentido de acelerar a instalação de um déficit hídrico. Em conseqüência, toda vez que se observam déficits de precipitação, as espécies anuais ressentem-se fortemente dos déficits hídricos. Esse processo exerce um poder seletivo muito grande em função das exigências de água das diferentes espécies. É bem conhecida a possibilidade de estabelecerem-se sucessões de espécies em função de suas preferências de água. Essas espécies constituem, em geral, bons indicadores das condições ecológicas de uma região. O somatório das condições dos vales dos principais cursos de água da região sul criam um ótimo ecológico para o desenvolvimento das formações tropicais ou subtropicais, impossibilitando, por exclusão competitiva, a presença da araucária.

As precipitações pluviométricas não são uniformes em toda a região da araucária. Em Campos do Jordão, os índices pluviométricos mais altos são registrados durante o solstício de verão, coincidindo com as temperaturas mais elevadas, e os índices mais baixos coincidem com o solstício de inverno, quando as temperaturas são, em média, inferiores a 10°C. Além do mais, deve ser considerada a altitude de quase dois mil metros a qual compensa a latitude mais baixa (em cada 100m de variação da altitude, a temperatura varia, em média um grau). A coincidência das precipitações mais intensas com as temperaturas mais elevadas faz com que a evapotranspiração alcance também seus valores máximos nesse período, o que determina o dispêndio de grandes quantidades de energia calorífica, amenizando as temperaturas extremas da região.

A dinâmica das precipitações pluviométricas de Curitiba é semelhante à de Campos do Jordão. No entanto a estação chuvosa é mais longa e conseqüentemente a estação seca é mais curta.

À medida que se avança em direção sul, a estação das chuvas torna-se mais longa e os valores máximos são deslocados do solstício de verão para o equinócio de primavera. No planalto rio-grandense, as chuvas têm uma distribuição mais regular durante o ano e conseqüentemente não se verifica a alternância de uma estação chuvosa e outra seca.

O parâmetro que se mantém mais constante é a média mensal das temperaturas mínimas. Esta determina um período de, no mínimo, três meses consecutivos com médias das temperaturas mínimas iguais ou in-

feriores a 10°C. Nessas condições, os processos fisiológicos são total ou parcialmente desativados, determinando uma diapausa no ciclo biológico de muitas espécies. Fig.15.

CONCLUSÕES

— A distribuição das espécies vegetais nem sempre depende diretamente das condições do ambiente (WALTER, 1986). Estas agem, no entanto, de modo indireto à medida que influenciam o poder competitivo das espécies de um sistema. Em quase todo o sul do Brasil, as condições climáticas aí reinantes são favoráveis às espécies tropicais, aumentando o seu poder competitivo em relação às coníferas.

— Em conseqüência, os sistemas tropicais avançaram sobre todas as áreas situadas dentro de seu ótimo ecológico e expandiram-se até os limites das isotermas menos favoráveis, atingindo altitudes que variam de 500 a mais de mil metros acima do nível do mar, no limite sul do planalto rio-grandense e na Serra da Mantiqueira, respectivamente. À medida que as condições mesológicas tornaram-se menos favoráveis, diminuiu progressivamente o seu poder competitivo, deixando espaços para a araucária.

— A distribuição atual da araucária não está em função direta dos condicionamentos ambientais, mas é determinada, em parte, pelos sistemas de latifoliadas com os quais compete.

— A araucária não tem condições de competir com as espécies tropicais, favorecidas pelo clima atual do sul do Brasil. Em conseqüência, as áreas atualmente ocupadas pela araucária constituem os derradeiros refúgios dessa espécie. Em função da dinâmica do clima, a tendência é confinar cada vez mais a araucária a regiões progressivamente menores e, se não houver uma reversão no processo de expansão dos sistemas tropicais, extingui-la definitivamente.

— Em todas as latitudes não existem formações puras de araucária e as menos heterogêneas situam-se sempre nas maiores altitudes. As formações com araucária tornam-se tanto mais heterogêneas quanto mais se aproximam dos limites de contato entre latifoliadas e a conífera.

TABELA 1 — Média das mínimas: 1931 a 1980

	Porto Alegre	Cach. do Sul	Caxias do Sul	Passo Fundo	S. Francisco de Paula	Bom Jesus	São Joaquim	Lajes	Porto União	Trineópolis	Curitiba	Campos do Jordão	São Paulo
Janeiro	20.2	19.2	16.2	17.3	14.1	14.6	12.7	15.8	16.4	15.5	16.1	12.6	17.9
Fevereiro	20.5	19.2	16.0	17.2	14.1	14.9	13.2	15.9	16.7	15.6	16.5	12.9	18.1
Março	19.1	17.8	15.4	16.0	13.3	13.9	12.1	14.8	15.6	14.5	15.7	11.7	17.5
Abril	15.7	14.3	12.2	12.7	10.0	10.4	9.2	11.7	12.0	10.7	12.8	8.5	15.2
Maiο	13.0	11.5	10.1	10.7	8.1	8.2	7.3	8.9	9.3	7.2	10.1	5.2	13.1
Junho	11.0	9.2	8.6	9.2	6.8	6.7	5.7	7.1	7.7	5.8	8.6	3.4	11.5
Julho	10.3	9.6	8.2	8.7	5.7	6.4	5.9	6.7	8.2	5.2	7.9	2.8	10.7
Agosto	11.1	9.8	8.6	9.5	6.7	6.9	6.2	7.8	7.9	6.7	9.1	4.0	11.9
Setembro	13.0	12.2	10.1	10.9	7.8	8.7	7.6	9.7	10.1	9.3	10.7	6.6	13.2
Outubro	15.0	13.7	11.4	12.6	9.3	9.6	8.6	11.5	12.3	11.6	12.3	9.2	14.7
Novembro	16.7	15.6	13.6	14.3	10.6	10.7	9.9	12.8	13.6	12.7	13.3	10.4	15.5
Dezembro	18.6	17.7	14.8	16.2	12.2	12.9	11.7	14.3	15.5	14.3	15.0	12.1	16.7

