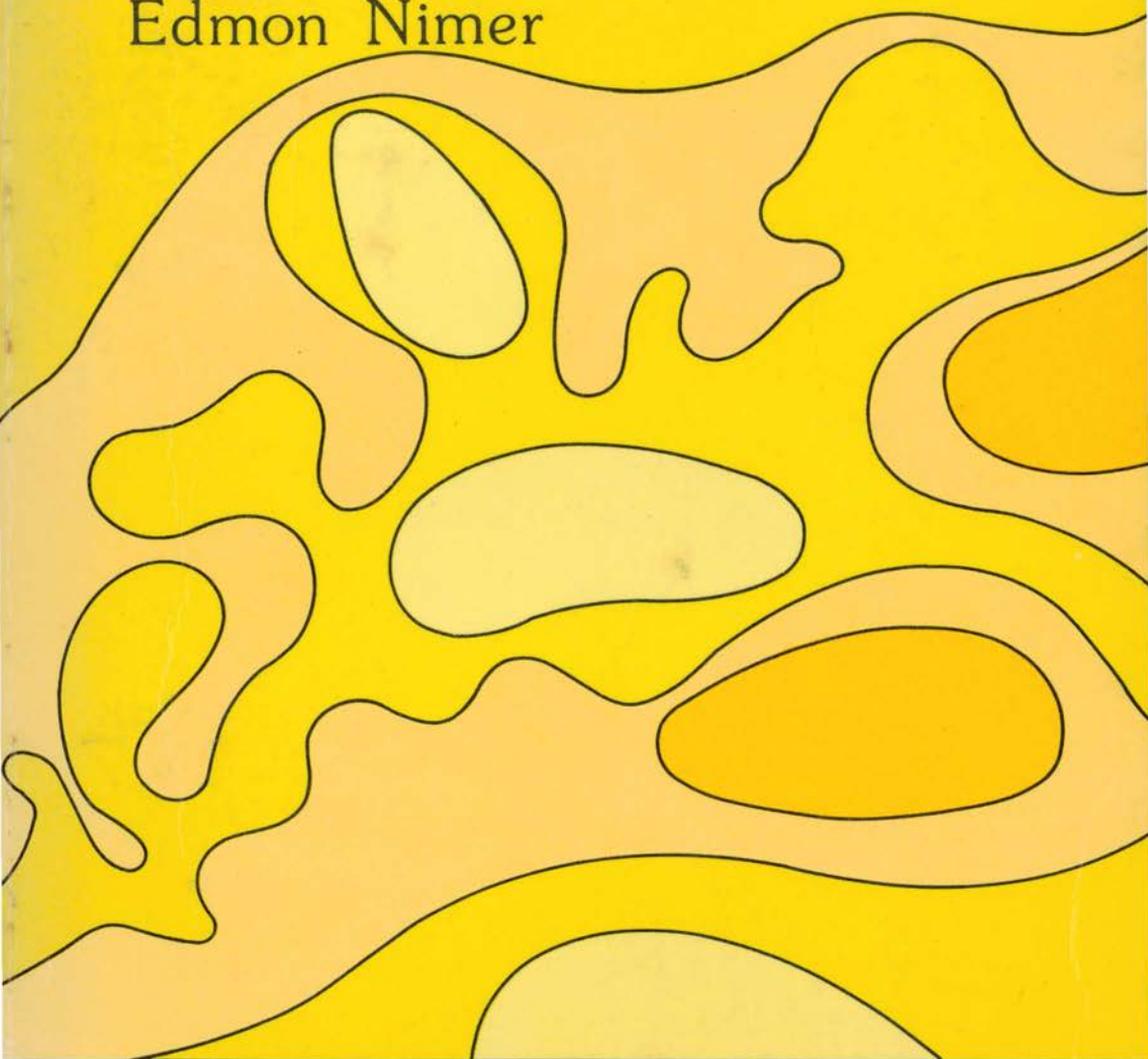


CLIMATOLOGIA DO BRASIL

Edmon Nimer



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA — IBGE
DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS — DGC

Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais — DERNA

CLIMATOLOGIA DO BRASIL

EDMON NIMER

2.^a edição

Rio de Janeiro
1989

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE
Av. Franklin Roosevelt, 166 — Centro
20 021 — Rio de Janeiro, RJ — Brasil

© IBGE

1.^a edição — 1979

2.^a edição — 1989

Nimer, Edmon.

Climatologia do Brasil / Edmon Nimer. — 2. ed. — Rio de Janeiro : IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

422 p. : il.

Inclui bibliografia.

ISBN 85-240-0282-4

1. Climatologia. 2. Brasil — Clima. I. IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. II. Título.

IBGE. Gerência de Documentação e Biblioteca
RJ/IBGE/88-24

CDU 581.58(81-0)

Sumário

APRESENTAÇÃO

1. ^a edição	5
2. ^a edição	7

CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DO BRASIL

Introdução	9
1 - Regiões de origem e propriedades das massas de ar	9
2 - Circulação normal - distribuição isobárica e ventos	12
3 - Circulação secundária	14
3.1 - Frente polar	15
3.2 - Convergência intertropical	17
3.3 - <i>Troughs</i> ou linhas de instabilidades tropicais (IT)	18
3.4 - Ondas de Leste (EW)	19
4 - Alguns aspectos da climatologia dinâmica	19
Conclusão	30
Bibliografia	31

CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA DO NORDESTE E SUAS CONSEQUÊNCIAS

- O FENÔMENO DAS SECAS

Introdução	33
1 - Circulação normal	33
2 - Circulação secundária	36
3 - Previsão das secas	41
Conclusão	41
Bibliografia	42

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO DO CARIRI CEARENSE

Introdução	43
1 - Variabilidade da pluviometria anual	45
1.1 - Altura da precipitação anual	45
1.2 - Desvio anual da precipitação	49
2 - Regime anual	51
2.1 - Concentração mensal	51
2.2 - Estação seca	53
Conclusões gerais	61

ANÁLISE DINÂMICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO SERRANA DO SUDESTE, ESPECIALMENTE NA SERRA DAS ARARAS

Introdução	79
Parte I - Fatores das precipitações na Região Sudeste	81
1 - Fatores estáticos (As condições geográficas)	81
1.1 - A posição	81
1.2 - A topografia	85
2 - Fatores dinâmicos	87
Parte II - Distribuição e regime das precipitações pluviométricas	94
1 - Normais do ano	94
2 - Regime anual	97
3 - Desvio pluviométrico anual	102
Parte III - Pluviometria de dezembro de 1966 e janeiro de 1967	111
1 - Precipitações de dezembro de 1966	114
2 - Altura da precipitação de janeiro de 1967	117
Parte IV - Ritmo e tipos de tempo durante o mês de janeiro de 1967 ..	121
1 - Regime e distribuição diária das chuvas	127
2 - Análise das cartas sinóticas de superfície	127
3 - Conclusões sobre janeiro	167
Conclusões gerais	176
Bibliografia	193

CLIMATOLOGIA DA REGIÃO SUL

Introdução	195
1 - Sistema de circulação atmosférica do sul do Brasil e suas influências sobre as condições de tempo	201
1.1 - Os centros de ação	201
1.2 - As correntes de circulação perturbada	205
2 - O sul do Brasil é uma região privilegiada pela altura e regime anual de precipitação pluviométrica	212
2.1 - Altura média da precipitação anual	212
2.2 - Ritmo estacional da precipitação	214
3 - O Caráter temperado do clima do sul do Brasil confere a esta região uma notável oscilação térmica ao longo do ano	225
3.1 - Média anual de temperatura	226
3.2 - Marcha estacional da temperatura	227
4 - O sul do Brasil é uma região de pouca diversificação climática. Nela destaca-se o clima mesotérmico superúmido do tipo temperado	250
Conclusões gerais	251
Bibliografia	263
CLIMATOLOGIA DA REGIÃO SUDESTE	
Introdução	265
1 - O Sudeste é uma região de transição entre os climas quentes das latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias	275
2 - O Sudeste é uma região cujo regime de chuvas é tipicamente de ritmo tropical	286
3 - O Sudeste é uma região de notável diversificação climática	303
Conclusões gerais	313
Bibliografia	314
CLIMATOLOGIA DA REGIÃO NORDESTE	
Introdução	315
Unidade 1 - A Região Nordeste do Brasil é o <i>ponto final</i> de diversos sistemas de correntes atmosféricas perturbadas	315
Unidade 2 - A Região Nordeste se constitui em um domínio de temperaturas elevadas	320
Unidade 3 - O Nordeste é uma Região de influência de chuvas	334
Unidade 4 - Principais diferenciações climáticas - Nordeste, Região de Clima Semi-árido	353
Conclusões gerais	360
Bibliografia	362
CLIMATOLOGIA DA REGIÃO NORTE	
Introdução	363
1 - Principais sistemas de circulação atmosférica	364
2 - Diminuição de temperaturas elevadas	367
3 - Domínio de chuvas abundantes	367
4 - Principais diferenciações climáticas	376
Conclusões	385
Bibliografia	386
CLIMATOLOGIA DA REGIÃO CENTRO-OESTE	
Introdução	391
Unidade 1 - Sistemas de circulação atmosférica no Centro-Oeste e suas influências nas condições de tempo	393
Unidade 2 - Domínio de temperaturas elevadas na Primavera-Verão e amenas no inverno	394
Unidade 3 - A Distribuição da pluviosidade na Região Centro-Oeste é muito simples no espaço e no tempo	397
Unidade 4 - Principais diferenciações climáticas	404
Conclusões gerais	414
Bibliografia	419

APRESENTAÇÃO DA 1.^a EDIÇÃO

O presente volume constitui uma série de importantes estudos a respeito da Climatologia do Brasil, não só pelas substanciadas informações nele contidas, mas, principalmente pelo modo que o autor procura enfatizar a moderna orientação metodológica da climatologia dinâmica, cujos princípios básicos apóiam-se nos estudos das massas de ar.

Esta moderna linha de investigação pode ser perfeitamente observada no capítulo em que se estuda a precipitação pluviométrica no Cariri cearense, onde o autor chama a atenção para o fato de que a análise estatística da precipitação fundamenta-se na variabilidade das condições climáticas, fugindo daquela visão tradicional fornecida pelo estudo das "normais climatológicas", ou seja, pela análise dos valores médios de um longo período de observação, cujos resultados representam um esboço do quadro climático de uma determinada região, principalmente ao se considerar a pluviosidade nas regiões tropicais, caracterizada por uma grande variabilidade.

Na verdade, a preocupação de direcionar as pesquisas climatológicas para o campo da climatologia dinâmica é uma constante ao longo deste volume, mesmo porque o clima é, em sua essência, um fenômeno dinâmico.

Os dois primeiros capítulos reúnem informações sobre a circulação atmosférica no Brasil e Nordeste, respectivamente, dentro daquela linha de pensamento de que as massas de ar constituem o mais importante fator para a compreensão dos fenômenos climáticos, levantando, no segundo caso, importantes questões a respeito do fenômeno das secas no Nordeste.

Nos dois capítulos seguintes, o autor focaliza duas áreas problemáticas, em função da precipitação pluviométrica: a primeira delas — o Cariri cearense — em que a insuficiência de chuvas decorre muito mais da irregularidade anual das precipitações do que dos seus índices pluviométricos padrões, e a segunda — a região serrana do Sudeste — caracterizada por intensa pluviosidade, embora com distribuição espacial variável e irregularidade no tempo, analisando-se aqui os processos responsáveis pelas intensas precipitações ocorridas no verão de 1966/67, principalmente na serra das Araras.

Finalmente, os cinco últimos capítulos referem-se a estudos climatológicos das grandes regiões brasileiras, onde os processos climáticos são analisados através dos diversos fatores que atuam sobre as condições de tempo, alguns de ordem estática e outros de ordem dinâmica, que em conjunto acabam facilitando o entendimento dos processos climáticos que afetam cada uma das cinco regiões.

Dessa forma, a presente publicação, abrangendo uma série de estudos gerais e regionais de autoria do Geógrafo Edmon Nimer e inserida na "Série Recursos Naturais e Meio Ambiente", procura fornecer ao leitor aspectos importantes dos fenômenos climatológicos em nosso território, enfatizando a necessidade de se utilizar a climatologia dinâmica para melhor compreensão desses fenômenos.

Rivaldo Pinto de Gusmão
Superintendente da SUPREN

APRESENTAÇÃO DA 2.^a EDIÇÃO

O presente trabalho que reúne estudos sobre Climatologia, de autoria do Geógrafo Edmon Nimer é, sem dúvida, importante, pois ultrapassa uma finalidade didática, ao poder ser utilizado como texto básico de consultas para o planejamento.

Este livro estabelece a associação simultânea de vários fatores que contribuem para a realização de uma função, através de múltiplos aspectos: o estudo do tipo climático, no que se refere ao traçado e à interpretação de climogramas relativos ao exame comparativo do clima e das condições peculiares à ecologia vegetal, à ecologia animal e à ecologia humana.

Neste trabalho, os leitores encontrarão copioso material de consulta e orientação sobre a área examinada, com um caráter didático.

A primeira edição deste livro, de 1979, esgotou-se nos limites de tempo previsíveis para um texto da sua natureza, mas, tem continuado o interesse pela obra, justificando-se, assim, a sua reedição promovida, agora, pelo IBGE.

Luiz Góes Filho
Chefe do Departamento
de Recursos Naturais e Estudos Ambientais

Circulação Atmosférica do Brasil °

INTRODUÇÃO

A experiência tem-nos mostrado que nenhum fenômeno da natureza pode ser compreendido, quando encarado isoladamente, fora dos demais circundantes. Qualquer acontecimento natural pode ser convertido num contra-senso quando analisado fora das condições que o rodeiam; ao contrário, se considerado em ligação com os demais poderá ser compreendido e justificado. O quadro vegetacional, por exemplo, não pode ser justificado nem bem compreendido se considerado isolado do seu meio atmosférico, isto é, do clima que o domina. O mesmo ocorre com este último que não pode ser explicado sem o conhecimento do seu mais importante fator — *as massas de ar*. Por isso o estudo das mesmas constitui o fundamento da moderna climatologia.

Todas as massas de ar responsáveis pelas condições climáticas na América do Sul atuam, no Brasil, direta ou indiretamente, a saber: *Equatorial atlântica (mEa)*, *Equatorial continental (mEc)*, *Equatorial pacífica (mEp)*, *Equatorial norte (mEn)*, *Tropical atlântica (mTa)*, *Tropical continental (mTc)*, *Tropical pacífica (mTp)*, *Antártica (mA)*, *Polar atlântica (mPa)*, *Polar pacífica (mPp)*, *Superior (mS)*.

Para melhor compreensão veremos, primeiramente, as regiões de origem e propriedades das massas de ar, a distribuição média da pressão e ventos (circulação normal) e, finalmente, as perturbações (circulação secundária).

1 — REGIÕES DE ORIGEM E PROPRIEDADES DAS MASSAS DE AR

Massas Equatoriais — Quatro são as fontes de origem, três marítimas e uma continental, o que nos leva a distinguir quatro massas de ar:

a) Zona dos alísios de SE do anticiclone do Atlântico Sul, fonte da massa *Equatorial atlântica (Ea)*;

* Rev. Bras. Geografia, 28 (3); jun./set., 1966.

b) Zona dos alísios de SE do anticiclone do Pacífico Sul, fonte da massa *Equatorial pacífica* (Ep);

c) Zona dos alísios de NE do anticiclone do Atlântico Norte (dos Açôres), fonte da massa *Equatorial norte* (En).

Essas três fontes são separadas entre si pelo continente e pelas calmas equatoriais. Todas três possuem subsidência e conseqüentemente uma inversão térmica que dificulta a mistura assegurando-lhe estabilidade.

d) Zona aquecida e caracterizada pela presença de florestas e savanas onde dominam as calmarias do regime depressionário continental, fonte da massa *Equatorial continental*.

Vejamos com alguns detalhes as propriedades das massas Ea e Ec, pois para o Brasil estas intervêm diretamente.

mEa — Constituída pelos alísios de SE do Atlântico, compõe-se de duas correntes, uma inferior fresca e carregada de umidade oriunda da evaporação do oceano, e outra superior quente e seca, de direção idêntica, mas separadas por uma inversão de temperatura, a qual não permite o fluxo vertical do vapor, assim barrado, assegurando bom tempo. Entretanto, em suas bordas, no *doldrum* ou no litoral do Brasil, a descontinuidade térmica se eleva e enfraquece bruscamente, permitindo a ascensão conjunta de ambas as camadas dos alísios. Desse modo a massa torna-se aí instável, causando as fortes chuvas equatoriais e as da costa leste do continente, estas agravadas pela orografia.

mEc — Como vimos, essa massa se forma sobre o continente aquecido onde dominam as calmas e ventos fracos do regime depressionário, sobretudo no verão. Nesta época, o continente é um centro quente para o qual afluem de norte e leste os ventos oceânicos oriundos na massa En mais fria, vindo constituir, em terra, a massa Ec.

Na depressão térmica produz-se acentuada ascensão, que, dada a falta de subsidência, empresta-lhe um caráter de instabilidade convectiva. Isto permite que a umidade específica se distribua mais uniformemente com a altura. Por se tratar da massa constituída de ventos oceânicos, e sujeita a freqüente condensação, a umidade relativa é elevada, sendo característica a formação de grandes cúmulos-nimbos e precipitação abundante.

Massas Tropicais — Zona de ventos variáveis e divergentes das calmarias subtropicais, ou seja, dos anticiclones semifixos do Atlântico e do Pacífico. Limitam ao sul com as massas polares, e se estendem ao norte até a zona dos alísios de SE. Estas massas de divergência anticiclônica possuem subsidência superior, a qual favorece a mistura lateral e impede a vertical, dando-lhe um caráter de homogeneidade.

Vejamos a seguir com mais detalhes as massas Tropical atlântica e Tropical continental, que nos interessam diretamente.

a) *mTa* — Forma-se na região marítima quente do Atlântico Sul, recebendo por isso muito calor e umidade na superfície. O movimento do ar nessa região é determinado pelo anticiclone subtropical, bastante persistente. O ar é muito uniforme na superfície, com muita umidade e calor, porém sua uniformidade não se estende a grandes alturas, porque na parte leste dessa alta subtropical há um persistente movimento de subsidência a uns 500 a 1.000 metros acima do mar. A umidade absorvida do oceano se limita à camada superficial. Na parte oeste das altas subtropicais há um ligeiro movimento ascendente com grande mobilidade vertical do ar que eleva a subsidência para acima de 1.500 m. Como conseqüência, a umidade absorvida do oceano penetra até grandes alturas tornando o setor ocidental da massa tropical marítima mais sujeita a instabilidade que o setor oriental. Além disso, devido à presença da corrente marítima (quente), a massa sofre grande aquecimento na costa da América do Sul, sobretudo no verão, quando é maior a temperatura daquela corrente, tornando-se por isso instável. A diferença entre a estrutura da massa de ar nas partes leste e oeste da alta subtropical pode ser constatada comparando a precipitação no oeste da África com a do leste da América do Sul. A inversão superior que é mais alta a oeste, eleva-se pouco a pouco, desaparecendo a sudoeste ao se aproximar da frente polar. Isto possibilita a mistura por convecção da umidade específica que se achava concentrada abaixo da inversão, realizando a instabilidade com a ascensão frontal nas latitudes subtropicais.

b) *mTc* — Essa massa adquire maior importância durante o verão, ou melhor, dos fins da primavera ao início do outono. Sua região de origem é a estreita zona baixa, quente e árida, a leste dos Andes e ao sul do Trópico. É oriunda da frontólise na Frente Polar Pacífica, cujos ciclones se movem para sudeste ocluindo depois de transpor os Andes, onde sofrem efeito de dissecação adiabática. Esse fato, ligado à grande insolação do solstício de verão, deve contribuir para a elevada temperatura e secura da massa. A depressão térmica do Chaco se constitui assim em fonte da *mTc*. Esta é constituída por uma circulação ciclônica na superfície, de forte convergência. Entretanto, sua baixa umidade aliada à forte subsidência da Alta superior dificulta a formação de nuvens de convecção e trovoadas, sendo, portanto, responsável por tempo quente e seco.

Massa Antártica — Sua fonte é a região polar de superfície gelada, constituída pelo continente antártico e pela banquiza fixa. Seu limite coincide aproximadamente com a isoterma de 0° na superfície do mar. Aí se instala um anticiclone permanente, cuja inversão superior é muito baixa, assegurando a essa massa notável estabilidade. Quando a massa quente superior emite correntes de ar para baixo, este possuindo velocidade muito fraca, permanece durante intervalos de longo tempo em contacto com a superfície subjacente gelada, e a adaptação entre o ar e essa superfície é mais ou menos completa. Com essas características o ar é

distribuído pela divergência anticiclônica, em todas as direções, mas sempre com desvio para oeste.

Massas Polares — Originam-se na zona subantártica ocupada pelo *pack* e outros gelos flutuantes levados pelas correntes antárticas. Trata-se de uma zona de transição entre o ar polar e o tropical. Dessa zona partem os anticiclones subpolares que periodicamente invadem o continente sul-americano, com ventos de SW a W. Estas massas quase não possuem subsidência, o que permite a distribuição, em altitude, do valor e umidade colhidos na superfície quente do mar, aumentados à proporção que a massa caminha para o trópico. Em decorrência de sua temperatura baixa, chuvas mais ou menos abundantes assinalam sua passagem.

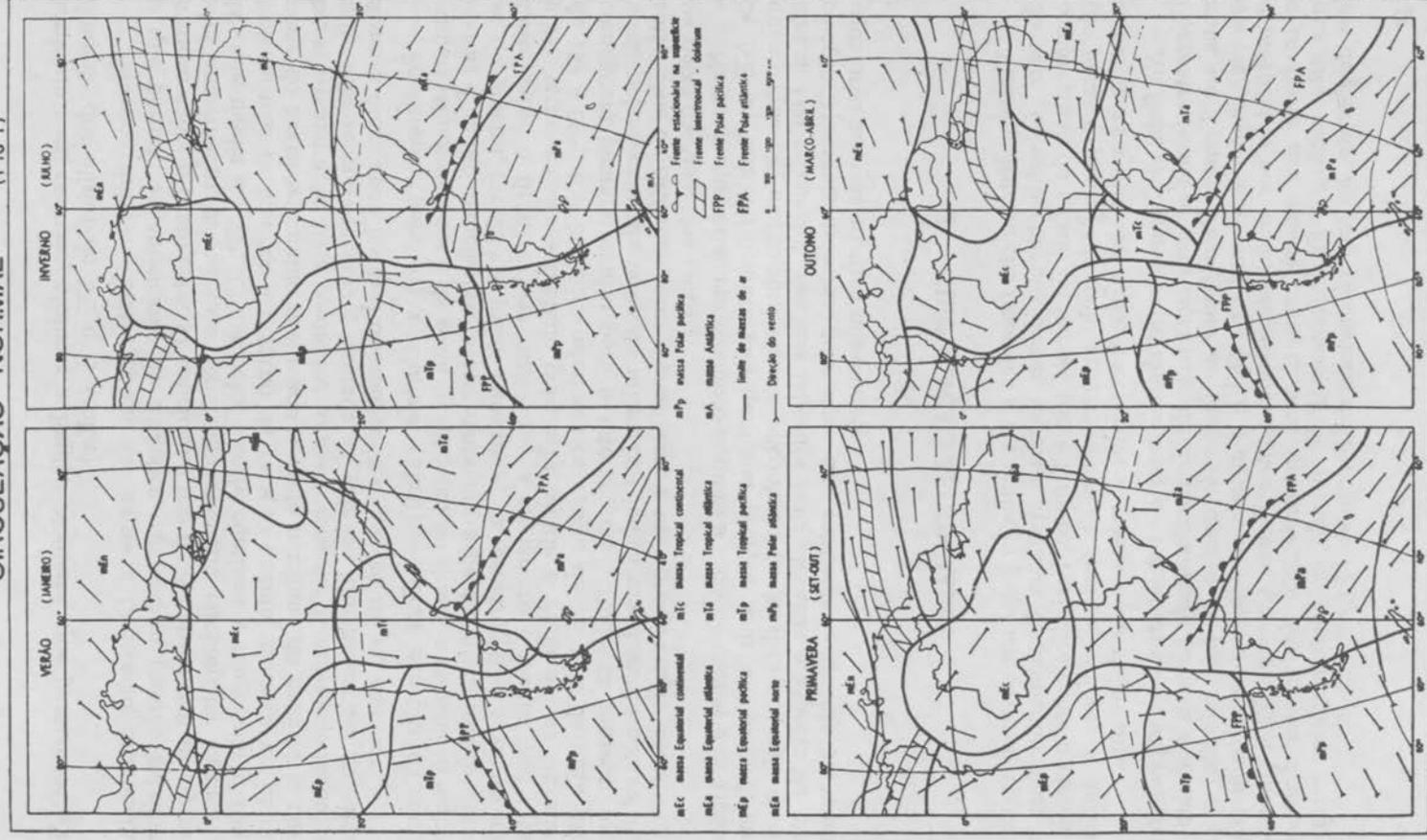
Massas Superiores — São formadas nos níveis elevados dos centros de ação. Formam-se entre 900 a 2.000 metros nos anticiclones polares, contendo ar seco e aquecido pela descida, podendo atingir o solo, sobretudo no verão. Contudo, as mais importantes regiões de origem dessas massas parecem ser as zonas dos alísios, onde constituem as correntes quentes e secas das camadas superiores, ou seja, a subsidência dos anticiclones semifixos dos oceanos. Estendem-se sobre toda área ocupada pelos alísios de SE do Pacífico e do Atlântico sul, e sobre os alísios de NE do Atlântico norte, acima do nível compreendido entre 500 a 2.000 m. A origem de tais correntes superiores ainda não foi explicada. O certo é que sua existência, nessa ou naquela massa de ar, é um fator importantíssimo para as condições do tempo. Assegura ela bom tempo e, desde que desapareça, a instabilidade se realiza.

2 — CIRCULAÇÃO NORMAL — DISTRIBUIÇÃO ISOBÁRICA E VENTOS ¹

Verão (janeiro) — Nesta época do ano, em virtude do maior aquecimento do continente em relação ao mar, acham-se enfraquecidos o anticiclone semifixo do Atlântico e o anticiclone da Antártica. A depressão térmica continental (Baixa do Chaco) e a Depressão do Alto Amazonas, acham-se aprofundadas. Conseqüentemente as massas Ea e Ta tangenciam o litoral leste do Brasil com ventos (alísios) de SE e E, ao norte de 10°S e de NE a NW, desta latitude até a de 40°S. Parte destes últimos adquire componentes para o interior em torno à Depressão continental. O anticiclone antártico está muito ao sul (além de 65°), o mesmo sucedendo à faixa depressionária circumpolar, de onde partem as Frentes Polares, agora ao sul de 40°. Os alísios de NE do anticiclone do Atlântico norte (mEn), sob o efeito do grande aquecimento terrestre, são aspirados para o interior do continente, formando a *monção do verão* do norte do Brasil, esta fortalece a mEc a qual se estende por quase todo o nosso

¹ Vide Fig. 1.

CIRCULAÇÃO NORMAL (FIG 1)



território sem, contudo, alcançar a Região Nordeste, que permanece sob domínio dos alísios de SE e E (mEa).

Inverno (julho) — Nesta época não existe a Depressão continental o que permite ao anticiclone do Atlântico, agora com pressão máxima, avançar sobre o continente. O anticiclone frio do Antártico tem suas pressões aumentadas, enquanto a zona depressionária circumpolar alcança a latitude média de 35°. O anticiclone norte continua a tangenciar o continente, mas desaparece a monção da estação quente. Embora no litoral norte do Brasil seja muito acentuado o vento marítimo do hemisfério norte, sua penetração para o interior torna-se escassa. Conseqüentemente a mEc acha-se enfraquecida e limitada ao vale do Alto Amazonas que será assim a única zona instável durante todo o ano, ao sul do equador.

Primavera (outubro) e *Outono* (abril) — Com exceção da zona equatorial nos oceanos e da costa setentrional do Brasil, a circulação nestas épocas é muito semelhante, e apresenta um aspecto intermediário entre as de janeiro (verão) e julho (inverno). A penetração dos ventos de Leste sobre o Brasil é bem maior que a de janeiro e menor que a de julho, representados sobretudo pela mTa, desde o Prata até as latitudes de 15° a 20°. Em latitudes inferiores os ventos de SE e E da mEa não conseguem penetrar muito para o interior, em virtude da barreira formada pelos ventos de oeste da mEc. Isto indica um domínio notável do anticiclone do Atlântico sobre o continente e uma posição mais setentrional da Baixa da Amazônia (mEc).

Na zona equatorial, em setembro-outubro a faixa de calmas e os alísios de NE do hemisfério norte alcançam sua posição mais setentrional, enquanto que em março-abril eles se encontram na localização mais meridional. Daí se conclui que, nas latitudes mais elevadas o aspecto da circulação apresenta maiores diferenças nos solstícios, enquanto na zona equatorial aquelas ocorrem nos equinócios.

3 — CIRCULAÇÃO SECUNDÁRIA

Vimos a distribuição isobárica e a circulação geral nas diversas épocas do ano. O conhecimento destes aspectos, embora fundamental para a compreensão do estado do tempo, não é o único. Periodicamente a circulação geral é perturbada pelo aparecimento de *frentes, ciclones e anticiclones móveis* que são, aliás, necessários à manutenção da mesma.

Na linha de choque entre duas massas de temperatura e componentes diferentes forma-se uma superfície de descontinuidade térmica que denominamos Frente. Uma frente ao longo da qual o ar frio substitui o ar quente, chama-se Frente Fria (KF); e aquela ao longo da qual o ar frio é substituído por ar quente, denominamos Frente Quente (WF). Quando o contraste das massas acarreta uma intensificação das frentes dizemos que estas estão em Frontogênese (FG); quando, ao contrário, elas entram em dissipação, ao fato chamamos de Frontólise (FL).

As frentes no hemisfério sul geralmente se estendem na direção noroeste-sudeste. Ao longo delas formam-se ciclones, que se deslocam segundo a mesma direção, no seio dos quais existem acentuada mudança do vento, chuva forte, nuvens baixas e escuras, visibilidade reduzida, forte turbulência e possibilidade da formação de granizo e trovoadas. São seguidas por chuvas finas e contínuas, para finalmente, sob o domínio do anticiclone polar, o céu se tornar limpo com declínio acentuado da temperatura.

Próximo ao topo da cúpula de ar frio, o ar quente pode deslizar para baixo, o que além de produzir um aquecimento adiabático, torna a atmosfera mais seca.

Ao longo da WF, a exemplo da KF, o ar quente se desloca para cima seguindo a inclinação da superfície frontal, formando um extenso sistema pré-frontal de nuvens. A velocidade dessas frentes em geral é pouco maior que a metade registrada pelas frentes frias. As frentes quentes não se caracterizam tão bem como as frias, pois a chuva quente aquece e umedece o ar frio através do qual cai, alterando grandemente num tempo relativamente curto as características físicas da massa de ar frio.

3.1 — Frente polar

As massas que deixam o continente antártico (anticlones móveis) penetram nos oceanos onde se aquecem e umedecem rapidamente. Com o desaparecimento da subsidência, elas se tornam instáveis e, com tal estrutura, invadem o continente sul-americano, entre os dois centros de ação, do Pacífico e do Atlântico, seguindo duas trajetórias diferentes condicionadas pela orografia: a primeira, a oeste dos Andes, e a segunda, sob a forma de grandes anticlones, a leste dessa cordilheira.

Na primeira trajetória, a oeste dos Andes, os ventos frios da massa polar no encontro com os ventos quentes da massa TP constituem uma zona de FG denominada Frente Polar Pacífica. No verão essa trajetória é muito comum, pois com o enfraquecimento do anticiclone do Pacífico e o afastamento inicial da FPP do continente americano, o ar polar encontra menor resistência em sua marcha para o norte. Já no inverno, com o anticiclone do Pacífico avançado para o litoral e a FPP sendo muito mais ativa, as massas frias percorrem de preferência as zonas a leste da cordilheira, depois de transpô-la em sua extremidade meridional, seguindo novo percurso.

Neste, que será a segunda trajetória seguida pelo ar polar, a descontinuidade térmica, oriunda do encontro entre os ventos frios da massa polar com os quentes do sistema tropical, constitui a Frente Polar Atlântica (FPA) que nos interessa diretamente. Condicionado pelo contraste térmico (continente-oceano) e pela orografia, essa frente divide-se em dois ramos que seguem caminhos distintos: o da depressão geográfica continental (Chaco), a oeste do Maciço Brasileiro; e o do oceano Atlântico, a leste deste Maciço. Em ambos os caminhos para o equador — o con-

tinental e o oceânico — são notáveis o aquecimento inferior, e o aumento da umidade, sobretudo no verão.

Pelo litoral, isto é, pelo seu *ramo marítimo*, a FPA se desloca para nordeste com ondulações ciclônicas, sobretudo no mar. A partir de 15°S de latitude aproximadamente, tais frentes, em contato com os alísios de SE, perdem sua nitidez pela incorporação ao anticiclone semifixo do Atlântico.

No inverno, em virtude do forte gradiente térmico equador-pólo, é muito mais vigorosa a circulação secundária, as massas frias atingem mais facilmente os alísios de SE (lat. 10°S) podendo, por vezes, alcançar latitudes mais baixas (Recife). Na primavera, atingem geralmente o trópico de Capricórnio, São Paulo-Rio, podendo cobrir o norte capixaba. No verão, em virtude do forte aquecimento do continente, a energia frontal é geralmente muito fraca e o ramo marítimo da frente toma, via de regra, uma orientação NE-SW sobre o oceano, raramente ultrapassando o trópico. No outono as condições de FG já são mais favoráveis, e a FPA normalmente ultrapassa aquele paralelo; no entanto, a convergência intertropical (a qual estudaremos posteriormente), nesta época impelida para o hemisfério sul, impede um maior avanço da FPA para as latitudes baixas.

Pelo interior, isto é, pelo seu *ramo continental*, o avanço da FPA também varia latitudinalmente conforme a época do ano.

Durante o inverno, quando as condições de FG são mais acentuadas, os avanços tornam-se mais vigorosos, atingindo comumente o norte de Mato Grosso (lat. 8°S), podendo, não raro, alcançar o Alto Amazonas, provocando, em casos excepcionais de grande intensidade, a chamada *friagem*. Esta consiste numa invasão, durante o inverno, de vigoroso anticiclone frio de massa polar, cuja trajetória ultrapassa praticamente o equador. O fenômeno, conforme diz A. Serra, apresenta-se notável, não só pela sua raridade, como também pela extraordinária queda de temperatura que acarreta, muito prejudicial aos moradores habituados ao aquecimento da região. Na primavera suas incursões, embora raras, podem atingir a latitude de 10° em Mato Grosso. No verão, o forte aquecimento da região do Chaco impede, geralmente a passagem de ar polar para as latitudes baixas. Durante o outono o comportamento da circulação secundária proveniente do pólo é muito semelhante ao da primavera, como transição entre o quadro dinâmico do verão e inverno.

Necessário se torna dizer que, somente quando há duas passagens frontais sucessivas no sul do Brasil, a FPA consegue ultrapassar o trópico, o que ocorre comumente no inverno e raramente no verão; isto porque, embora sob a influência da frente polar a região do Chaco se tenha resfriado, a intensa radiação nesta época logo se faz sentir restabelecendo a Baixa local, e dificultando assim o suprimento do ar polar no Brasil.

Enquanto a FPA é impedida de seguir o caminho da depressão geográfica do Chaco, seu ramo marítimo prossegue no percurso para o norte até o paralelo de 22° aproximadamente. Aí estaciona em média um a dois dias para em seguida sofrer FL e recuar como WF, provocando chuvas

persistentes no sudeste do Brasil, até desaparecer no oceano. Enquanto isso, o anticiclone do Atlântico volta a dominar a costa e caminha para oeste à medida que a Baixa do Chaco se restabelece, retornando toda circulação ao seu quadro natural.

Antes, contudo, da circulação se ter normalizado, o ar frio, que estivera estacionado no trópico, é injetado no centro de ação constituindo um reforço do alísio. Este, renovado, avança para a costa do Nordeste sob a forma de *Frentes Tropicais*, produzindo as perturbações cognominadas *ondas de leste*.

Enquanto isso acontece no litoral, na zona interior só indiretamente a FPA acarreta resfriamento. Nesta região o aquecimento continental eleva o ar polar, sendo este transportado pelas correntes de SW da Alta superior (massas superiores) para o norte. Isto renova a instabilidade da mEc, cujas trovoadas são mais devidas ao ar frio superior que ao próprio aquecimento superficial, que é contudo indispensável.

Ao lado das ondulações e mobilidade da FPA devemos ainda considerar seu desdobramento em frentes complementares. Quando a FPA, após ter avançado no sul do Brasil vem a estacionar ou recuar como WF, forma-se uma descontinuidade no trópico, denominada *Frente Polar Reflexa* (FPR). Esta traduz a separação entre o ar polar, já modificado (massa Polar Velha) pela mistura com o ar tropical, e o ar tropical marítimo. Esta frente induzida mantém-se sempre mais ligada ao litoral do que ao interior. Sendo um reflexo da frente principal, sua existência acusa marcado contraste com as condições daquela. Quando a frente principal (FPA) entra em FG, a frente complementar (FPR) sofre FL, recua em sua direção ou mesmo se dissolve. Quando, ao contrário, a FPA está em FL, a FPR entra em FG.

Uma vez constituída a FPR, ela progride para o norte, no máximo 15 a 20 quilômetros, sempre que nova FG ocorre no Prata, com FPR localizada nesta região.

Na FPR as precipitações se devem mais à convergência e divergência que propriamente à ascensão frontal.

Quando a FPA avança sob a forma de KF intensa, alcançando o Rio Grande do Sul, a FRP desaparece, acarretando forte limpeza pré-frontal no trópico.

3.2 – Convergência intertropical (CIT)

Outra região frontogenética é a zona equatorial. Aí, da convergência dos alísios dos dois hemisférios resulta uma descontinuidade térmica denominada *Convergência Intertropical* (CIT). A ascensão conjunta do ar na CIT produz uma faixa de calmas denominadas *doldrum*, zona de aguaceiros e trovoadas.

A posição dessa convergência varia com o movimento geral do Sol na eclíptica. Em virtude da sua grande área continental o hemisfério Norte é mais quente, em média, que o Sul. Por esse motivo, a CIT se encontra

na maior parte do ano sobre o primeiro. Em julho o resfriamento do hemisfério Austral mantém a CIT cerca de 10°N. Em janeiro o resfriamento do hemisfério Boreal consegue deslocá-la para o Austral, mas a massa de ar deste último, pouco aquecida mesmo no verão, detém a CIT pouco abaixo do equador. Suas posições extremas se dão no fim do verão e no inverno, quando é maior a diferença de temperatura entre os hemisférios (março-abril para o hemisfério Sul e setembro-outubro para o Norte).

A orientação da CIT não é também sempre a mesma. Esta depende da posição dos anticiclones. Na maior parte do ano ela mantém orientação zonal (E-W). Entretanto, de janeiro a abril, em virtude do traçado dos continentes, o anticiclone do Atlântico Sul fica muito a leste do núcleo dos Açores o que força a CIT a um movimento de rotação que a orienta no sentido NE-SW. Esta última posição é a responsável pelos pequenos totais pluviométricos do Sertão do Nordeste, justamente na época da sua estação chuvosa (fim do verão e princípio do outono).

3.3 – Troughs ou linhas de instabilidades tropicais (IT)

Outros fenômenos que merecem apreciação na circulação secundária são as chamadas linhas de *Instabilidades Tropicais*. Nestas, o ar em convergência pode acarretar chuvas caso o ar seja convectivamente instável. Tais fenômenos são comuns no Brasil, separando no litoral, dorsais da massa Tropical, e no interior, da massa Equatorial continental. Sua origem está ligada principalmente ao movimento ondulatório que se verifica na FG da FPA, onde a sucção do ar quente do quadrante norte, em contacto com o ar frio polar, dá origem a ciclones a partir dos quais surgem *instabilidades tropicais* praticamente normais à KF.

As IT se propagam precedendo a KF, por vezes, 1.000 quilômetros, anunciando sua chegada com a formação de altos cúmulos e cirrus, que se deslocam em correlação à KF. Os avanços da FPA para norte impelem as IT para leste, voltando para oeste assim que a FPA estaciona no trópico, dissolvendo ou recuando como WF. Caso as IT estejam diretamente ligadas à FPR, seus deslocamentos se efetuam para leste e posteriormente para sul, quando aquela é dissolvida por nova FG na FPA.

Dentre as IT devemos destacar aquelas que se formam no setor oriental do Brasil. A primeira divide, em altitude, o centro de ação do Atlântico, com orientação N-S ao longo dos meridianos de 45° a 40°, sendo mais freqüente no verão e raro no inverno, geralmente limitado ao norte pelo paralelo de 15° aproximadamente.

Quando a FPA inicia o seu avanço para o trópico sob a forma de KF, surge uma IT estendida N-S a 6 quilômetros de altitude, e caminha para leste, mergulhando no oceano à medida que avança a KF, antecipando-se à mesma pelo menos 24 horas. Com o recuo da KF esta IT se desloca para oeste, podendo provocar chuvas no litoral leste e sudeste, que são as zonas mais atingidas pelos efeitos de tais fenômenos. A segunda IT é também de caráter semipermanente e sua faixa de ação é o litoral oriental

do Nordeste, cuja descrição será feita simultaneamente com as chamadas *ondas de leste*.

3.4. — Ondas de leste (EW)

Vimos que a massa Ea possui duas camadas: a inferior, fresca e úmida, e a superior, quente e seca, separadas por uma inversão de temperatura que assegura estabilidade. Vimos também que no litoral do Nordeste esta inversão desaparece, dando lugar a uma IT que costuma aí dividir o centro de ação do Atlântico em duas dorsais — a de leste e a de oeste.