* Campos do Jordão: 1961 a 1980

TABELA 2 — Mínimas absolutas: 1931 a 1980

	Porto Alegre	Cachoeira do Sul	Caxias do Sul	Passo Fundo	S. Francisco de Paula	Bom Jesus	S. Joaquim	Lajes	Porto União	Triângulo	Curitiba	Campos do Jordão*	São Paulo
Janeiro	11.4	10.6	5.0	7.6	4.5	5.1	4.1	5.2	8.2	6.1	8.2	5.0	10.2
Fevereiro	11.9	9.8	5.0	7.2	5.0	3.5	4.2	5.0	7.0	4.6	6.9	4.2	11.1
Março	9.7	7.5	4.0	5.1	4.0	2.3	0.3	3.0	5.2	3.3	3.9	2.6	11.0
Abril	4.5	4.0	-0.8	0.7	-2.5	-4.9	-2.2	-3.2	-2.1	-6.8	-4.0	0.8	6.0
Maior	2.3	0.8	-3.0	-2.6	-4.0	-4.3	-7.0	-4.6	-3.0	-5.6	-2.3	-6.2	2.2
Junho	-1.9	-1.8	-6.4	-3.5	-5.5	-5.8	-7.9	-7.3	-3.7	-7.6	-4.4	-7.3	1.0
Julho	-1.1	-2.7	-5.6	-5.5	-6.5	-7.5	-8.1	-6.0	-7.4	-9.8	-5.2	-6.1	0.4
Agosto	-1.2	-2.6	-5.0	-2.9	-5.0	-9.8	-8.2	-6.2	-6.2	-9.1	-5.2	-5.5	-2.1
Setembro	2.2	0.9	-2.2	-0.9	-3.5	-3.7	-1.5	-3.8	-3.0	-5.1	-0.9	-2.8	2.2
Outubro	4.9	3.2	0.2	1.0	-1.0	0.3	-2.4	-0.9	1.0	-1.5	-1.6	-1.0	4.3
Novembro	6.7	5.6	2.0	4.0	-0.5	-0.7	0.3	1.7	2.1	0.0	-1.0	2.0	7.0
Dezembro	10.1	9.7	3.5	6.5	2.5	3.0	1.4	3.2	3.3	3.8	-1.6	1.8	9.4

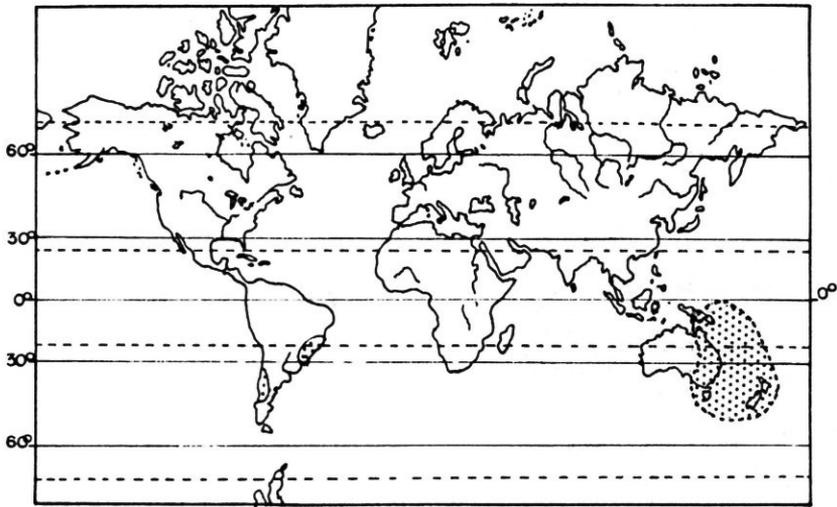
* Campos do Jordão: 1961 a 1980

BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, M. TH. A. 1977. Vegetação. In: **Geografia do Brasil**, Região Sul. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. p. 81-109, 24 fig.
- _____. 1977. Vegetação. In: **Geografia do Brasil**, Região Sudeste. Fundação Brasileira de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. p. 91-118, 14 fig.
- ANDRADE, G. O. de. 1968. Os climas. In: **Brasil, a terra e o homem**. São Paulo. Vol.1:397-462, 46 fig.
- AUBREVILLE, A. 1954. A floresta de pinho do Brasil. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro. **12**(119):164-73.
- _____. 1961. **Étude écologique des principales formations végétales du Brésil et la contribution à la connaissance des forêts de L'Amazonie brésilienne**. Nogent-Sur-Marne, Centre Technique Forestier Tropical. 265 p. Illustr.
- BACKES, A. 1973. **Contribuição ao conhecimento da ecologia da mata de araucária**. São Paulo. 235p. Ilustrado.
- BONNER, J. & A. GALSTON. 1951. **Princípios de Fisiologia Vegetal**. 485p. Ilustrada.
- DAJOZ, ROGER. 1973. **Ecologia Geral**. São Paulo. 472p, 140 fig.
- DALLIMORE, W. & A.B. KACKSON. 1974. **A Handbook of coniferae and GINKGOACEAE**. London. 729p. 131 fig.
- DELVIN, R. M. 1970. **Fisiologia Vegetal**. Barcelona. 614p. Ilustrada.
- FLORIN, RUDOLF. 1967. The Distribution of Conifer an Taxad Genera in Tines and Spruce. **Acta Horti Bergiani**. Upsala. **20**(4):121-326. Ilustrada.
- GOLTE, WINFRIED. 1978. Die Südandine und die Südbrasilianische Araukarie. **Archiv für Wissenschaftliche Geographie**. Bon. Band 32, Lfg. 4.
- HUECK, K. 1972. **As Florestas da América do Sul**. São Paulo. 466p. 253 fig.
- INOUE, M. J.; RODERJAN, C. V. & KUNIYOSHI, Y. S. 1984. **Projeto madeira do Paraná**. Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. 260p. Ilustrada.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF). 1983. **Inventário Florestal Nacional**. Florestas Nativas. Rio Grande do Sul. Brasília. 345p. Ilustrado.