Na IT a convergência do ar acarreta instabilidade, mas nem sempre chuvas, em virtude da elevada temperatura. Estando a FPR localizada no Estado do Rio, já no litoral do Nordeste a IT produz uma EW. Tal formação é mais ou menos fixa e persiste cerca de dois dias na costa, com ventos de SE, céu encoberto e chuvas contínuas, que não ultrapassam a Borborema, ficando o interior sob a divergência da dorsal de oeste com nebulosidade 6-8 de estratos-cúmulos.

Assim que uma nova FPA chega a São Paulo a EW se dissolve, os ventos voltam à direção E-NE (circulação normal), e a temperatura cai. O estacionamento da KF no trópico e a conseqüente formação da FPR provoca novas EW. Se a própria KF avançar até a Bahia acarreta aquecimento na costa do Nordeste, o que resulta em frontólise da EW.

A passagem da KF até o Rio Grande do Sul (principalmente com estacionamento) provoca forte instabilidade e chuvas de IT no litoral do Nordeste, porém as típicas EW ocorrem quando há formação de FPR no Estado do Rio. Como a KF raramente alcança o trópico no verão, mais comumente atingindo-o no inverno, as *ondas de leste* são mais freqüentes nesta última estação. Se a KF avança pelo interior até Mato Grosso as EW se deslocam para leste, acompanhando o recuo do anticiclone para o oceano.

4 — ALGUNS ASPECTOS DA CLIMATOLOGIA DINÂMICA

Dissemos no início deste trabalho que os estudos de massas de ar são hoje os princípios básicos da climatologia. Daí a denominação de Climatologia Dinâmica ao ramo dessa ciência a suceder a Climatologia Física e a Bioclimatologia. Entretanto as análises das massas de ar devem aqui ser compreendidas no seu sentido mais amplo, abrangendo ainda as Frentes, os ciclones e anticiclones móveis, e demais fenômenos dinâmicos, ou seja, o estudo da circulação atmosférica.

Pode parecer aos menos avisados que Climatologia Dinâmica e Meteorologia constituem uma única ciência. Entretanto, entre elas a distinção é bastante grande, não apenas entre seus métodos de investigação como também nos objetivos e resultados alcançados. Enquanto o meteorologista se interessa por massas de ar e frentes como problemas individuais que

ele tem que enfrentar em seu trabalho diário, o climatologista dinâmico, conforme define Bergeron, usa-os como instrumentos para explicar os fenômenos climáticos persistentes. Ele não está, como o meteorologista, interessado em nenhum ciclone individualizado, mas sim na persistência de certos tipos de ciclones ou de frentes, em suas tendências a seguir certas trajetórias e em suas diferenciações ou analogias de uma região para outra. Em suma, está interessado em outra feição da circulação atmosférica: compreender o porquê de certos anos serem mais úmidos ou mais frios que outros. Esta questão somente pode ser respondida pelos métodos da Climatologia Dinâmica, não podendo à mesma responder a Meteorologia, nem mesmo a Climatologia Física ou a Bioclimatologia.

A análise da Climatologia Dinâmica de uma região é levada a efeito pela inspeção de cartas sinóticas da região, que cubram maior período de tempo possível. Dessa inspeção são anotadas as seguintes informações:

1 — um sumário da classificação, propriedades e regiões de origem das massas de ar que afetam a região. Este sumário em geral é desdobrado em:

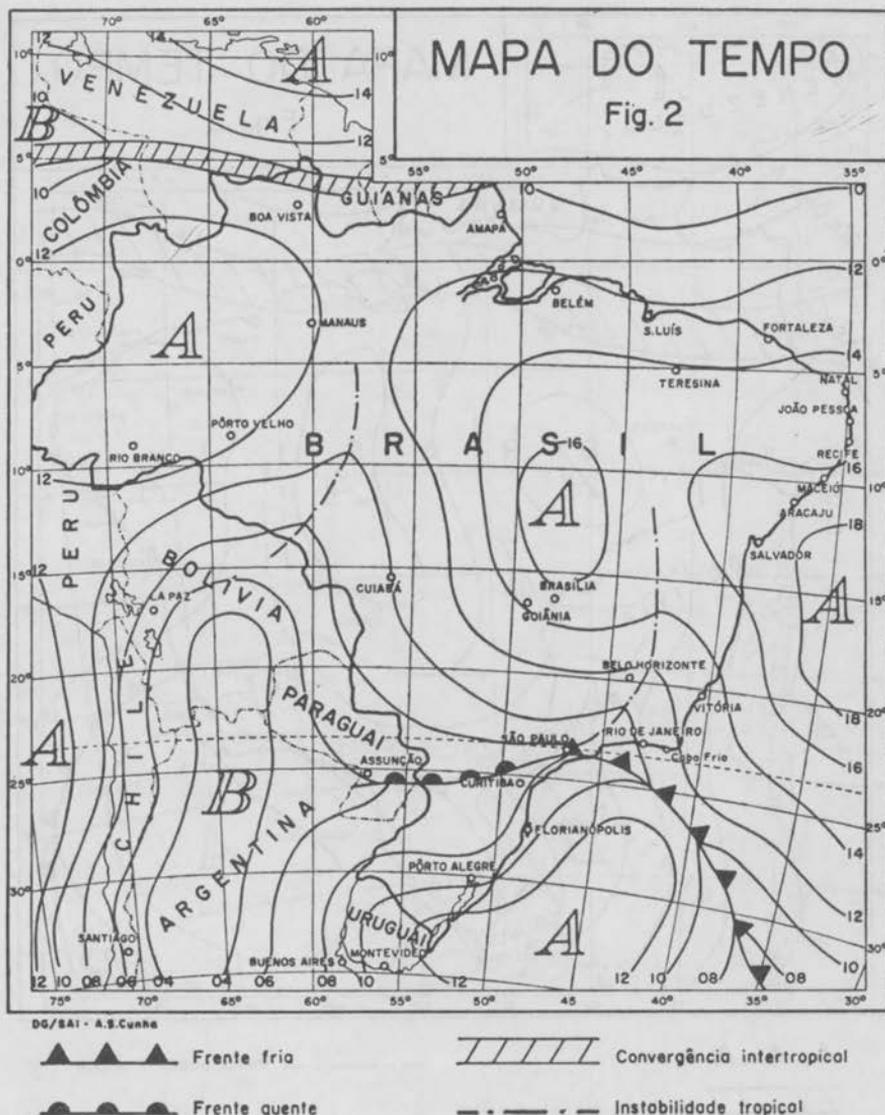
a) estudo das frequências de cada massa de ar expressa em porcentagem do tempo que cada uma está presente sobre a região, para pelo menos 4 meses ao ano. Levando em conta a posição do Sol em relação à Terra, são escolhidos por convenção, janeiro, abril, julho e outubro, meses cujas condições de circulação atmosférica são mais afetados pelos solstícios e equinócios. Os gráficos de Circulação Atmosférica que apresentamos neste trabalho são um exemplo, ainda que neles não estejam as frequências de cada massa de ar representadas em porcentagem, e sim, apenas a predominância desta ou daquela massa;

b) estudo das propriedades, as quais são melhor expressas em mapas de isoietas, de número de dias de chuva, mapas de temperaturas mensais e diurnas (médias e amplitudes) e outros elementos significativos, para os quatro meses citados, sempre correlacionando à situação dinâmica da atmosfera daqueles momentos e períodos observados.

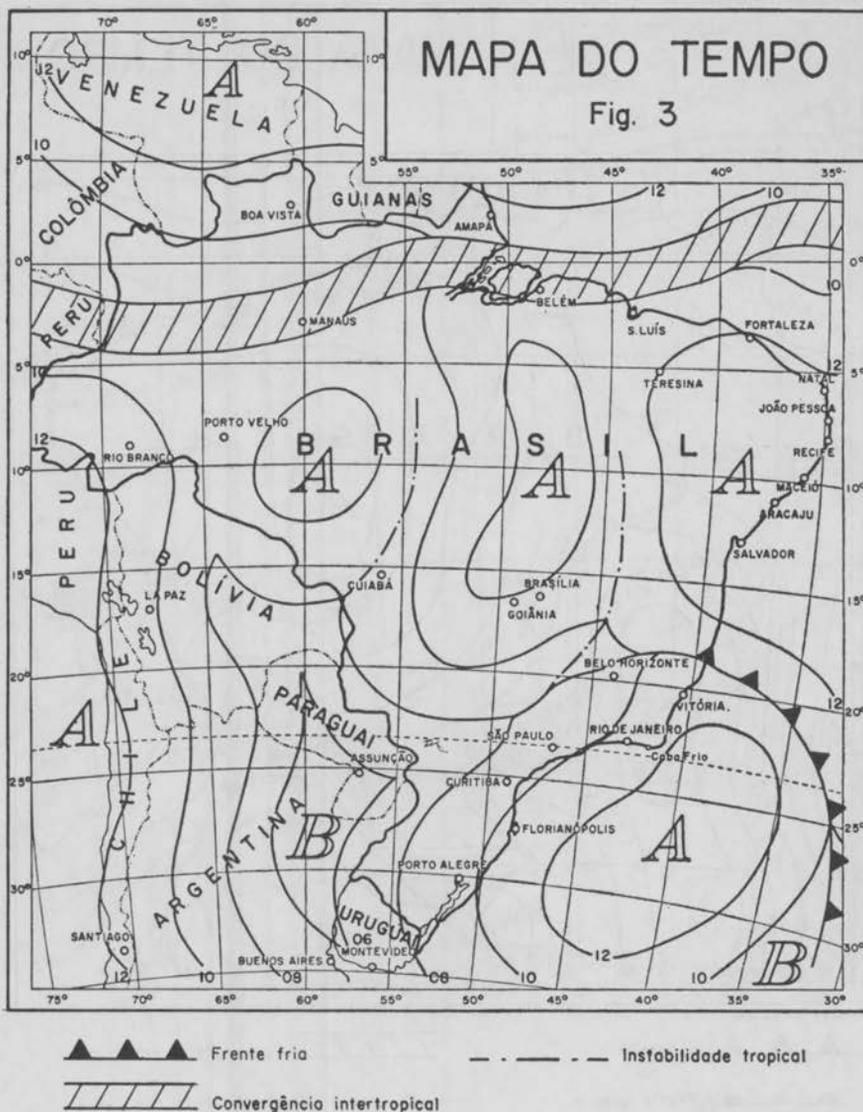
2 — Trajetórias dos ciclones, anticiclones e frentes que afetam a região, com a observância das modificações das massas de ar e precipitação, períodos de seca e períodos de chuva associados a esses deslocamentos e observados para os quatro meses padrão.

Nas figuras de 1 a 9 pretendemos dar exemplos de algumas situações de tempo no Brasil que são representativas das frequências observadas de alguns desses elementos para os quatro meses padrão.

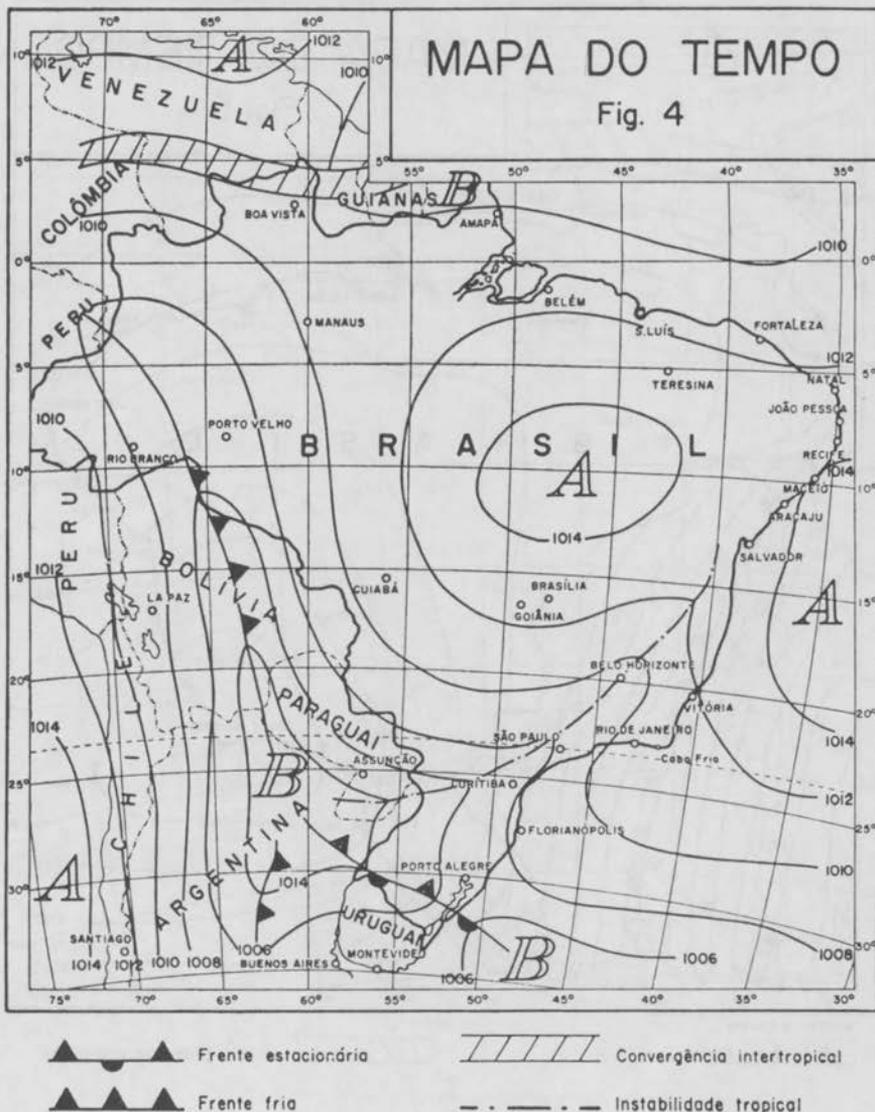
Verão — A Frente Fria após avançar até o trópico tem sua atividade declinada e entra em dissolução. Inicialmente no interior, impedida pela Baixa do Chaco, onde seu ramo continental recua como Frente Quente, mantendo-se a instabilidade nos Estados do Sul. Enquanto isso, no interior surgem linhas de Instabilidades Tropicais e trovoadas esparsas nas áreas por elas atingidas. A CIT permanece no hemisfério setentrional, distante do litoral norte (Fig. 2). Nesta época, dificilmente a Frente Fria con-



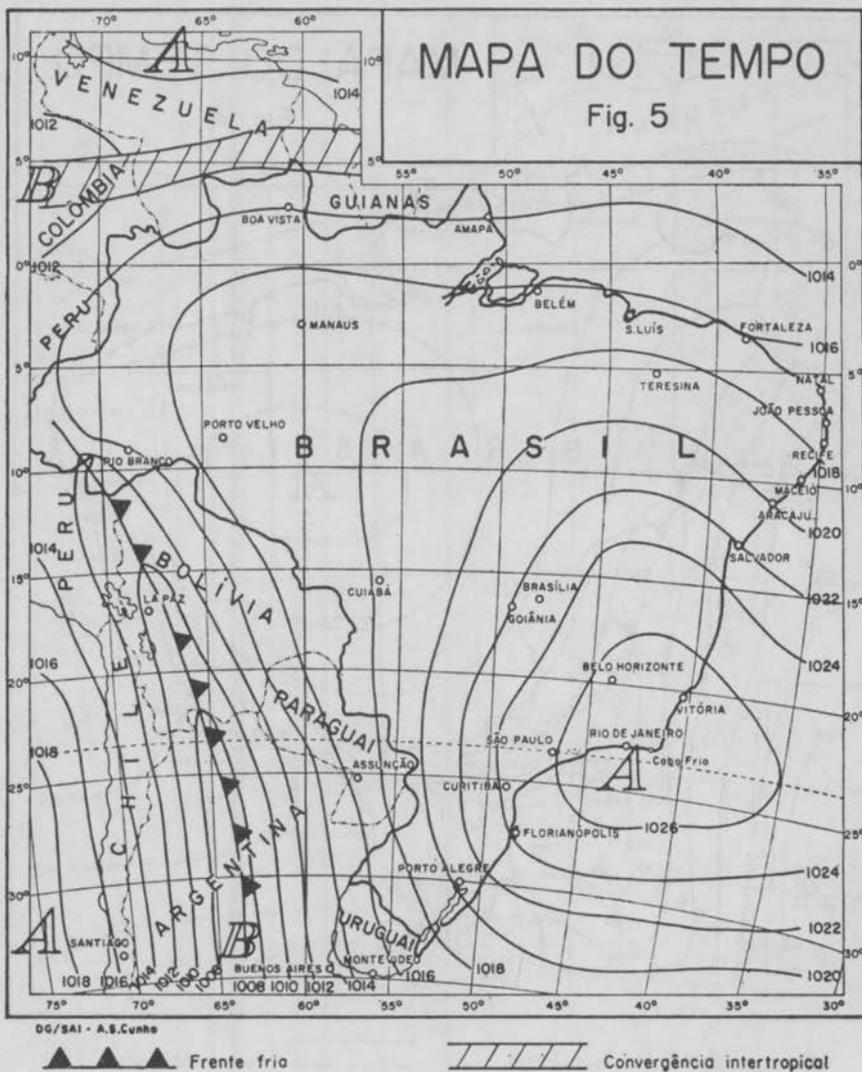
segue ultrapassar o trópico e alcançar o litoral baiano. Entretanto, mesmo quando isso acontece normalmente seu ramo continental não consegue alcançar latitudes baixas. Este, após recuar como Frente Quente, é absorvido pela Baixa do Chaco, muito intensa nessa estação. Enquanto isso, IT induzidas na massa Ec, e entre esta e a massa Ta, acarretam insta-



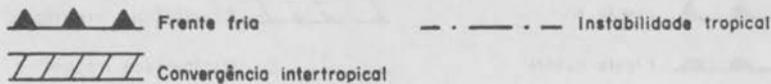
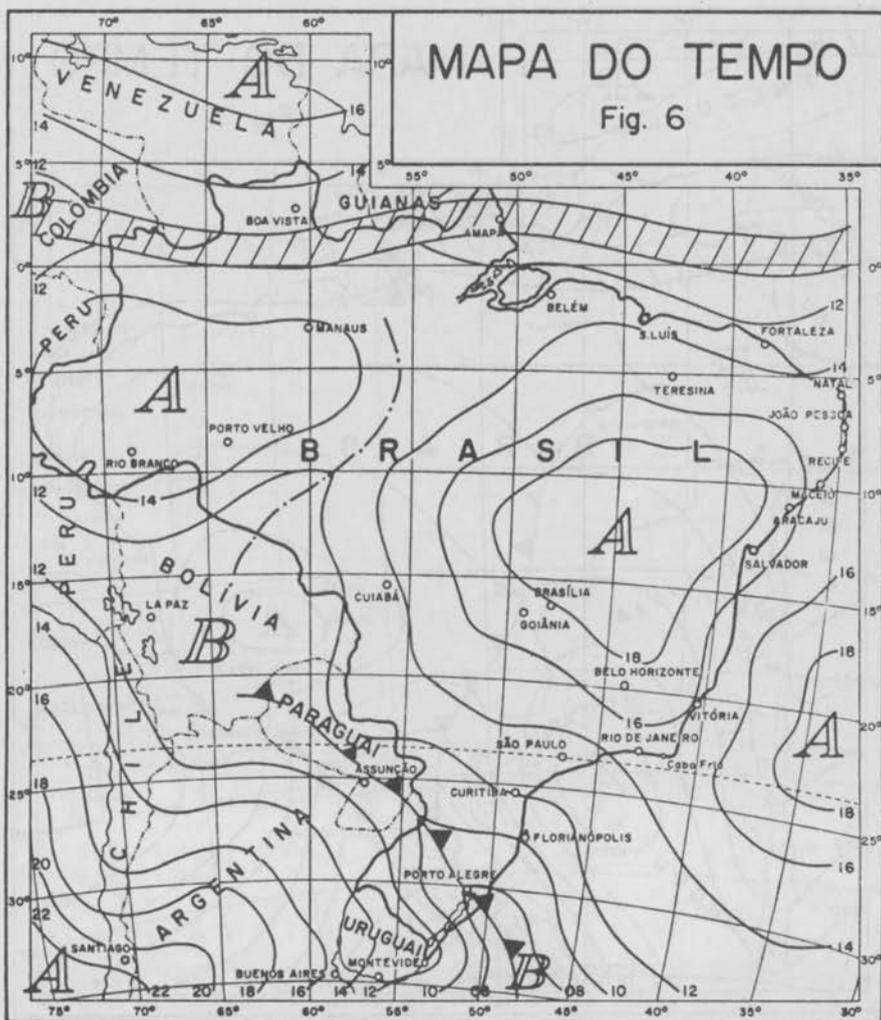
bilidades com trovoadas e chuvas esparsas. O notável avanço da Frente Fria, mantendo orientação E-W, provoca a descida da CIT até o litoral Norte e Amazônia com chuvas ao longo da massa (Fig. 3). Se a Frente Fria não tiver muita energia e ficar estacionada no Rio Grande do Sul, a partir dela formam-se IT como mostra a Fig. 4, quando um destes fenô-



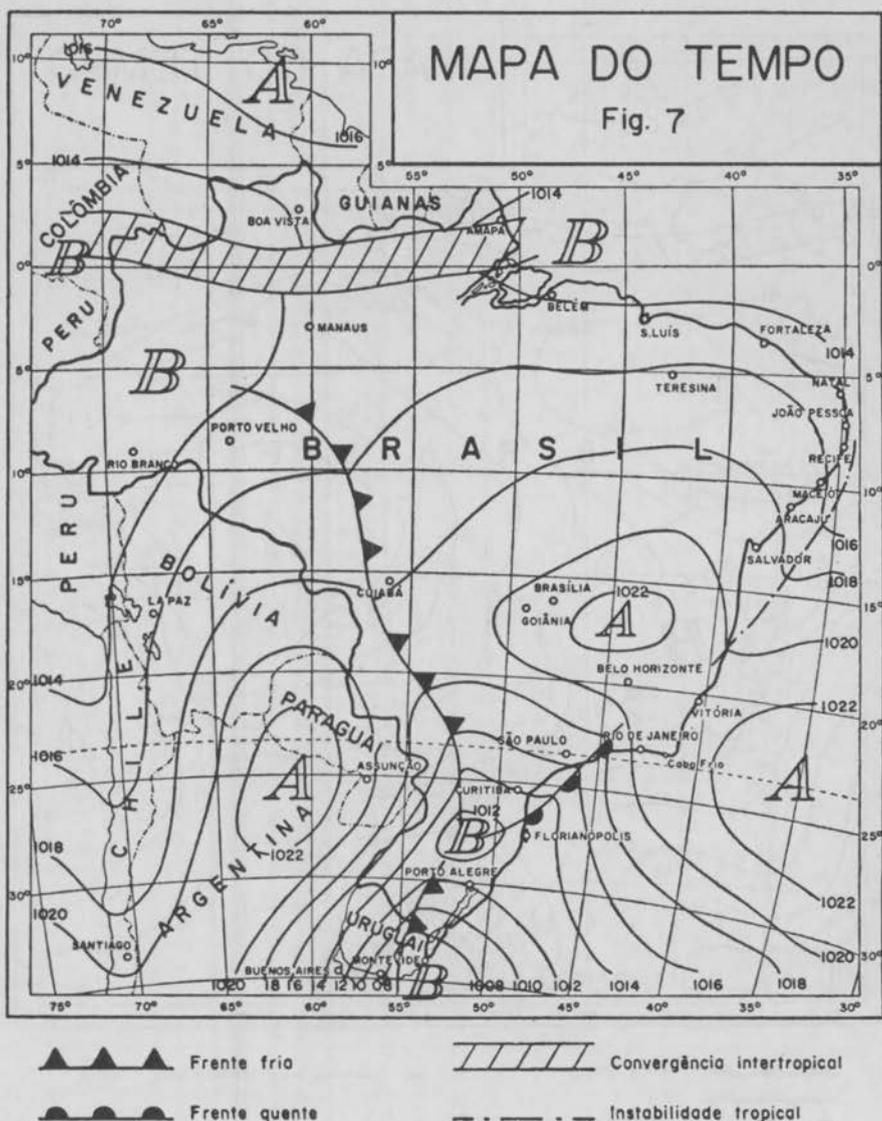
menos se estende de Assunção a Salvador, dividindo a massa Tropical em dois núcleos, tendendo a alcançar o litoral do Nordeste. Assim, enquanto nas convergências polar e da IT ocorrem chuvas, no interior, sob massa Tropical o tempo permanece seco e a CIT não desce para o hemisfério Meridional.



Inverno – Com a Frente Fria distante, o anticiclone do Atlântico Sul (formador das massas Ta e Ea) domina quase todo o País, mantendo o tempo bom com nevoeiros pela manhã, enquanto a CIT mantém-se no hemisfério Norte (Fig. 5). Mas logo que a frente fria alcança o Rio Grande do Sul o anticiclone do Atlântico começa a ser dividido (Fig. 6),

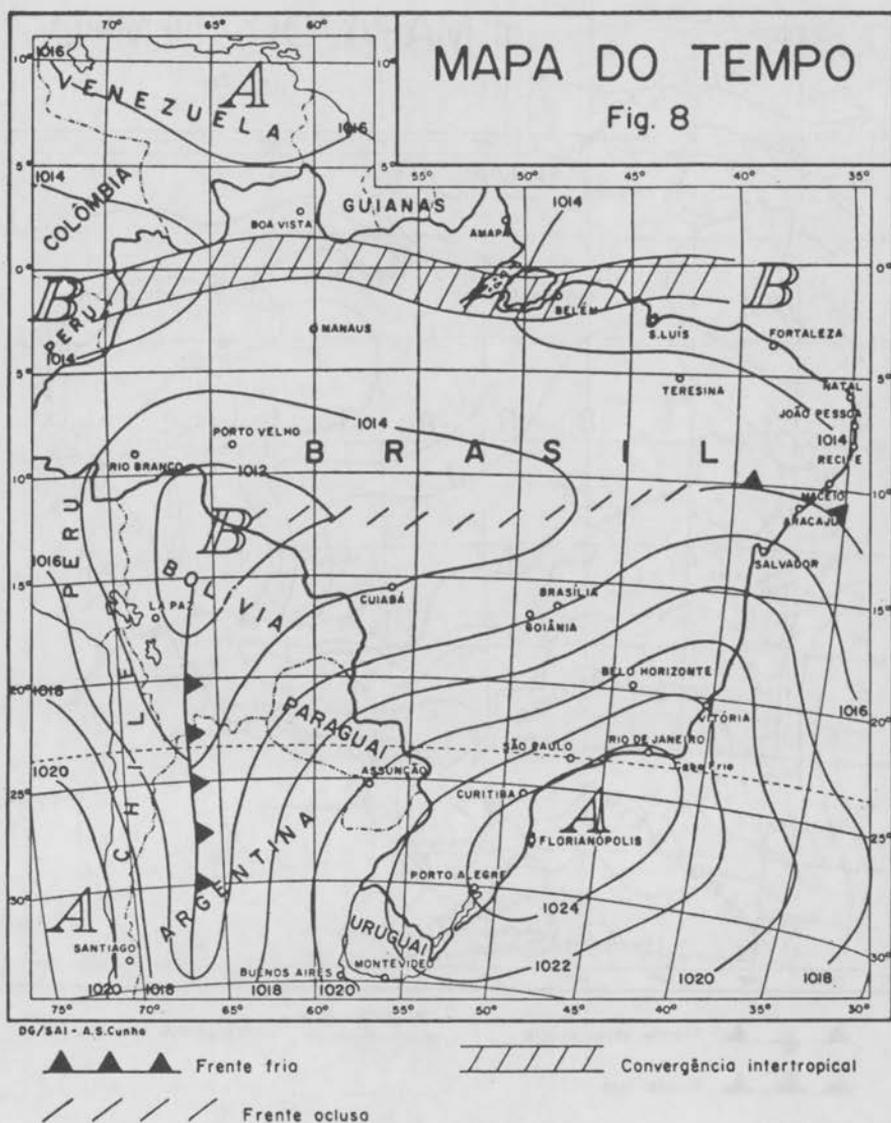


para finalmente fragmentar-se no litoral do Nordeste onde surge uma IT assim que forma um ciclone no Rio Grande do Sul (Fig. 7). Nesta época a Baixa do Chaco acha-se bastante enfraquecida e freqüentemente absorvida pela massa Polar, cujo anticiclone, por vezes, leva a Frente Fria a atingir o litoral do Nordeste para logo a seguir entrar em oclusão, quando

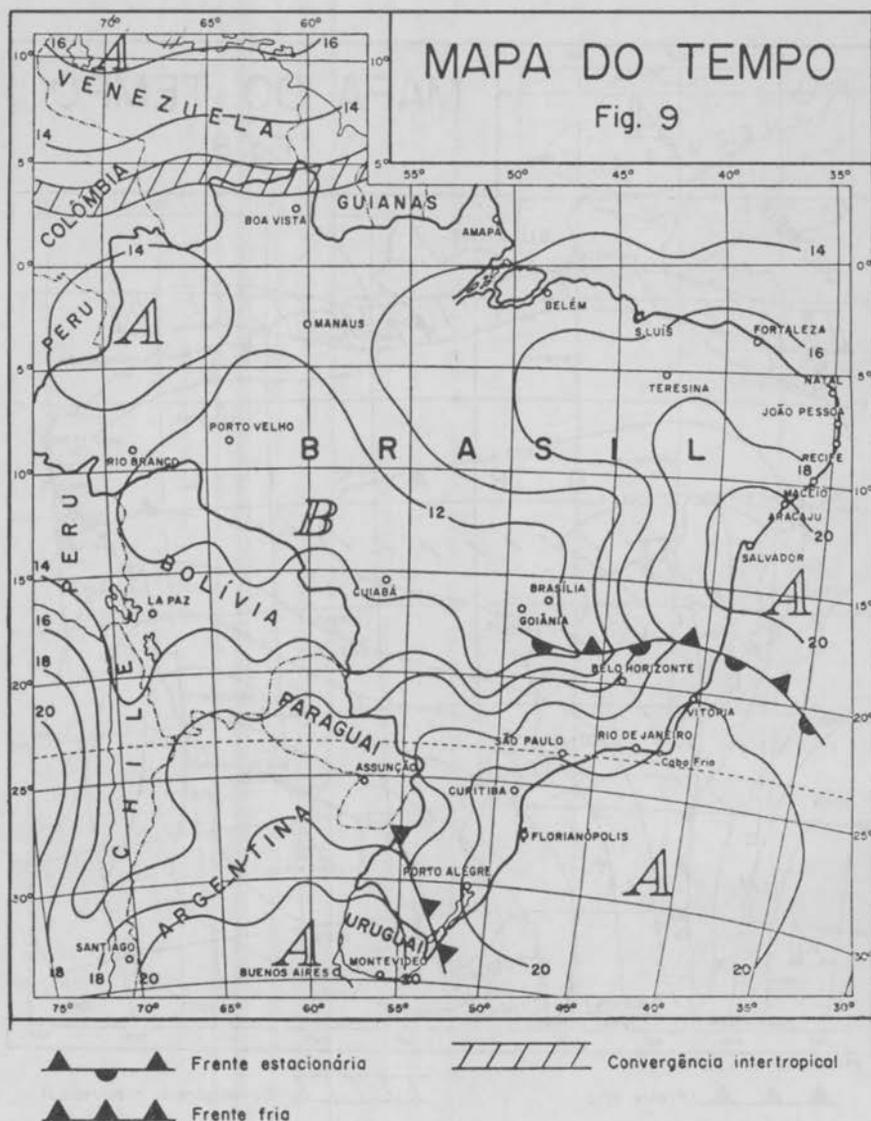


a CIT, que se achava no hemisfério Norte, muito afastada, desce à costa Norte, o que raramente ocorre no inverno (Fig. 8).

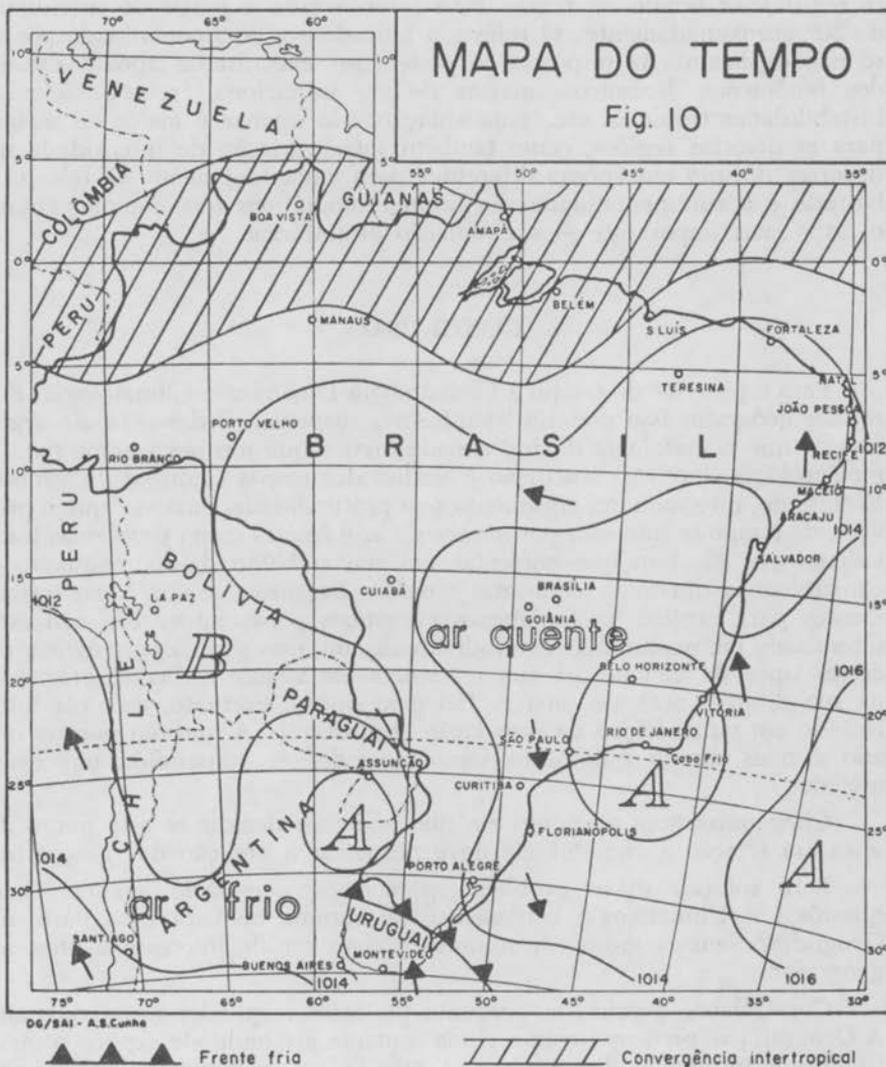
Primavera e Outono – Na primavera, mesmo quando a Frente Fria alcança o Estado da Bahia, não é suficiente para trazer a CIT ao litoral Norte, isto porque nesta época a referida frente se acha em sua posição



mais setentrional (Fig. 9). Enquanto que, no outono, o estacionamento da Frente Fria no Rio Grande do Sul é o suficiente para atrair a CIT para o litoral Norte, uma vez que nessa época sua posição média é a mais meridional (Fig. 10).



3 — Finalmente, com base nas observações dos fatos dinâmicos podemos fazer uma repartição do ano em estações, que podem dar resultados que diferem de uma repartição baseada apenas em considerações de ordem física; ajudam-nos a explicar muitos fenômenos climáticos que são inexplicáveis sem uma análise da circulação. Por exemplo: a existência de esta



ção seca relativamente curta, no Nordeste do Brasil, na encosta leste da Borborema, enquanto no Sertão a estação seca é muito longa; a inexistência de estação seca curta ou muito curta no litoral oriental do Brasil, enquanto o Planalto experimenta um período de seca prolongada; o fato de no Brasil, entre os paralelos de 5° a 16°, principalmente, o clima após ser mais úmido no litoral, tornar-se semi-árido no Planalto, para novamen-

te registrar-se úmido na região mais interiorizada a partir do meridiano de 50° aproximadamente. O relevo, a latitude e a continentalidade por si só não explicam. As respostas só podem ser encontradas após o estudo dos fenômenos dinâmicos: massas de ar, anticiclone, frentes, ciclones, instabilidades tropicais, etc., cuja atuação, não apenas é maior ou menor para as diversas regiões, como também sofre variação de intensidade no decorrer do ano em épocas diferentes para cada fenômeno. O relevo, a latitude e a continentalidade são fatores geográficos que complementam o fator mais importante — a circulação atmosférica.

CONCLUSÃO

Para o previsor do tempo a Climatologia Dinâmica é Climatologia. Por sermos geógrafos isso poderia levantar-nos suspeitas. Poder-se-ia até argumentar que *climatologia dinâmica* nada mais é que um novo nome para a meteorologia sinótica, construção e análise dos mapas sinóticos do tempo. Entretanto, este seria um argumento sem profundidade, uma vez que o previsor de tempo se interessa por massas de ar e frentes como problemas individuais que ele tem que enfrentar em seu trabalho diário, enquanto o climatologista dinâmico, conforme o define Bergeron, usa-os como instrumentos para explicar os fenômenos climáticos persistentes. Ele não está interessado em nenhum ciclone individualizado, mas sim na persistência de certos tipos de ciclone, na sua tendência em seguir certas trajetórias e na sua diferenciação de uma região para outra. Portanto, está ele interessado em outra feição da circulação atmosférica. A questão porque um ano é mais úmido que outro somente pode ser respondida por esses métodos.

Chegamos agora ao ponto em que podemos decidir se este ponto de vista em relação à climatologia deve despertar a atenção dos geógrafos.

Para solução desse problema parece-nos necessário aventar duas questões: A Climatologia Dinâmica é de alguma maneira uma parte da Geografia? Seus métodos e resultados podem ser de interesse e úteis ao geógrafo?

Com relação à primeira pergunta podemos responder negativamente. A Geografia se preocupa com o clima somente até onde ele explica o meio físico e a influência deste sobre as atividades do homem. Preocupa-se com a chuva, e não com seus processos geradores, mais com os resultados finais do que com os mecanismos. À segunda pergunta, entretanto, podemos responder afirmativamente. Não podemos efetivamente descrever o clima — mesmo seus resultados finais — a menos que compreendamos os mecanismos em interação, e estes são muito mais freqüentemente dinâmicos que estáticos. Sumariamente podemos assinalar o interesse e utilidade da Climatologia Dinâmica nos seguintes breves tópicos:

a) os métodos da Climatologia Dinâmica apresentam uma flagrante semelhança com os do geógrafo. As massas de ar e as frentes seriam

as regiões e as fronteiras regionais da atmosfera a superfície da Terra, e reclamam para seu reconhecimento as mesmas aproximações e premissas caras ao geógrafo.

b) Através dessa disciplina podemos interpolar dados climáticos com muito maior êxito do que com aplicação de métodos convencionais que dado seu caráter rígido e generalização leva seus aplicadores, não poucas vezes, a erros grosseiros. O uso de métodos dinâmicos é de especial importância em áreas cujas estações de observação são muito esparsas, tais como, o ártico e subártico canadense, a Amazônia e outras regiões. Podemos também mais prontamente correlacionar um elemento com outro, o que geralmente é impossível com o material estático existente.

c) Com o desenvolvimento das comunicações aéreas tornou-se importante especificar o efeito do clima no vôo, o que é quase impossível sem os métodos dinâmicos. Na Amazônia e no norte canadense, onde o acesso rápido é feito pelo ar, este aspecto do problema assume importância capital — principalmente no Canadá onde as condições climáticas são mais instáveis — uma vez que as possibilidades de transporte são fundamentais para o desenvolvimento dessas regiões.

BIBLIOGRAFIA

- Diretoria de Aeronáutica Civil: Meteorologia para Pilotos, Boletim Técnico n.º 7, Ministério da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 1950.*
- HAUWITZ, Bernhard e AUSTIN, James M.: *Climatology*, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New York and London, 1944.
- NIMER, Edmon: Circulação Atmosférica do Nordeste e suas conseqüências — O Fenômeno das Secas, *Separata da Revista Brasileira de Geografia* n.º 2, Ano XXVI — abril-junho, 1964, Conselho Nacional de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro.
- PETTERSSEN, Sverre: *Introducción a la Meteorologia*, Epasa-Calpe, S.A. Madri, 1962.
- SERRA, Adalberto: *Climatologia da América do Sul* in "Climatologia do Brasil-3", *Boletim Geográfico* n.º 33 (245:43-95), abril/junho, 1975.
- . Circulação Superior, *Revista Brasileira de Geografia*, Anos XV e XVI, números 4 e 1, janeiro-março, 1954, Conselho Nacional de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro.
- . O Princípio de Simetria, *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, julho-setembro, 1962, Conselho Nacional de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro.
- . Secas do Nordeste, *Boletim Geográfico*, Anos XII e XIV, números 5, 123 e 132, novembro-dezembro, 1954 e maio-junho, 1956, Conselho Nacional de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro.
- . *Metodologia do Nordeste Brasileiro*, Conselho Nacional de Geografia, IBGE, 1945, Rio de Janeiro.
- . Previsão do Tempo, *Boletim Geográfico*, Ano VI, n.º 68, novembro, 1948, Conselho Nacional de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro.

----- e RATSIBONNE, Leandro. *As Massas de Ar da América do Sul*, Serviço de Meteorologia, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1942.

TREWARTHA, Glenn T.: *An Introduction to Weather and Climate*, Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York and London, 1943.

WILLETT, Hurd C. *Descriptive Meteorology*, Academie Press, Inc., Publishers, New York, N.Y. 1944.

Circulação Atmosférica do Nordeste e suas conseqüências — o fenômeno das secas

INTRODUÇÃO

Como sabemos, a intervalos diversos se abatem sobre o Nordeste secas calamitosas. Hoje, este fenômeno não é somente explicável, como ainda previsível. A tal respeito Adalberto Serra, eminente meteorologista brasileiro, já publicou diversos volumes, nos quais os aspectos do fenômeno ficaram bem esclarecidos. Entretanto, seja pelas reduzidas tiragens, ou por outros motivos que não conheço, essas obras não têm despertado o interesse que seria de desejar, continuando o fenômeno inexplicado para a maioria e os nordestinos sem o almejado *prognóstico das secas*.

Contudo, é possível que muitos leitores por inadaptação a questões atinentes à Meteorologia não tenham podido compreender exatamente tal fenômeno; assim, parece-me conveniente resumir aqui seus princípios fundamentais.

1 — CIRCULAÇÃO NORMAL

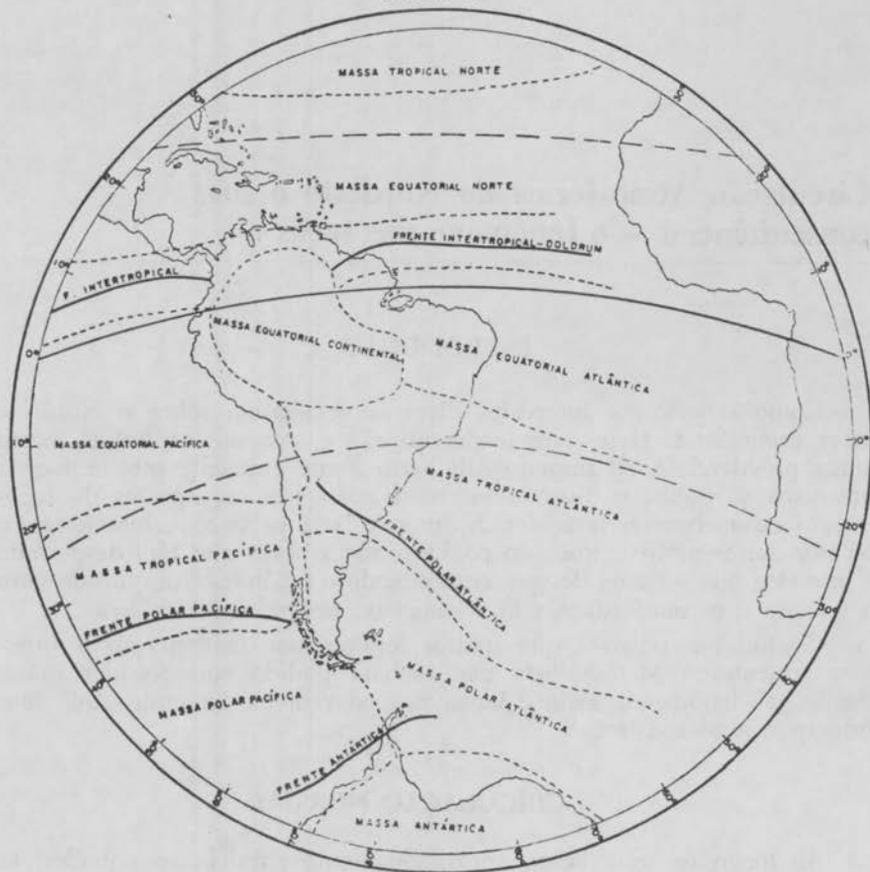
Ao longo de uma linha, aproximadamente paralela ao equador, as massas de ar dos dois hemisférios se contrapõem constituindo a FIT (Frente Intertropical). A ascensão conjunta do ar na FIT produz uma faixa de calmas denominada *doldrum*, zona de aguaceiros e trovoadas.

Condicionada pelo movimento geral do Sol na eclíptica, a posição dessa frente varia com as estações do ano. Possuindo o hemisfério Norte maior área continental, ele é em média mais quente que o hemisfério Sul. Por isso a grande massa de ar frio deste último conserva a FIT, em média, acima do equador. No verão norte a referida frente se encontra cerca de 10°N, atingindo sua posição extrema em setembro, quando o pólo Antártico está mais frio (Fig. 1 A). No verão sul ela se encontra mais próxima do equador, para alcançar sua posição extrema

* Rev. Bras. Geog., 26 (2), abr./jun., 1964.

POSIÇÃO DAS MASSAS DE AR DURANTE
A CIRCULAÇÃO NORMAL EM SETEMBRO

FIGURA -1A



meridional em março, devido agora ao intenso resfriamento do pólo Ártico (Fig. 1 B).

O centro de ação do Atlântico, responsável pelo tempo bom no Sul, alcança sua máxima pressão no inverno (julho) e sua mínima no verão (janeiro).

Sendo assim, a estação chuvosa nordestina ocorrerá de janeiro a abril, durante o movimento extremo para o sul da FIT, ficando secos os meses restantes, sob o domínio do centro de ação do Atlântico, representado aí pela MEA (Massa Equatorial Atlântica).

Esta massa de ar compõe-se de duas correntes: inferior e superior, caminhando ambas na mesma direção. A inferior, bastante fresca por se tratar de ar polar velho, encontra-se carregada de umidade, oriunda da evaporação do oceano ao contacto do forte vento superficial. A corrente superior se apresenta pelo contrário muito quente e seca em virtude da forte inversão de temperatura que a separa da superficial, não permitindo que ambas se misturem; ficando o vapor concentrado na corrente superficial, com uma temperatura tanto mais elevada quanto menor a altitude.

Ao atingirem as duas correntes suas bordas extremas, no *doldrum* ou no litoral do Brasil, a descontinuidade térmica que se vinha elevando

POSIÇÃO DAS MASSAS DE AR DURANTE
A CIRCULAÇÃO NORMAL EM MARÇO

FIGURA - IB



e enfraquecendo, cessa rapidamente, permitindo que se dê uma ascensão violenta das duas camadas do alísio. A primeira, por estar quase saturada, resfria-se segundo o gradiente adiabático úmido, enquanto a superior segue o adiabático seco. Este fenômeno acarreta queda de temperatura em altitude e forte instabilidade que produz chuvas contínuas no litoral. Isto ocorre principalmente no inverno, quando o alísio é mais frequentemente resfriado pela sua mistura com o ar polar marítimo, ficando o interior seco, com exceção apenas das serras.

2 – CIRCULAÇÃO SECUNDÁRIA

Durante a estação chuvosa do interior do Nordeste (*inverno*) não ocorrem chuvas diariamente: estas são interrompidas por períodos de estiagem, tudo subordinado às oscilações da FIT, que por sua vez depende das oscilações das frentes polares do Atlântico Norte e Sul, que agem de modo semelhante e sincronicamente, bastando-nos apenas descrever o mecanismo da última.

Chama-se FPA (Frente Polar Atlântica) à superfície de descontinuidade térmica que separa os ventos circumpolares de W e SW dos mais quentes provenientes do centro de ação, de direções NE e NW. Esta frente se estende, na América do Sul, desde o Chaco até a ilha Geórgia cortando o litoral no Rio da Prata.

O recrudescimento do anticiclone frio impele a FPA em direção ao equador, penetrando em cunha sob o ar tropical quente. A ascensão deste redundando em nuvens, chuvas fortes e condições de formação de gelo e trovoadas no período frontal, seguindo-se tempo frio e seco, que muitas vezes precede as intensas ondas de frio, sob a Alta posterior.

Com o avanço da FPA o centro de ação do Atlântico é deslocado para latitudes mais baixas, isto é, recua; e vai sendo reduzido, para posteriormente ser renovado pelo próprio anticiclone polar quando a FPA se dissolve no trópico, sob o aquecimento geral.

Na época que nos interessa, verão e outono, mais precisamente de janeiro a março, os avanços da FPA são na maioria das vezes fracos, não chegando a ultrapassar o trópico. A orientação da Serra do Mar — que é a mesma do litoral sul — no sentido SW-NE, dá à frente posição semelhante, não chegando a ultrapassar a referida serra.

Porém, se o anticiclone polar for vigoroso, a FPA conserva uma orientação NW-SE, podendo vencer a Serra do Mar e caminhar rapidamente até a Bahia.

No primeiro caso ocorrem chuvas contínuas no litoral sul; no segundo serão escassas no mesmo litoral.

O primeiro caso caracteriza os anos secos; o segundo ocorre com certa freqüência nos anos úmidos.

Veremos a seguir, com alguns pormenores, o mecanismo da circulação secundária em ambos os casos, entre as latitudes de 15° a 0°.

Primeiro caso — A FPA em seu percurso para o norte possui inicialmente uma orientação NW-SE. Sob o efeito da intensa radiação no continente, ela sofre em seu ramo ocidental uma diluição e o ar polar experimenta convecção. Porém, o ramo oriental prossegue no oceano com orientação SW-NE. Esta nova posição decorre da preferência da massa polar de caminhar no oceano; como o litoral sul do Brasil possui orientação SW-NE, as frentes, nesse caso, tendo pouca energia, tomam aí o referido sentido. Com esta disposição a KF (frente fria) caminha do Rio da Prata ao trópico.

Sob o avanço da FPA, com orientação SW-NE, o centro de ação do Atlântico é deslocado para noroeste ficando o Nordeste sob sua ação; assim a pressão se eleva, e os ventos são de E e SE. Esta situação produz bom tempo e aquecimento no Nordeste, sob a inversão anticiclônica do centro de ação, com nebulosidade 3 de cúmulos, sem trovoadas.

Sendo a orientação da KF, no oceano, de SW-NE, a FIT adquire orientação semelhante, e, por isso, penetra pelo Maranhão descendo até Goiás; o centro de ação dos Açores penetra no Amazonas trazendo consigo bom tempo; as chuvas ficam limitadas a oeste do centro de ação dos Açores sob o efeito das calmas continentais, terminam as precipitações nos vales do São Francisco e Jaguaribe (Fig. 2 A).

Após cerca de três dias, período gasto pela KF para caminhar do Rio da Prata ao trópico, ela adquire uma orientação E-W decorrente talvez da orientação semelhante à do litoral do Estado do Rio de Janeiro.

Como no caso que estamos acompanhando, a massa fria é pouco espessa e não tem energia suficiente para vencer a Serra do Mar de altitude média de 1.500 metros, fica a mesma estacionada nas latitudes compreendidas entre 22° e 23°.

Nestas condições todo o sistema de circulação é novamente desviado para leste: o centro de ação do Atlântico deixa o Nordeste, onde a pressão cai. A posição E-W da KF provoca na FIT orientação idêntica, o que faz com que esta desça para maiores latitudes, uma vez que o centro de ação não mais se lhe opõe. A dorsal dos Açores que penetra no Amazonas, recua para o norte enquanto a mEc, comprimida entre a FIT e a FPA, passa a formar um centro alongado, coberto de calmaria, e que se estende do Amazonas ao Nordeste. Traz a mesma, chuvas de oeste, que geralmente não ultrapassam a serra de Ibiapaba, a leste da qual, no estado do Ceará e no médio vale do São Francisco, há queda de temperatura sob a influência do bordo da mEa (Fig. 2 B).

Necessário se torna lembrar que somente um grande afastamento do centro de ação propicia o avanço das calmas até o Ceará. Isto se produz após duas passagens frontais sucessivas no Sul do Brasil, fato que nos anos secos não ocorre e, mesmo nos anos de chuvas normais,

raramente acontece, porque, embora sob a influência da frente polar, a região do Chaco se tenha resfriado, a intensa radiação no verão logo se faz sentir, restabelecendo a depressão local, e dificultando assim o suprimento do ar polar do Brasil.

Como vemos, a FPA, representada pelo seu ramo marítimo, prossegue no percurso para norte até o paralelo de 22° a 23° aproximadamente. Aí estaciona em média um a dois dias, provocando o retorno de todo o sistema para leste, para em seguida sofrer ação de frontólise e recuar com WF (frente quente), que provoca chuvas persistentes no Sudeste do Brasil, até desaparecer no oceano.

O centro de ação do Atlântico volta a dominar a costa e caminha para oeste à medida que a Baixa do Chaco se restabelece. No litoral aumentam a pressão e temperatura, porque a inversão volta a impedir a convecção. A monção se refaz soprando para o Chaco com a direção NE e NW e retornando toda a circulação ao quadro normal.

Antes contudo, da circulação se ter normalizado, o ar frio, que esteve estacionado no trópico, é injetado no centro de ação, constituindo um *reforço* do alísio. Este, assim renovado, avança para a costa do Nordeste sob a forma de frentes tropicais, produzindo as perturbações conhecidas *ondas de leste*.

Portanto, nos anos secos, o ar polar, geralmente, não alcança as baixas latitudes e só indiretamente refresca o interior do Brasil. Nesta região o aquecimento do continente o eleva, sendo transportado pelas correntes de SW da Alta superior para o norte; isto renova a instabilidade da mEc, cujas trovoadas são, portanto, mais devidas ao ar frio superior que ao próprio aquecimento superficial que é, contudo, indispensável.

Segundo caso — A massa fria tem mais energia e a FPA consegue vencer a Serra do Mar e progredir para o norte, conservando uma orientação NW-SE e produzindo perturbações do tipo KF.

Para que isso aconteça de dezembro a março, torna-se necessário que haja *renovação* intensa e freqüente da FPA, com grandes frentes, que avançam violentamente até a Bahia (paralelo de 15°), sendo logo substituídas por novas formações. Sob esta intensa ação frontogenética todos os sistemas sofrem *atração* violenta para o sul. O centro de ação do Atlântico caminha na mesma direção propiciando à FIT, com orientação E-W, descer ao Nordeste, vencer a chapada do Araripe e a parte ocidental da Borborema, e atingir com suas chuvas o limite Pernambuco-Bahia.

Com os ventos de NW do antigo ar polar do hemisfério Norte, penetrando em cunha, até uma altura de 1.500 metros, sob os alísios de E do centro de ação do Atlântico, a frente invade o Pará e a costa do Maranhão ao Ceará, propiciando quedas de pressão e chuvas até Petrolina (cotovelo do São Francisco), quando produz os raros aguaceiros da região. O ar mais seco do anticiclone do hemisfério Norte só fica bem

CIRCULAÇÃO SECUNDÁRIA

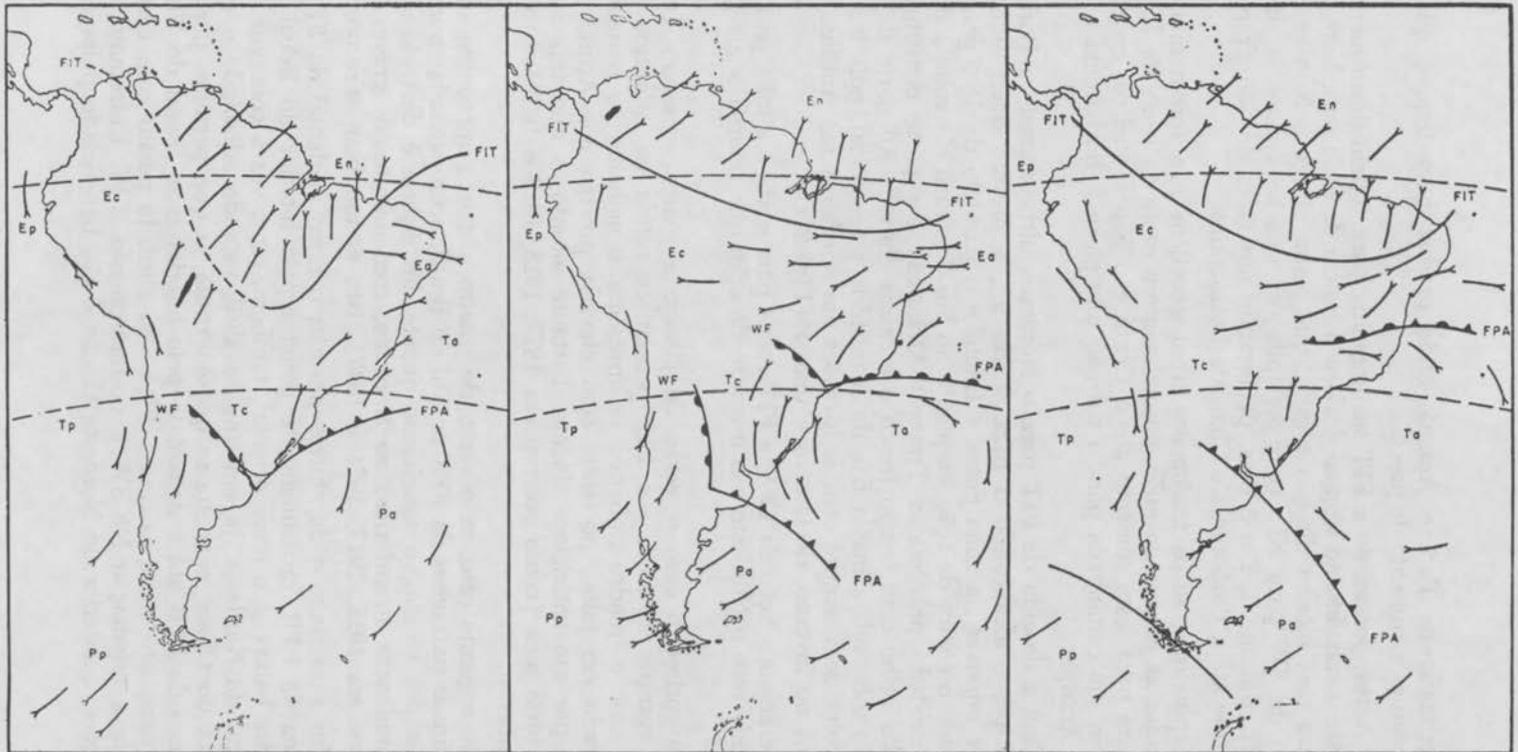


FIGURA 2A

FIGURA 2B

FIGURA 2C

caracterizado no Pará e Amapá, onde produz bom tempo, queda na temperatura e aumento de pressão.

Antes, porém, de a FIT ser impelida para o hemisfério meridional, a FPA caminhando no trópico desloca o centro de ação para leste, atraindo para essa mesma direção a mEc, que assim atinge o Nordeste penetrando de SW para NE, com precipitações que se somam às da baixa da FIT, durante 1, 2 e 3 dias, penetrando nos vales do São Francisco e Jaguaribe até a Borborema e Chapada Diamantina.

Repito que, se os fenômenos frontogenéticos não forem muito pronunciados as chuvas da mEc, normalmente a oeste da serra de Ibiapaba, avançam para leste somente até o Ceará e o São Francisco, enquanto a FIT em sua caminhada para o sul não ultrapassa a Borborema e chapada do Araripe.

Com a descida da FIT para o Nordeste, ultrapassando a Borborema e Araripe, e alcançando o paralelo de 9.º, a pressão desce e ocorrem chuvas esparsas na zona entre a frente e o paralelo de 15º, pois daí é evacuado o centro de ação, enquanto no Sul do Brasil ele volta a dominar (representado pela massa Tropical Atlântica) em parte constituído de ar polar velho com tempo fresco e escassas chuvas. Ao norte da FIT a pressão sobe sob a massa fria do hemisfério setentrional, pois tais situações coincidem sempre com as invasões dos *northerns* nas Antilhas, muito comuns no inverno, de janeiro a março (Fig. 2 C).

Serenada a ação da FPA, a FIT recua para norte e a mEc para oeste, deixando seco o Nordeste sob o centro de ação que retorna à sua posição normal.

No primeiro caso o verão de janeiro a março apresenta fracos e raros avanços da FPA e a FIT permanece *retida* no Atlântico Norte. Neste caso o quadro isobárico se apresenta semelhante ao normalmente verificado em julho, portanto, com elevada pressão nos Açores, dominados por um anticiclone quente, bastante intenso, o que traz ao Nordeste forte seca (como ocorreu em 1877, 1915, 1919 e 1932), isto é, um mau *inverno*.

No segundo caso, se o verão de janeiro a março apresentar intensas e contínuas passagens da FPA no Sul do Brasil, acompanhadas por outras nos Estados Unidos, o anticiclone quente dos Açores é destruído, o que traz mudanças atmosféricas no Nordeste, com inundações graves (como sucedeu em 1912, 1917, 1924 e 1947), isto é, um bom *inverno*.

Nos anos secos e de chuvas normais o ramo ocidental da FPA, sob a forma de FPR, raramente penetra pelo interior do Brasil até as latitudes baixas, e o ramo oriental, também, raras vezes consegue atingir o litoral do Nordeste. Já em fins de abril, estando adiantado o outono, a Baixa do Chaco encontra-se quase extinta, o que permite, por vezes, o avanço da FPR até a Amazônia pelo interior e ao litoral do Nordeste pela costa; isto significa que a FPA, em abril, já possui com certa frequência a orientação NE-SW e posteriormente E-W. Entretanto, nestas condições, o interior do Nordeste já não é tão beneficiado pelas chuvas,

porque, estando adiantando o outono, a FIT não atinge tanto o hemisfério Sul e a ação da mEc é menos notável uma vez que vai sendo substituída, a leste, pelos alísios.

3 — PREVISÃO DAS SECAS

Como vimos, uma ligeira redução de 3º a 4º no percurso da FIT para o sul basta para trazer uma seca calamitosa no Nordeste.

Não havendo periodicidade na escassez de chuvas, a previsão de tais fenômenos torna-se indiscutivelmente necessária, pois além da sua importância para a economia regional do Nordeste, viria assegurar igualmente prognósticos para outras regiões do País. Isto por si só justificaria maior atenção por parte dos governos estaduais e federal, de nossas empresas públicas e privadas, e um conhecimento mais exato por parte de nossos geógrafos, para melhor interpretação dos fatos naturais e humanos.

Como há na atmosfera uma circulação geral, tendente a mantê-la em equilíbrio de pressão e temperatura, há conseqüentemente estreita relação entre os centros de ação da atmosfera, os quais se movem em perfeito sincronismo, cujo conhecimento, tendo em vista a previsão do tempo, é praticamente possível pela densa rede de postos de observação situados em pontos estratégicos nos diversos continentes.

Como prognosticar tais fenômenos? Baseado nas observações da circulação atmosférica que acabamos de descrever, eis a resposta de A. Serra.

“Tudo se resume, portanto, em prever com antecedência de 3 a 6 meses a pressão nos Açores”, pois que “a pressão aí será elevada em janeiro trazendo, portanto, seca ao Nordeste quando em julho do ano anterior forem observadas:

- a) Pressões baixas na Groenlândia, Islândia, Alasca, Havaí, Estados Unidos, Índia, Samoa, Buenos Aires e Ilhas Arcades;
- b) Pressões altas em Zanzibar, Port Darwin e Capetown;
- c) Temperaturas baixas na Groenlândia e Japão;
- d) Temperaturas elevadas no Havaí, Índia, Dacar, Samoa e Santa Helena”.

CONCLUSÃO

O clima seco do Nordeste não provém, como se tornou tradicional dizer, de aí ocorrer contacto de massas de ar com regimes de chuvas não coincidentes durante o ano. Tais regiões de contacto, ao contrário do que alguns dizem, possuem em geral chuvas bem distribuídas. Citaremos dois exemplos no Brasil que ratificam esta afirmativa: o *setor setentrional* que corresponde a uma faixa de choque entre massas de

ar do hemisfério Norte e do hemisfério Sul, e a *Região Sul*, sob contacto de ar quente das massas Tropical Atlântica e Equatorial Continental e do ar frio da massa Polar Atlântica. Ambas as regiões possuem, por isso mesmo, um clima úmido de chuvas regularmente distribuídas.

O carácter seco do Nordeste brasileiro decorre de estar esta região durante todo o ano sob o domínio do centro de ação do Atlântico, representado aí pela mEa.

Apenas no verão e outono, particularmente de janeiro a abril, o centro de ação é afastado do Nordeste, permitindo a descida da FIT até a borda setentrional da Borborema e Araripe, e o avanço da mEc até a serra de Ibiapaba, no máximo — nos anos secos. Nos anos úmidos o centro de ação se retira inteiramente do Nordeste, propiciando o avanço para o mesmo da mEc até a Borborema e Chapada Diamantina, e a descida da FIT ultrapassando o Araripe e parcialmente a Borborema, atingindo o limite Pernambuco-Bahia. O forte progresso da FIT coincide com o enfraquecimento do centro de ação dos Açores e conseqüentemente, com o avanço do ar polar setentrional para a faixa equatorial. Este caso, que não se verifica nos anos secos, raramente é observado nos de chuvas normais, sendo típico dos anos úmidos.

Todos esses fenômenos são passíveis de previsão, tudo dependendo de algum interesse pela questão. Este parece inexistente, uma vez que os estudos de Serra, publicados em 1947, continuam esgotados e inaproveitados na prática. Para sua devida aplicação, nem sequer verbas elevadas se tornam imprescindíveis, bastando meras providências administrativas visando assegurar comunicações com rapidez e o cálculo de índices estatísticos.

BIBLIOGRAFIA

- SERRA, Adalberto — O Princípio de Simetria — *Revista Brasileira de Geografia*, ano XXIV, n.º 3, Julho-Setembro de 1962, IBGE — CNG, Rio de Janeiro.
- — Circulação Superior — *Revista Brasileira de Geografia*, anos XV e XVI, números 4 e 1, Janeiro-Março de 1954, IBGE — CNG, Rio de Janeiro.
- e RATISBONN, Leandro — *As Massas de Ar da América do Sul*, 1942, Serviço de Meteorologia — Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.
- — Previsão do Tempo, *Boletim Geográfico*, ano VI, n.º 68, Novembro de 1948, IBGE — CNG, Rio de Janeiro.
- — As Secas do Nordeste — *Boletim Geográfico*, anos XII e XIV, números 123 e 132, Novembro-Dezembro de 1954 e Maio-Junho de 1956, IBGE — CNG, Rio de Janeiro.
- — *Meteorologia do Nordeste Brasileiro*, 1945, IBGE — CNG, Rio de Janeiro.
- TREWARTH, Glenn T. — *An Introduction to Weather and Climate* pp. 545, New York and London — 1943.

Análise da precipitação na região do Cariri cearense *

INTRODUÇÃO

O presente estudo, realizado no Setor da Climatologia da Divisão de Pesquisas Sistemáticas da Fundação IBGE, nos fora sugerido pelo Setor Nordeste da Divisão de Pesquisas Regionais e aprovado pelo Departamento de Geografia dessa Fundação. Sua execução é parte do relatório sobre os Centros Dinamizadores do Cariri — executado pelo Setor Nordeste — tendo em vista um convênio firmado entre o IBGE e a SUDENE.

Entretanto, por considerarmos:

— que os resultados da pesquisa específica sobre as precipitações pluviométricas na região do Cariri cearense podem contribuir no sentido de um melhor conhecimento das condições climáticas do Brasil, em geral, e da Região Nordeste, em particular, conforme a corrente de investigações climatológicas necessária à geografia brasileira;

— que o método de pesquisa por nós utilizado constitui mais uma experiência, que acreditamos bem sucedida, dentro do espírito geral de análises dinâmicas que norteia os modernos estudos de Climatologia;

— que este espírito deve orientar as investigações de todos os especialistas que pretendem tomar parte num programa de pesquisa na Climatologia brasileira, programa esse tão necessário, ao qual se deve ajuntar métodos brasileiros de investigação que pela natureza tropical e pelas dimensões continentais de seu território necessitará, certamente, de diferentes métodos regionais,

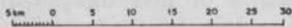
julgamos conveniente publicar este trabalho na *Revista Brasileira de Geografia*, a qual, pela sua natureza e finalidades, deverá, certamente, melhor atingir os objetivos que nos propusemos acima.

* Com a colaboração dos Geógrafos Arthur A. P. Filho e Eleno da S. Amador. *Rev. Bras. Geog.*, 33 (1), jan./mar., 1971.



Área parcial do Cariri Cearense na qual estão localizadas as estações meteorológicas de cujas informações está fundamentada esta pesquisa.

ESCALA - 1:500 000



Neste artigo sobre as condições climáticas da Região do Cariri cearense não trataremos de suas condições térmicas, uma vez que, tratando-se de uma região de clima quente, de latitudes baixas, não possui, por isso mesmo, importante variação de temperatura no decorrer do ano e sua variabilidade através dos anos é de pouca significância, não chegando a influir sobre as atividades humanas. Nesta pesquisa focalizamos exclusivamente a pluviosidade, tendo em vista que, tratando-se de uma região *tropical*, de clima semi-árido sob latitudes equatoriais, a variação e variabilidade climática incide apenas sobre o regime de pluviosidade. Este condiciona e em certos casos chega até mesmo a determinar as atividades humanas, como ainda possui grande participação direta nas relações e interações sociais dos grupos e comunidades a ele vinculados.

Para a presente pesquisa escolhemos três postos pluviométricos localizados nas três *categorias* regionais consideradas. São eles: *Caririaçu* (localizado no Cariri *úmido*), *Farias Brito* (Cariri *seco*) e *Jati* (Cariri de *transição*). As informações sobre os índices de chuvas foram extraídas do volume I da coleção *Dados Pluviométricos Mensais* elaborados pela SUDENE, tendo como fonte de informação o DNOCS, DA, DNOS e EME. Para estes três postos selecionamos os dados de 24 anos consecutivos, referentes ao período de 1934 a 1957, por se tratar de um espaço de tempo, cujas tabelas de dados estão completas nas três localidades.

1 - VARIABILIDADE DA PLUVIOMETRIA ANUAL

Tratando-se de *região tropical* de clima *semi-árido* a Região do Cariri possui uma pluviosidade extremamente irregular, ou seja, a altura da precipitação anual flutua, grandemente, através dos anos.

Da análise dos diagramas da pluvimetria anual (figs. 1.1, 1.2 e 1.3) destacamos os seguintes aspectos principais:

1.1 - Altura da precipitação anual

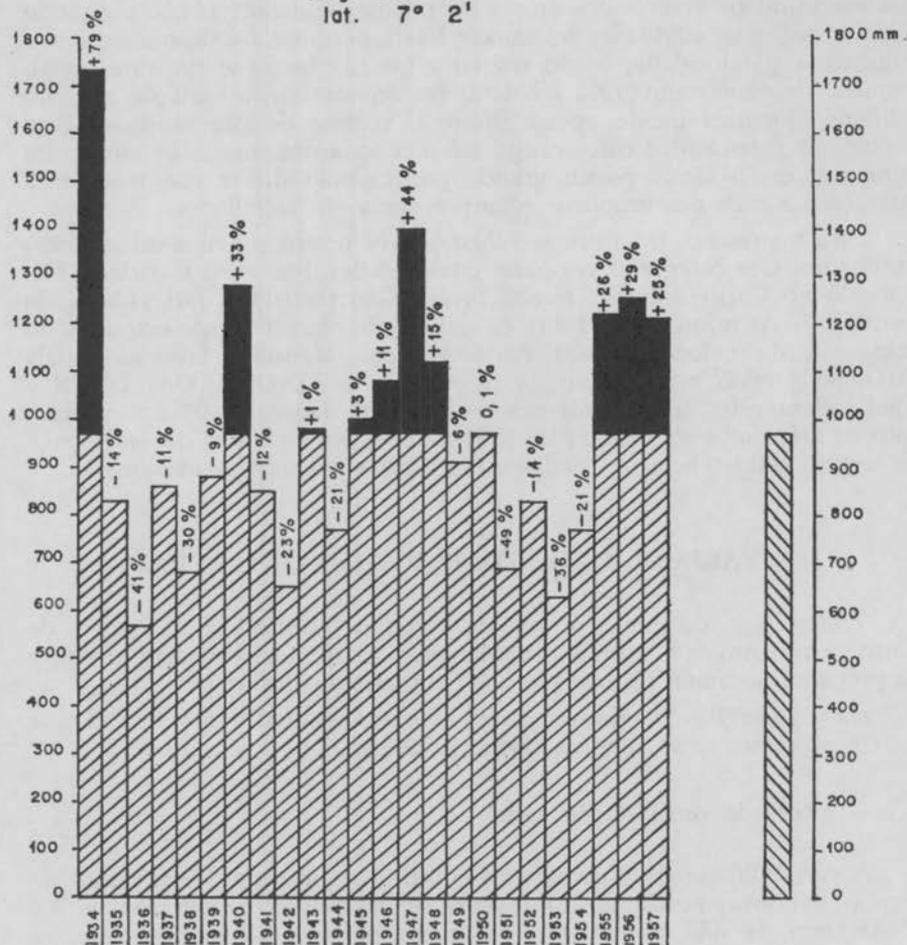
A variabilidade da pluvimetria constitui o fato mais importante do regime de chuvas no Cariri. Entretanto, os índices de precipitação de 700 - 900 mm, se não constituem os índices padrões são, no entanto, os mais freqüentes em Caririaçu e Farias Brito (7 em 24 anos). Os índices de 900 - 1.100 mm e 1.100 - 1.300 mm ocupam o segundo plano (ambos com 5 em 24 anos, em cada localidade). A seguir, os índices de 500 - 700 mm (5 anos em Caririaçu e 3 anos em Farias Brito). Outros índices são muito raros e, apenas em 1 ano, ocorreu índice superior a 1.700 mm e, em nenhum ano, foi inferior a 500 mm.

No entanto, em Jati este quadro se modifica ligeiramente. Nesta localidade, não obstante seu caráter de *transição* (Cariri de *transição*) os totais de precipitação anual são, geralmente, inferiores aos totais de Caririaçu (Cariri *úmido*) e de Farias Brito (Cariri *seco*). Em Jati a

Posto, CARIRIAÇU

MUNICÍPIO: CARIRIAÇU

alt. 710 m
long. 39° 17'
lat. 7° 2'



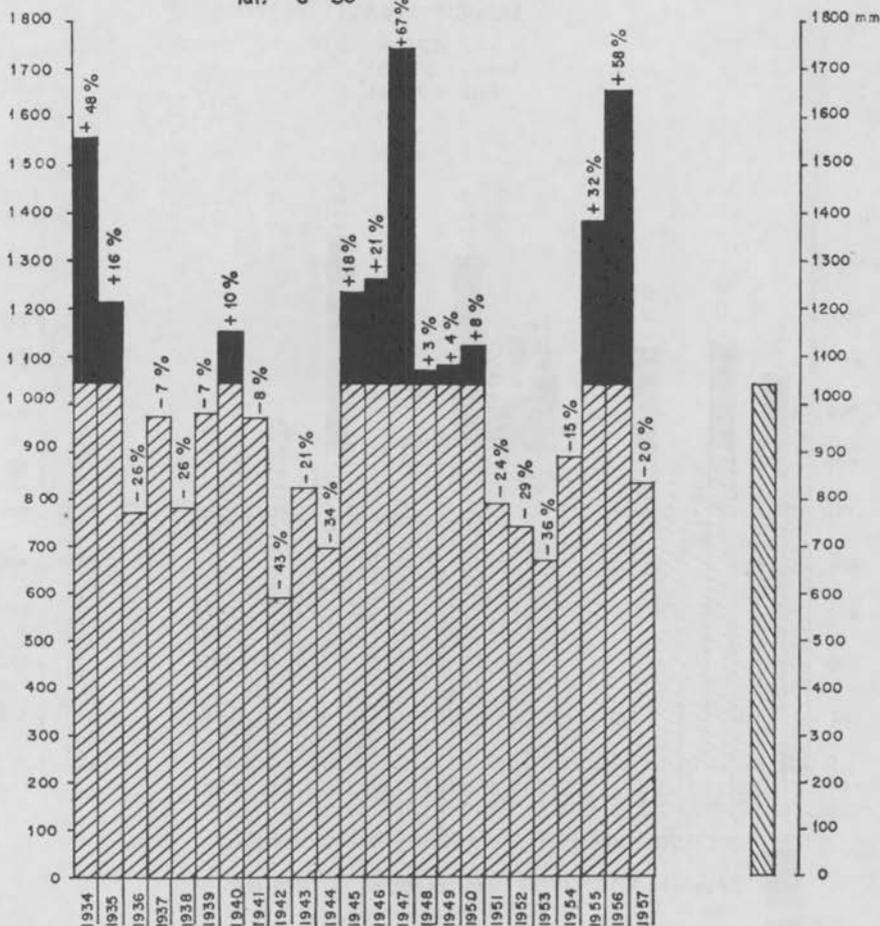
ALTURA DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS - Fig. 1.1

- Desvios POSITIVOS em relação à "NORMAL"
- Desvios NEGATIVOS em relação à "NORMAL"
- ALTURA MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO ANUAL - "NORMAL"

Posto FARIAS BRITO

MUNICÍPIO FARIAS BRITO

alt. 320 m
long. 39° 34'
lat. 6° 55'



ALTURA DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS - Fig. 1.2

■ Desvios POSITIVOS em relação à "NORMAL"

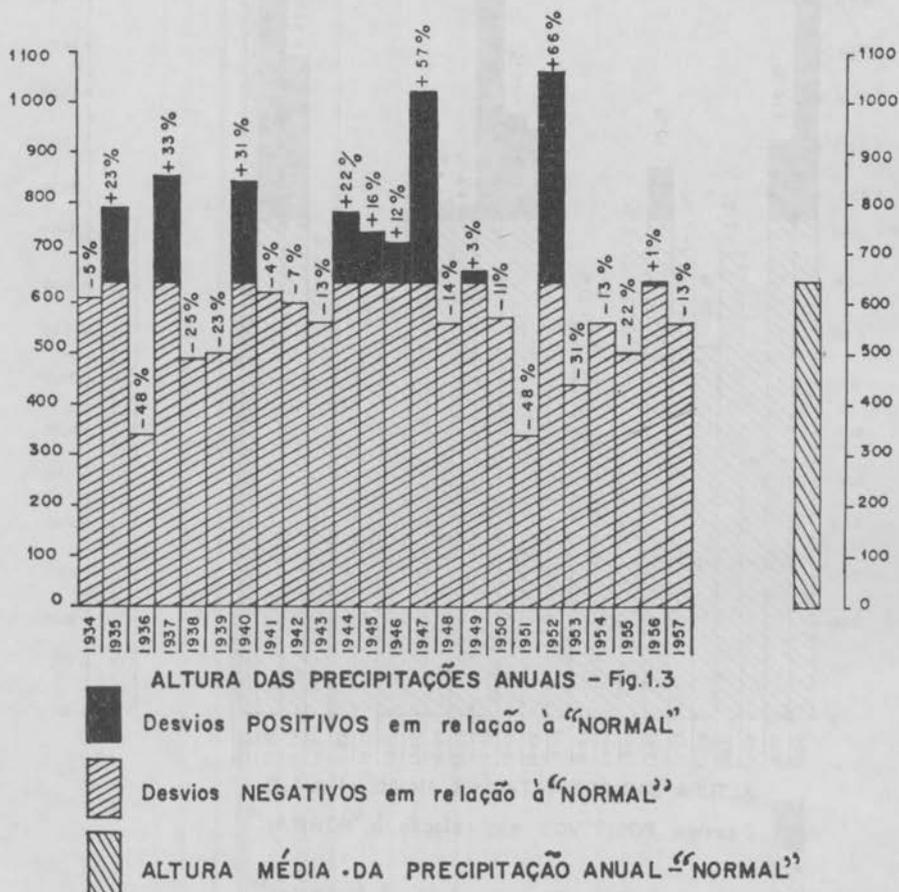
▨ Desvios NEGATIVOS em relação à "NORMAL"

▤ ALTURA MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO ANUAL-"NORMAL"

Posto JATI

MUNICÍPIO: JATI

alt. 470m
long. 39° 01'
lat. 7° 41'



altura da precipitação anual apresenta um padrão definido que oscila entre 500 – 700 mm (11 em 24 anos), enquanto que os índices de 700 – 900 mm ocorreram em 6 anos, os de 300 – 500 mm em 5 anos os de 900 – 1.100 em 2 anos e nenhum ano superior a 1.100 mm. Portanto, a altura da precipitação anual no Cariri Cearense pode ser considerada elevada, levando-se em conta os índices muito inferiores verificados em outras regiões semi-áridas do globo e, até mesmo, de outras áreas semi-áridas da própria região Nordeste do Brasil.

1.2 – Desvio anual da precipitação

Esta importante variabilidade pluviométrica resulta em notáveis desvios anuais. Durante esses 24 anos, o mais elevado total de precipitação sobre Caririçu se deu em 1934, quando somou 1.740,1 mm, com um desvio positivo em relação à *normal* de 79%. Nesta mesma localidade, dois anos depois (1963), registrou-se o mais baixo índice: 571,9 mm, com desvio negativo de 41%, o que estabelece uma diferença de 1.168,2 mm em relação ao máximo de 1934.

Desvios semelhantes a estes não são raros. Se observarmos os referidos diagramas (Figs. 1.1, 1.2 e 1.3), encontraremos outros exemplos igualmente importantes. Em Farias Brito, por exemplo, em 1947, o total anual subiu a 1.740,3 mm, com desvio positivo de 67% em relação à *normal*, enquanto nesta mesma localidade, em 1942, as chuvas alcançaram apenas 593,4 mm, com desvio negativo de 43%, o que significa uma diferença de 1.146,7 mm em relação ao ano de 1947. Porém, se levarmos em conta o mais baixo índice registrado desde 1912, verificaremos que o menor total anual se deu em 1960, ocasião em que, na localidade de Farias Brito, atingiu apenas 88,6 mm, com desvio negativo de 92%, o que dá uma diferença de 1.651 mm entre este mínimo e o máximo de 1947.

Em Jati, localidade cujos totais são geralmente inferiores, os desvios possuem a mesma importância das outras localidades. Aí, em 1952, registrou-se o máximo de 1.064,9 mm, com desvio positivo de 66%, enquanto no ano anterior era assinalado o baixíssimo mínimo de 327,0 mm, o que compreende uma amplitude de 737,0 mm.

Chamamos atenção para que, nas três localidades, a *diferença pluviométrica entre os maiores desvios positivos e negativos são superiores aos índices de precipitação média (normal) de cada uma dessas localidades.*

Ainda sobre os desvios pluviométricos anuais devemos acrescentar que, *embora os menores desvios para as três localidades, desde 1934, sejam positivos, os desvios negativos são ligeiramente mais freqüentes:* Caririçu e Jati tiveram 14 desvios negativos contra 10 positivos, enquanto Farias Brito teve 13 negativos contra 11 positivos.

A grande maioria destes desvios, quer positivos, quer negativos, caracterizam-se por apresentarem totais pluviométricos bem diferentes de suas *normais*.