- KLEIN, R. M. 1975. Southern brasilian phytogeographic features and the probable influence of upper quaternary climatic changes in the floristic distribution. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba. (33):67-88. 9 fig.
- _____. 1979. Ecologia da Flora e Vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**. Itajaí. XXXI-XXXII(31-32):1-389, 28 fig.
- KOSCINSKI, MANSUETO, E. 1949. **O Pinheiro brasileiro**. São Paulo. 319p. Ilustrado. (ABC do Lavrador Prático, 4).
- LARCHER, WALTER. 1986. **Ecofisiologia Vegetal**. São Paulo. 319p, 181 fig.
- LINDMANN, C. A. M. 1906. **A Vegetação no Rio Grande do Sul** (Brasil Austral). Porto Alegre. 356p., 69 est., 2 mapas.
- MAACK, R. 1948. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. Curitiba. Vol.III:99-200, 72 fig., 1 mapa.
- MALAGARRIGA HERAS, R. de P. 1976. **Vegetação do Rio Grande do Sul**(Brasil). Barcelona. Folhas soltas.
- NIMMER, E. 1971. Climatologia da Região Sul do Brasil; introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro. **33**(4): 3-65.
- _____. 1977. Clima. In: **Geografia do Brasil**, Região Sul. Fundação Inst. Brasil. de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. p.35-79, 19 fig.
- _____. 1977. Clima. In: **Geografia do Brasil**. Região Sudeste. Fundação Inst. Brasil. de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. p. 51-89. 17 fig.
- ODUM, EUGENE. 1985. **Ecologia**. Rio de Janeiro. 434p. Ilustrado.
- OLIVEIRA, BENEVAL de. 1984. As regiões de ocorrência normal da araucária. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro. **6**(68):948-58.
- PAULA COUTO, C. de. 1975. Mamíferos fósseis do quaternário do Sudeste Brasileiro. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba. (33):89-132. 16 fig.
- RADAMBRAŞIL. 1986. A Vegetação. In: **Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro. Vol.**33**:541-632. Ilustrado.
- REITZ, R. 1983. Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica. In: **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí. 559p. Ilustrado.
- REITZ, R. & KLEIN, R. M. 1966. Araucariáceas. In: **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí. 62p. Ilustrado.
- REITZ, R. KLEIN, R. M. & REIS, A. 1983. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**. Itajaí. (34-35):1-525. Ilustrado.
- SCHNELL, R. 1970. **Introduction à la Phytogeographie des Pays Tropicaux**. Les Flores, les structures. Paris. 499p. 168 fig.

- SEHNEM, A. 1979. Semelhanças e diferenças nas formações florestais do Sul do Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**. São Leopoldo. Vol.1(1):111-132.
- SERRA, A. & S. SEREBRENICK. 1961. **Tabelas Psicrométricas**. Rio de Janeiro. 102p.
- VALVERDE, ORLANDO, 1957. **Planalto Meridional do Brasil**. Rio de Janeiro. 339p. 38 fig.
- VELOSO, HENRIQUE PIMENTA. 1966. **Atlas Florestal do Brasil**. Rio de Janeiro. 82p. 10 fig.
- WALTER, HEINRICH. 1986. **Vegetação e Zonas Climáticas**. São Paulo. 325p. 161 fig.



Distribuição atual do gênero *Araucária*.