Em Caririaçu e Farias Brito foram registrados totais semelhantes à *normal* em apenas 2 anos e, em Jati, 4 anos, conforme os números abaixo:

Caririaçu

normal:	965,3 mm	{ 1943	977,3 mm
		{ 1950	970,3 mm

Farias Brito

normal:	1.039,0 mm	{ 1948	1.072,4 mm
		{ 1949	1.082,4 mm

Jati

normal:	641,0 mm	{ 1934	612,3 mm
		{ 1941	620,8 mm
		{ 1949	665,4 mm
		{ 1956	644,0 mm

A observação dos diagramas permite, ainda, mais três conclusões importantes:

a) a flutuação das precipitações dos totais anuais apresenta, praticamente, as mesmas tendências nas três localidades, ou seja, seu ritmo, embora variável, foi quase sempre simétrico: quando subia em uma localidade também subia em outra, quando descia em uma localidade apresentava a mesma tendência nas outras. Esta tendência se apresentou em quase 100% ao longo de 24 anos. Somente em Jati esta simetria não se verificou com a mesma frequência;

b) esta simetria indica que *essas três localidades estão*, quase com igual frequência, *sujeitas aos mesmos e simultâneos fenômenos dinâmicos de perturbação atmosférica, estando, pois, integradas na mesma região climática*. Somente Jati, pela sua posição sensivelmente mais meridional, apresenta, neste particular, algumas defasagens;

c) *a flutuação pluviométrica nos três diagramas nos permite reafirmar a inexistência de sua periodicidade ou ciclo*, não sendo possível, por isso, a previsão destas oscilações através de diagramas deste tipo, ao contrário do que tem sido precipitadamente divulgado por alguns estudiosos.

2 — REGIME ANUAL

Outro aspecto importante a ser considerado nessa região diz respeito à maneira pela qual as precipitações se distribuem ao longo do ano.

2.1 — Concentração mensal

Em nenhuma outra região do Brasil o regime anual de chuva é tão concentrado quanto na região semi-árida do Nordeste. Neste particular o Cariri cearense não constitui exceção. De fato, a maior parte de suas chuvas se precipita em apenas 3 meses. Ao longo daqueles 24 anos os índices de maior frequência foram de 70-80% (7 vezes em Caririáçu, 10 vezes em Farias Brito e 11 vezes em Jati). Seguem de perto os índices de 60-70% (7 vezes em Caririáçu, 7 vezes em Farias Brito e 10 vezes em Jati). Portanto, constituem concentração padrão¹ os valores de 60-80% (14 vezes em Caririáçu, 17 vezes em Farias Brito e 21 vezes em Jati). Concentração de 50-60% é muito rara (fig. 2.25 — Caririáçu 1942, 2.44 — Farias Brito 1948 e 2.27 — Jati 1942). Concentração superior a 90% também ocorreu, embora seja ainda mais rara: 1 vez em Caririáçu (fig. 2.49 — 1950) e 1 vez em Farias Brito (fig. 2.68 — 1956).

Esses três meses são, na maioria das vezes, consecutivos, ou seja, 16 vezes em 24 anos, em média. Desses três meses consecutivos, destaca-se o trimestre de fev.-mar.-abr., com 11 vezes em Caririáçu, 12 vezes em Farias Brito e 8 vezes em Jati, o que significa uma situação padrão (figs. 2.49, 2.51 — 1950). Em plano secundário aparece o trimestre jan.-fev.-mar., com 4 ocorrências em Caririáçu, 6 em Farias Brito e 3 em Jati (figs. 2.61 e 2.62 — 1954 e 2.39 — 1946).

A concentração em mar.-abr.-mai. é raríssima, ocorrendo apenas 1 vez em Farias Brito (figs. 2.47 — 1949), isto porque, em maio, na maioria das vezes, verifica-se um brusco declínio pluviométrico, quando, comumente, inicia-se a estação seca.

Como se pode observar, as chuvas se concentram, na maioria das vezes, de meados do verão a meados do outono. Entretanto, são comuns os exemplos de máxima concentração trimestral constituída por meses intercalados: média de 8/24. Nesses casos, contudo, o trimestre chuvoso dificilmente foge dos meses de verão-outono, porém abarca, pelo menos, um mês na primavera ou no inverno.

Nesse caso específico, referente à época de ocorrência da estação chuvosa, podemos dizer que o regime de chuvas do Cariri cearense, como em toda a região semi-árida das latitudes equatoriais do Nordeste do Brasil, é bastante regular, uma vez que, embora sejam muito irregulares os totais pluviométricos da estação chuvosa, esta se dá, como vimos, quase

¹ Nesta pesquisa consideramos padrão qualquer expressão estatística, cujo índice de frequência de determinado fenômeno for $\geq 50\%$.

sempre nos meses de verão-outono, mesmo nos anos cuja estação chuvosa se constitui numa simples força de expressão (figs. 2.54 — 1951 — Jati).

Por tudo isso, o mês geralmente mais chuvoso no Cariri cearense é março e, secundariamente, fevereiro e abril. Entretanto isto não significa que as máximas absolutas devam, necessariamente, coincidir com esses meses. Em Jati, por exemplo, a máxima absoluta mensal durante esses 24 anos se deu em dezembro de 1952, quando as chuvas subiram a 450,0 mm (Fig. 2.57). Contudo, os exemplos de máximas absolutas de Caririçu e Farias Brito caracterizam melhor este caso: o máximo de Caririçu foi atingido em fevereiro de 1956, com índice de 770,5 mm (Fig. 2.67), seguido por março de 1934 (629,1 mm) e março de 1957 (521,0 mm). O máximo de Farias Brito foi alcançado, também, em fevereiro de 1956, com índice de 997,1 mm (Fig. 2.68), seguido por março de 1947 (758,4 mm) e março de 1955 (509,0 mm).

Neste ponto chamamos a atenção para o seguinte: *os maiores índices mensais estão estreitamente relacionados com os anos de maiores totais.* Este fato torna-se mais marcante no caso de Jati, conforme a tabela abaixo:

JATI

Os maiores totais mensais

1.º — 450,0 mm — dez.	1952 — 1.064,9 mm — 1.º
2.º — 380,0 mm — mar.	1947 — 1.023,2 mm — 2.º
3.º — 292,0 mm — mar.	1944 — 784,0 mm — 6.º

FARIAS BRITO

1.º — 997,1 mm — fev.	1956 — 1.646,6 mm — 2.º
2.º — 758,4 mm — mar.	1947 — 1.740,3 mm — 1.º
3.º — 509,0 mm — mar.	1955 — 1.373,3 mm — 4.º

CARIRIÇU

1.º — 770,5 mm — fev.	1956 — 1.254,5 mm — 4.º
2.º — 629,1 mm — mar.	1934 — 1.729,3 mm — 1.º
3.º — 521,0 mm — mar.	1957 — 1.213,4 mm — 6.º

Esperar por esta simetria relativa é muito natural, uma vez que a importância dos índices de pluviometria anual depende, principalmente, da importância dos valores pluviométricos da estação chuvosa.

2.2 — Estação seca

Outra característica fundamental do regime anual de chuvas no Cariri cearense refere-se à existência de uma estação seca².

Ao lado de uma precipitação fortemente concentrada, notável não apenas em termos relativos (% em relação ao total anual) mas, também, muitas vezes em valores absolutos (índices em mm), estende-se sempre uma estação seca, cuja duração e intensidade se caracterizam por uma excepcional variabilidade.

Duração — A análise dos diagramas ombrotérmicos demonstra que, embora a estação seca possua duração muito variável, há um predomínio de anos em que a seca dura 7 ou 8 meses. Esta freqüência caracteriza mesmo uma situação padrão: 14/24 anos em Caririaçu, 15/24 em Jati e 18/24 em Farias Brito. O segundo nível de freqüência pertence aos anos com 9 e com 6 meses: 2/24 (9 meses) e 3/24 (6 meses) em Caririaçu, 3/21 e 3/24 em Farias Brito, enquanto que em Jati é de 5/24 (9 meses) e 2/24 (6 meses).

Potanto, o regime de seca, com sua duração, ratifica o que ficou preliminarmente evidenciado pela análise dos diagramas da altura anual das precipitações (Figs. 1.1, 1.2 e 1.3) quando, naquela oportunidade ficou sugerido o caráter mais seco de Jati (Cariri de *transição*) em relação a Caririaçu (Cariri *úmido*) e a Farias Brito (Cariri *seco* e com efeito, *pela duração da estação seca, Jati se destaca como a localidade de clima mais seco*, enquanto Caririaçu se apresenta com clima de caráter seco mais atenuado, por três motivos:

a) o índice padrão de duração da seca em Caririaçu é menos freqüente do que em Jati: 14/24 contra 15/24, respectivamente;

b) enquanto Caririaçu registra 5 meses secos em 4/24 anos (Fig. 2.19 — 1940) e 1 vez em 4/24 (Fig. 2.37 — 1946), em Jati a estação seca de menor duração foi de 6 meses, ocorrendo esta apenas 2 vezes (Fig. 2.42 — 1947);

c) Enquanto em Caririaçu a estação seca mais prolongada foi de 9 meses, ocorrendo em 2/24 anos (Fig. 2.13 — 1938), em Jati a ocorrência de 9 meses secos, além de ser maior (5/24) há ainda o registro de 10 meses secos em 2/24 (Fig. 2.15 — 1938).

² Para a determinação de seca adotamos o critério de Gaussen e Bagnouls. Os referidos autores, com base em trabalhos de ecologia vegetal, consideram seco aquele mês cujo total das precipitações em milímetro é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em graus celsius. (P — 2 T).

Outra conclusão importante, resultante desta abordagem comparativa, refere-se à posição climática de Farias Brito. Se a análise comparativa dos totais anuais de chuvas não permite, como vimos, estabelecer uma diferenciação entre Caririáçu e Farias Brito, o mesmo não se verifica após a análise comparativa da duração dos períodos secos. Com efeito, desta análise conclui-se que *Farias Brito é mais seco do que Caririáçu, por dois motivos:*

a) o índice padrão de duração da seca em Farias Brito é maior do que o de Caririáçu: 15/24 contra 13/24;

b) enquanto em Caririáçu chegou-se a registrar 4 meses secos, em Farias Brito a estação seca de menor duração foi de 6 meses.

Outra conclusão resulta da comparação entre Farias Brito e Jati: *as condições climáticas de Jati são de aridez mais acentuada do que as de Farias Brito*, uma vez que, enquanto em Farias Brito a estação seca de maior duração não ultrapassou 9 meses (3/24), em Jati, além da ocorrência de 9 meses ser maior (5/24), houve ainda a frequência de 2/24 relativa à estação seca de 10 meses.

Por essas abordagens comparativas fica evidente que *essas três localidades, representativas do que se convencionou chamar Cariri úmido (Caririáçu), Cariri de transição (Jati) e Cariri seco (Farias Brito), possuem condições climáticas que podem ser muito variáveis de um ano para outro.*

Em Caririáçu durante 3 anos as condições climáticas foram semi-úmidas (4 e 5 meses secos); durante 3 anos foram de semi-aridez branda (6 meses secos); durante 14 anos foram de semi-aridez mediana (7-8 meses secos); durante 2 anos foram de semi-aridez forte (9 meses secos).

Em Farias Brito durante 3 anos as condições foram de semi-aridez branda (6 meses); durante 18 anos de semi-aridez mediana (7-8 meses) e durante 3 anos de semi-aridez forte (9 meses).

Em Jati durante 2 anos as condições climáticas foram de semi-aridez branda, durante 15 anos de semi-aridez mediana e durante 7 anos de semi-aridez forte³.

³ A qualificação das condições se insere no seguinte critério classificatório:

semi-úmido	4 - 5	meses secos
" aridez branda	6	" "
" " mediana	7 - 8	" "
" " forte	9 - 10	" "
" " muito forte	11	" "
desértica	12	" "

A tabela que se segue refere-se a esta flutuação climática:

ANO	MESES SECOS (Sublinhados)											N.º Meses secos	
CARIRIAÇU													
1934	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1935	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1936	<u>JA</u>	F	<u>MR</u>	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	8
1937	<u>JA</u>	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	8
1938	JA	F	MR	<u>AB</u>	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	9
1939	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	8
1940	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	5
1941	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1942	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	5
1943	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1944	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1945	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	5
1946	JA	F	MR	AB	MA	JN	JL	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	4
1947	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1948	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1949	<u>JA</u>	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	7
1950	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	9
1951	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1952	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1953	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1954	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1955	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1956	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1957	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
FARIAS BRITO													
1934	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1935	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1936	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1937	<u>JA</u>	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1938	JA	F	MR	<u>AB</u>	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1939	<u>JA</u>	F	MR	<u>AB</u>	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	9
1940	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1941	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1942	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	9
1943	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1944	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1945	JA	F	MR	AB	MA	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7

ANO	MESES SECOS (Sublinhados)												N.º Meses secos
1946	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	JN	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1947	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1948	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1949	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	7
1950	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1951	JA	F	<u>MR</u>	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	8
1952	JA	F	<u>MR</u>	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1953	<u>JA</u>	F	MR	<u>AB</u>	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	8
1954	JA	F	MR	<u>AB</u>	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	9
1955	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1956	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1957	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
JATI													
1934	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	8
1935	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	7
1936	<u>JA</u>	F	<u>MR</u>	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	10
1937	<u>JA</u>	F	<u>MR</u>	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	7
1938	<u>JA</u>	F	MR	<u>AB</u>	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	10
1939	<u>JA</u>	F	MR	<u>AB</u>	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	7
1940	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	7
1941	<u>JA</u>	F	MR	<u>AB</u>	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1942	JA	<u>F</u>	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1943	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	9
1944	JA	<u>F</u>	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1945	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	7
1946	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	8
1947	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1948	<u>JA</u>	F	MR	<u>AB</u>	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	9
1949	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	8
1950	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	9
1951	JA	<u>F</u>	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	9
1952	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1953	<u>JA</u>	F	MR	<u>AB</u>	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	9
1954	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	6
1955	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7
1956	<u>JA</u>	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	8
1957	JA	F	MR	AB	<u>MA</u>	<u>JN</u>	<u>JL</u>	<u>AG</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	7

Desta flutuação decorre que, ao lado dos anos de seca de duração padrão, existem anos cuja seca se prolonga por um período bem mais longo ou mais curto que aquele de duração padrão. Tais situações constituem, na expressão das populações regionais, os chamados *anos das grandes secas* ou de um *mau inverno* e os *anos chuvosos* ou de um *bom inverno*.

A exemplo da variabilidade da pluviometria anual, a flutuação da durabilidade da estação seca nas três localidades é completamente irregular.

A seqüência de anos padrões pode ser, tanto interrompida por um *ano chuvoso*, como aconteceu em Caririaçu em 1942, em Farias Brito em 1946 e em Jati em 1947, como por um *ano de grandes secas*, como ocorreu em Caririaçu em 1950, em Farias Brito em 1939 e em Jati em 1936. Pode, ainda, ocorrer uma seqüência de *anos chuvosos*. Caririaçu 1945-1946, Farias Brito 1946-1947, Jati 1954-1955, ou ainda, uma seqüência de *anos de grandes secas*: Caririaçu 1938-1939, Farias Brito 1953-1954 e Jati 1950-1951. É possível, ainda, que um *ano de grandes secas* seja imediatamente sucedido por um *ano chuvoso*, ou vice-versa: Caririaçu 1939 (8 meses secos) — 1940 (5 meses secos); Jati 1947 (6 meses secos) — 1948 (9 meses secos).

Por tudo isso reafirmamos, mais uma vez, a ausência de periodicidade ou ciclo deste fenômeno, motivo pelo qual a necessária previsão dos "anos chuvosos" e dos "anos das grandes secas" — principalmente estes últimos, pela sua maior repercussão social — transcende o campo de pesquisa da climatologia, situando-se, pois, no campo da Meteorologia Dinâmica.

Época de ocorrência da estação seca — Essa estação seca incide, principalmente, nos meses de inverno-primavera, ou seja, de junho a novembro. Quando a seca se restringe a essas estações, ela é relativamente curta, determinando os "anos chuvosos" (1934 — Figs. 2.1 e 2.2). Entretanto, em Farias Brito e, notadamente, em Jati, a seca quase sempre começa em fins de outono (maio) e prolonga-se até o início do verão (dezembro). Ocorre, ainda, que a estação chuvosa, que tão bem caracteriza o período de meados do verão (janeiro) a meados do outono (abril), pode-se retardar até fevereiro, tornando seco o mês de janeiro, ou mesmo começando sem retardo, pode terminar precocemente, tornando seco o mês de abril. Estas duas situações distintas ocorrem em todo o Cariri cearense, porém é mais freqüente em Jati. Para a primeira situação temos, dentre outros, os seguintes exemplos: Caririaçu e Jati 1950 (Figs. 2.49 e 2.51) e Farias Brito 1944 (Fig. 2.32). Pode ainda acontecer que as duas ocorram no mesmo ano. De fato, em determinados anos a estação chuvosa, além de antecipar, tem, também, seu término retardado. Quando assim acontece a estação seca torna-se muito longa, determinando, conseqüentemente, os anos mais secos. Este último exemplo fica melhor caracterizado em Farias Brito e em Jati, principalmente nesta última localidade (Fig. 2.15 — 1938).

Portanto, enquanto os meses do inverno e primavera são aqueles sobre os quais é maior a incidência de seca, os meses de fevereiro-março-abril são os que registram a menor incidência. Durante estes meses (quase sempre os mais chuvosos) só excepcionalmente há deficiência de chuvas que determine um caráter seco. A tabela abaixo registra com precisão o número de vezes que houve incidência de secas para cada mês, de 1934-1957 (24 anos):

	J.A	F	MR	AB	MA	JN	JL	A.G	S	O	N	D
Caririaçu.....	7	—	—	1	12	21	24	24	22	20	18	15
Jati.....	10	3	1	4	18	24	24	24	24	23	17	13
F. Brito.....	8	—	1	3	15	23	24	24	24	22	22	11

Outro caráter importante do regime anual de chuvas no Cariri cearense, como de resto em todo o sertão semi-árido do Nordeste do Brasil, refere-se às passagens da estação seca para a estação chuvosa e vice-versa. Estas passagens se fazem geralmente de modo muito brusco, o que torna a estação chuvosa uma espécie de *estouro* das monções, semelhante, de certa forma, ao que se verifica na Índia. Ao contrário, porém, do que lá se verifica, no Cariri, a chegada da estação chuvosa é geralmente menos brusca do que seu término. De qualquer modo, tanto o início como o término da estação chuvosa se caracterizam pela maneira espetacular, tanto mais, quanto maior o volume d'água precipitada na estação chuvosa. O ano de 1956 (Figs. 2.67, 2.68 e 2.69) constitui um dos magníficos exemplos deste fenômeno: em Caririaçu, enquanto janeiro recebeu 7,2 mm de precipitação, em fevereiro subiu ao espetacular índice de 770,5 mm, manteve-se elevada em março-abril e desceu a 8,4 mm em junho e a zero em julho; em Farias Brito, enquanto em janeiro a precipitação foi de apenas 37,0 mm, em fevereiro o índice subiu a 997,0 mm, manteve-se elevado em março-abril, com 254,2 mm, e caiu a zero em maio (início da estação seca); em Jati, embora a estação chuvosa não acusasse, neste ano, índices tão notáveis, nem por isso deixou de registrar um fortíssimo aclave pluviométrico entre janeiro e fevereiro e um não menos notável declive entre abril e maio.

No exemplo acima pode parecer que a chegada da estação chuvosa seja mais brusca que a chegada da estação seca. Entretanto este fato, como dissemos, é menos freqüente, sendo mais comum às situações de declive mais abrupto, o qual exemplificamos a seguir com o ano de 1947 (Figs. 2.40, 2.41 e 2.42). Neste ano, em Jati, enquanto os meses de março e abril acusaram o total de 380,0 e 162,0 mm, em maio a estação seca iniciou-se com apenas 4,0 mm, atingindo a zero no mês seguinte. Em Caririaçu o declive foi ainda mais notável: enquanto a pluviosidade subiu em março e abril a 392,5 e 384,4 mm, em maio a estação seca se iniciou

sem nenhuma chuva, ou seja, com índice zero. Em Farias Brito o declive foi ainda maior: enquanto março e abril registraram 758,4 e 294,5 mm, em maio as chuvas desceram a quase zero.

Aqui chamamos atenção para o seguinte fato: *não obstante haver, como vimos, uma correspondência simétrica, embora não necessária, entre os totais pluviométricos do trimestre mais chuvoso e o total do ano, o mesmo não se verifica entre os totais pluviométricos do trimestre mais chuvoso e a duração do período seco.* De fato, a observação dos diagramas embrotérmicos nos oferece numerosos exemplos de que, embora o trimestre mais chuvoso tenha sido dos maiores, a estação seca naquele mesmo ano foi das mais prolongadas e rigorosas. O posto pluviométrico localizado em Caririaçu nos dá, em 1947, um magnífico exemplo desta assimetria (Fig. 2.40). Conseqüentemente não há nenhuma tendência simétrica entre os totais pluviométricos anuais e a duração da estação seca. Em Caririaçu, por exemplo, embora a altura pluviométrica do ano atingisse, em 1942, um de seus índices mais baixos (651,2 mm), a estação seca, nesse ano, foi uma das mais curtas (5 meses). Ao contrário, nessa mesma localidade, embora em 1956 a altura pluviométrica do ano atingisse um de seus índices mais elevados (1.254,5 mm), a estação seca, nesse ano, foi uma das mais longas (8 meses). Em Farias Brito e Jati encontramos numerosos exemplos semelhantes a esses.

Intensidade da seca — Outro aspecto da estação seca no Sertão semi-árido do Nordeste, do qual o Cariri cearense não constitui exceção, diz respeito a sua intensidade.

Em nenhuma outra região do Brasil a seca possui caráter tão intenso quanto no Nordeste. No Cariri, em quase 100% dos anos, a estação seca tem pelo menos 1 mês que não registra sequer um dia de chuva (zero de precipitação). A proporção média é a seguinte: para 7 meses secos há 3 meses de precipitação zero (Caririaçu 6,9/3,1, Farias Brito 7,4/3,7, Jati 7,7/3,0)⁴. Esta média, no entanto, tem apenas o objetivo de dar uma idéia a respeito da incidência de meses com ausência absoluta de chuva, uma vez que *não existe a mínima relação proporcional entre a duração da estação seca e o número de meses sem chuva.* Existem anos, nos quais, não obstante a estação seca ser relativamente curta, como a que ocorreu em 1947, não se registra 1 dia sequer de chuva em quase todos os meses secos (Figs. 2.40, 2.41 e 2.42). Por outro lado, em determinados anos, embora a estação seca seja das mais longas, esta se caracteriza por apresentar algumas chuvas em todos ou quase todos os meses, como ocorreu em 1937, quando houve algumas precipitações em 5 dos 7 meses secos em Farias Brito; em 7 dos 8 meses secos em Caririaçu e em todos os 7 meses secos em Jati. Tal situação atenua a intensidade da seca, desde que essas precipitações não sejam extremamente fracas, uma vez que não apenas molham o solo ressequido, como ainda reabastecem os lençóis subterrâneos, impedindo o desaparecimento dos olhos d'água das encostas

⁴ Não se trata de uma proporção padrão. Esta não pode ser determinada, uma vez que não existe qualquer relação entre estes fenômenos.

dos vales, conforme informações de seus lavradores. Este fenômeno é mais importante nas serras e suas cercanias, pelo efeito orográfico, atuando no sentido de aumentar o volume das águas de precipitação.

Se por um lado, em certos anos, a estação seca se caracteriza pela sua extrema secura, onde, ao lado da sua longa duração, todos, ou quase todos, os meses não possuem 1 dia sequer de chuva, como ocorreu em 1957, ao contrário, em cerca de 50% dos anos há, pelo menos, 1 mês em plena estação seca, cuja precipitação se eleva de modo considerável, embora mantenha a relação $P < 2T$ (Figs. 2.13, 2.14 e 2.15 — 1938). Entretanto, pode ocorrer que essas precipitações sejam relativamente abundantes. Nesses casos, a estação seca é bruscamente interrompida por uma curta estação chuvosa, voltando a ser secos os meses que se seguem imediatamente, como se deu em 1942, para citar um único exemplo (Figs. 2.25, 2.26 e 2.27).

Essas chuvas, em meio à estação seca, embora incidam algumas vezes no solstício de inverno, tem ocorrência mais freqüente no equinócio de primavera. Não raras vezes elas se combinam no mesmo ano. O ano de 1953 nos ofereceu magnífico exemplo, embora muito raro, de um aumento brusco de chuvas, em plena estação seca no solstício de inverno e duas vezes na primavera (Figs. 2.58, 2.59 e 2.60). Nesse ano, em Jati e Farias Brito, as chuvas de inverno (junho) e do início da primavera (setembro) não chegaram a interromper a estação seca, porém, a de fins da primavera (novembro) foram suficientemente abundantes para interromper a estação seca. Enquanto isso, no mesmo ano, na localidade de Caririaçu essas mesmas chuvas seccionaram a estação seca por três vezes, transformando-a em 4 períodos secos de curta duração (Fig. 2.58).

Essas precipitações, mormente aquelas que interrompem a estação seca, devem, certamente, constituir-se em grande benefício às atividades humanas, principalmente aquelas diretamente ligadas à utilização do solo agrícola. Aquelas chuvas na primavera são chamadas, pela população regional, de *chuvas do caju*, pelo fato de sua ocorrência ser importante para a maior floração do cajueiro.

Chamamos ainda atenção para o seguinte fenômeno: nem sempre a curva da precipitação da estação chuvosa (de meados de verão e meados do outono) se faz por uma única subida e descida. Com muita freqüência esta curva desce em determinado mês do verão (Figs. 2.43 e 2.44 — 1948), ou, até mesmo, no outono (Figs. 2.10 e 2.12 — 1937). Pode ainda ocorrer que esta queda seja tão forte que chegue a interromper a estação chuvosa, determinando um período seco de um mês, como se verificou em 1936 (Figs. 2.7 e 2.9), 1941 (2.24), 1942 (2.27) e 1944 (2.33), para citar alguns exemplos. Este fato é mais freqüente em Jati (possivelmente devido a sua posição mais meridional) e muito raro em Caririaçu (influência orográfica).

CONCLUSÕES GERAIS

1 — O Cariri cearense é uma região de insuficiência de chuvas. Esta insuficiência decorre muito mais da irregularidade ou variabilidade anual do que de seus índices pluviométricos padrões: se por um lado, seus índices padrões de altura da precipitação anual são dos mais elevados, tratando-se de uma região de clima semi-árido, em contrapartida os desvios e a flutuação, a que essa precipitação está sujeita, são dos maiores do mundo.

2 — Agravando essa deficiência, decorre que aqueles totais, quer nos anos de desvios positivos, quer nos anos de desvios negativos, caracterizam-se pela sua espetacular concentração em 3 ou 4 meses. Com efeito, no Cariri cearense, como em toda a região semi-árida do Nordeste do Brasil, a estação chuvosa irrompe, de certa forma, semelhante ao *estouro das monções* do sudeste e sul da Ásia, embora no Nordeste o volume de água precipitada seja muito inferior, bem como a duração dessa estação.

3 — Embora os totais pluviométricos da estação chuvosa sejam de notável variabilidade, quando comparados de um ano para outro, sua incidência se verifica, quase sempre, de meados do verão a meados do outono. Sobre estes específicos fenômenos, podemos dizer que o regime anual de chuvas no Cariri cearense é regular, constituindo, pois, um aspecto positivo de seu clima.

4 — Ao lado de uma precipitação fortemente concentrada, estende-se sempre uma estação seca, cuja duração e intensidade se caracterizam por excepcional variabilidade. Em alguns anos além de ser muito longa, a ponto de transformar a estação hídrica em 3 ou até 2 meses de duração, é ainda muito intensa, caracterizando-se pela quase total falta de precipitação e, até mesmo, pela absoluta ausência de 1 dia sequer de chuva. Nesses casos ficam determinados os *anos das grandes secas* ou de um *mau inverno*. Em contrapartida, em outros anos a estação úmida se prolonga por 6 ou 7 meses (até mesmo a 8 meses em Caririáçu), em detrimento da estação seca, ou ainda, embora a estação chuvosa mantenha-se curta, a estação seca se caracteriza por apresentar algumas precipitações consideráveis que, em certos casos, chega a seccionar a estação seca por 1 ou 2 vezes. Nesses casos ficam determinados os *anos chuvosos* ou *anos de bom inverno*.

5 — Tanto a flutuação (ou desvio) da pluviometria anual, como da durabilidade e intensidade da estação seca no Cariri cearense (como de resto, em todo o Sertão semi-árido do Nordeste do Brasil), são completamente irregulares, não havendo sequer a mínima tendência de periodicidade ou ciclo, não sendo possível, por isso, a previsão destes fenômenos através de diagramas climatológicos. A previsão dos *anos chuvosos* e dos *anos das grandes secas*, inerentes a essas situações, transcende o campo da pesquisa de Climatologia, situando-se no campo da Meteorologia Dinâmica.

6 — No Cariri cearense, tanto em relação aos índices pluviométricos anuais e da estação chuvosa, como ainda em relação à duração e intensidade da seca dos três postos representativos dos chamados Cariri *úmido*, Cariri *seco* e Cariri de *transição*, a localidade de Caririaçu (Cariri úmido) é a que apresenta a mais fraca condição de semi-aridez, enquanto Jati constitui aquela de *secura* mais acentuada. As condições de maior aridez de Jati, em relação a Caririaçu e Farias Brito, estão diretamente ligadas à posição dessas localidades em relação à *Convergência Intertropical* (CIT). Este sistema de perturbação atmosférica, promotor de instabilidade do tempo e chuvas, geralmente acompanhadas de trovoadas, tem sua posição média mais perto de 5°N do que do equador geográfico⁵. Porém, em sua oscilação pendular, ela atinge o Nordeste do Brasil mais freqüentemente entre meados do verão e meados do outono (quando então se verifica sua estação chuvosa) e raramente no inverno-primavera (época da estação seca). Ora, ocupando a localidade de Jati uma posição mais meridional (7°41') do que Caririaçu (6°55') e Farias Brito (7°02'), é evidente que ela será menos freqüentemente beneficiada pelas chuvas trazidas por aquele sistema de direção geral norte.

A esse *fator dinâmico* soma-se a influência de *fatores locais*. Enquanto o posto pluviométrico de Jati está localizado no fundo do vale do Riacho do Jardim, numa altitude de 470 metros, Caririaçu, localizado sobre a serra de São Pedro, a 710 metros de altitude, tem, por sua situação orográfica, agravada a instabilidade do tempo nas ocasiões de chuvas generalizadas por toda a região, além de receber algumas chuvas orográficas, quando a região permanece com tempo relativamente estável. As condições de maior aridez de Farias Brito, em relação a Caririaçu, não podem ser uma decorrência de *fatores dinâmicos*, uma vez que essas localidades estão muito próximas entre si em latitudes semelhantes. Entre estas duas localidades as diferenciações só podem encontrar resposta na influência orográfica, segundo os mesmos processos explicados acima, uma vez que Farias Brito está situado a uma altitude de 320 metros no fundo do vale do Riacho Romão.

Dessas diferenciações se conclui que, no Cariri cearense, o reconhecimento por parte de sua população de uma divisão ecológica e fisionômica expressa nas denominações *cariri úmido*, *cariri seco* e *cariri de transição*, não decorre, necessariamente de uma diferenciação climatológica. Entre as três localidades representativas daquelas três categorias reconhecidas na região do Cariri, apenas em Caririaçu encontra correspondência climatológica, não que o clima de Caririaçu seja úmido, mas, das três localidades, é a que possui condições de semi-aridez menos acentuada. Entretanto o mesmo não se verifica entre Farias Brito e Jati. Embora Farias Brito esteja localizada no chamado *cariri seco* e Jati no *cariri de transição*, o fato é que em Jati as condições de semi-aridez do clima são bem mais acentuadas que em Farias Brito. É possível que a

⁵ A esta descontinuidade equatorial deve-se a maior parte das chuvas no norte da região semi-árida do Nordeste.

análise comparativa das condições de semi-aridez entre outras três localidades do Cariri cearense situadas igualmente em áreas denominadas *cariri úmido*, *cariri seco* e *cariri de transição*, encontre uma correspondência exata em categorias climáticas. Mas os resultados decorrentes desta pesquisa, utilizando postos pluviométricos de Caririçu, Farias Brito e Jati, não deixam dúvidas de que tal correspondência não é absoluta. É muito provável que afloramentos de lençóis d'água ligados à inclinação das camadas de rochas e as diferenças de capacidade de absorção de água por parte dos estratos do subsolo possuam, nesse caso, um papel muito importante. Este papel geológico, aliás, tem sido considerado para explicar os afloramentos de lençóis d'água na encosta setentrional da Chapada do Araripe, provenientes da precipitação naquela alta chapada. É muito provável que tais fatos tenham um papel muito importante no sentido de tornar Jati — que climatologicamente é a mais seca — em *cariri de transição*, uma vez que esta localidade está situada no sopé da encosta setentrional daquela chapada.

7 — A flutuação da pluviometria anual, do regime de chuvas e da durabilidade e intensidade da seca apresenta, praticamente, as mesmas tendências nas três localidades, ou seja, seu ritmo embora se caracterize por uma notável variabilidade, foi quase sempre simétrico: quando os totais pluviométricos subiam numa localidade, o mesmo se verificava nas outras; quando a seca se intensificava em uma localidade, também se intensificava nas outras. Somente em relação a Jati, a mesma tendência não se verificou com igual frequência. Esta simetria indica que essas três localidades estão, com frequência semelhante, sujeitas aos mesmos e simultâneos fenômenos dinâmicos de perturbação atmosférica, estando, pois, integradas na mesma região climática.

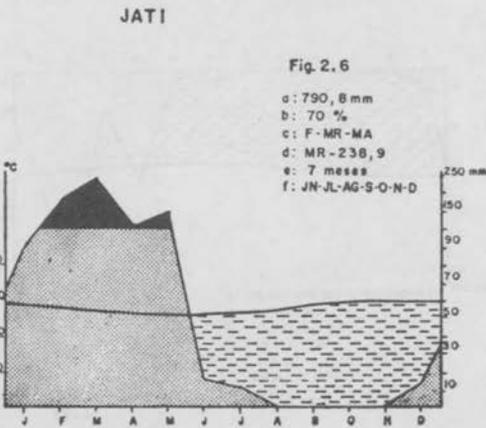
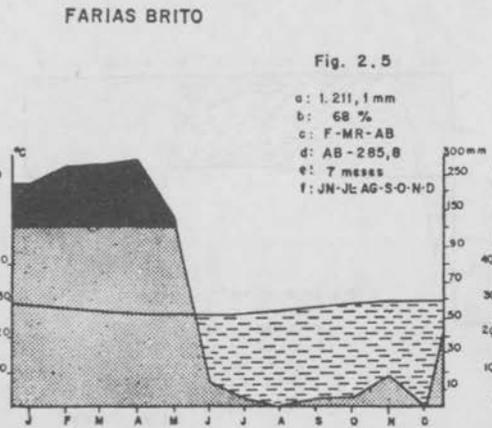
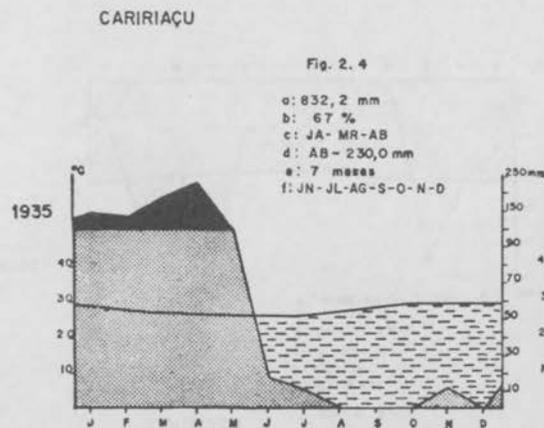
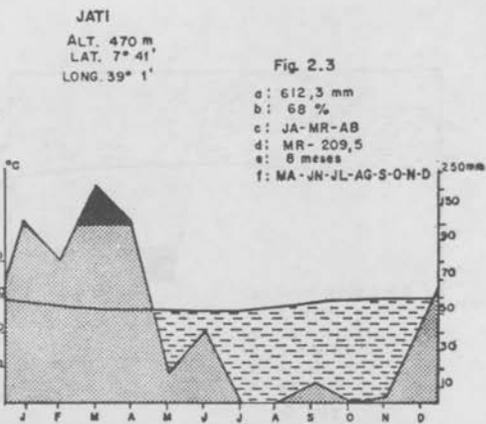
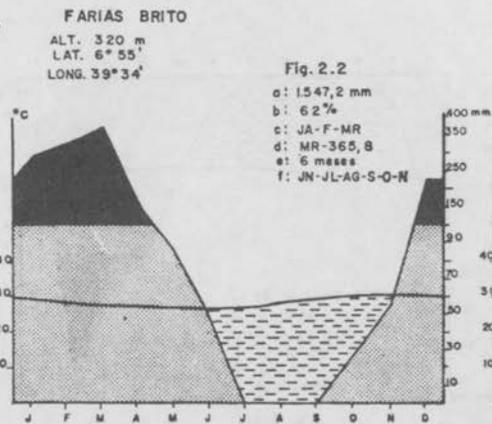
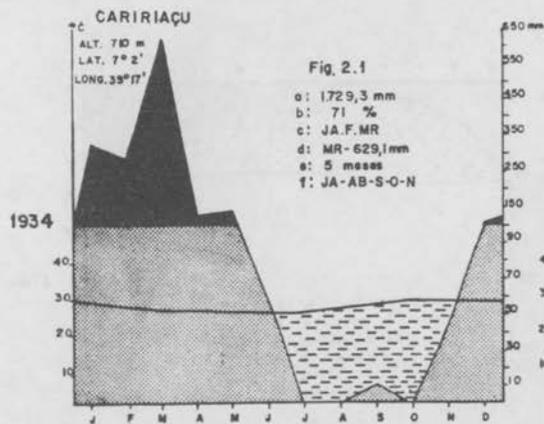
Terminaremos esta exposição sumária sobre a precipitação pluviométrica no Cariri cearense, chamando atenção para o método aqui aplicado. Como o leitor observou não adotamos nesta pesquisa o método tradicional, cuja análise repousa em *normais* ou valores médios de um longo período de observação. Neste estudo a análise estatística da precipitação repousa na moderna orientação metodológica da climatologia *dinâmica*, a qual se fundamenta na *variabilidade* das condições climáticas que, desprezando as médias aritméticas (*normais climatológicas*), determina os índices de maior frequência ou de probabilidade dos diversos fenômenos climatológicos através dos anos, bem como seus maiores desvios em relação aos valores medianos ou padrões.

Ora, sendo o clima um fenômeno dinâmico e não estático, como a Climatologia *tradicional* faz supor, torna-se óbvia a necessidade de encaminhar as atuais pesquisas climatológicas para o campo da climatologia *dinâmica*. É através dos resultados das pesquisas baseadas em métodos *dinâmicos* que podemos reconhecer o caráter de mera caricatura que a *média dos fenômenos meteorológicos* representa no quadro climático de determinada região, mormente quando está em consideração a pluviosidade nas regiões tropicais, onde a notável variabilidade deste fenômeno chega, em certas regiões, como no Sertão do Nordeste do Brasil, a reduzir a

média (*normal*) numa simples expressão aritmética, muito divorciada de sua verdadeira expressão ou realidade climatológica. Isto porque nas regiões tropicais, mais do que nas regiões de latitudes médias e elevadas, a frequência e intensidade dos sistemas dinâmicos da atmosfera, responsáveis pelas situações de tempo instável, caracterizam-se, sobretudo, por uma extrema irregularidade. Esta é, como vimos, a principal característica da pluviosidade no Cariri.

Não queremos dizer com isso que o método utilizado por nós para a análise da pluviosidade do Cariri seja o único dinâmico. A orientação dinâmica oferece diversos métodos e alternativas, dependendo do(s) objetivo(s), cuja pesquisa constitui um meio para atingi-lo(s). Nem pretendemos afirmar que esta análise dinâmica da pluviosidade no Cariri cearense tenha esgotado o tema sobre este fenômeno naquela região, mesmo porque não foi essa nossa intenção. Se a tivéssemos ao lado dos totais anuais e mensais de precipitação, faríamos uma análise das precipitações diárias, pelo menos durante a estação chuvosa, determinando o número de dias de sua ocorrência, bem como a frequência das diversas intensidades acumuladas em mm/dia ou hora. Tal análise viria complementar os aspectos da pluviometria focalizados nesta pesquisa.

De qualquer forma fica nossa sugestão, pois a aplicação de tal método não apenas dará melhor contribuição à Climatologia e à análise dos processos geomorfológicos e hidrológicos do Sertão semi-árido do Nordeste, como os atuais ou futuros planos de desenvolvimento econômico regional poderão incluir nos estudos preliminares, *à sua execução*, relatório de um fenômeno, cuja importância na vida regional é dispensável afirmar.

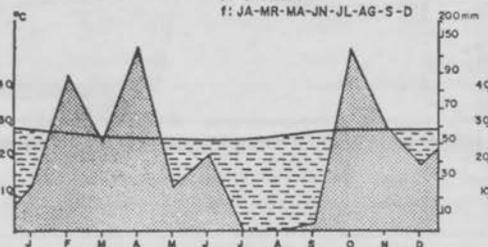


CARIRIAÇU

Fig. 2.7

- a: 571,9 mm
- b: 56 %
- c: F - AB - O
- d: AB - 120,4 mm
- e: 8 meses
- f: JA-MR-MA-JN-JL-AG-S-D

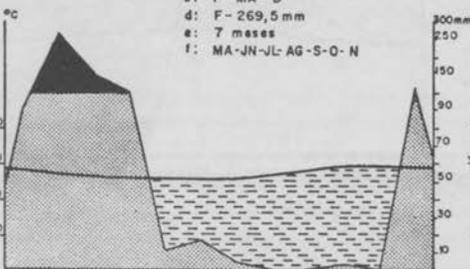
1936



FARIAS BRITO

Fig. 2.8

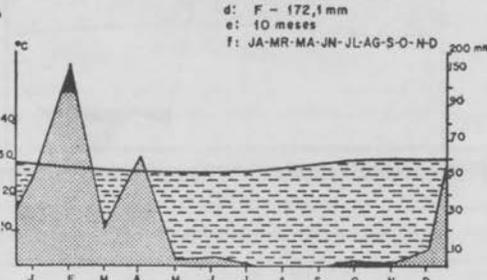
- a: 770,0 mm
- b: 69 %
- c: F - MA - D
- d: F - 269,5 mm
- e: 7 meses
- f: MA-JN-JL-AG-S-O-N



JATI

Fig. 2.9

- a: 339,4 mm
- b: 84 %
- c: JA - F - AB
- d: F - 172,1 mm
- e: 10 meses
- f: JA-MR-MA-JN-JL-AG-S-O-N-D

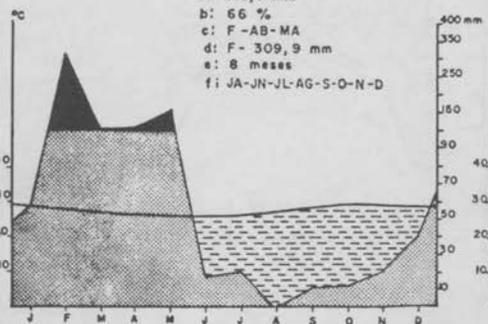


CARIRIAÇU

Fig. 2.10

- a: 859,1 mm
- b: 66 %
- c: F - AB - MA
- d: F - 309,9 mm
- e: 8 meses
- f: JA-JN-JL-AG-S-O-N-D

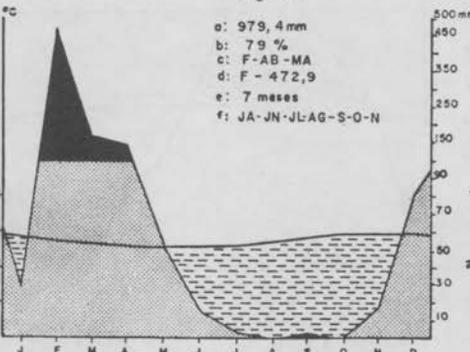
1937



FARIAS BRITO

Fig. 2.11

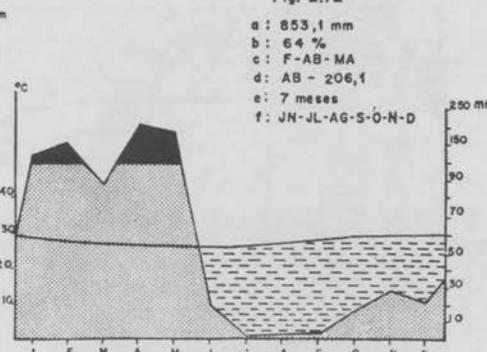
- a: 979,4 mm
- b: 79 %
- c: F - AB - MA
- d: F - 472,9 mm
- e: 7 meses
- f: JA-JN-JL-AG-S-O-N



JATI

Fig. 2.12

- a: 853,1 mm
- b: 64 %
- c: F - AB - MA
- d: AB - 206,1 mm
- e: 7 meses
- f: JN-JL-AG-S-O-N-D

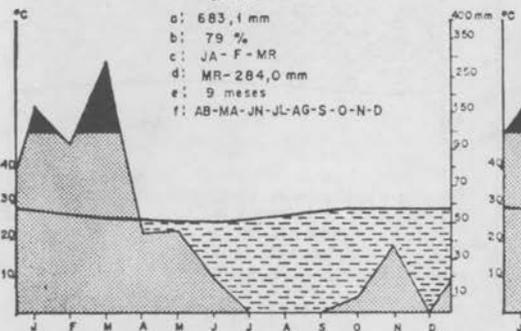


CARIRIAÇU

Fig. 2.13

- a: 683,1 mm
- b: 79 %
- c: JA - F - MR
- d: MR - 284,0 mm
- e: 9 meses
- f: AB-MA-JN-JL-AG-S-O-N-D

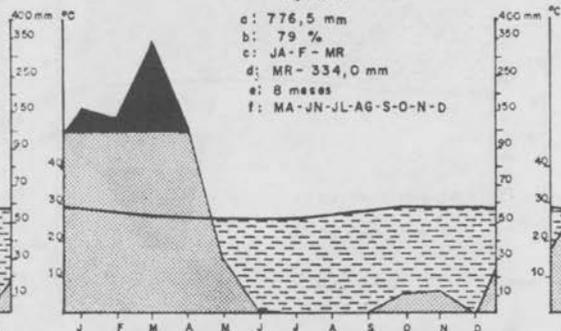
1938



FARIAS BRITO

Fig. 2.14

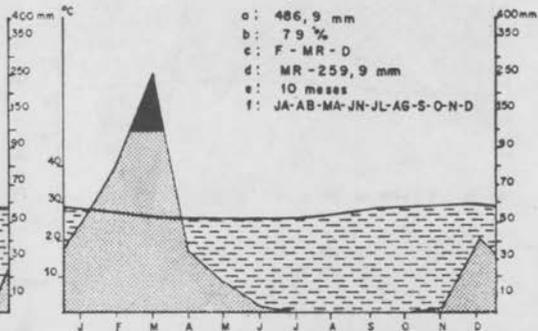
- a: 776,5 mm
- b: 79 %
- c: JA - F - MR
- d: MR - 334,0 mm
- e: 8 meses
- f: MA-JN-JL-AG-S-O-N-D



JATI

Fig. 2.15

- a: 486,9 mm
- b: 79 %
- c: F - MR - D
- d: MR - 259,9 mm
- e: 10 meses
- f: JA-AB-MA-JN-JL-AG-S-O-N-D

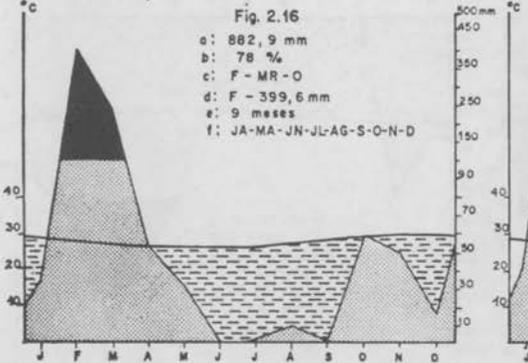


CARIRIAÇU

Fig. 2.16

- a: 882,9 mm
- b: 78 %
- c: F - MR - O
- d: F - 399,6 mm
- e: 9 meses
- f: JA-MA-JN-JL-AG-S-O-N-D

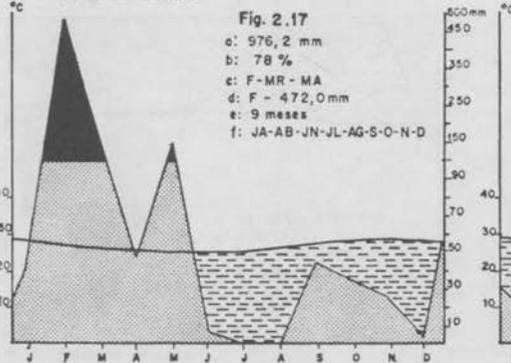
1939



FARIAS BRITO

Fig. 2.17

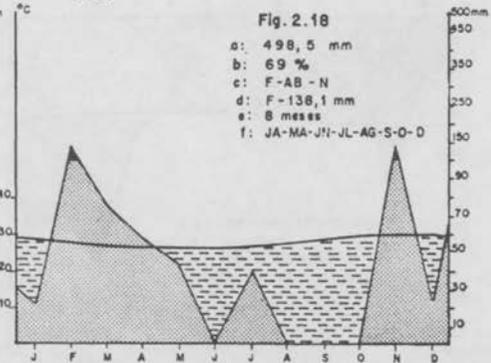
- a: 976,2 mm
- b: 78 %
- c: F - MR - MA
- d: F - 472,0 mm
- e: 9 meses
- f: JA-AB-JN-JL-AG-S-O-N-D

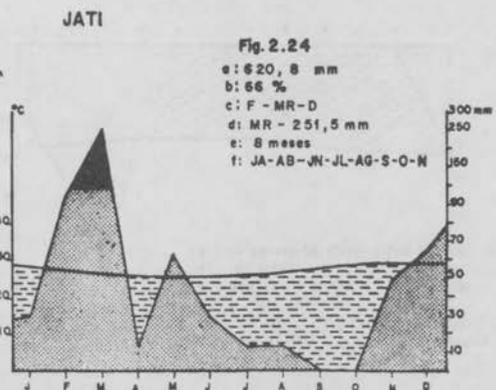
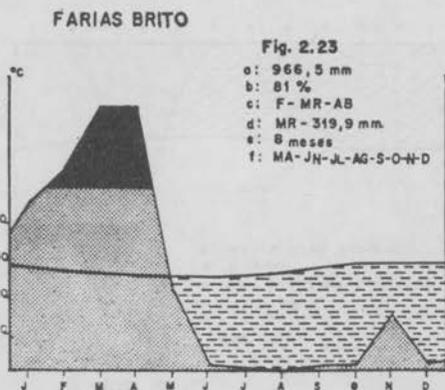
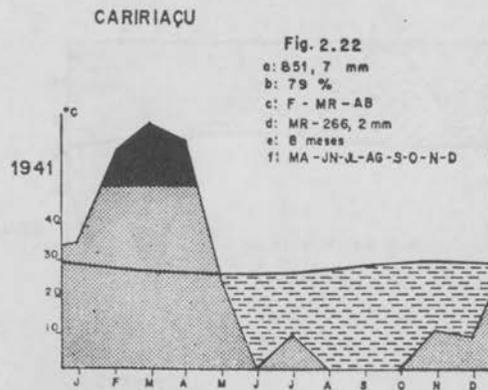
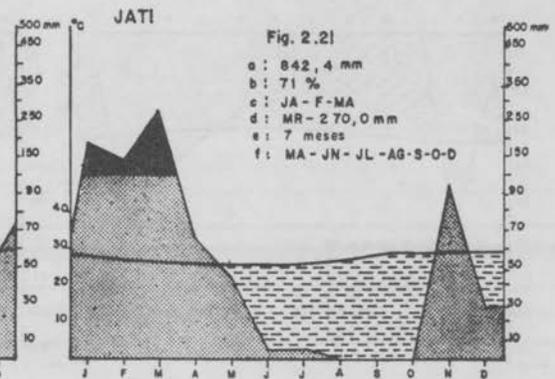
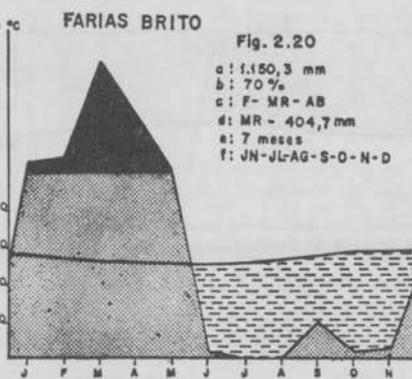
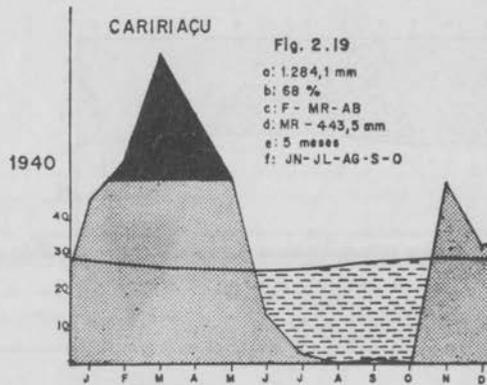


JATI

Fig. 2.18

- a: 498,5 mm
- b: 69 %
- c: F - AB - N
- d: F - 138,1 mm
- e: 8 meses
- f: JA-MA-JN-JL-AG-S-O-D

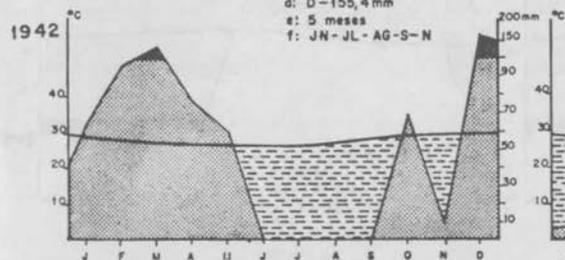




CARIRIAÇU

Fig. 2.25

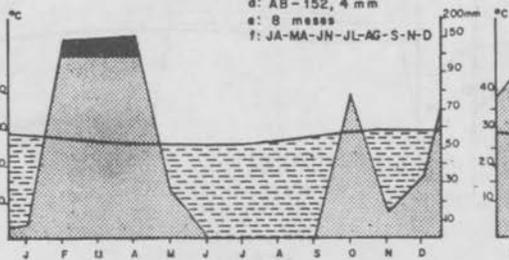
- a: 651, 2 mm
- b: 57 %
- c: F - MR - D
- d: D - 155, 4 mm
- e: 5 meses
- f: JN - JL - AG - S - N



FARIAS BRITO

Fig. 2.26

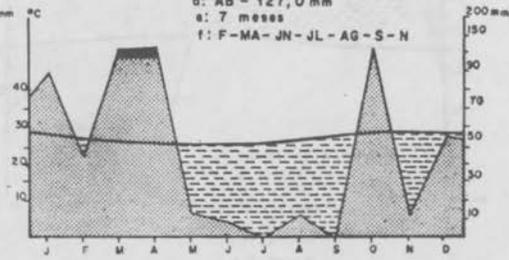
- a: 593, 4 mm
- b: 73 %
- c: F - MR - AB
- d: AB - 152, 4 mm
- e: 8 meses
- f: JA - MA - JN - JL - AG - S - N - D



JATI

Fig. 2.27

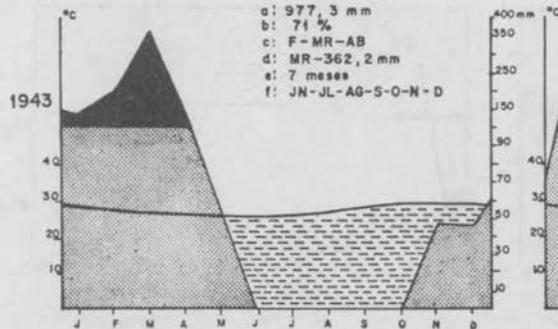
- a: 600, 1 mm
- b: 60 %
- c: MR - AB - O
- d: AB - 127, 0 mm
- e: 7 meses
- f: F - MA - JN - JL - AG - S - N



CARIRIAÇU

Fig. 2.28

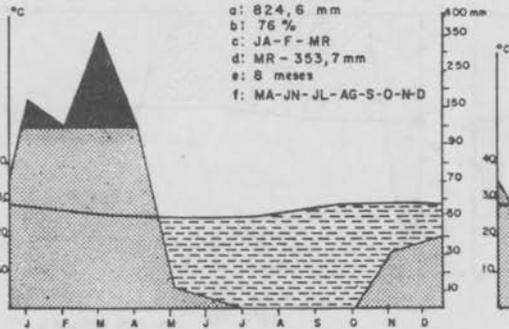
- a: 977, 3 mm
- b: 71 %
- c: F - MR - AB
- d: MR - 362, 2 mm
- e: 7 meses
- f: JN - JL - AG - S - O - N - D



FARIAS BRITO

Fig. 2.29

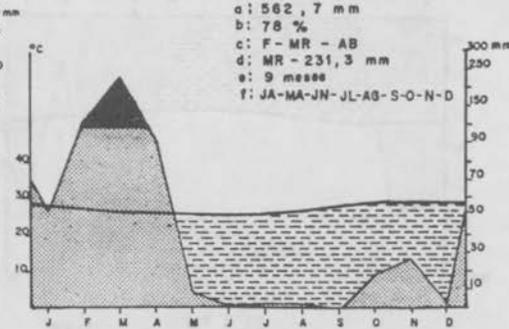
- a: 824, 6 mm
- b: 76 %
- c: JA - F - MR
- d: MR - 353, 7 mm
- e: 8 meses
- f: MA - JN - JL - AG - S - O - N - D



JATI

Fig. 2.30

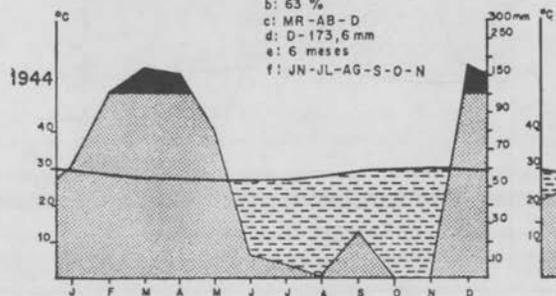
- a: 562, 7 mm
- b: 78 %
- c: F - MR - AB
- d: MR - 231, 3 mm
- e: 9 meses
- f: JA - MA - JN - JL - AG - S - O - N - D



CARIRIAÇU

Fig. 2.31

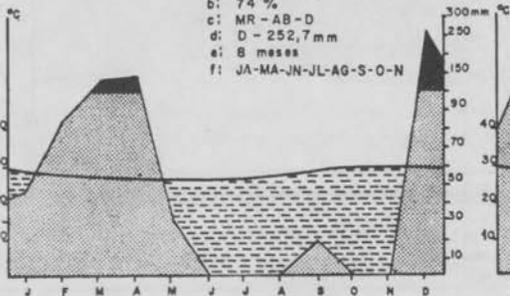
- a: 766,4 mm
- b: 63 %
- c: MR-AB-D
- d: D-173,6 mm
- e: 6 meses
- f: JN-JL-AG-S-O-N



FARIAS BRITO

Fig. 2.32

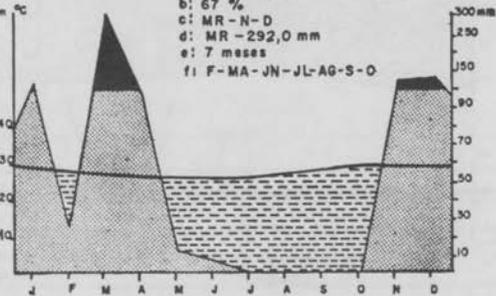
- a: 695,4 mm
- b: 74 %
- c: MR-AB-D
- d: D-252,7 mm
- e: 8 meses
- f: JA-MA-JN-JL-AG-S-O-N



JATI

Fig. 2.33

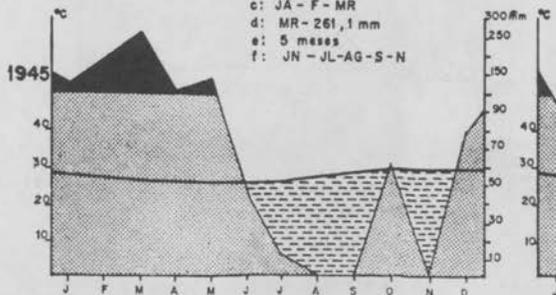
- a: 784,0 mm
- b: 67 %
- c: MR-N-D
- d: MR-292,0 mm
- e: 7 meses
- f: F-MA-JN-JL-AG-S-O



CARIRIAÇU

Fig. 2.34

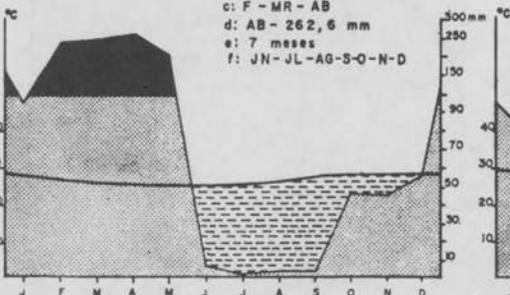
- a: 1.001,4 mm
- b: 56 %
- c: JA-F-MR
- d: MR-261,1 mm
- e: 5 meses
- f: JN-JL-AG-S-N



FARIAS BRITO

Fig. 2.35

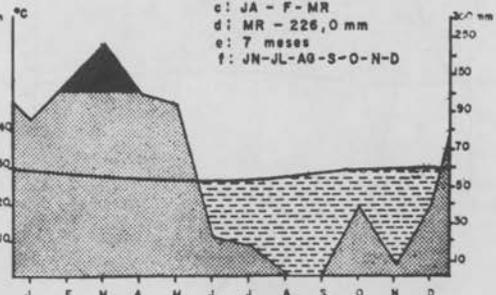
- a: 1.226,6 mm
- b: 61 %
- c: F-MR-AB
- d: AB-262,6 mm
- e: 7 meses
- f: JN-JL-AG-S-O-N-D

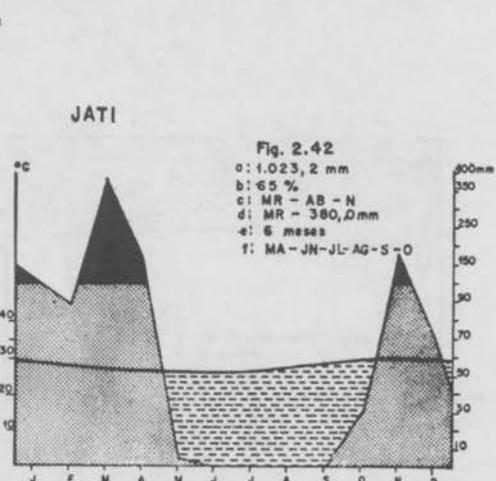
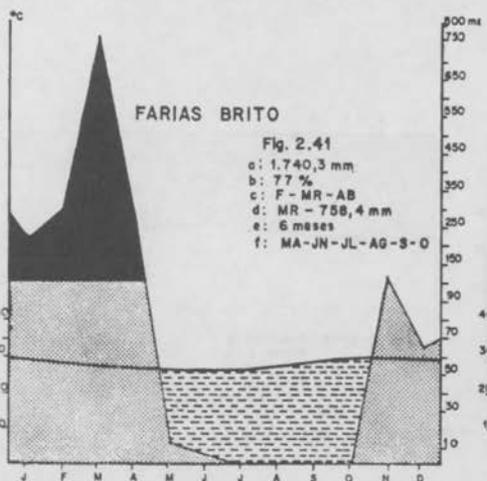
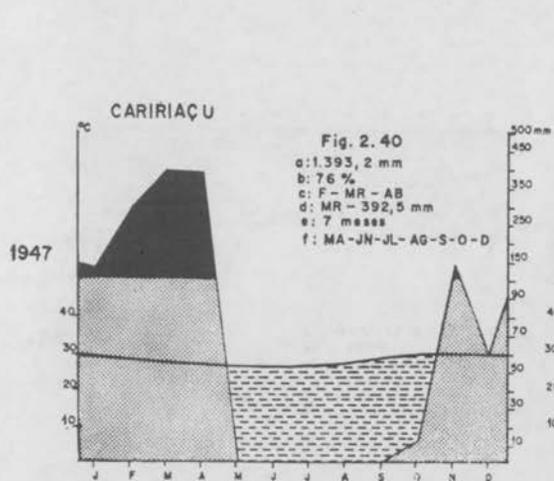
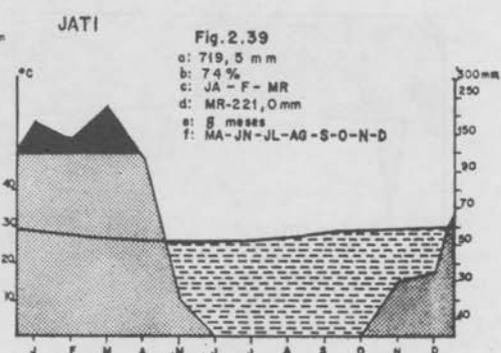
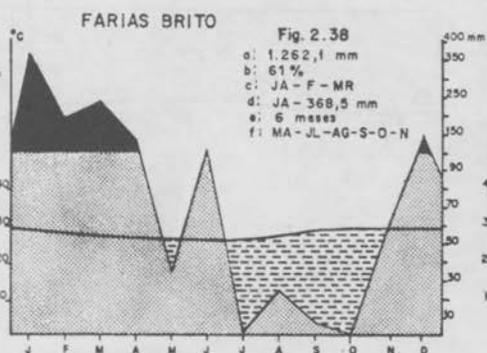
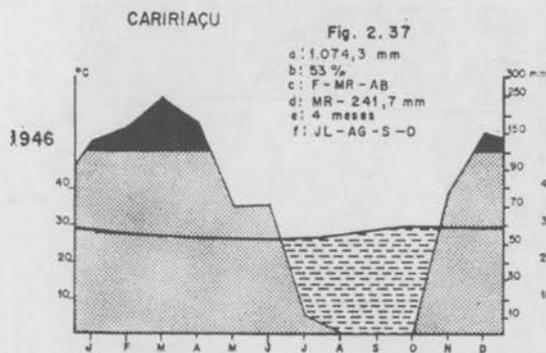


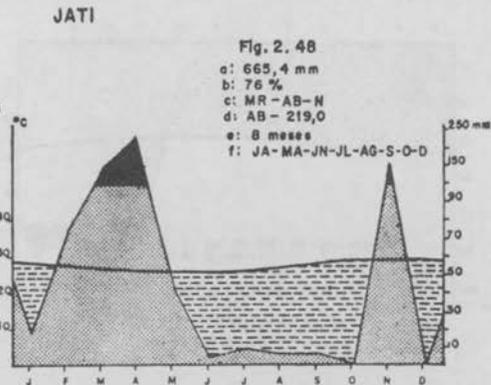
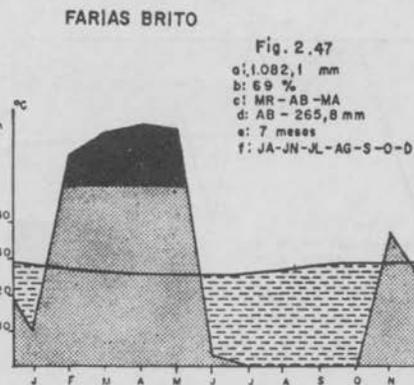
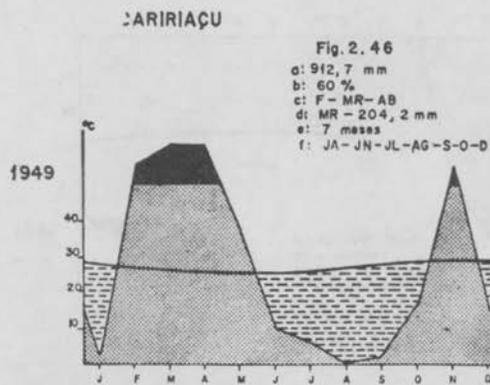
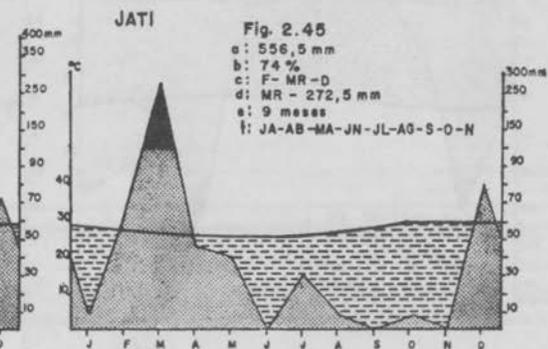
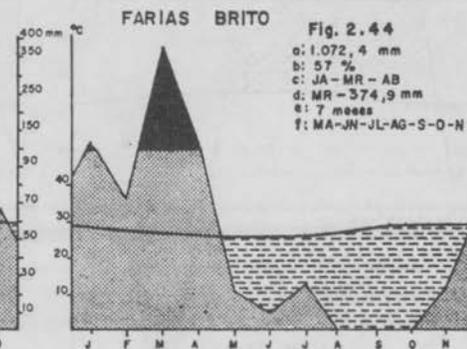
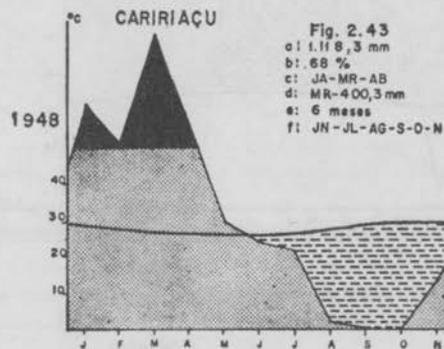
JATI

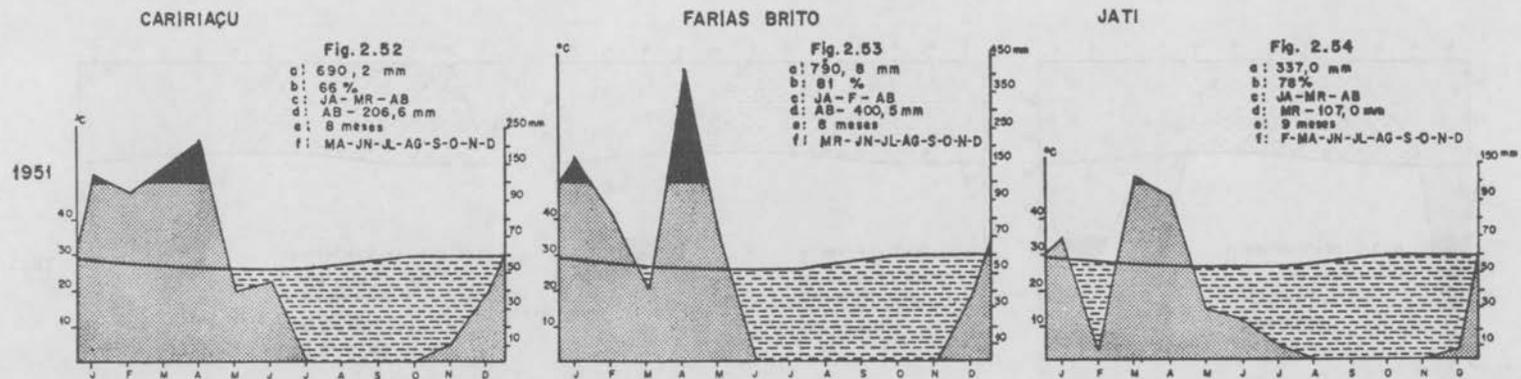
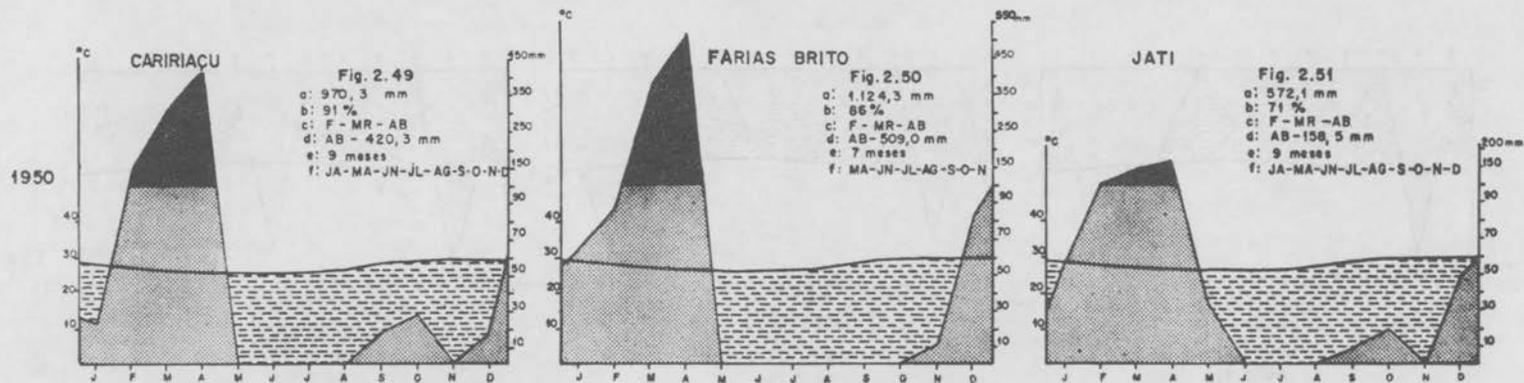
Fig. 2.36

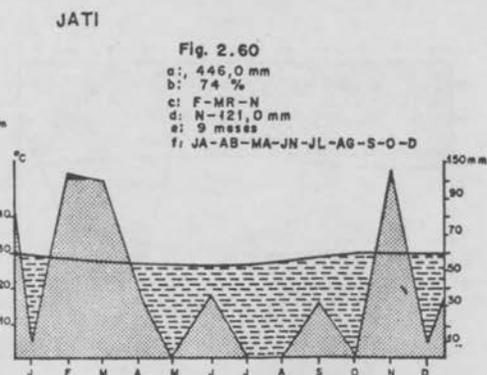
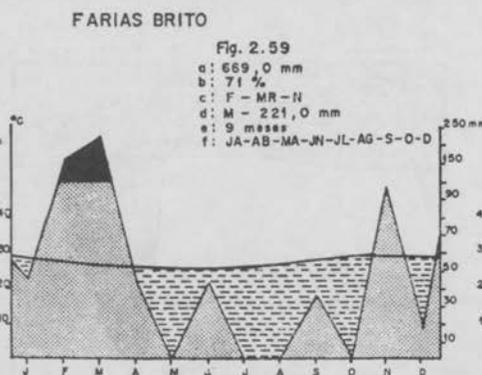
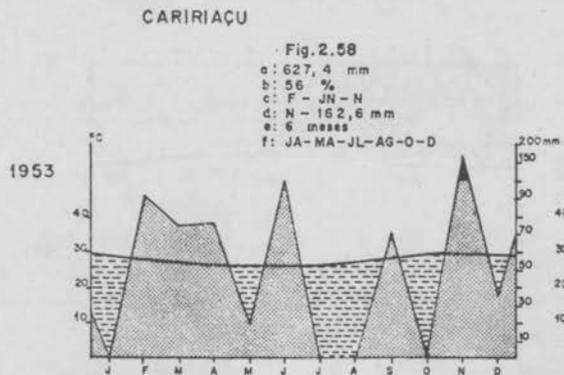
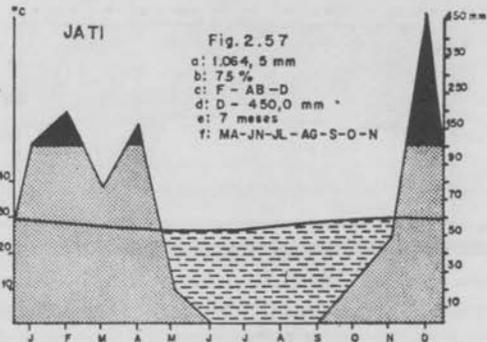
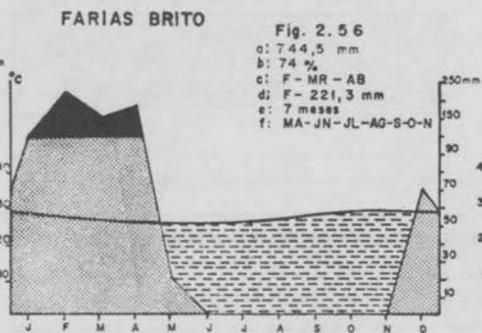
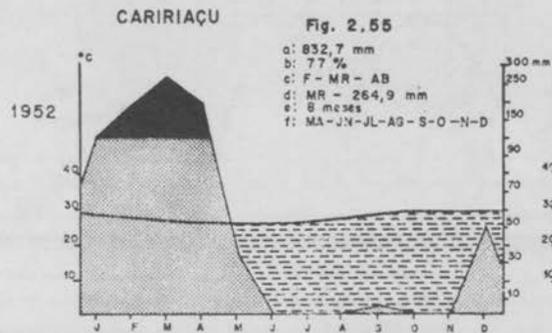
- a: 744,3 mm
- b: 60 %
- c: JA-F-MR
- d: MR-226,0 mm
- e: 7 meses
- f: JN-JL-AG-S-O-N-D







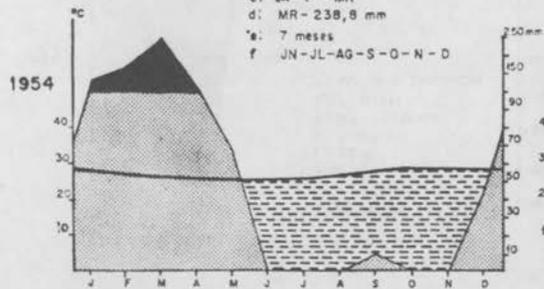




CARIRIAÇU

Fig. 2.61

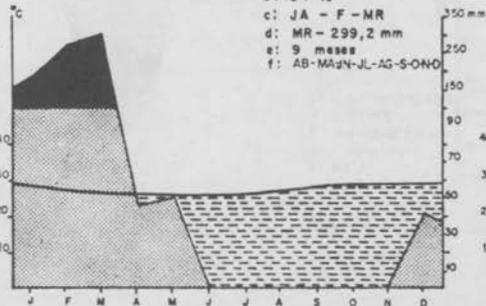
- a: 767,2 mm
- b: 70 %
- c: JA - F - MR
- d: MR - 239,9 mm
- e: 7 meses
- f: JN - JL - AG - S - O - N - D



FARIAS BRITO

Fig. 2.62

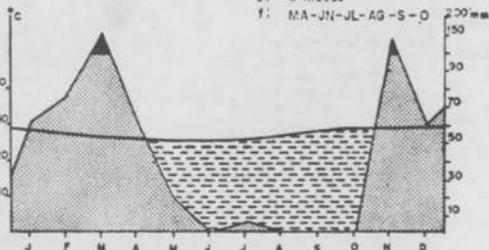
- a: 887,8 mm
- b: 84 %
- c: JA - F - MR
- d: MR - 299,2 mm
- e: 9 meses
- f: AB - MA - JN - JL - AG - S - O - N - D



JATI

Fig. 2.63

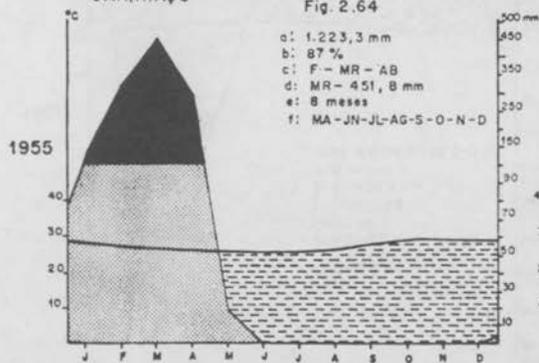
- a: 561,0 mm
- b: 61 %
- c: JA - MR - N
- d: MR - 149,5 mm
- e: 6 meses
- f: MA - JN - JL - AG - S - O



CARIRIAÇU

Fig. 2.64

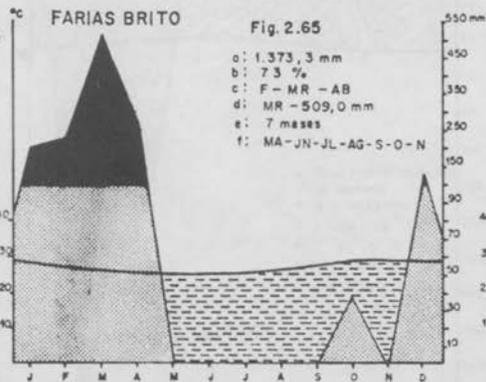
- a: 1.223,3 mm
- b: 87 %
- c: F - MR - AB
- d: MR - 451,8 mm
- e: 8 meses
- f: MA - JN - JL - AG - S - O - N - D



FARIAS BRITO

Fig. 2.65

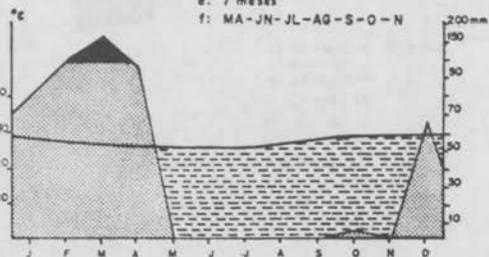
- a: 1.373,3 mm
- b: 73 %
- c: F - MR - AB
- d: MR - 509,0 mm
- e: 7 meses
- f: MA - JN - JL - AG - S - O - N

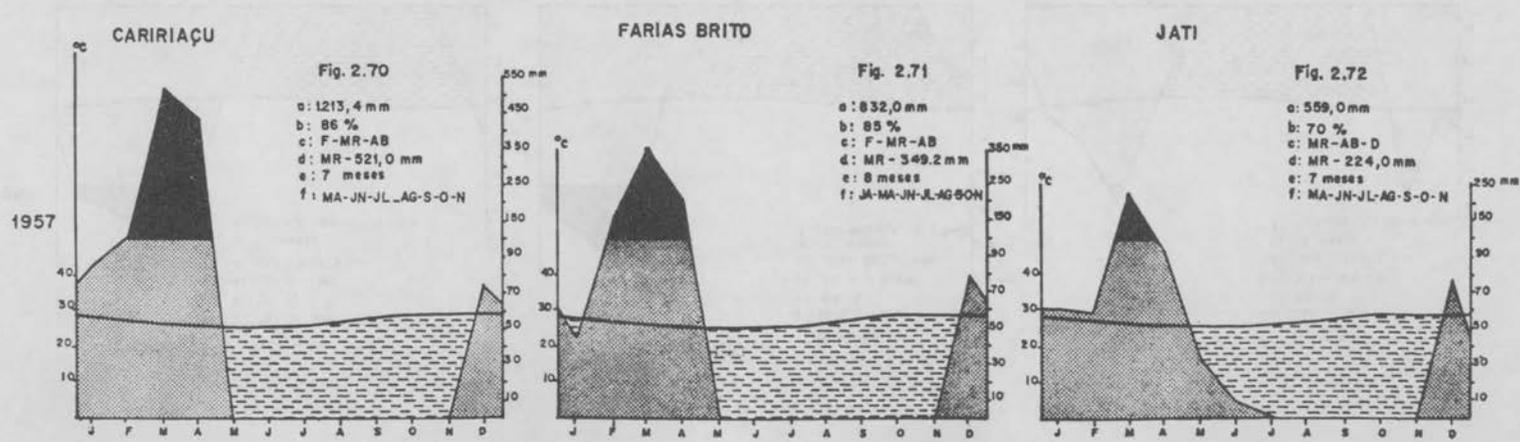
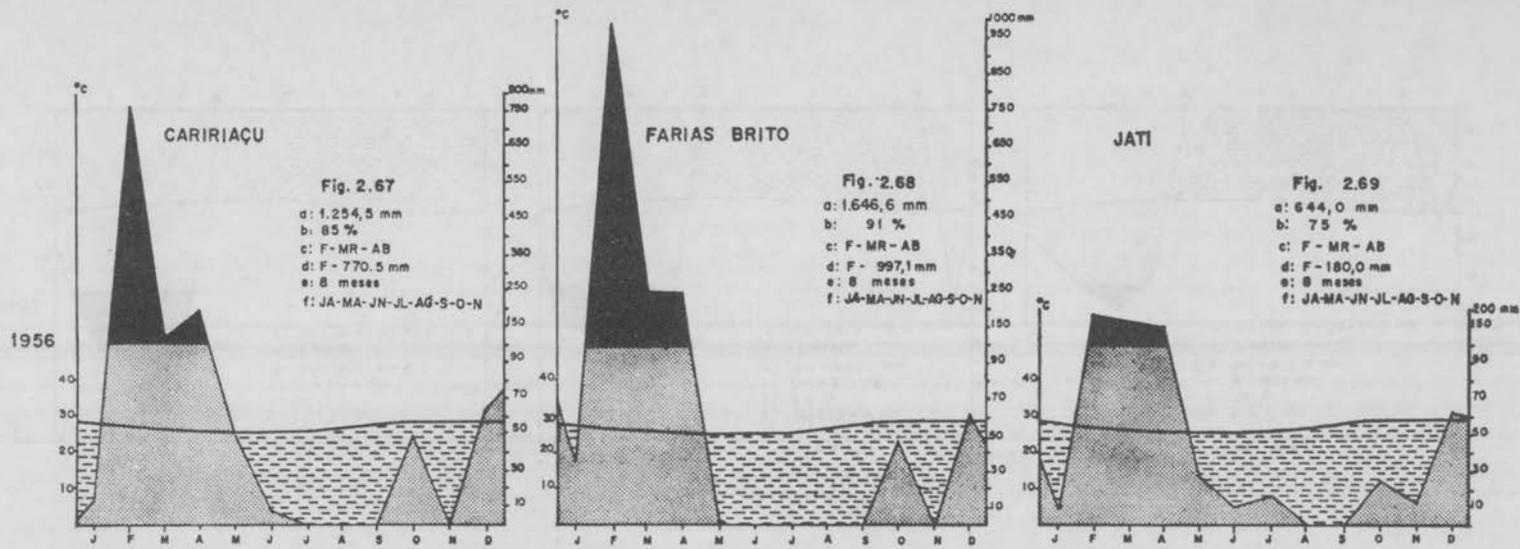


JATI

Fig. 2.66

- a: 505,0 mm
- b: 70 %
- c: F - MR - AB
- d: MR - 161,0 mm
- e: 7 meses
- f: MA - JN - JL - AG - S - O - N





LEGENDA DAS FIGURAS 2.1 a 2.72

— CURVA DA ALTURA DA PRECIPITAÇÃO

— CURVA DA TEMPERATURA MENSAL

SÍMBOLOS DOS MESES

JA - Janeiro

F - fevereiro

MR - março

AB - abril

MA - maio

JN - junho

JL - julho

AG - agosto

S - setembro

O - outubro

N - novembro

D - dezembro

ESTAÇÃO ÚMIDA

$P > 2 T$



ALTURA DA PRECIPITAÇÃO > 100 mm



ALTURA DA PRECIPITAÇÃO < 100 mm

ESTAÇÃO SECA



$P < 2 T$

a — ALTURA ANUAL DA PRECIPITAÇÃO

b — % DA PRECIPITAÇÃO DOS 3 MESES MAIS CHUVOSOS

c — ÉPOCA DA PRECIPITAÇÃO DOS 3 MESES MAIS CHUVOSOS

d — MÊS DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA

e — DURAÇÃO DA ESTAÇÃO SECA

f — ÉPOCA DA ESTAÇÃO SECA

Análise dinâmica da precipitação pluviométrica na região serrana do Sudeste — especialmente na Serra das Araras *

INTRODUÇÃO

Este estudo é decorrência das intensas precipitações pluviométricas que marcaram profundamente o verão de 1966/67 no *Sudeste* do Brasil, com numerosas *trombas d'água* em sua *região serrana* e áreas vizinhas, especialmente aquela verificada na noite de 22/23 de janeiro de 1967 na *serra das Araras*, Estado do Rio de Janeiro, cujas conseqüências afetaram seriamente a região, por suas violentas enxurradas e enchentes, pelo deslizamento e numerosos desabamentos de encostas e pistas rodoviárias, pelo assoreamento no leito dos rios e estradas, pela destruição de residências, pelas numerosas mortes e afinal pelo transtorno causado às atividades econômicas do eixo Rio-São Paulo, que teve seus serviços seriamente prejudicados durante muitos dias.