Fig. 1

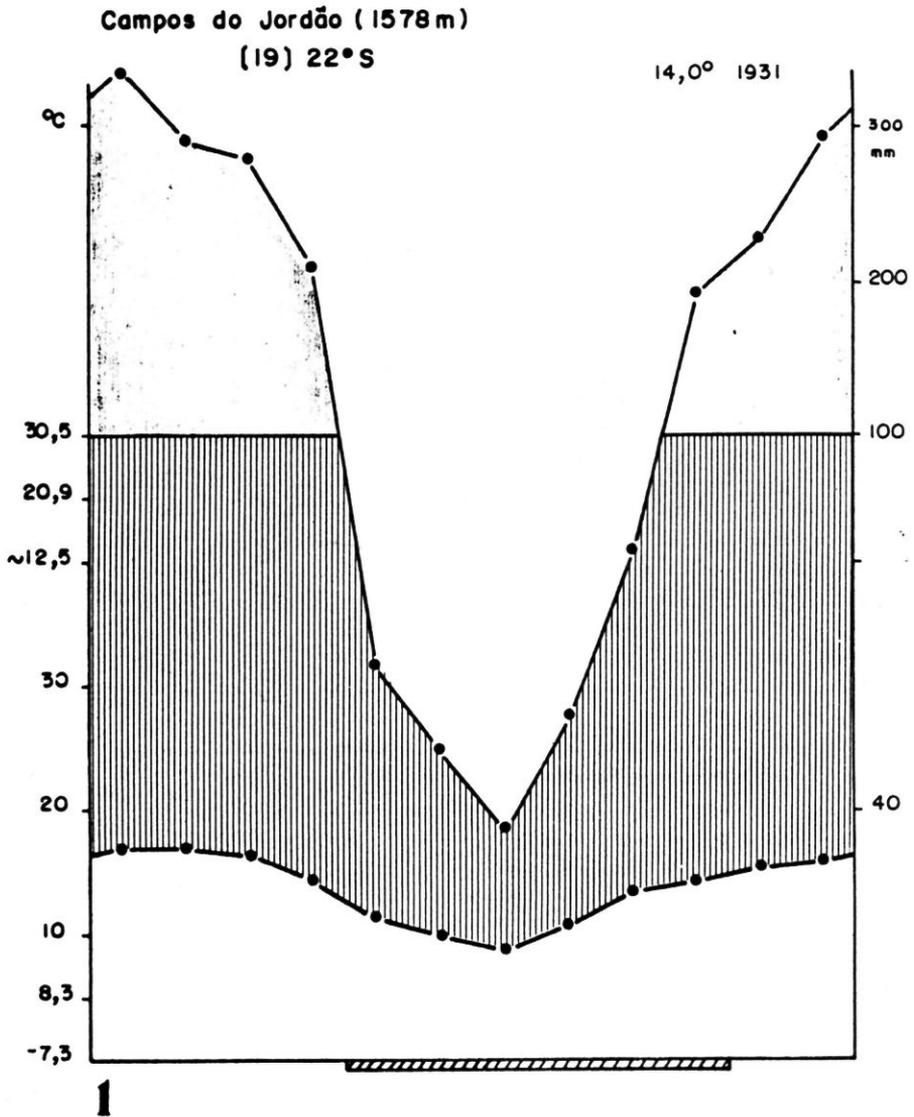


Fig. 2

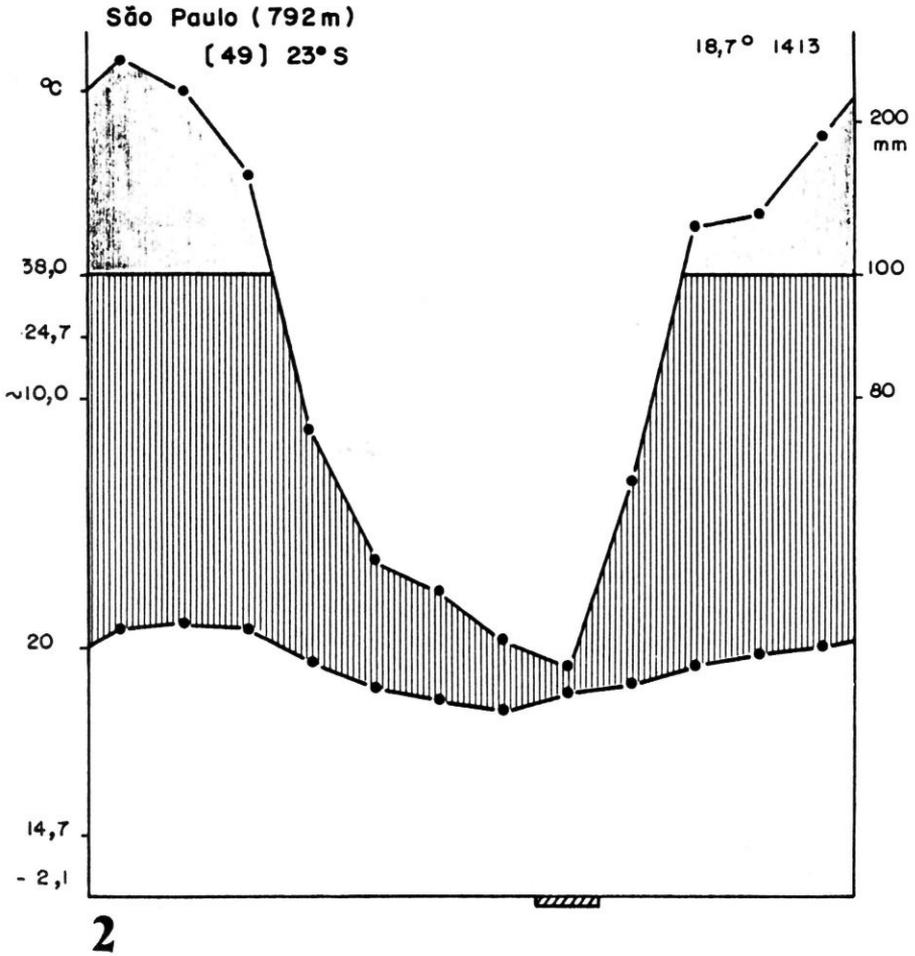


Fig. 3