Naquela ocasião as conseqüências de ordem sócio-econômica foram amplamente divulgadas.

Esta pesquisa tem três objetivos: 1.º) *climatológico* — conhecer profundamente a precipitação pluviométrica na Região Sudeste do Brasil, em geral, e em suas áreas serranas, em particular, através de uma perspectiva dinâmica da climatologia moderna. 2.º) fornecer elementos para análise dos processos geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos e geográficos que se verificam nesta região. 3.º) *gerais* — fornecer subsídios aos técnicos e aos órgãos que se encarregam ou venham a se encarregar da aplicação de planos de desenvolvimento econômico setorial ou integrado nessa região de grande densidade demográfica e de complexa infra-estrutura econômica.

* Com a colaboração dos Geógrafos Arthur Alves Pinheiro Filho, Elmo da Silva Amador e Mário Diniz. Rev. Bras. Geog., Rio de Janeiro, 33 (3), julho/set., 1971.

Na realização desta pesquisa foram utilizadas as seguintes bases:

a) relativas às *fontes de informação pluviométrica*: postos pluviométricos da Light Serviços de Eletricidade S.A., da Divisão de Águas do DNPM e do Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura;

b) relativas às *cartas sinóticas*: Cartas Sinóticas elaboradas pelo Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura;

c) relativas às *cartas topográficas* de curvas de nível ou hipsométricas: Folha de Pirai 1:50.000, Fundação IBGE-1966; Folhas do Rio de Janeiro e Iguape 1:500.000, Fundação IBGE-1959; Carta Corográfica do Estado do Rio de Janeiro 1:250.000, Secretaria da Viação e Obras Públicas — 1952; Carta Corográfica do Estado do Rio de Janeiro 1:400.000, Fundação IBGE-1967; Folhas do Rio de Janeiro e Vitória 1:1.000.000, Fundação IBGE-1959.

O Sudeste do Brasil é, juntamente com a Amazônia, a Região Sul e a Região Centro-Oeste, região de importantes índices pluviométricos anuais. Neste particular, o que as distingue é, principalmente, a maneira pela qual estas chuvas se distribuem em seus espaços territoriais, ao longo de cada ano e através dos anos:

a) enquanto na Amazônia e no sul do Brasil a distribuição espacial não oferece diferenciações muito importantes, no Sudeste apresenta os maiores contrastes inter regionais, comparáveis aos verificados na Região Nordeste e, até mesmo, superiores em certas áreas.

b) enquanto no sul do Brasil a marcha estacional das precipitações se caracteriza por uma distribuição quase uniforme, no Sudeste, a exemplo do que acontece nas demais regiões tropicais brasileiras, sua repartição se caracteriza, sobretudo, por uma notável concentração na estação chuvosa, enquanto na estação seca, ou menos úmida, as chuvas tornam-se pouco frequentes e, até mesmo, muito raras. Neste aspecto específico a distribuição das chuvas no Sudeste somente é menos desigual do que a que se verifica na Região Nordeste;

c) enquanto no sul do Brasil, refletindo os fatores dinâmicos da atmosfera, a pluviometria não sofre grandes variações de um ano para outro, no Sudeste ela se sobressai pela notável irregularidade que tão bem caracteriza as regiões tropicais. No Brasil, a irregularidade dos índices pluviométricos anuais do Sudeste são inferiores apenas aos do Nordeste. Em outras palavras: o desvio da altura das precipitações de cada ano em relação à *normal* é, no Sudeste, incomparavelmente maior que no sul e pouco inferior aos desvios na Região Nordeste.

Considerando-se que o reservatório de Lajes está situado na Região Sudeste do Brasil, a fim de compreender o processo dinâmico que fez desabar uma tromba d'água na noite de 22-23 de janeiro de 1967, naquela localidade, é indispensável o conhecimento dos fatores dinâmicos e estáticos que determinam as precipitações nesta Região.

Parte I — Fatores das precipitações na Região Sudeste

Para a compreensão dos processos que desencadeiam as precipitações nesta região torna-se necessário um prévio conhecimento de diversos fatores, alguns de *ordem estática*, outros de *natureza dinâmica*. Todos atuam simultaneamente em estreita relação, porém, para facilitar sua compreensão, nós os examinaremos, de início, separadamente.

1 — FATORES ESTÁTICOS (As Condições Geográficas)

1.1 — A Posição

Dois fatos importantes devem ser destacados: a posição latitudinal e a posição na borda ocidental do oceano.

A Região Sudeste está situada nas proximidades do trópico. Nela nossa *área de estudo* fica entre os paralelos de 21° e 24° de Lat. Sul, aproximadamente ¹.

Esta posição lhe confere forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende essencialmente da altura do Sol sobre o horizonte, ou seja, do ângulo de incidência dos raios solares, sendo tanto mais intensa quanto menor o ângulo de incidência, e este varia na proporção inversa da latitude. Daí resulta que da radiação direta do Sol, a quantidade de calor absorvida pelos níveis inferiores da atmosfera em nossa *área de estudo* é de cerca de 0,37 cal/cm²/min., enquanto que entre 60-90° de latitude é de apenas 0,13.

A irradiação solar, por sua vez, cria melhores condições à evaporação, uma vez que no processo de evaporação é empregado calor, sendo tanto mais ativa quanto maior o calor disponível a ser empregado no seu processamento.

Outra pré-condição necessária à evaporação é a existência de superfícies líquidas. Ora, estando nossa *área* a leste do continente e possuindo litoral em toda sua extensão, fica evidente que ela possui uma superfície oceânica à disposição do processo de evaporação.

Entretanto, a posição tropical e a proximidade de uma superfície oceânica — com o conseqüente processo de radiação e evaporação intensas — não explicam por si só a elevada pluviosidade do Sudeste brasileiro.

¹ Chamamos por nossa *área de estudo*, ou tão-somente por *nossa área*, o espaço compreendido entre o sul do Estado do Espírito Santo e o meridiano de 36°30' que passa pelo alto curso do rio Paraíba do Sul, a oeste de Santos. Dela fazem parte a Zona da Mata e o sul de Minas Gerais, parte do Estado de São Paulo e todo o Estado do Rio de Janeiro. Quando tratarmos das precipitações pluviométricas de janeiro de 1967, *nossa área de estudo* compreenderá um espaço mais restrito, cuja referência faremos oportunamente.

Estes fatores criam apenas pré-condições à precipitação. Os elevados índices deste fenômeno são uma consequência dos mecanismos dinâmicos que se processam nesta Região associados àqueles fatores estáticos (os processos dinâmicos serão examinados posteriormente).

De qualquer forma, o ciclo evaporação-condensação-precipitação está estreitamente ligado à radiação de ondas solares, e estas, por sua vez, são tanto mais importantes quanto menor o ângulo de incidência dos raios solares.

A posição na borda oriental do continente sul-americano expõe a nossa área ao fluxo meridional de ar frio oriundo do Pólo Sul sobre as águas quentes do oceano (principalmente no verão). Assegura-lhe ainda maior frequência de invasão de *Frentes Frias* (KF) e de *Linhas de Instabilidades Tropicais* (Linhas de IT), uma vez que ela está sob a trajetória preferida por tais correntes perturbadas. A importância desta situação será compreendida quando analisarmos os fatores dinâmicos.

Sua posição marítima confere às camadas de ar que lhe estão superpostas maior densidade de *núcleos de condensação*. Experiências de laboratório demonstraram que na atmosfera a saturação não determina automaticamente a condensação e a formação de nuvens. Para que haja condensação não bastam apenas evaporação e vapor d'água, torna-se ainda necessário que o ar contenha núcleos de condensação: 1.º os cristais de gelo das nuvens, 2.º os íons, 3.º as partículas em suspensão.

Os *cristais de gelo* são formados pela convecção dinâmica e pela convecção térmica.

Os íons são partículas muito pequenas eletrizadas, provenientes da desagregação das moléculas. Destes, os mais importantes são os chamados *grossos íons* (agregado de moléculas sobre os quais é fixado um pequeno íon), os quais determinam a condensação imediata a partir da saturação. São resultantes da ionização de origem telúrica e abundam nas baixas camadas da atmosfera urbana.

As partículas em suspensão são constituídas pelo *cloreto de sódio* sobre os mares ou próximo às costas, e por poeiras das cidades. Tanto os grossos íons como as poeiras possuem um papel muito importante na formação de nuvens, principalmente baixas. Pedelaborde² chama atenção de que muitas vezes foi constatado, em situação de instabilidade, que as precipitações muito copiosas se produzem em Paris, e não a 20 km de Paris, onde o ar é muito mais puro.

Finalmente, a presença de cloreto de sódio no ar marinho acresce certamente a quantidade das chuvas nas regiões litorâneas. Da mesma forma, a ionização resultante da pulverização das finas gotículas das vagas exerce uma ação no mesmo sentido.

Ora, com exceção dos cristais de gelo, a posição marítima de nossa área de estudo, aliada à sua maior urbanização, determina certamente

² PEDELABORDE, Pierre — Les Cours de Sorbonne: Introduction a l'Etude Scientifique du Climat — Tome I — pp. 151 — Paris.

uma forte concentração desses núcleos de condensação nas camadas inferiores de sua atmosfera, contribuindo, assim, para o acréscimo de chuvas em seu território.

1.2 - A Topografia

A nossa área é constituída quase inteiramente por rochas cristalinas do Escudo Brasileiro, cujos níveis raramente ultrapassam 1.000 m. Apesar disso, ela se caracteriza, sobretudo, por possuir uma topografia bastante acidentada.

Este caráter de sua topografia favorece as precipitações, uma vez que ela atua no sentido de aumentar a *turbulência* do ar pela *ascendência orográfica*, notadamente durante a passagem de *correntes perturbadas*, que em nossa área correspondem às *frentes polares* e as *linhas de IT*.

Entretanto, não apenas sua orografia é responsável pelo aumento das precipitações em nossa área. As linhas gerais do relevo constituem para esse fim um importante reforço. Em consonância com a orientação de nossa área, as linhas gerais de seu relevo estão orientadas no sentido WSW-ENE.

A descrição deste relevo pode ser assim resumida:

Ao norte ergue-se a denominada serra da Mantiqueira. Trata-se de uma escarpa do Escudo Brasileiro que limita os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro com Minas Gerais, seguindo a direção geral WSW-ENE. Na Zona da Mata de Minas Gerais esta escarpa é rebaixada e recuada pelo alto curso dos rios Pomba e Muriaé, afluentes do rio Paraíba do Sul.

Ergue-se novamente na fronteira de Minas Gerais com o Espírito Santo com o nome de serra do Caparaó, e penetra neste último estado até próximo a Vitória com o nome de serra do Castelo. Nos limites dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro com Minas Gerais sua linha de cristais atinge níveis que oscilam entre 1.200 a 2.800 m, repetindo-se mais distante nas serras do Caparaó e do Castelo.

Ao sul de nossa área, isto é, bem próximo do mar, aparece nova escarpa. Trata-se da chamada Serra do Mar. Esta escarpa estende-se paralela à Mantiqueira, do baixo curso do rio Paraíba do Sul para SW. Em nossa área ela possui uma série de denominações: serra da Bocaina e Serra do Mar em São Paulo, serra dos Órgãos e serra do Rio Preto no Estado do Rio. Na serra do Rio Preto os níveis mais altos estão entre 800 e 1.000 m. Na serra dos Órgãos também varia, principalmente entre 800 e 1.800, embora apresente picos que ultrapassam 2.200. Na Serra do Mar e da Bocaina as altitudes oscilam entre 800 a 1.500 m, tendo, nesta última, locais que se elevam acima de 2.000 m. Entre a ilha de São Sebastião e Santos é de 800 a 1.000 m.

Considerando em todo seu conjunto, a Serra do Mar apresenta-se como um paredão abrupto e contínuo. Entretanto possui dois rebaixamentos importantes, do ponto de vista climatológico: a seção entre as

serras do Rio Preto e a dos Órgãos, onde o alto curso do rio Macabu entalhou profundamente a serra até ao nível de 500 m aproximadamente; e a seção situada entre a serra dos Órgãos e a da Bocaina, onde uma série de pequenos rios, dentre os quais o Ribeirão das Lajes, o Lapa e o Pirai aprofundaram tanto seus leitos que a crista da escarpa da Serra do Mar chega a níveis inferiores a 500 m. Numa dessas depressões encontra-se o reservatório de Lajes (no alto curso do Ribeirão das Lajes). Entre estes vales ergue-se uma série de cristas paralelas no sentido SW-NE, dentre as quais destacam-se as serras do Itaguaí ou Mazomba, das Caieiras, do Itaguçu, do Leandro, do Capivari, das Araras e da Carioca. Seus níveis mais elevados são os seguintes: nas serras Itaguaí, Caieiras, Itaguçu e Leandro oscilam entre 800 a 1.000, com picos que ultrapassam os 1.100 m nas três últimas; na serra do Capivari varia de 1.000 a 1.200 m, com picos acima de 1.400 m; na serra das Araras é de 1.000 a 1.200 a oeste do reservatório de Lajes, com picos de 1.300 m, e de 500 a 1.000, ao norte e nordeste, entre o reservatório de Lajes e o de Vigário; na serra da Carioca é de 1.000 a 1.200 m, com picos que ultrapassam 1.300 m.

Esta escarpa dista, a NE, cerca de 50 km do mar, porém, à medida que avança para SW ela vai se aproximando do mar, e a partir da serra do Leandro a crista da serra dista apenas entre 5 e 20 km e seus primeiros contrafortes, em certos trechos, entram em contato direto com a linha de costa.

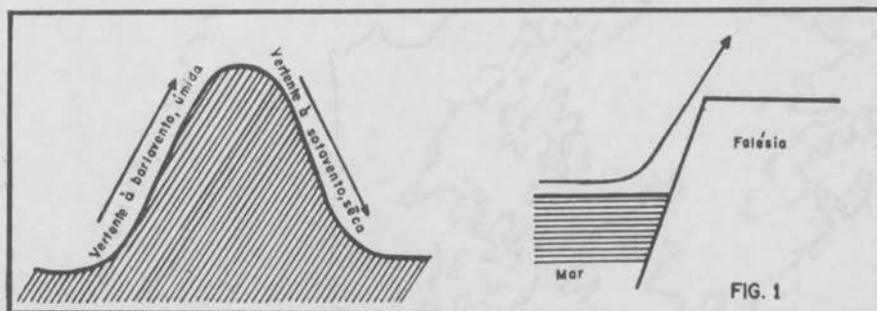
Entre as escarpas da Mantiqueira e do Mar aparece o vale do rio Paraíba do Sul em níveis bem inferiores à linha de cumeeada daquelas duas escarpas. Em São Paulo o nível médio deste vale é de 500 m. Da fronteira de São Paulo em direção ao baixo curso, decresce de 500 a 100 m até, aproximadamente, São Fidélis. Daí resulta que ele se acha em níveis muito inferiores aos níveis das escarpas que o ladeiam: 700 a 2.300 m, em São Paulo e de 700 a 1.700 m, no Estado do Rio.

Outra unidade topográfica importante é representada pela Baixada Litorânea. Dependendo da maior ou menor proximidade dos contrafortes da Serra do Mar em relação à linha de costa, esta baixada possui largura muito variável. No norte do Estado do Rio de Janeiro atinge cerca de 50 km. Daí para SW vai se estreitando até ser reduzida a 8 ou 4 km, da baía de Sepetiba à ilha de São Sebastião. Neste trecho chega a desaparecer completamente nos locais em que os primeiros contrafortes da Serra do Mar entram em contacto com o oceano. Da ilha de São Sebastião a Santos, a Baixada alarga-se novamente até cerca de 15 km, no máximo.

Finalmente, o planalto do sul de Minas Gerais. Trata-se do reverso ondulado e pouco inclinado da escarpa da Mantiqueira.

Estas unidades topográficas: Baixada Litorânea, Serra do Mar, vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira, orientadas, paralelamente, no sentido WSW-ENE e situadas em níveis altimétricos tão bruscamente diferentes, constituem, como veremos posteriormente, os principais fatores responsáveis pela desigual distribuição das chuvas em nossa área de estudo.

A ascendência orográfica é devida aos relevos que obrigam o ar a se elevar e conseqüentemente perder temperatura segundo o *gradiente térmico adiabático de expansão*, ou seja 1°C por 100 m, portanto, $0,4^{\circ}\text{C}$ a mais que o gradiente térmico real (o *gradiente térmico real* é de $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$). As fortes precipitações a barlavento das cristas são dadas por este mecanismo. Enquanto isso, na vertente a sotavento o processo é justamente o oposto, o ar se aquece na descida segundo o *gradiente adiabático de compressão*, na mesma proporção, constituindo o fenômeno conhecido por *efeito de föehn* (Fig. 1).



Pedalarborde (ob. cit.) escreve que a monção do SW torna-se particularmente ativa abordando o Himalaia; o alísio marítimo propicia chuvas sobre as cristas das Antilhas expostas a E; as correntes perturbadas de NW lançam muitas vezes *trombas d'água* sobre os Alpes enquanto as chuvas são irrisórias sobre a bacia parisiense.

Este último fenômeno acontece freqüentemente quando as correntes perturbadas do quadrante Sul (Frentes Polares) atingem as Serras do Mar e Mantiqueira: sobre as referidas serras tombam, muitas vezes, chuvas abundantes, enquanto que ao sul, sobre o mar e Baixada Fluminense, e sobre o Vale do Paraíba as precipitações são insignificantes.

2 – FATORES DINÂMICOS

Todos os fatores que vimos de analisar, decorrentes da posição e da topografia, desempenham papel muito importante nos processos de precipitação sobre nossa área de estudo, sua maior ou menor intensidade e sua distribuição espacial. Entretanto, seu conhecimento não é suficiente para total compreensão. Para tanto torna-se indispensável a análise do mecanismo atmosférico que sobre eles e neles interferem: são os *fatores dinâmicos*.

Tais fatores são produtos da Meteorologia Sinótica, que estuda a mecânica geral da atmosfera, particularmente desenvolvida depois de 1921. Hoje constituem o fundamento da moderna Climatologia, isto é, da *Climatologia Dinâmica*, em cuja metodologia está baseada esta pesquisa climatológica.

Faremos a seguir algumas considerações essenciais sobre a Meteorologia Sinótica que, direta e indiretamente, interfere no regime pluviométrico da Região Sudeste, em geral, e em nossa área de estudo em particular³.

Do ponto de vista da *Circulação Normal*, a Região Sudeste do Brasil permanece, a maior parte do ano, sob o domínio da *massa Tropical Atlântica*.

Fonte de Origem e Propriedade da Massa T A — Forma-se das camadas subtropicais da região marítima quente do Atlântico Sul, oriunda, portanto, do *anticiclone semifixo do Atlântico Sul*.

Esta massa, de divergência anticiclônica, possui elevada temperatura fornecida pela intensa radiação solar e telúrica das latitudes tropicais e forte umidade específica fornecida pela intensa evaporação marítima. Entretanto, em virtude de sua freqüente subsidência superior e conseqüente inversão de temperatura, a umidade é limitada à camada superficial, o que favorece a mistura lateral e impede a vertical, dando-lhe caráter de homogeneidade e estabilidade.

Na costa da África sua inversão térmica está, geralmente, em torno de 500 m acima do nível do mar. Porém na parte oeste desta *Alta*, o aquecimento e a corrente marítima (quente) que tangencia o litoral do Brasil, o obstáculo imposto pela encosta do Planalto Brasileiro e provavelmente outros motivos, produzem no ar superficial um ligeiro movimento ascendente que eleva a inversão térmica para acima de 1.500 m. Como conseqüência, a umidade absorvida do oceano penetra até grandes alturas, tornando o setor ocidental da *massa Tropical Marítima* mais sujeita à instabilidade que o setor oriental. A inversão superior que está mais alta a oeste, eleva-se pouco a pouco para norte em direção a CIT, e para sudoeste em direção à *Frente Polar*, até desaparecer nestas descontinuidades. Isto possibilita a mistura da umidade específica, realizando a instabilidade por convergência, ao norte, e por ascensão frontal, a sudoeste.

Em condições normais esta massa de ar atua em nossa área de estudo com ventos geralmente de NE na superfície do solo, com inversão térmica superior, sobre a qual sopram ventos descendentes, também de NE, ambos se dirigindo para as baixas subpolares. Nestas condições, o tempo permanece estável e com pouca nebulosidade.

Entretanto, esta circulação zonal é freqüentemente perturbada pela circulação meridiana dos anticiclones móveis de origem polar.

³ Aos leitores que se interessam pelo assunto recomendamos a leitura das obras indicadas na bibliografia sumária. Trata-se de obras exclusivamente de Meteorologia, principalmente sinótica, algumas das quais utilizadas por nós no estudo dos *fatores dinâmicos* que compõem a Meteorologia Sinótica de nossa área de estudo.

Fontes de Origem e Propriedades da Massa Polar — Sua fonte é a região polar de superfície gelada, constituída pelo continente antártico e pela banquisa fixa. Seu limite coincide aproximadamente com a isoterma de 0°C na superfície do mar. De sua superfície anticiclônica divergem ventos que se dirigem para a zona depressionária subantártica, com desvio para oeste, originando nessa zona ocupada pelo *pack ice* e outros gelos flutuantes, as *massas polares*. Trata-se, portanto, de uma zona de transição entre o ar polar e o tropical. Dessa zona partem os *anticiclones polares* que periodicamente invadem o continente sul-americano com ventos de W a SW nas latitudes elevadas e médias, mas adquirindo, freqüentemente, a direção S e SE nas latitudes tropicais das áreas litorâneas da Região Sudeste do Brasil, principalmente no verão, época em que, quase sempre, os *anticiclones polares* alcançam o Brasil com posição sobre o oceano Atlântico.

De sua origem e trajetória (SW-NE), até chegar à Região Sudeste, derivam suas propriedades. Em sua origem estes anticiclones possuem forte inversão de temperatura e o ar é muito seco, frio e estável na base. Porém, em sua trajetória ele absorve o calor e umidade colhidos da superfície quente do mar, aumentados à proporção que ele caminha para o trópico. De sorte que, já nas latitudes médias, a inversão desaparece e o ar polar marítimo torna-se instável. Com esta estrutura e propriedades o *anticiclone polar* alcança a Região Sudeste do Brasil, provocando chuvas e trovoadas, um tanto mais intensas no verão. O conjunto desse ar polar de divergência anticiclônica é denominado *massa polar marítima*.

A Depressão do Chaco e as Correntes Perturbadas — O conhecimento destes aspectos, embora seja fundamental para a compreensão do estado do tempo, não é o bastante. Resta conhecer a *depressão do Chaco* e as *correntes perturbadas*, que desempenham papéis muito importantes na Meteorologia Sinótica da Região Sudeste do Brasil.

A) *A Depressão do Chaco* — Sobre o continente sul-americano surge ocasionalmente diversos pequenos núcleos de *baixa* pressão. Estas baixas de origem termodinâmica se caracterizam por serem extremamente móveis, aparecendo, deslocando-se e desaparecendo com extrema rapidez. São comuns no verão, quando o continente se acha superaquecido, e raras no inverno. Dentre elas destaca-se o centro de *baixa* conhecido por *Depressão ou Baixa do Chaco* e menos comumente por *baixa do interior* e *depressão continental*.

Esta *baixa* é oriunda da frontólise na *frente polar pacífica*, depois desta transpor a Cordilheira dos Andes, onde sofre o efeito de dessecação adiabática.

Possui existência praticamente constante, o que bem a distingue das demais depressões sul-americanas. Atua, sobretudo, sobre a região do Chaco, daí seu nome. Entretanto, ela possui notável mobilidade. Sendo de origem termodinâmica ela desloca-se no sentido NW-SE acompanhando o movimento do Sol na eclíptica. No inverno austral ela possui uma posição média sobre a Bolívia, embora atinja freqüentemente o SW

da Amazônia através do Acre e do Peru. No verão austral permanece mais freqüentemente sobre o Chaco, entre a Argentina e o Paraguai, embora atinja, não raras vezes, os Estados de São Paulo e Paraná. É justamente nesta época do ano que esta *baixa* adquire grande importância, em virtude da forte radiação do solstício de verão. Este fato conjugado à Frontólise na *frente polar pacífica* e a sua posição continental, são responsáveis pela elevada temperatura e *secura*.

Apesar de possuir uma circulação ciclônica na superfície, sua pouca umidade específica aliada à forte subsidência superior, dificulta a formação de nuvens de convecção e trovoadas, sendo, portanto, responsável por tempo quente e seco.

B) *As Correntes Perturbadas:*

B.1 — *Descontinuidade Polar ou Frente — Algumas noções gerais* — Na linha de choque, entre duas massas de ar de temperatura e componentes opostas, forma-se uma superfície de descontinuidade que denominamos *frente*. Uma frente ao longo da qual o ar frio substitui o ar quente, chama-se *frente fria* (KF); e aquela ao longo da qual o ar frio é substituído por ar quente, denomina-se *frente quente* (WF). Quando o contraste das massas acarreta uma intensificação da *frente*, dizemos que esta está em *frontogênese* (FG); quando, ao contrário, entra em dissipação, dizemos que está em *frontólise* (FL).

As KF no hemisfério Sul geralmente se estendem na direção NW-SE. Ao longo delas formam-se ciclones que se deslocam segundo a mesma direção, no seio das quais existem acentuada mudança do vento, nuvens baixas e escuras, chuvas fortes, visibilidade reduzida, forte turbulência e possibilidade de formação de granizo e trovoadas. São imediatamente seguidas por chuvas finas e contínuas, para finalmente, sob o centro do *Anticiclone Polar*, o céu se tornar limpo com declínio acentuado da temperatura.

Noções específicas do continente sul-americano — Como vimos, os anticiclones móveis que deixam a região subpolar penetram no oceano, onde se aquecem e umedecem rapidamente, desaparecendo a subsidência superior. Com esta estrutura eles invadem o continente sul-americano, entre dois centros de Alta, o do Pacífico e o do Atlântico, seguindo duas trajetórias diferentes, condicionadas pela orografia: uma a oeste dos Andes, outra a leste dessa cordilheira.

Na primeira trajetória, a descontinuidade oriunda do encontro entre os ventos frios do *anticiclone polar* e os ventos quentes do *anticiclone do Pacífico* constitui a *frente polar pacífica* (FPP). Na segunda, os ventos do *anticiclone polar* entram em oposição aos ventos das pequenas *altas* ocasionais do interior do continente e a *alta* do *anticiclone semifixo do atlântico*, constituindo a descontinuidade denominada *frente polar atlântica* (FPA).

Em virtude da maior pressão sobre o Pacífico do que sobre o continente, a primeira trajetória é pouco freqüentada. Entretanto, no in-

verno, apesar do *anticiclone do Pacífico* possuir maior pressão, a FPP, nesta época com maior energia, percorre regularmente esta trajetória, entre a *alta* do Pacífico e a Cordilheira dos Andes. Nesta situação a FPP estende-se da região subpolar até quase ao norte do Chile, com orientação quase NNW-SSE. Com essa orientação ela transpõe os Andes. Ao transpor essa Cordilheira a FP sofre FL no interior do Brasil em contacto com a convergência da *baixa do interior*, enquanto que seu setor meridional avança para NE ou para E, até se perder no oceano Atlântico, ao mesmo tempo que o *anticiclone tropical do atlântico* abandona o continente e se refugia no Atlântico.

Nessas circunstâncias as precipitações pluviométricas são pouco expressivas por vários motivos:

1.º — os ventos convergentes são muito lentos;

2.º — o ar quente da *massa Tropical Marítima* em ascensão dinâmica na rampa frontal possui pouca umidade específica por se tratar do inverno;

3.º — o anticiclone, por seu trajeto continental, após transpor os Andes, possui também pouca umidade;

4.º — em nossa área de estudo, a estes fatos junta-se a circunstância de o alinhamento das *serras* não se opor aos ventos do *anticiclone polar* que nestes casos, possuem componentes oeste a sudeste.

A segunda trajetória é bem mais freqüente no *verão*⁴. É ela a principal responsável pela abundante precipitação na Região Sudeste do Brasil e pelos aguaceiros de grande concentração/hora, que nesta época do ano ocorrem com certa freqüência nas suas áreas serranas e proximidades. Seu desenvolvimento assim se processa: no verão, em virtude do maior aquecimento do hemisfério Austral, há um declínio geral de pressão, principalmente sobre o continente. A FPP, com menos energia, raramente consegue percorrer a trajetória do Pacífico e galgar a cordilheira nas latitudes médias. Geralmente, esta descontinuidade polar transpõe os Andes pelo extremo-sul do continente, com orientação NNW-SSE. Ao transpor os Andes esta descontinuidade se ondula, originando um ciclone do tipo *norueguês*, com as características descritas no *tópico B-1* (algumas noções gerais).

Estes ciclones surgem no setor meridional da FPP, geralmente sobre a Terra do Fogo e se deslocam para SE em direção ao mar de Weddel, onde se dá sua oclusão completa.

⁴ Observamos que o *verão* a que nos referimos neste trabalho não corresponde apenas ao trimestre dez.-jan.-fev.; mas extensivo ao semestre out.-nov.-dez.-jan.-fev.-mar., período em que, na Região Sudeste do Brasil, há uma acentuada elevação das temperaturas médias e máximas diárias e intensificação das precipitações abundantes, estas determinadas pela maior freqüência de *frentes polares* segundo a trajetória marítima. Esclarecemos, contudo, que os meses de dez.-jan.-fev. são os mais representativos desta estação.

Necessário se torna dizer que em qualquer estação do ano formam-se tais ciclones, porém, no verão, eles têm um papel especial. Nesta época, muitas vezes, mesmo quando o *anticiclone polar* não possua energia suficiente para, por si só, empurrar a KF em direção ao Equador, o vórtice deste ciclone consegue manter a KF em FG, fazendo-a girar no sentido dos ponteiros do relógio e, assim, ela consegue atingir a Região Sudeste com orientação NW-SE, e daí perder-se no oceano.

Após transpor os Andes a FPP sofre um ligeiro estacionamento, durante o qual adquire orientação NW-SE. Neste sentido avança para NE, constituindo-se em FPA. Ao alcançar a região do Chaco, a *depressão continental*, nesta época bastante aprofundada, impede, geralmente, sua progressão pelo interior. Aí, em contato com a convergência daquela depressão, a FPA entra em FL ou recua como WF. Enquanto isso, o *anticiclone polar* que caminhava sobre o continente, na altura do Uruguai, é desviado para o litoral do Brasil, mantendo a KF em progressão para NE pela rota marítima.

Ao atingir a Região Sudeste, a Frente não possui, na maioria das vezes, energia suficiente para mantê-la em constante FG. Estabelece-se, pois, o equilíbrio dinâmico entre a *alta do atlântico sul* e a *alta polar*. Nesta situação a FPA permanece semi-estacionária, oscilando entre os paralelos 20 a 24° Lat. Sul, durante 2 a 3 dias, condicionado pela maré barométrica, mantendo característica de KF, após o que pode evoluir por diferentes estágios:

1.º caso — pode entrar em FL (dissipação) sobre o continente, enquanto mantém-se em FG sobre o mar;

2.º caso — após avançar como KF a FPA recua como WF com orientação NE-SW em direção ao oceano, acompanhando o deslocamento do *anticiclone polar* para E, ou o seu recuo para S ou SE. Se ao iniciar este processo a KF estiver sobre Minas Gerais, ela passa novamente sobre nossa área de estudo, agora, com características de WF.

3.º caso — após a FPA avançar como KF e experimentar FL, conforme o 1.º caso, ela readquire FG pelo *reforço* de ar frio no *anticiclone polar*, fornecido por nova FPP após transpor os Andes, ou pela maré barométrica. Neste caso, nossa área continua submetida a chuvas frontais;

4.º caso — após a FPA avançar com o KF e experimentar FL, como no 1.º e 3.º casos, recua como WF pelos motivos citados no 2.º caso. Após o que readquire FG, pelos motivos citados no 3.º caso. Se esta evolução ocorrer após a KF ter passado por nossa área, retorna esta área com WF e novamente por outra KF.

5.º caso — após a FPA evoluir segundo as diferentes formas descritas acima, mantendo seu ciclo de chuvas pré-frontais, frontais e pós-frontais sobre as regiões ou áreas onde atua, pode acontecer duas coisas:

(5.º caso a) ou avança para NE ou E, dissipando-se com a absorção do *anticiclone polar* pelo *anticiclone tropical* do Atlântico Sul, ou

(5.º caso b) o *anticiclone polar* mantém-se ativo ao longo do litoral sul do Brasil e, conseqüentemente, novo ciclo de chuvas frontogenéticas junta-se ao primeiro, constituindo um grande ciclo de chuvas frontogenéticas que, por sua vez, pode evoluir segundo um dos casos acima descritos (do 1.º ao 4.º caso).

Exemplo do 5.º caso b tivemos em janeiro de 1967 entre os dias 18 e 31, período de grandes aguaceiros, como veremos na 4.ª parte, dentre as quais faz parte a referida *tromba d'água* sobre as áreas do reservatório de Lajes.

Esclarecemos que as *frentes frias e quentes* que atingem a Região Sudeste do Brasil pouco têm em comum com as frentes dos ciclones *noruegueses*, cuja passagem provoca tormentas de notável violência pela velocidade da vorticidade ciclônica. Estes, como vimos, somente aparecem nas latitudes do extremo sul do continente sul-americano, raramente atingindo as latitudes médias, mesmo assim, no máximo até os Pampas argentinos.

Na Região Sudeste do Brasil, em situação frontogenética, os ventos sopram geralmente de 5 a 10 nós (9.260 a 18.520 metros/hora). Velocidades de 30 a 35 nós (55.560 a 64.820 metros/hora) são muito raras, mesmo assim, quase que exclusivamente no verão, ao longo do litoral, em conseqüência do aprofundamento da *baixa do Chaco*. A rampa frontal é também muito menos inclinada do que as das *frentes dos ciclones noruegueses*. Em compensação o índice de umidade específica do ar em oposição ao longo da rampa frontal é muito superior ao das massas de ar em confronto nas latitudes elevadas. Por isso, suas precipitações pluviométricas são, muitas vezes, mais abundantes, principalmente nas áreas serranas da Região Sudeste do Brasil pelos fatores que já conhecemos.

Outro aspecto dinâmico importante na distribuição das precipitações em nossa área de estudo diz respeito à *direção dos ventos durante as situações frontais e pós-frontais*.

Pela análise das cartas sinóticas de 12:00, 18:00 e 24:00h TMG, referentes ao semestre de *verão* de 1950 e aos meses de dezembro de 1966 e janeiro de 1967, obtivemos os seguintes postulados, relativos ao verão:

a) As *frentes polares* atingem nossa área de estudo, na maioria das vezes, com orientação WNW-ESE e, secundariamente, WE. As orientações NW-SE são menos freqüentes, e as NE-SW muito raras.

b) Destas orientações decorre, principalmente, a direção dos ventos polares. Se sobre nossa área a FPA possui orientação NW-SE os ventos possuem componentes de SW; se a orientação é de WSW-ENE ou WE, os ventos são de S a SE; se é NE-SW, os ventos são de SE.

c) Em situações pós-frontais, se a FPA achar-se sobre o Espírito Santo ou Bahia, com *anticiclone polar* ao S ou SE de nossa área com posição, portanto, marítima, os ventos são de SE; se o *anticiclone* estiver a E de nossa área, os ventos são de E, e até de NE; se o anticiclone estiver sobre o litoral paulista, os ventos são de SW a S.

Esclarecemos que quando a FPA encontra-se sobre o Espírito Santo ou Bahia, o *anticiclone polar*, geralmente, possui posição marítima ao S ou SE de nossa área.

d) Do exposto nos tópicos *a* a *c* concluímos que no verão, em *situações frontais*, sopram em nossa área de estudo ventos, na maioria das vezes, com componentes SE e secundariamente de S; em situações pós-frontais (com FPA no Espírito Santo ou Bahia) os ventos polares possuem geralmente componentes SE.

Esclarecemos, contudo, que a direção dos ventos polares não está ligada apenas à orientação e posição das *frentes* e do *anticiclone polar*. A posição e profundidade da *baixa do Chaco*, e o sentido do traçado das isóbaras do *anticiclone polar* são igualmente importantes e podem desfazer aquelas relações. Só não demos ênfase a estes dois aspectos porque geralmente eles são automaticamente considerados, uma vez que influem na posição dos *anticiclones* e na orientação das *frentes*.

B.2 — *Linha de Instabilidade Tropical (IT)* — Outro fenômeno de perturbação atmosférica na Região Sudeste que merece apreciação é a chamada *Linha de Instabilidade Tropical (IT)*. Num quadro de isóbaras a IT se apresenta como um vale de menor pressão (baixa) separando dois núcleos de alta pressão (dorsais). No seio de uma *Linha de IT* o ar em convergência acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas. Sua origem não está bem esclarecida, uma vez que estes fenômenos estão ligados à ondulação nas *frentes polares*, nas latitudes médias, e este movimento ondulatório, por sua vez, é motivo de muita controvérsia⁵. O que está fora de dúvida é que tais fenômenos são comuns no Brasil, separando dorsais de massas tropicais, notadamente do fim da primavera, ao início do outono, ou seja, durante o *verão* brasileiro, estando sua origem ligada ao movimento ondulatório que se verifica na FPA ao contacto com o ar quente das massas tropicais. Nessas situações termodinâmicas surgem *Linhas de IT* a partir das ondulações frontais e da *baixa do Chaco*, praticamente normais à FPA.

Tais depressões induzidas em dorsais de massas de ar tropical são extremamente móveis. Assim que a FPA se ondula no Paraguai, norte da Argentina e sul do Brasil, formam-se ao norte dela uma ou mais IT sobre o continente. Propagam-se cerca de 1.000 km de extensão, anunciando com nuvens e geralmente chuvas (pré-frontais) a chegada de KF com antecedência de no mínimo 24 horas que, no entanto, pode não chegar. À medida que a KF caminha para o equador as IT se deslocam para E ou, mais comumente, para SE. Se a KF estaciona, cessa também o deslocamento da IT. Com o recuo da FPA a IT recua para W ou NW.

⁵ A este respeito indicamos a leitura dos seguintes autores, cujas obras estão citadas na bibliografia da unidade climatológica: V. Bejerknes; H. Solberg; T. Bergeron; S. Petterssen; R. Pôn; J. Bessemoulin; B. Haurwitz; P. Queney; V. Mironovitch; A. Serra.

A Região Sudeste do Brasil, particularmente em nossa área de estudo, está sob a trajetória mais freqüentada pelo deslocamento das *linhas* de IT que, surgindo no centro do país, se deslocam para SE indo desaparecer sobre o mar.

Parte II — Distribuição e regime das precipitações pluviométricas

1 — NORMAIS DO ANO

Determinados pelos fatores *dinâmicos* e *estáticos* que vimos de analisar, nenhuma região brasileira apresenta uma distribuição espacial de precipitações pluviométricas, tão diferenciada. A altura da precipitação anual exprime muito bem este caráter, conforme demonstra o mapa: *Altura Média da Precipitação*, relativa à Normal de 1950-1960. (Fig. 3)⁶.

A posição de nossa área na borda oriental da América do Sul, na zona tropical, sob a trajetória preferida das correntes perturbadas, assegura boa freqüência de chuvas durante todo ano. Porém sua distribuição quantitativa é determinada por dois fatores: a *orografia* e o *mecanismo dinâmico*.

O paralelismo das escarpas do Mar e da Mantiqueira opondo-se frontalmente à direção dos ventos das correntes de circulação atmosférica perturbada, representada sobretudo pelas *descontinuidades polares*, exerce uma sensível influência neste caso: *as precipitações pluviométricas crescem na proporção direta da altitude*.

As Serras do Mar e da Mantiqueira são bem mais pluviosas que o litoral e o Vale do Paraíba do Sul. Nenhuma outra *serra* do território nacional exerce tanta influência no sentido do acréscimo de precipitação quanto estas duas *serras*.

Nas situações de chuvas generalizadas por toda a região, quase sempre os índices mais elevados se dão nas referidas *serras*. Muitas vezes, enquanto na Baixada Litorânea e no Vale do Paraíba as chuvas são insignificantes, e até mesmo inexistentes, em largos trechos dessas *serras* se verificam intensos aguaceiros.

A maneira pela qual estas *serras* atuam no sentido de aumentar as precipitações sobre elas já foi focalizada quando analisamos o papel da orografia na intensificação da turbulência do ar pela ascendência dinâ-

⁶ A escolha deste período decorreu da circunstância de ser aquele que apresenta o maior número de postos pluviométricos representativos de uma Normal expressiva para nossa área de estudo. Os postos pluviométricos utilizados para este fim estão representados na figura 2 — Mapa de Identificação dos Postos Pluviométricos — Período de Observação 1950-1960. O número que aparece ao lado de cada posto refere-se à altitude em que o mesmo está situado.

MAPA DE IDENTIFICAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS

Período de observação: 1950 - 1960

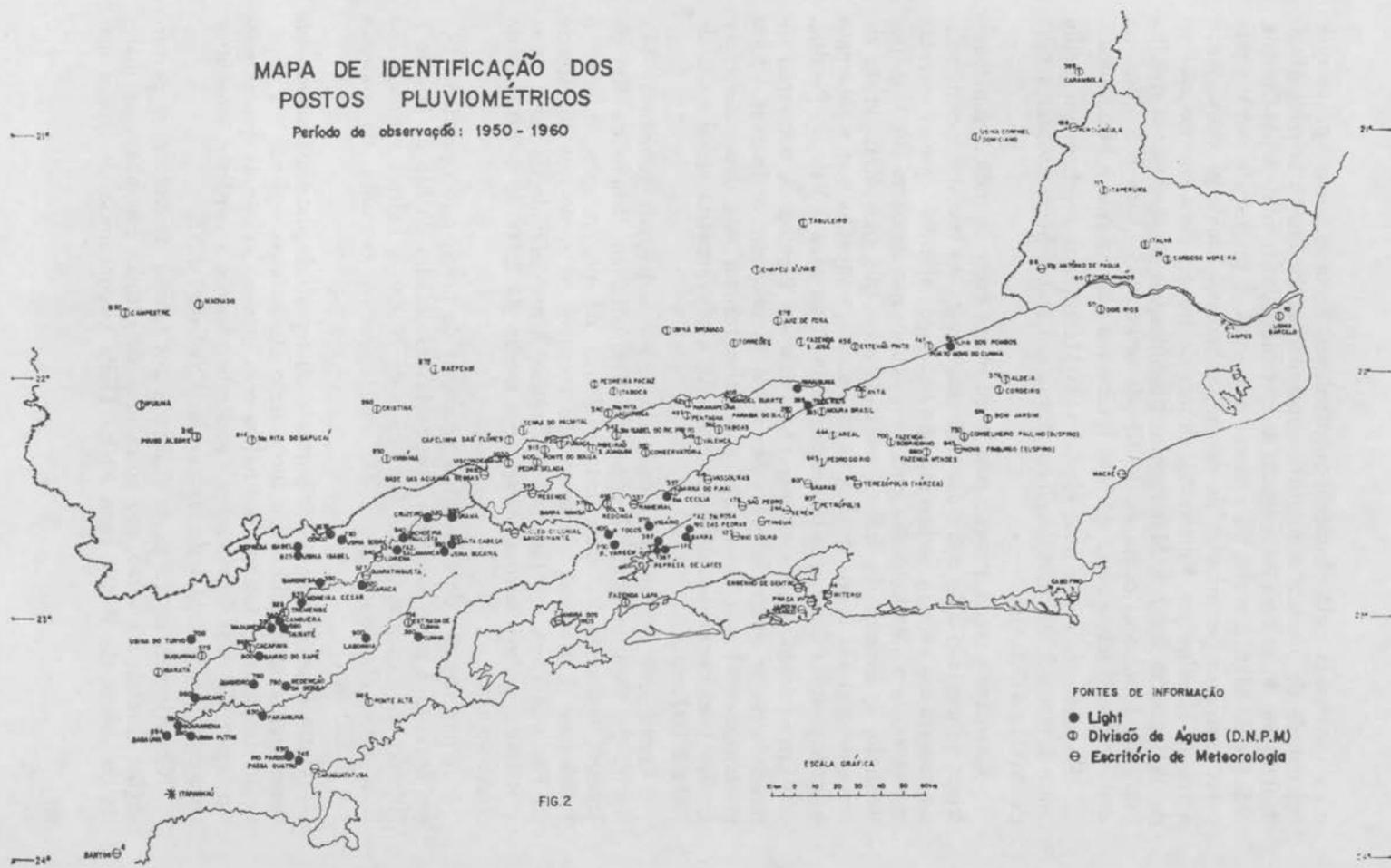


FIG. 2

mica provocada pelo obstáculo montanhoso. Acrescentamos apenas que, em virtude de o maior número de precipitações (inclusive as mais abundantes) em *nossa área* estar ligada às instabilidades frontais e pós-frontais, a Serra do Mar, por ser, na maioria das vezes, a primeira a ser atingida pelas correntes perturbadas de origem subpolar, é mais pluviosa que a Serra da Mantiqueira. Entretanto, chuvas de *frentes semi-estacionárias* ou de WF podem levar à Mantiqueira precipitações mais copiosas que na Serra do Mar, bem como as de KF de orientação quase N-S. Mas, na maioria das vezes, a Serra do Mar recebe mais chuva que a Mantiqueira.

Enquanto os níveis mais elevados da Mantiqueira recebem em média entre 2.000 a 2.500 mm de chuva durante o ano, a Serra do Mar acolhe de 2.000 a 4.500 mm.

Chamamos ainda atenção para a diferença entre os índices pluviométricos de um lado e do outro das referidas serras. As encostas meridionais, na maioria das vezes a barlavento, são bem mais chuvosas que as encostas setentrionais a sotavento. Na encosta a barlavento da Serra do Mar, por exemplo, as isoietas de valores mais elevados que passam na crista da serra descem aos níveis médios desta encosta, enquanto que a sotavento as precipitações diminuem bruscamente da crista para o Vale do Paraíba.

Em violento contraste, aparece o Vale do Paraíba. A subtração de umidade do ar realizada pelas Serras da Mantiqueira e do Mar (desta principalmente) e a dessecação adiabática tornam esta depressão topográfica bem menos úmida e chuvosa. Aí, a pluviometria anual varia de 750 a 1.000 mm.

Outra área igualmente menos chuvosa é a Baixada Litorânea. Seu trecho do Espírito Santo à lagoa de Araruama no Estado do Rio de Janeiro, apresenta as mais baixas alturas de precipitação, inferior a 1.000 mm. Entretanto, o mesmo não acontece na seção que se estende da Fazenda Lapa a Santos. Nesse trecho, a proximidade da *serra* torna a Baixada muito chuvosa, caindo em média de 2.000 a 2.500 mm de chuva ao ano.

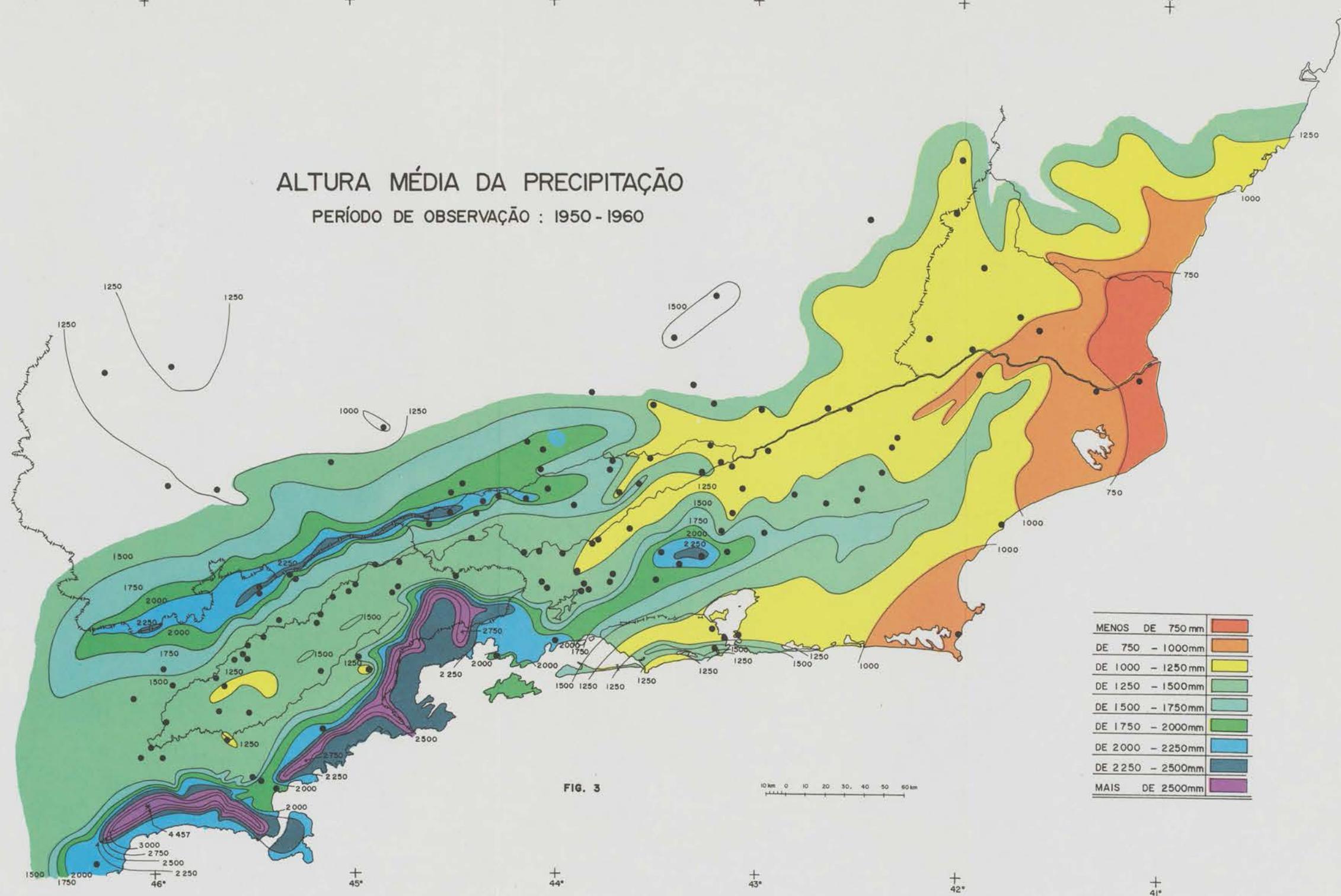
A participação do relevo nos processos de precipitação pluviométrica em *nossa área* pode ainda ser observada nas cidades do Rio de Janeiro e Niterói, onde os maciços da Carioca e de Niterói e bairros vizinhos são bem mais chuvosos (> 1.500 mm) que o conjunto da baixada (< 1.250 mm).

Outro fator igualmente importante na repartição da pluviosidade em *nossa área* é constituído pelo mecanismo atmosférico regional. A observação do mapa de isoietas nos indica com extrema evidência que as precipitações são mais importantes a sudoeste e menos a nordeste, em outros termos, *as precipitações decrescem de WSW para ENE*.

Como vimos na *1.ª parte* dedicada aos *fatores dinâmicos*, as perturbações frontais no verão, em *nossa área* de estudo, caminham na maioria das vezes de WNW para ENE. Desta circunstância decorre a ma-

ALTURA MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO

PERÍODO DE OBSERVAÇÃO : 1950 - 1960



MENOS DE 750 mm	
DE 750 - 1000mm	
DE 1000 - 1250mm	
DE 1250 - 1500mm	
DE 1500 - 1750mm	
DE 1750 - 2000mm	
DE 2000 - 2250mm	
DE 2250 - 2500mm	
MAIS DE 2500mm	

FIG. 3

10 km 0 10 20 30 40 50 60 km

neira pela qual se repartem os totais pluviométricos em nossa área, com tendência geral para decréscimo em direção a ENE.

No vale do Paraíba, a isoieta de 1.250 mm não alcança o território paulista ficando este, salvo em raríssimas exceções, com precipitação superior a 1.250 mm. Por outro lado as isoietas de 1.000 e 750 mm são exclusivas do baixo curso deste rio.

Pelo litoral a isoieta de 2.000 mm vinda de SW desaparece na altura da baía de Sepetiba. Daí para E e NE os índices pluviométricos decrescem bruscamente até atingirem totais inferiores a 750 mm nas baixadas de Itabapoana e Campista.

Na Serra do Mar a isoieta de 1.250 mm, que na altura dos meridianos de Cabo Frio aparece na crista da Serra, na altura do Rio de Janeiro, é lançada em direção ao Vale do Paraíba, e os níveis elevados da escarpa são representados pelos valores de 1.750 e 2.000 mm. Na altura do reservatório de Lajes os índices pluviométricos decrescem pelo rebaixamento da Serra do Mar. Porém, mesmo assim, há uma sensível diferença da altura das chuvas entre as encostas a barlavento e sotavento. Na altura dos meridianos da baía da Ilha Grande a precipitação volta a subir, apresentando valores superiores a 3.000 mm nos níveis mais elevados da serra, atingindo na altura dos meridianos da praia de Guaratuba, valores superiores a 4.000 mm.

Na Serra da Mantiqueira esta tendência não pode ser comprovada, pelo rebaixamento e recuo da escarpa na Zona da Mata de Minas Gerais, embora a observação do mapa de isoietas permita sugerir a mesma tendência.

Deste modo concluímos que o *fator dinâmico* é o responsável pelo aumento da precipitação na direção ENE-WSW (fator de influência regional), enquanto que a orografia faz aumentar com a altitude e disposição em relação às correntes perturbadas (fator de influência local).

A conjugação destes dois fatores rege a distribuição da pluviometria na nossa área de estudo. A comprovação da influência regional do fator dinâmico naquela tendência será demonstrada posteriormente.

2 — REGIME ANUAL

Como vimos, a nossa área de estudo é bem regada por chuvas, porém este fenômeno assume importância bem diferente conforme a época do ano.

Concentração das chuvas no semestre mais chuvoso — Com base em Normais climatológicas verificamos que durante o inverno a pluviometria é insignificante.

Nesta época a insuficiência chega a determinar, do ponto de vista ecológico, 1 a 4 meses secos assim situados: junho ou julho, junho-julho, maio-junho-julho, junho-julho-agosto e maio-junho-julho-agosto. Somente as Serras do Mar e Mantiqueira e o litoral sudeste não apresentam sequer um mês seco, não obstante o declínio sensível da pluviometria durante o inverno.

Em contrapartida, no semestre de *verão* se concentra a maior quantidade das precipitações. O mapa *porcentagem da precipitação média nos 6 meses consecutivos mais chuvosos* (Fig. 4) indica os seguintes fatos:

a) Para quase todos os postos pluviométricos o semestre mais chuvoso compreende os meses de outubro-novembro-dezembro-janeiro-fevereiro-março. Apenas alguns postos constituem exceção ao abarcar os meses de novembro-dezembro-janeiro-fevereiro-março-abril;

b) o acúmulo de chuvas nestes 6 meses alcança totais muito superiores aos acumulados nos outros 6 meses do ano. Na Serra do Mar e Baixada Litorânea concentram-se, geralmente, no semestre mais chuvoso 70 a 80% da pluviometria anual, decaindo em direção ao mar, sob efeito da maior maritimidade. No Vale do Paraíba, na Mantiqueira, no Planalto e Zona da Mata de Minas Gerais a concentração, sob menor influência marítima, atinge de 80 a 85%, chegando, até mesmo, em alguns locais, a ser superior a 95%.

Esta forte concentração pluviométrica no semestre de *verão* decorre mais do fato de serem mais copiosas as chuvas nesta época do ano do que de sua maior frequência.

Concentração das chuvas no trimestre mais chuvoso — Neste ponto tornam-se necessárias algumas explicações. O estudo da concentração pluviométrica nos três meses consecutivos mais chuvosos não tem muito sentido do ponto de vista climatológico, uma vez que em nossa área, pelo menos em termos de *normais*, não existe um trimestre cuja pluviometria, quando comparada ao total do ano, mereça destaque. Em nossa área, como vimos, a concentração mensal de chuvas que justifica um destaque compreende 6 meses.

Entretanto, tendo em vista que a altura da precipitação máxima em 3 meses consecutivos constitui um dado importante para a compreensão dos processos erosivos e de desabamento de rochas, incluímos neste trabalho um estudo deste elemento, porém, não no seu aspecto percentual, mas de seus valores absolutos. Para este fim, realizamos estudo minucioso nas áreas próximas ao reservatório de Lajes compreendendo um quadrilátero de $75 \times 67,5$ km².

⁷ Os postos pluviométricos utilizados neste estudo estão relacionados e localizados na figura 5.

PORCENTAGEM DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA NOS 6
MESES CONSECUTIVOS MAIS CHUVOSOS
EM RELAÇÃO AO TOTAL ANUAL

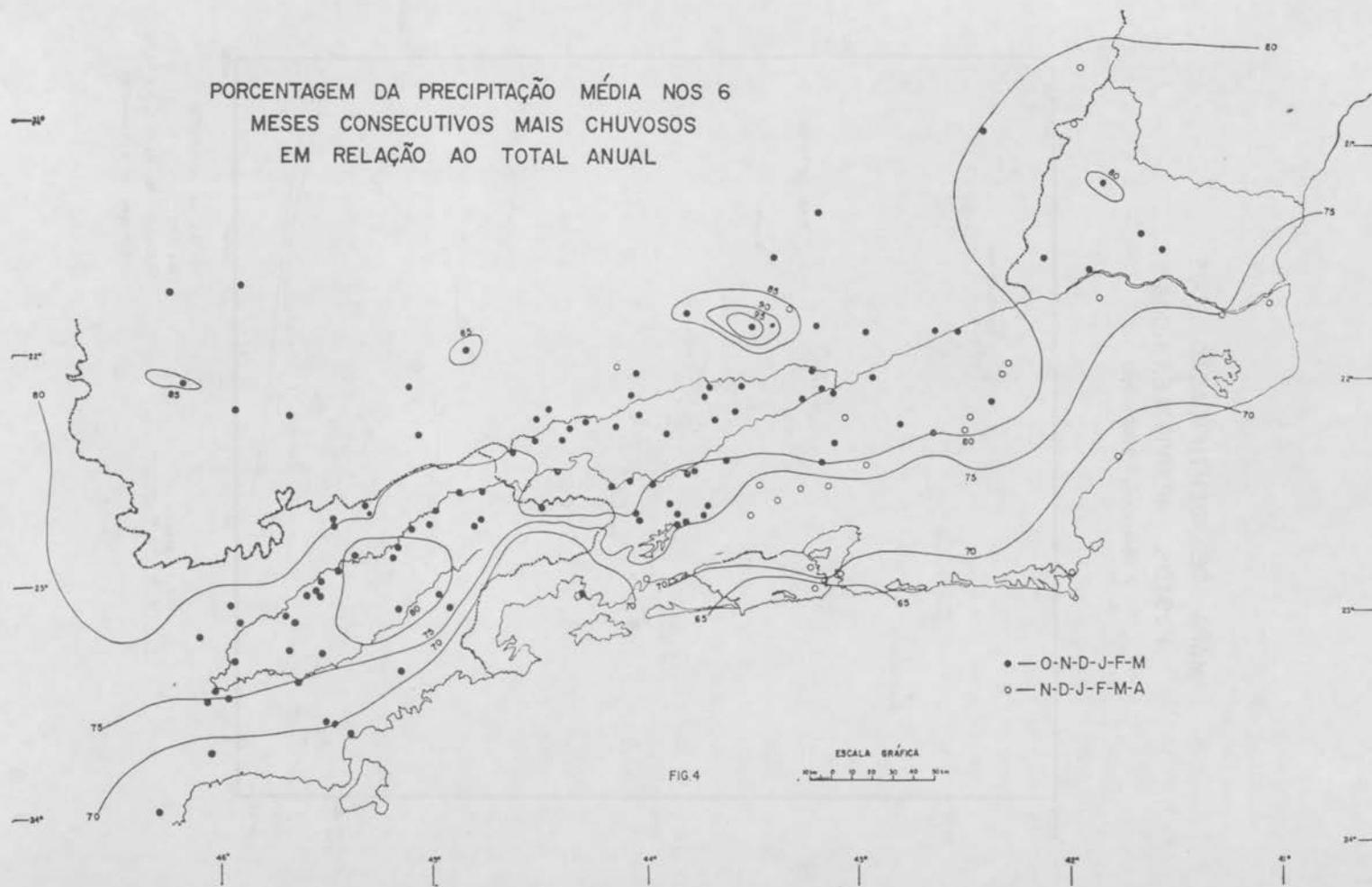


FIG. 4

ESCALA GRÁFICA
0 10 20 30 40 50 km

MAPA DE IDENTIFICAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS

P. Observação: 1950 - 1960

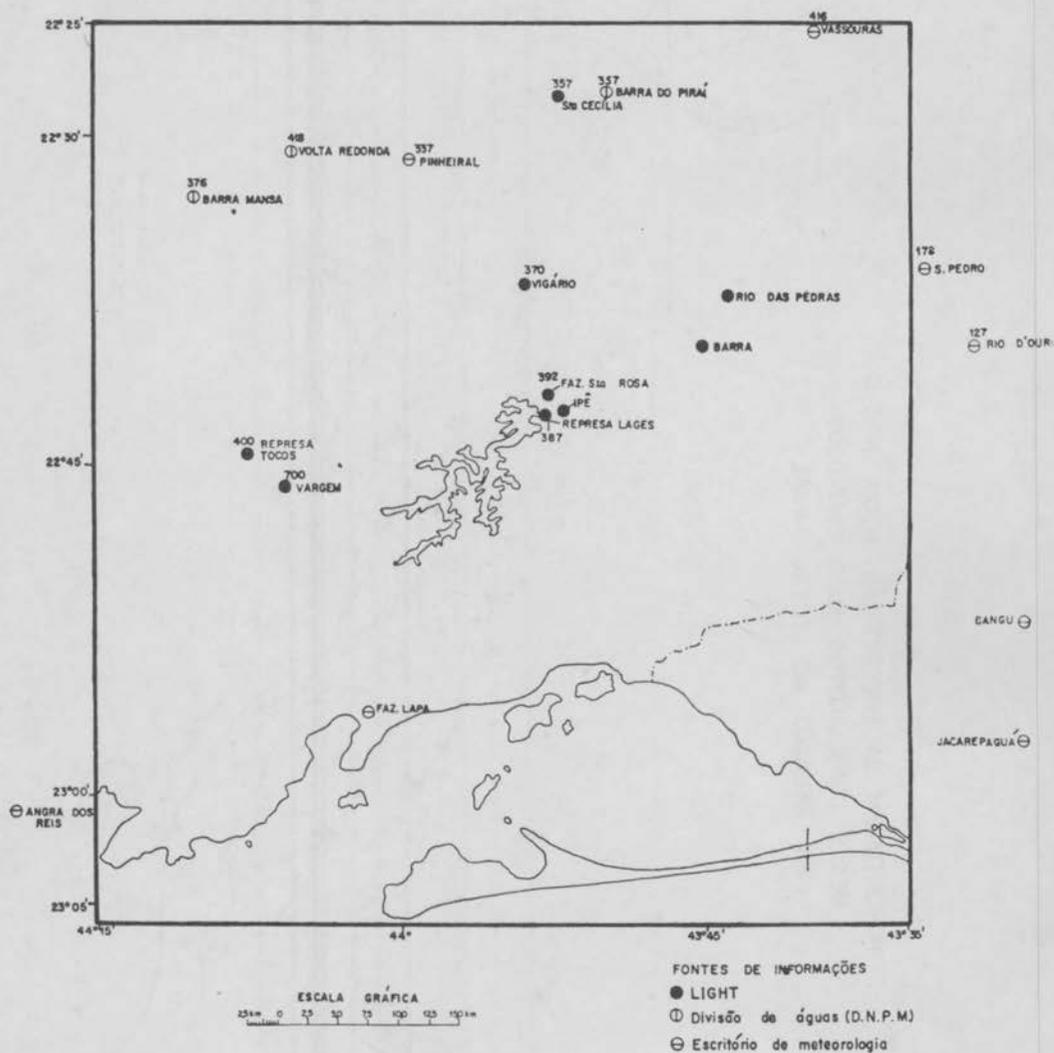


FIG. 5

ALTURA MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO DOS TRÊS
MESES CONSECUTIVOS MAIS CHUVOSOS
- 1950 - 1960 -

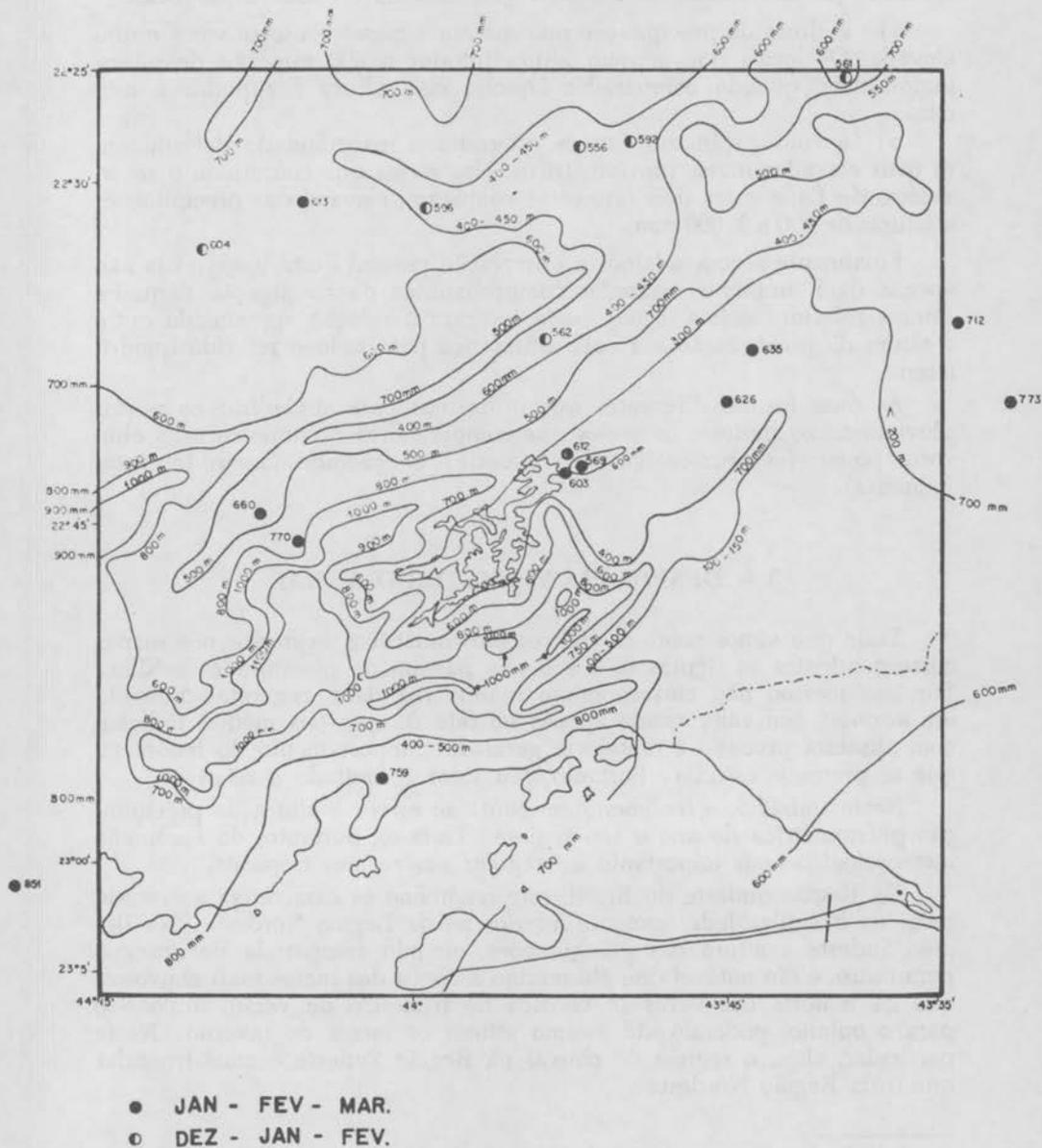
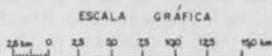


FIG.6



Os resultados deste estudo aparecem no mapa correspondente à figura 6, onde destacamos dois fatos que consideramos dos mais importantes e que são extensivos a toda região serrana do sudeste do Brasil⁸:

a) a altura da precipitação máxima em 3 meses consecutivos é muito elevada. Os locais que acusam altura inferior a 600 mm são de pouca importância, quando comparados àqueles cuja altura é superior a esta cifra;

b) a conjugação dos fatores orografia e maritimidade determinam os mais elevados níveis pluviométricos. Nas *serras* que contornam o reservatório de Lajes estes dois fatores se conjugam, elevando as precipitações a alturas de 800 a 1.000 mm.

Finalmente recomendamos a observação pessoal deste mapa. Ela não apenas dará inúmeros exemplos comprobatórios da conjugação daqueles fatores referidos acima, como ainda indicará a relação aproximada entre a altura da precipitação e a cota altimétrica para todo o referido quadrilátero.

As duas formas diferentes que utilizamos para simbolizar os postos pluviométricos indicam os meses que compreendem o trimestre mais chuvoso: janeiro-fevereiro-março (em maioria) e dezembro-janeiro-fevereiro (minoria).

3 - DESVIO PLUVIOMÉTRICO ANUAL

Tudo que vimos sobre os índices pluviométricos expressos nos mapas correspondentes às figuras 3, 4 e 6 não passam de quantidades médias. Por isso mesmo não correspondem a uma realidade concreta. Baseado em *normais*, seu valor reside apenas no fato de que tais médias indicam com absoluta precisão a tendência geral do comportamento do fenômeno que se pretende estudar. Portanto, seu valor é limitado e relativo.

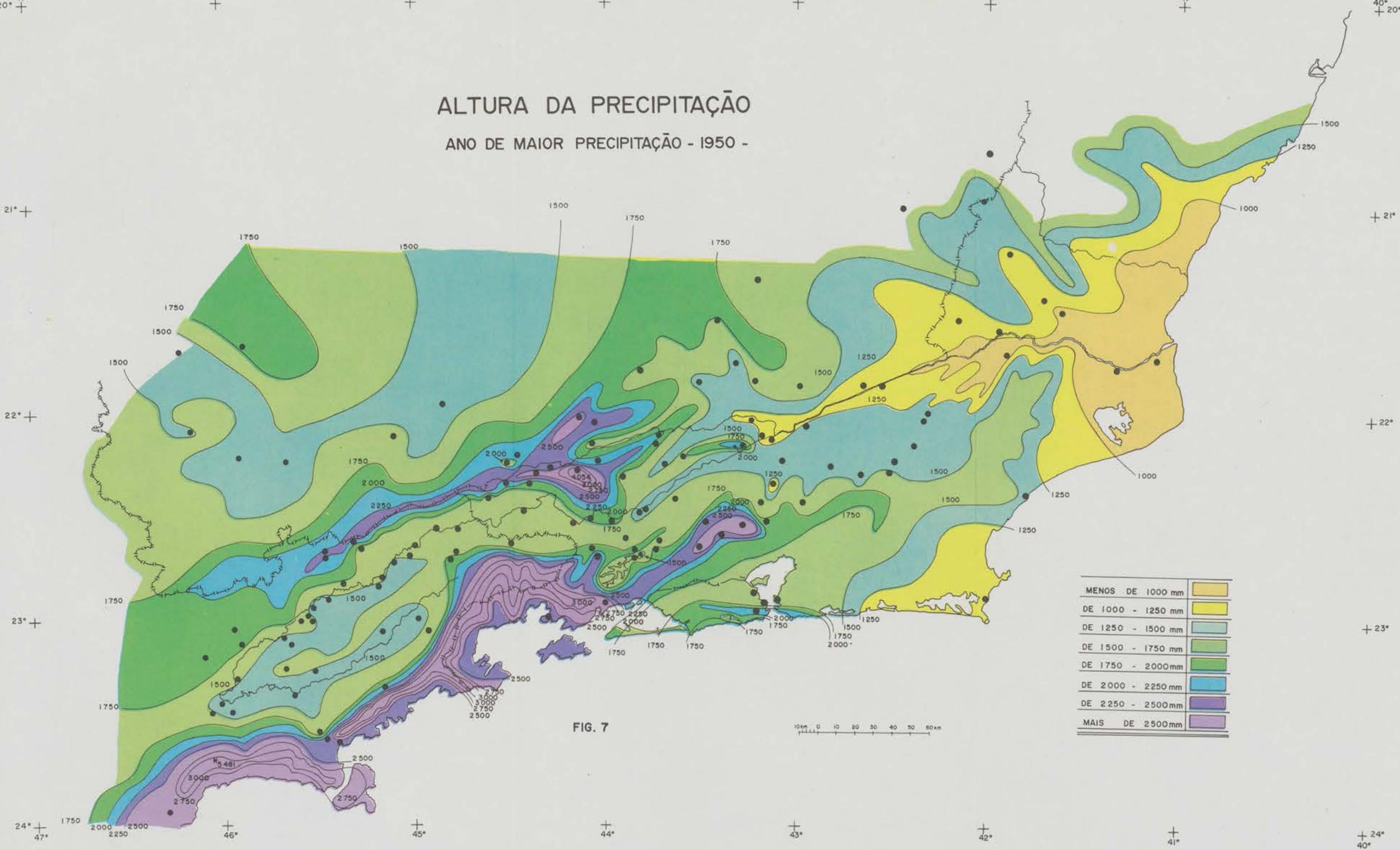
Neste trabalho, o fenômeno em causa se refere à altura da precipitação pluviométrica do ano e seu regime. Trata-se, portanto, do fenômeno meteorológico mais importante e irregular nas regiões tropicais.

Na Região Sudeste do Brasil, este fenômeno se caracteriza sobretudo pela sua irregularidade, somente inferior ao da Região Nordeste. Na Região Sudeste a altura das precipitações, quando comparada de um ano para outro, é tão notável que até mesmo à época dos meses mais chuvosos, que na maioria das vezes se verifica no trimestre de verão, desloca-se para o outono, podendo até mesmo atingir os meses do inverno. Neste particular, aliás, o regime de chuvas na Região Sudeste é mais irregular que o da Região Nordeste.

⁸ Estendemos as conclusões deste estudo a toda Região Serrada do Sudeste, baseado em um estudo semelhante realizado para todo o Brasil pelo Setor de Climatologia do IBGE, na escala de 1:5.000.000, o qual foi publicado no Atlas Nacional do Brasil da Fundação IBGE.

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO

ANO DE MAIOR PRECIPITAÇÃO - 1950 -



MENOS DE 1000 mm	
DE 1000 - 1250 mm	
DE 1250 - 1500 mm	
DE 1500 - 1750 mm	
DE 1750 - 2000 mm	
DE 2000 - 2250 mm	
DE 2250 - 2500 mm	
MAIS DE 2500 mm	

FIG. 7

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO

ANO DE MENOR PRECIPITAÇÃO - 1954 -

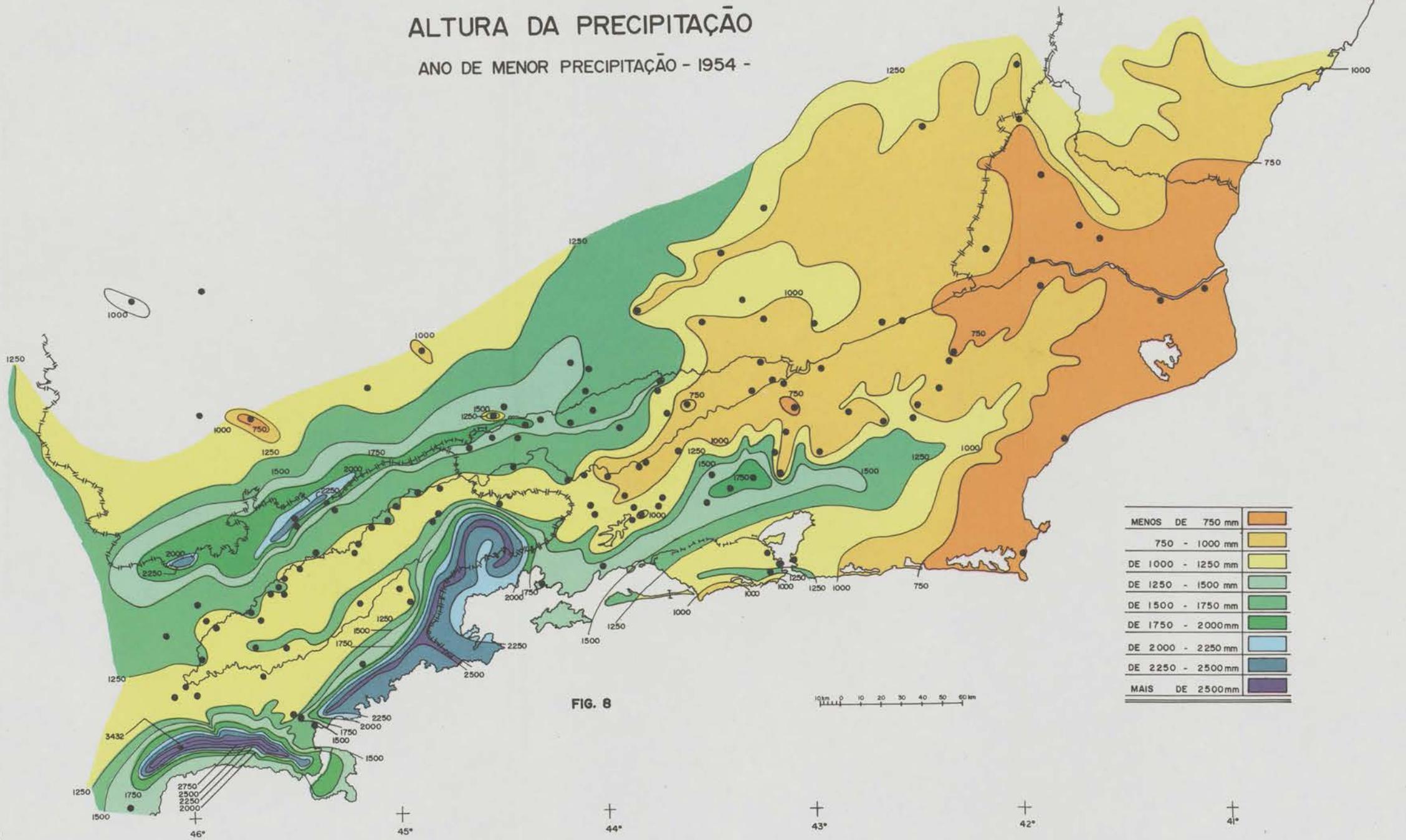


FIG. 8

Ora, pertencendo nossa área de estudo à Região Sudeste, tornou-se indispensável o exame do comportamento deste fenômeno segundo os métodos da *climatologia dinâmica*.

Dentro deste período utilizado no exame das *normais* (1950-1960), a altura das precipitações se caracterizou pelo seu notável desvio, destacando-se o ano de 1950 como o mais pluvioso, enquanto o de 1954 sobressai como o de maior índice de precipitação.

Ano de Maior e de Menor Precipitação (1950 e 1954) — Durante o período de 1950-1960 a nossa área de estudo recebeu totais anuais de precipitação ora bem superiores ora inferiores às *normais*. Destes, o que mais exprime um ano muito chuvoso é o de 1950, uma vez que neste ano, praticamente, toda nossa área recebeu uma pluviosidade superior à *normal*. Em sentido contrário, o ano mais significativo é o de 1954. Enquanto no ano de 1950 as precipitações foram excessivas, no ano de 1954 elas foram muito deficientes.

Nas figuras 7 e 8 estão traçadas as isoietas relativas às precipitações desses dois anos.