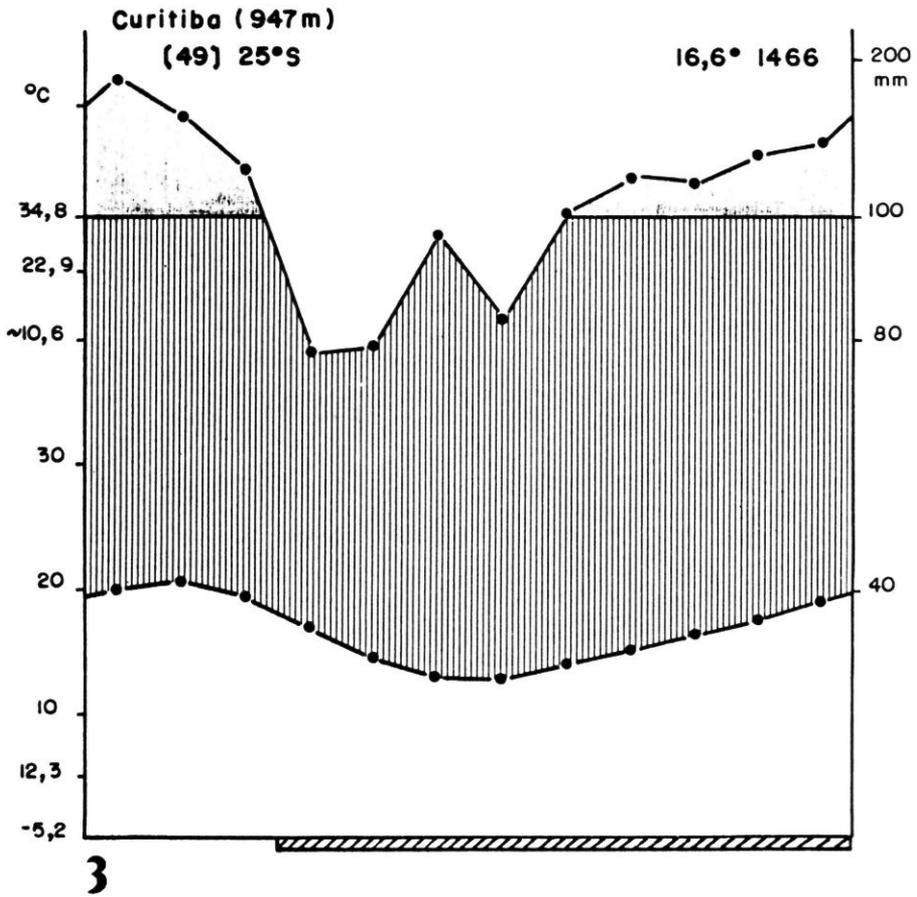


Fig. 4

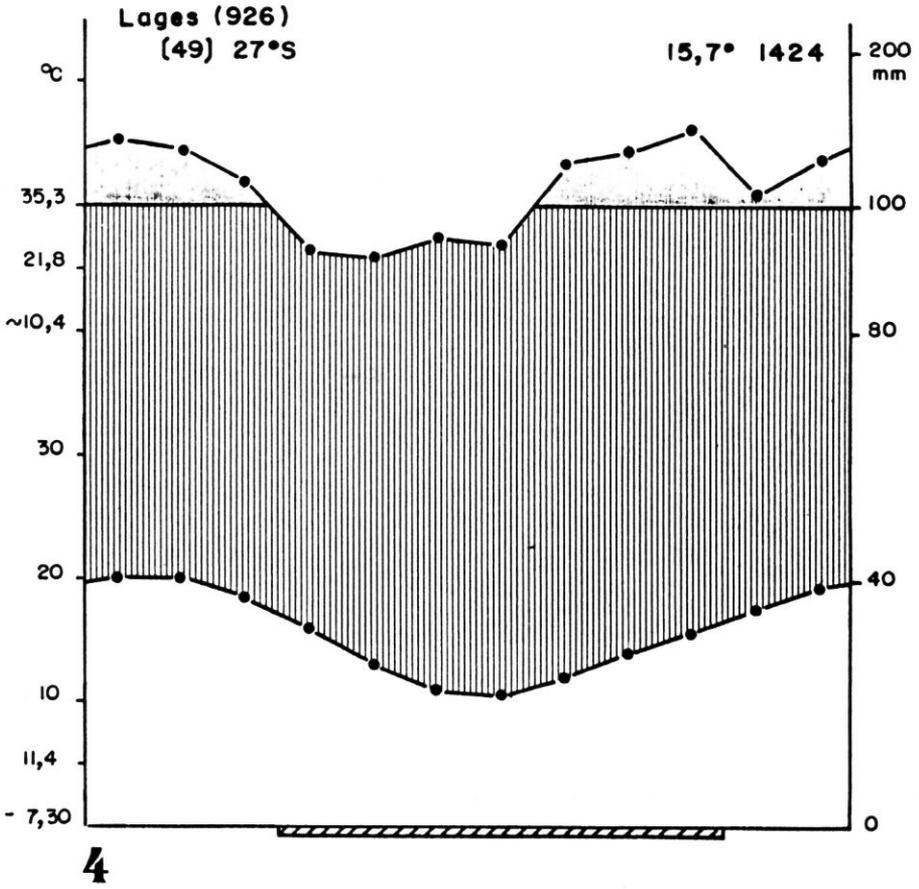


Fig. 5

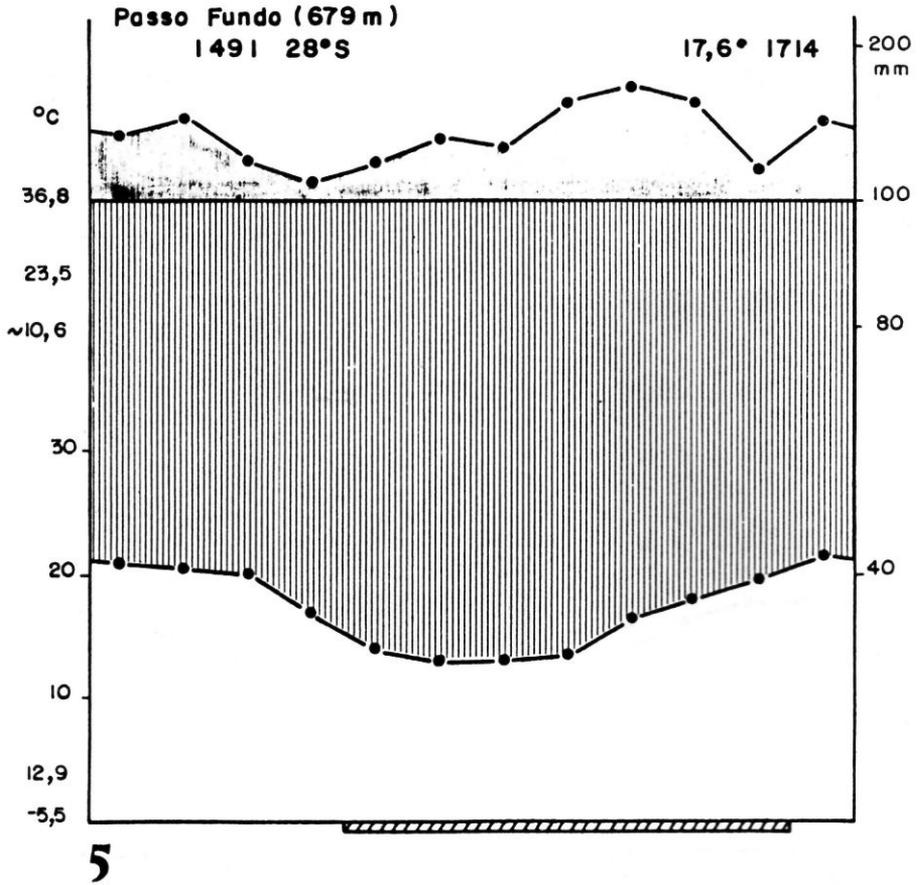


Fig. 6

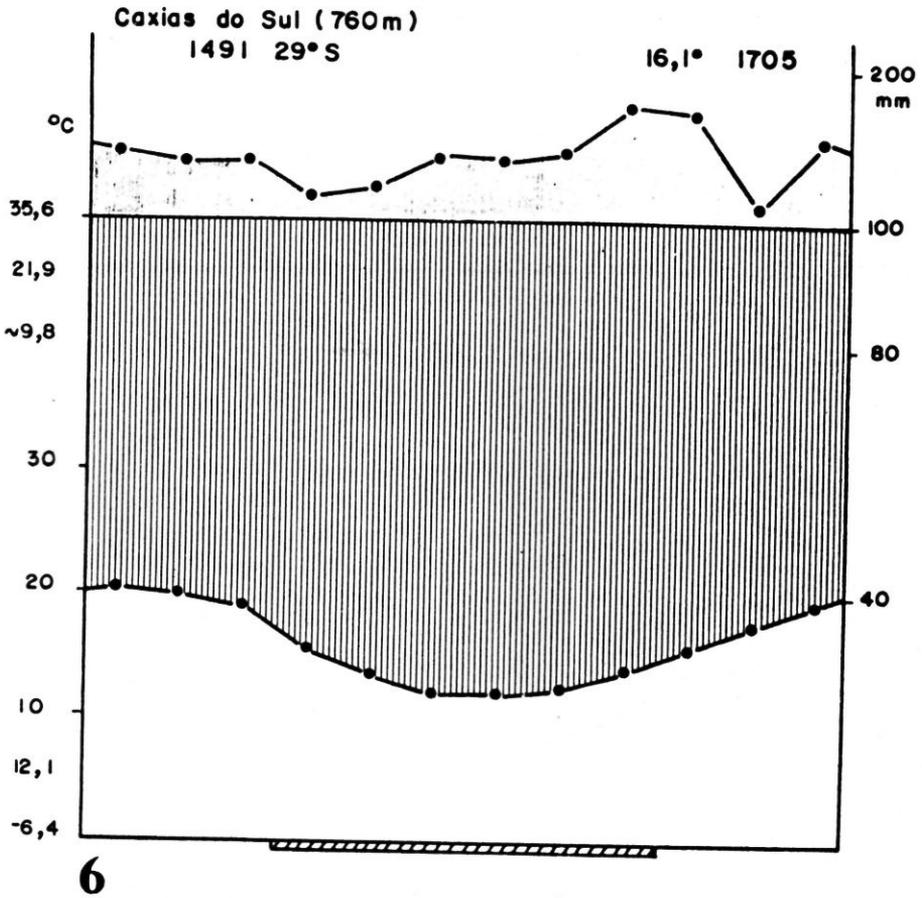
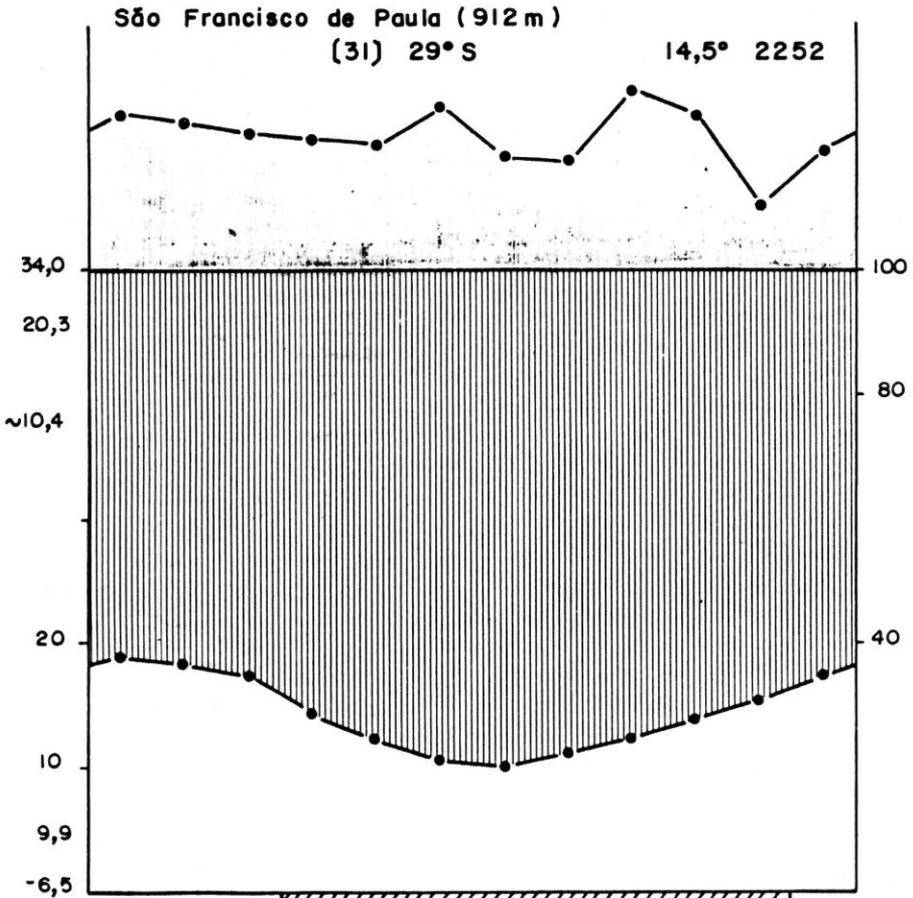


Fig. 7



7

Fig. 8

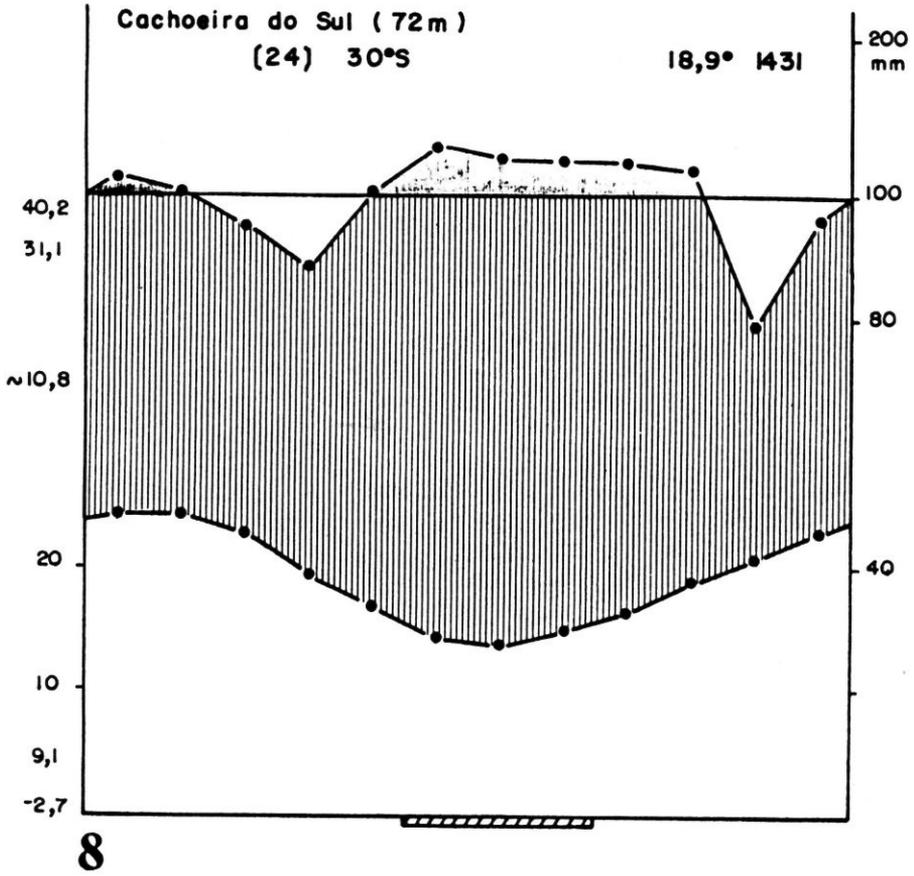


Fig. 9

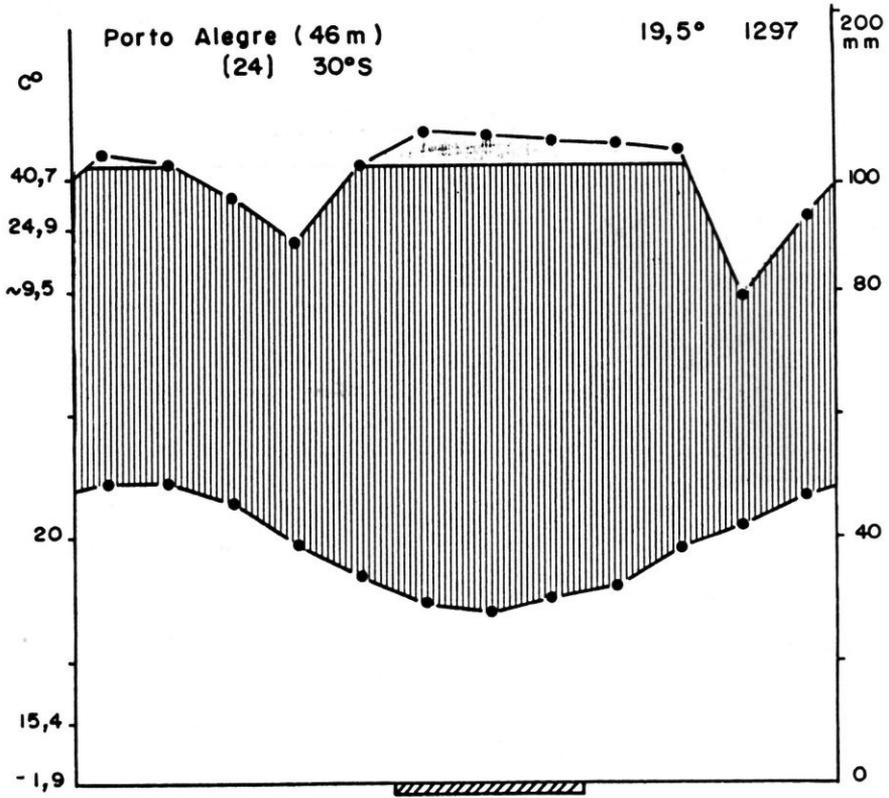
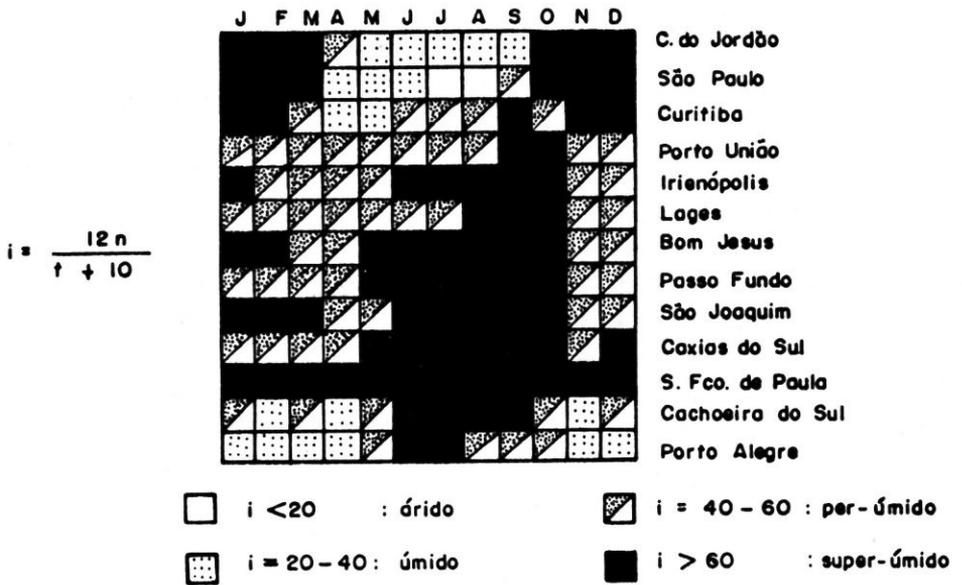


Fig. 10

ÍNDICE DE ARIDEZ DE MARTONNE



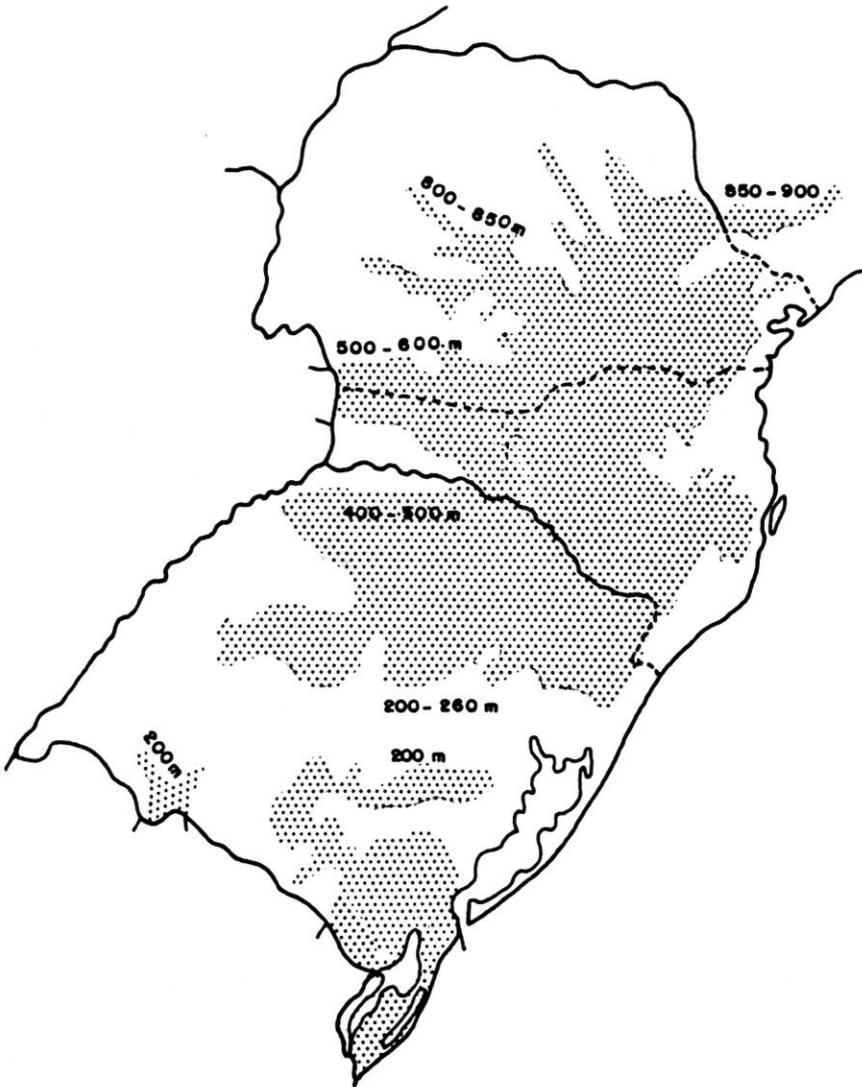
9

Fig. 11

Meses com médias das mínimas \leq a 100 °C

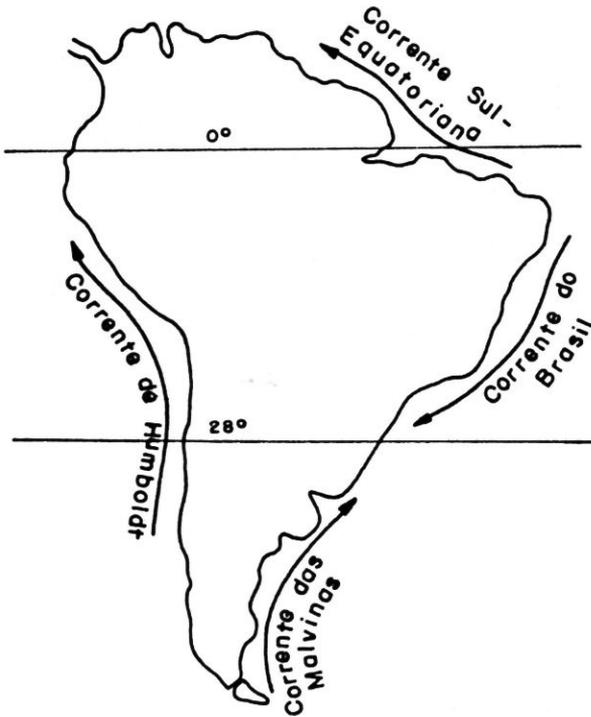


Fig. 12



Isoterma de 18°C (Baseado em Nimer, 1983)

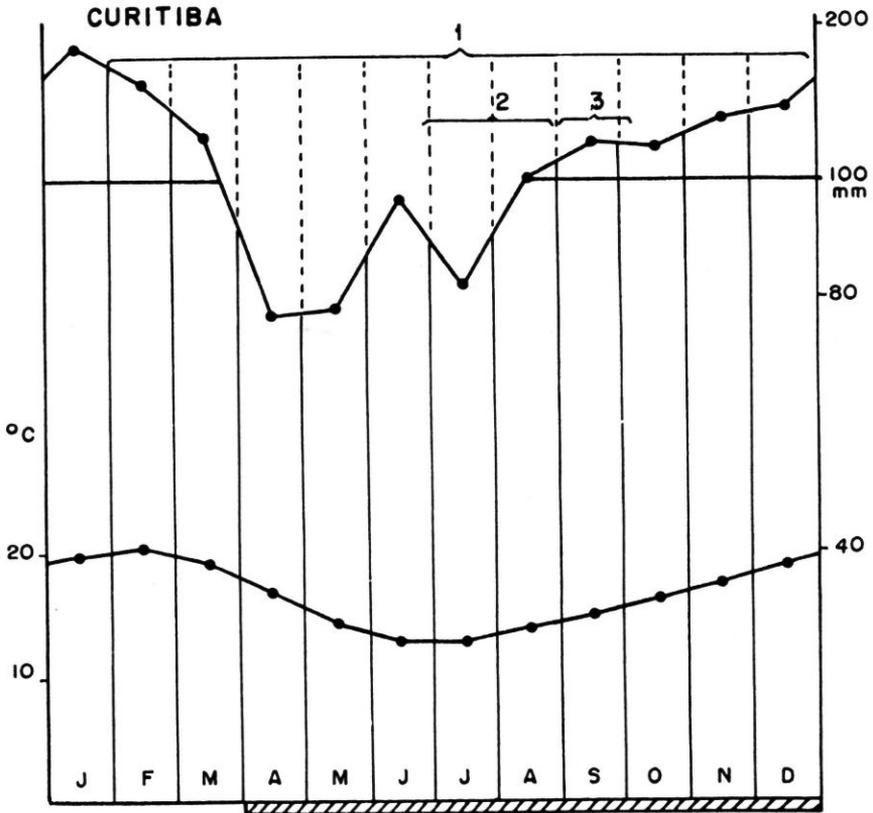
Fig. 13



Principais Correntes Marítimas ao longo da costa da América do Sul .

Fig. 14

Ciclo reprodutivo da araucária e o andamento anual do clima.



- 1- Sementes maduras e queda
- 2- Germinação da semente
- 3- Polinização

Fig. 15