O exame comparativo entre as precipitações verificadas nesses anos revela as mesmas tendências das precipitações analisadas na figura 3 relativas às isoietas *normais*: a Serra do Mar é mais pluviosa que a da Mantiqueira, e esta é mais chuvosa que a Baixada e o Vale do Paraíba. Porém os valores quantitativos são muito diferentes, tanto mais se a comparação for realizada entre os valores de 1950 e 1954:

a) *Comparação entre a altura das precipitações de 1950 e 1954*

(em m/m)

Na Baixada (1950)	do sul do Espírito Santo à lagoa de Araruama:	≅	750 a 1.250
	da lagoa de Araruama a Santos	:	≅ 1.250 a 3.000
Na Baixada (1954)	do sul do Espírito Santo à lagoa de Araruama:	≅	500 a 750
	da lagoa de Araruama a Santos	:	≅ 750 a 2.250
No Vale do Paraíba	1950	:	≅ 750 a 1.750
	1954	:	≅ 500 a 1.250
Na Serra da Mantiqueira	1950	:	≅ 1.750 a 4.000
	1954	:	≅ 1.250 a 2.250
Na Serra do Mar	1950	:	≅ 1.750 a 5.400
	1954	:	≅ 1.250 a 3.400

b) *Comparação entre a pluviometria média (normal) e as de 1950 e 1954, relativa aos 6 meses consecutivos mais chuvosos.* O desvio do volume de pluviosidade na Região Sudeste do Brasil, em geral, e de nossa área de estudo, em particular, não decorre necessariamente das precipitações pluviométricas de todas as estações do ano.

As precipitações no inverno, por exemplo, embora sejam igualmente irregulares, a quantidade de chuvas não sofre grandes variações, conforme se trata de um *inverno úmido* ou de um *inverno seco*. É evidente que assim seja, uma vez que esta época do ano se caracteriza por chuvas pouco copiosas, sendo, por isso, uma época que *normalmente* possui pluviometria de pouca importância.

Em contrapartida, como já dissemos, no semestre de *verão* não apenas as chuvas são mais freqüentes como *quase sempre mais copiosas*⁹. Por isso, a quantidade de chuvas em determinado verão é que determinará a maior ou menor altura dos totais das chuvas no decorrer de um ano. Se o semestre de *verão* de determinado ano acusar um baixo nível de pluviosidade, baixa também será a altura das chuvas desse ano. Da mesma forma, se determinado ano acusar um índice muito elevado de pluviometria, estará refletindo o caráter muito chuvoso de seu semestre de *verão*¹⁰. Este fato pode ser comprovado examinando os desvios pluviométricos de 6 meses consecutivos mais chuvosos de 1950 (ano muito chuvoso) e o de 1954 (ano pouco chuvoso). É o que faremos em seguida comparando a pluviometria dos 6 meses mais chuvosos destes anos com a *normal* pluviométrica do mesmo período de 6 meses.

Atribuindo à média (*normal*) o índice 100, verificamos que em 1950, exceção feita a poucos e restritos locais, toda nossa área de estudo apresenta índices superiores a 100, conforme indica a figura 9.

Observando o mapa mais detalhadamente, verificamos que, de um modo geral, o litoral e o planalto mineiro constituíram as áreas de maiores desvios, geralmente superiores a 140, chegando a atingir 170. Entre estas duas áreas, a Serra da Mantiqueira, o Vale do Paraíba e a Serra do Mar formam uma espécie de amplo corredor, onde predominam índices inferiores a 130. Destas áreas fazem parte os locais que, constituindo-se exceções, assinalam desvios negativos, ou seja, inferior a 100. É necessário esclarecer que estes locais, embora acusem uma altura de chuvas inferior à média têm, não obstante, totais pluviométricos superiores aos verificados durante o mesmo período (semestre de *verão*) do ano menos pluvioso (1954).

Em contrapartida, cabe ainda a este mesmo *corredor*, os índices positivos mais elevados. De fato os locais situados entre a *serra* do Capivari e a da Mantiqueira acusam índices superiores a 140, atingindo 209 na escarpa da Mantiqueira em torno de Ribeirão São Joaquim. Este grande desvio decorreu, principalmente, de chuvas muito intensas, provavelmente uma ou mais *trombas d'água* verificadas nesta localidade, no mês de janeiro, uma

⁹ A ocorrência de intensos aguaceiros na estação do inverno é um acontecimento raro na Região Sudeste do Brasil.

¹⁰ Por este motivo é inteiramente desaconselhável aos climatologistas dinâmicos pretenderem encontrar explicações para o desvio pluviométrico de determinado ano, pesquisando a meteorologia sinótica de todos os meses do ano, numa região cujo regime anual de chuvas seja caracterizado por repartição muito desigual. Se a pesquisa for assim encaminhada eles não apenas terão um trabalho duplicado ou triplicado, como ainda, o que é mais grave, não chegarão a conclusões corretas.

COMPARAÇÃO ENTRE A PLUVIOMETRIA MÉDIA E A
DE 1950, relativa aos 6 meses consecutivos mais chuvosos

— Comparativamente à média = 100 —

■ > 100
□ < 100

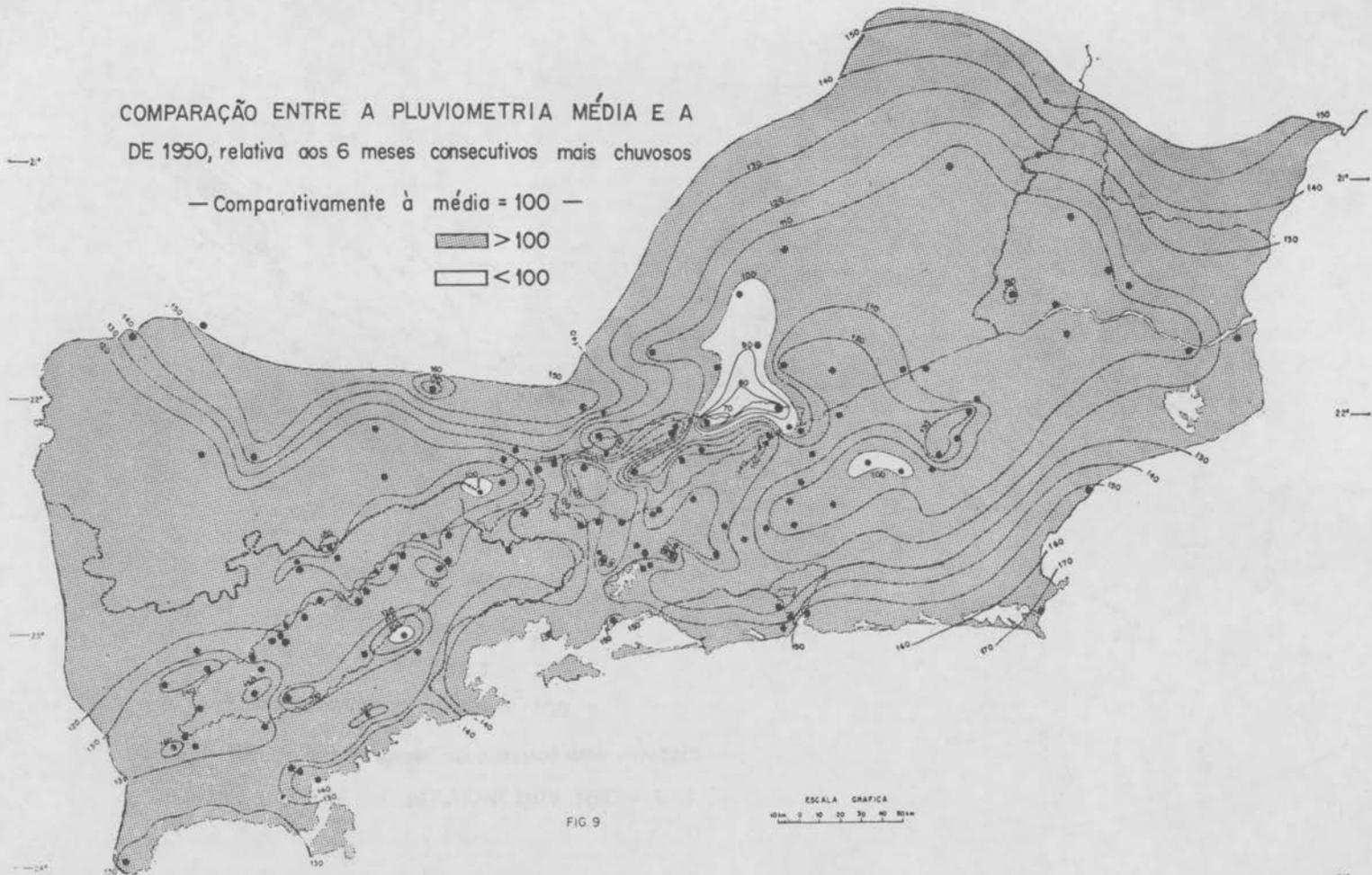


FIG 9

COMPARAÇÃO ENTRE A PLUVIOMETRIA MÉDIA E A
DE 1954, relativã aos 6 meses consecutivos mais chuvosos

- Comparativamente à média = 100 -

 > 100

 < 100

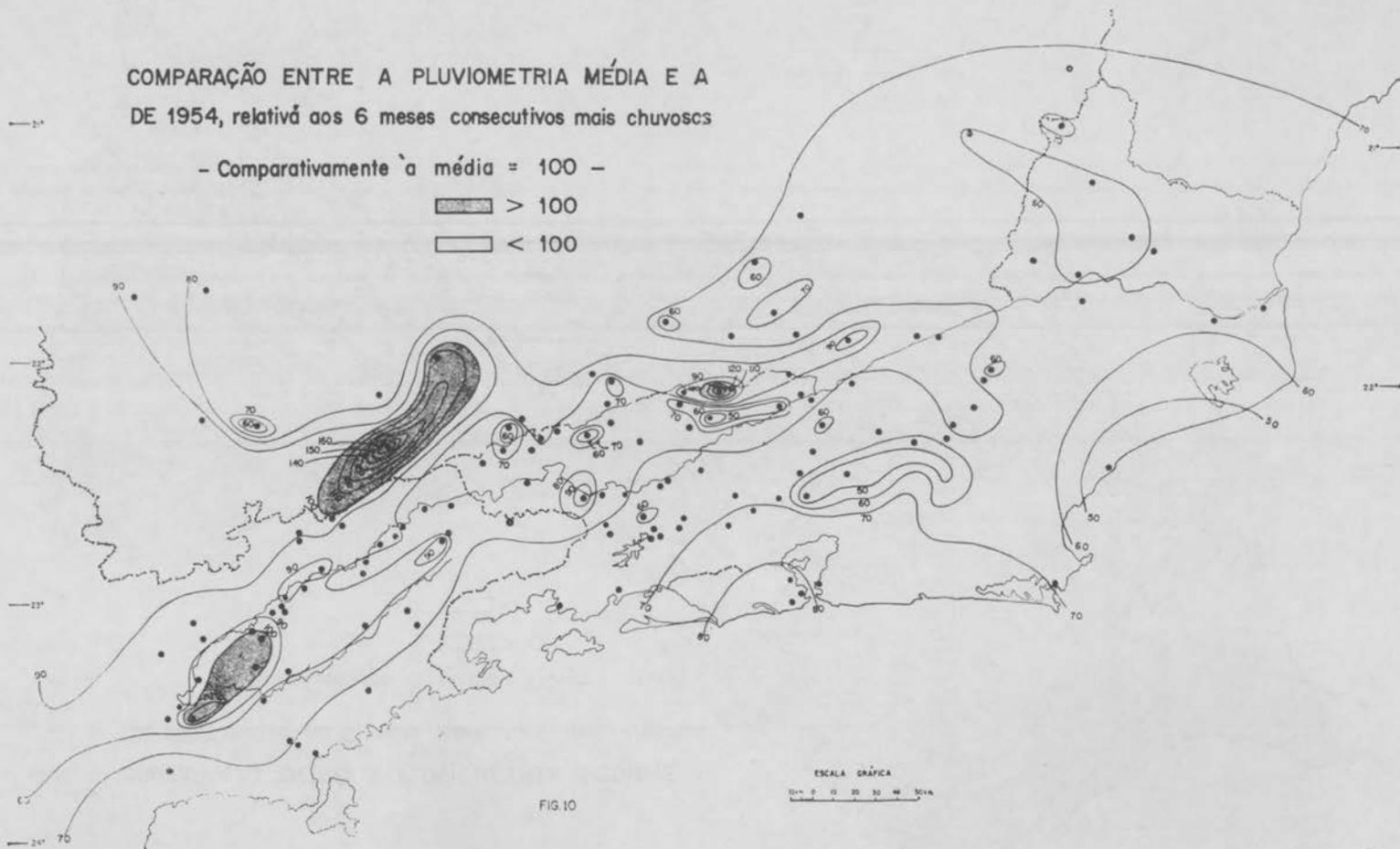


FIG 10

ESCALA GRÁFICA
0 100 200 300 400 500 km

vez que este mês acusou o notável total de 1.237,0 mm enquanto sua *normal* é de 411,4 mm.

As exceções assinaladas no referido *corredor*, são decorrentes de influências locais, onde a topografia de *serra* e depressões de vales neste *corredor*, provocam interferência nas tendências gerais.

Atribuindo igualmente o índice 100 à *normal* do semestre de *verão* e comparando-a às precipitações do semestre de *verão* de 1954, encontramos resultados inteiramente opostos, conforme indica a figura 10.

A exceção de alguns locais, em toda nossa área de estudo, os índices são negativos, isto é, inferiores a 100. O setor Nordeste, compreendendo o sul do Espírito Santo, Zona da Mata de Minas Gerais e o litoral, apresentam os desvios negativos maiores, abaixo de 70, descendo a índices inferiores a 50 no litoral. Outra área de desvios, igualmente importantes, aparece na Serra do Mar. Aí, os índices estão abaixo de 70, descendo a valores inferiores a 50 na serra dos Órgãos.

Os locais que neste semestre constituíram exceções, isto é, com desvios positivos, tiveram, no entanto, precipitações bem inferiores às do semestre de *verão* de 1950.

Causas destes desvios pluviométricos — Quais teriam sido os motivos de tão expressiva diferença de precipitação entre os semestres de *verão* dos anos de 1950 e 1954? Os fatores estáticos — posição e orografia — como o nome sugere, são imutáveis do ponto de vista climatológico, logo as causas daquelas oscilações pluviométricas devem ser procuradas no mecanismo atmosférico, fator regional de precipitação.

Para acompanharmos o raciocínio que se segue, lembramos o que já foi dito na 1.^a parte, relativo aos fatores dinâmicos: as chuvas na Região Sudeste do Brasil são uma consequência direta da invasão de anticlones móveis de origem subpolar, cujas propriedades e estrutura, em contacto com massas de ar tropical, quentes e de elevada umidade específica, determinam precipitações pluviométricas pré-frontais, frontais e pós-frontais, estas últimas, muito importantes no verão, com *anticiclone polar* de posição marítima. Até mesmo as chuvas de convergência nas *linhas de IT* estão vinculadas indiretamente às penetrações do referido *anticiclone polar* no sul do Brasil. Sempre que o *anticiclone polar* está afastado do território brasileiro, sobre o sul do continente ou sobre o Oceano Pacífico, a Região Sudeste do Brasil fica sob ação da *massa tropical do anticiclone semifixo do Atlântico Sul*, com subsidência superior e ventos na superfície de componente N a NE, céu limpo e cumulus orográficos de bom tempo sobre as serras. Portanto, com tempo estável.

É do jogo destas duas massas de ar que decorrem as flutuações pluviométricas em nossa área de estudo. As figuras 11 e 12 exprimem resultados bem diferentes. A figura 11 é representativa do semestre de *verão* de 1950, e a figura 12 do semestre de *verão* de 1954. A comparação entre estas duas figuras nos leva às seguintes conclusões:

a) em ambas reconhecemos 3 seções: *sudoeste*, *nordeste* e *intermediária*. A seção nordeste compreende o sul capixaba e o norte flumi-

nense. A intermediária estende-se do extremo oriental da Serra do Mar ao reservatório de Lajes. A de sudoeste corresponde ao alto curso do rio Paraíba do Sul. Tanto a seção sudoeste como a intermediária são limitadas, ao norte, pela Mantiqueira e, ao sul, pela linha da costa;

b) em ambas, a participação de *massas de ar polar* e *frentes polares* foram mais freqüentes na seção sudoeste e menos freqüentes na nordeste. Conseqüentemente, a participação de *massa tropical* foi maior na seção nordeste e menor na sudoeste.

c) as seções da figura 11 (1950) tiveram maior participação de *massa polar* e *frentes polares* do que suas correspondentes da figura 12 (1954);

d) no semestre de verão de 1950 (ano muito chuvoso), a seção sudoeste chegou a ter um índice em favor da participação de massa e frentes polares de 52,6%, o que coloca em evidência o vigor de emissões de ar polar naquele verão;

e) a participação de ar polar na seção nordeste em 1950 alcançou um índice semelhante ao da seção sudoeste em 1954 (35%). Este fato dá uma idéia exata do contraste entre os mecanismos dinâmicos da atmosfera em 1950 e 1954, sobre nossa área de estudo. Sendo esses anos protótipos dos anos muito chuvosos e dos anos pouco chuvosos, seu significado torna-se bem maior;

f) os resultados do jogo de participação de *massas de ar* durante o semestre de *verão* desses dois anos explicam os contrastes verificados entre a altura anual das precipitações pluviométricas de 1950 e 1954 (Figs. 7 e 8). Explicam ainda a tendência da repartição espacial das precipitações se verificar de modo decrescente a WSW-ENE, quer naqueles anos, quer na altura média referente à *normal* (Fig. 3).

g) Durante o *semestre* de verão de 1950 tivemos 41 dias de ocorrência de *linhas de IT* em nossa área, enquanto em 1954 atingiu a 46 dias. Isto significa que os desvios pluviométricos no *semestre* de verão em nossa área de estudo não estão condicionados às *chuvas de convergência* de IT, e sim às *frontais* e *pós-frontais*.

Concentração das chuvas no trimestre mais chuvoso de 1950 e 1954 — Pelos mesmos motivos considerados no tópico II-1 da 2.^a parte, fizemos um exame da concentração máxima de precipitações em 3 meses para os anos de 1950 e 1954, relativo à mesma área (quadrilátero) referida naquele tópico.

Comparando a concentração média (*normal*) da figura 6 às verificadas no mesmo período em 1950 e 1954 (anos muito e pouco chuvoso, respectivamente) das figuras 13 e 14, chegamos às seguintes conclusões:

a) a repartição das concentrações nos anos de 1950 e de 1954 possuía as mesmas tendências verificadas na *normal*: o volume de água precipitada cresceu em direção às *serroas* litorâneas;

PARTICIPAÇÃO DE MASSAS DE AR
E DE GRANDES DESCONTINUIDADES
OU FRENTES

SEMESTRE — J.F.M.—O.N.D. 1950

ESCALA GRÁFICA
10km 0 10 20 30 40 50km

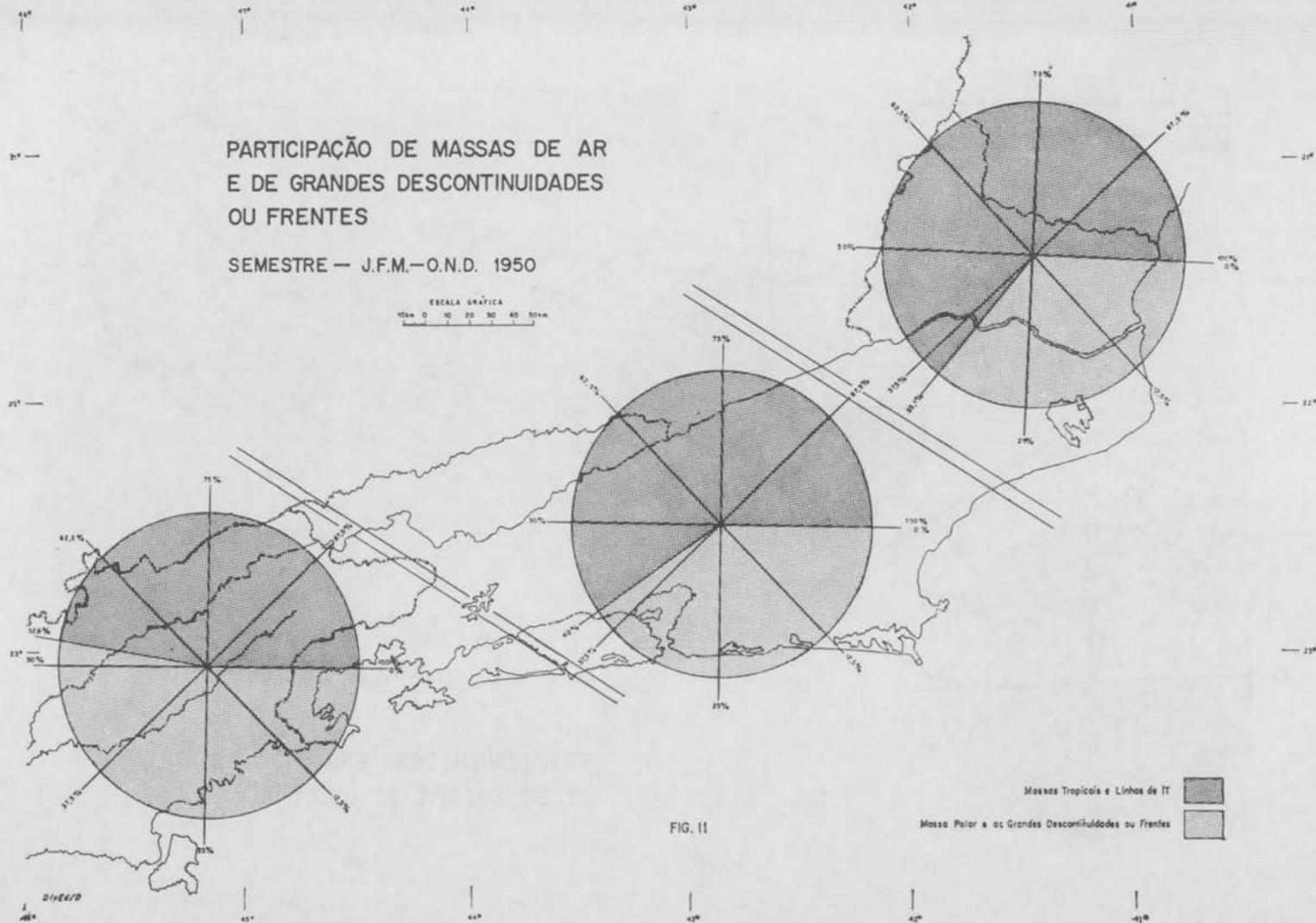


FIG. 11

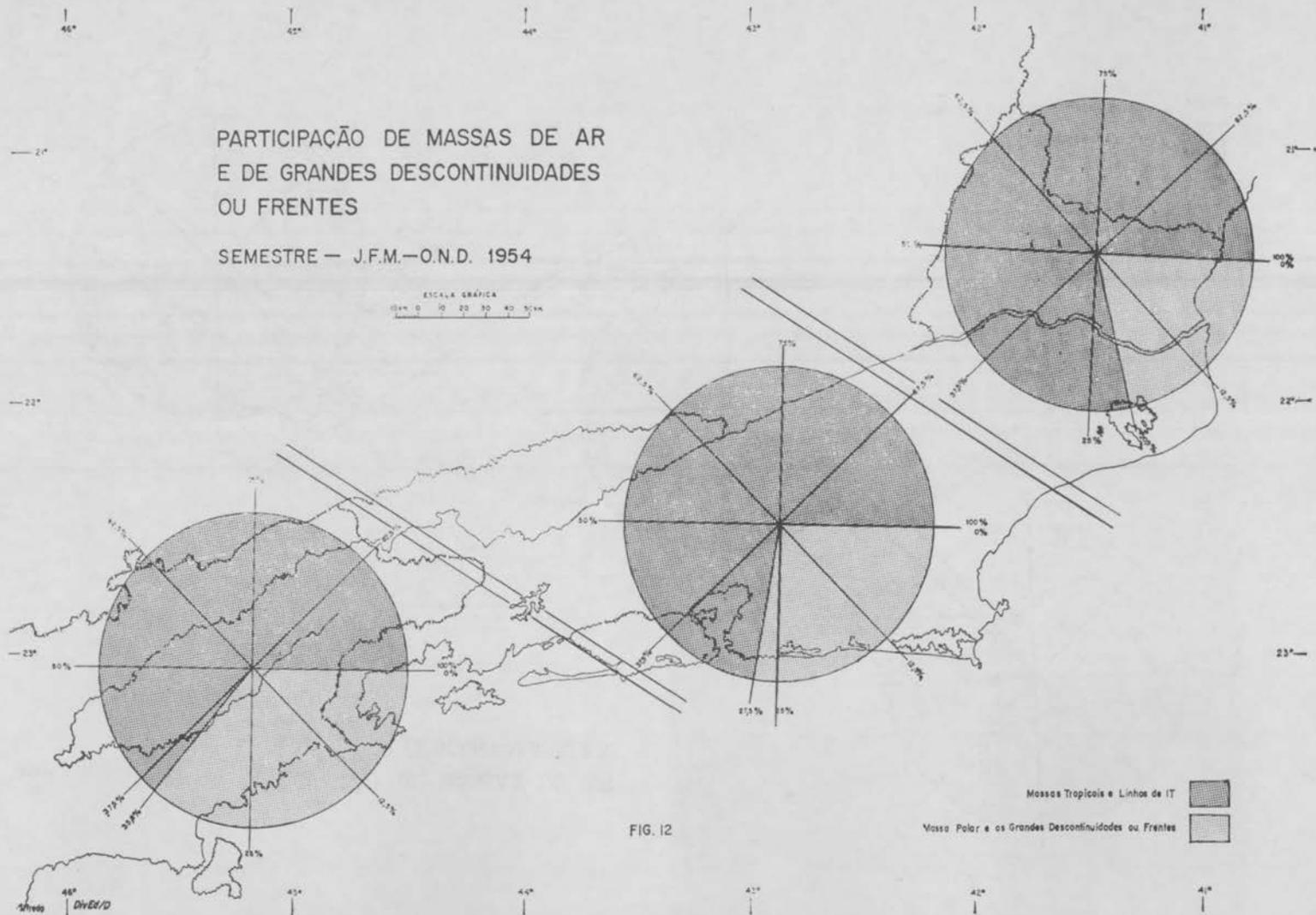


FIG. 12

b) entretanto, os valores quantitativos das águas precipitadas foram extraordinariamente diferentes, conforme demonstram os números abaixo:

áreas de menores precipitações	Normal	500 a 600 mm
	1950	900 a 1.000 mm
	1954	300 a 400 mm
áreas de maiores precipitações	Normal	1.000 a 1.200 mm
	1950	2.000 a 2.200 mm
	1954	800 a 1.000 mm

c) Os desvios pluviométricos de 1950 (ano muito chuvoso) em relação à *normal* são bem maiores que os desvios de 1954;

d) Nas áreas de maior precipitações (*serras litorâneas*) o volume de águas precipitadas em 1950 foi justamente o dobro do indicado pela *normal*;

e) as precipitações verificadas nas áreas de menores precipitações em 1950 foram pouco inferiores às *normais* das áreas de maiores precipitações;

f) as precipitações das áreas de menores precipitações em 1950 foram equivalentes àquelas precipitadas nas áreas de maiores precipitações em 1954.

Os itens *d* e *f* dão uma idéia exata da importância das flutuações pluviométricas e, conseqüentemente, do valor desprezível da *normal* em termos quantitativos.

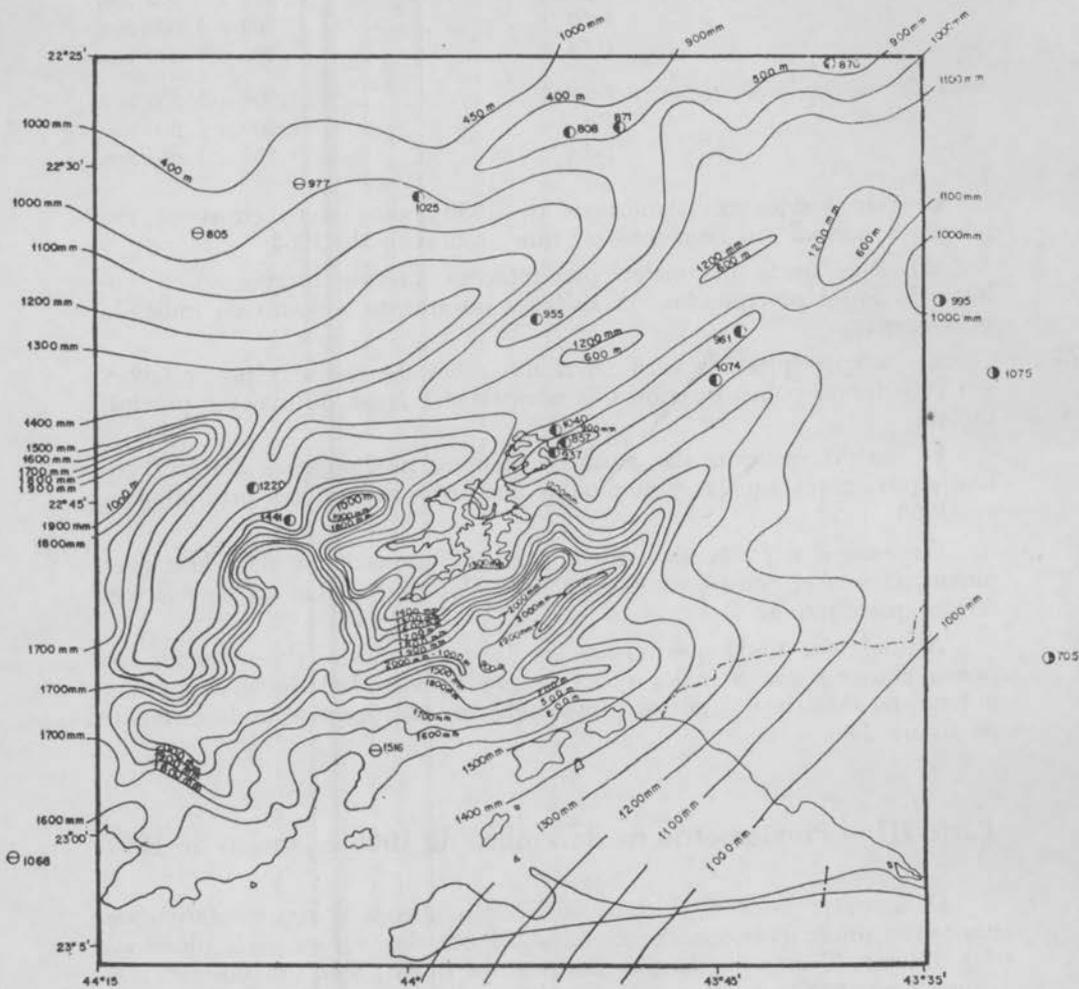
Assinalamos ainda que no ano de 1954 o trimestre de verão foi tão pouco chuvoso que a maior concentração trimestral deslocou-se para o outono, na maioria dos postos pluviométricos, conforme se pode observar na figura 14.

Parte III — Pluviometria de dezembro de 1966 e janeiro de 1967

O semestre de *verão* de 1966/67 não apenas é representativo de um verão muito chuvoso, como ainda de um dos verões mais pluviosos dos últimos 30 anos na Região Sudeste do Brasil. Por sua posição marítima nessa região e por sua topografia acidentada, nossa área de estudo faz destacar este fato.

De outubro de 1966 a abril de 1967 a nossa área de estudo recebeu chuvas com bastante freqüência, várias, até mesmo intensas. Destes meses sobressai o de janeiro de 1967, ao qual está dedicada exclusivamente a 4.^a parte deste estudo climatológico, não apenas por ser o mais chuvoso como por lhe pertencer o maior número de *trombas d'água* dentre as quais, aquela da serra das Araras, referida na 1.^a página deste artigo. Entretanto, o mês que o antecede foi também muito chuvoso.

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO DOS TRÊS MESES CONSECUTIVOS MAIS CHUVOSOS - 1950



- - DEZ - JAN - FEV
- ⊖ - FEV - MAR - ABR
- ⊕ - NOV - DEZ - JAN

FIG. 13



À altura das chuvas nestes dois meses, dezembro de 1966 e janeiro de 1967, bem como à distribuição diária do primeiro, dedicaremos esta 3.^a parte.

Queremos ainda esclarecer que para este estudo reduzimos novamente *nossa área* ao referido quadrilátero, em cujo centro encontra-se o reservatório de Lajes, embora utilizássemos os postos pluviométricos vizinhos a este quadrilátero. Os mapas de totais pluviométricos de dezembro e janeiro são acompanhados do mapa de identificação dos postos pluviométricos utilizados para esse fim (Fig. 15).

1 — PRECIPITAÇÕES DE DEZEMBRO DE 1966

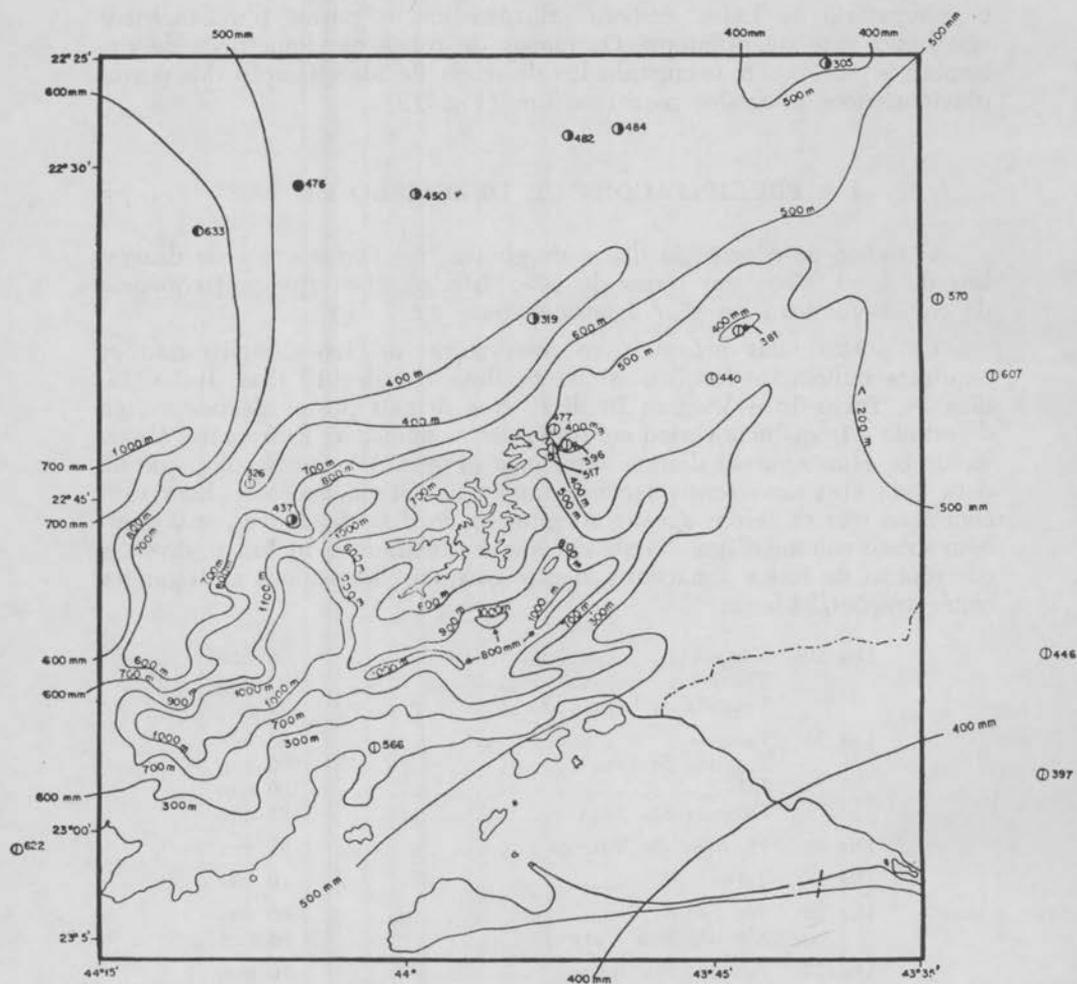
O índice de ocorrência diária de chuvas, relativo ao mês de dezembro de 1966, girou em torno de 50%. Isto significa que a frequência de chuvas foi bem superior à *normal* deste mês.

Os postos mais próximos ao reservatório de Lajes registraram os seguintes índices de frequência: Santa Rosa e Lajes 12 dias, Ipê e Lídice 14, Tocos 16 e Vargem 19 dias. Nos demais postos de nossa área de estudo a frequência variou em torno destes números. Entretanto, observando os *pluviogramas diários* deste mês (Fig. 17)¹¹, verificamos que há para toda área uma sensível concentração no último decênio. Esta concentração não se refere apenas ao número de dias de chuvas, mas também ao seu volume d'água. Neste decênio verificaram-se, inclusive, diversas ocorrências de fortes aguaceiros, dentre os quais destacamos as seguintes concentrações/24 horas:

Dia 20:	Vargem	98 mm
	Tocos	103 mm
	Fazenda da Lapa	136 mm
Dia 21:	Resende	86 mm
	Fazenda Santana	100 mm
	Ipê	100 mm
	Fazenda Sta. Rosa	101 mm
Dia 23:	Marquês de Valença	92 mm
Dia 24:	Táboas	70 mm
Dia 25:	São Pedro	86 mm
	Alto da Boa Vista	86 mm
Dia 27:	Fazenda Sta. Rosa	70 mm
	Fazenda São Francisco	78 mm
Dia 28:	Tinguá	79 mm
	Fumaça	82 mm
Dia 29:	Táboas	70 mm
	Ponte do Souza	81 mm

¹¹ Os postos pluviométricos referentes aos pluviogramas diários desse mês aparecem identificados na figura 16.

ALTURA DA PRECIPITAÇÃO DOS TRÊS MESES CONSECUTIVOS MAIS CHUVOSOS - 1954 -



- JAN. - FEV. - MAR.
- DEZ. - JAN. - FEV.
- FEV. - MAR. - ABR.
- MAR. - ABR. - MAI.

FIG.14



MAPA DE IDENTIFICAÇÃO DOS POSTOS
PLUVIOMÉTRICOS relativos aos
meses DEZ-1966 E JAN-1967

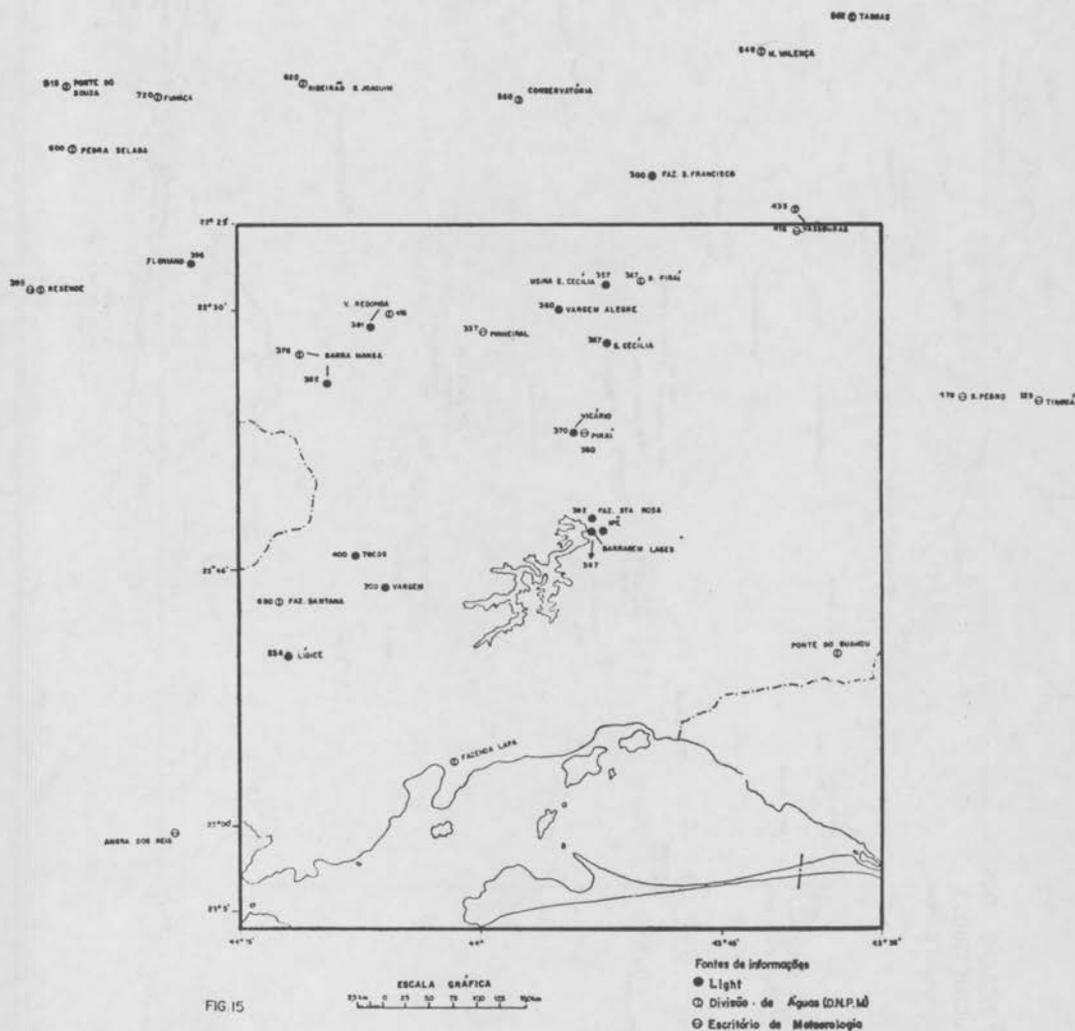


FIG 15

Referimos, pois, as precipitações cujo total foi igual ou superior a 70 mm. Se referíssemos também aquelas cujos totais foram superiores a 50 mm os exemplos seriam bem mais numerosos, como se pode verificar na figura 17. Neste caso estariam incluídas as precipitações do dia 22 em Santa Rosa e Lajes, como continuação das precipitações de 22 mm do dia anterior.

Desta freqüência diária de chuvas resultaram no final do mês totais muito importantes, muito superiores à *normal* de cada posto pluviométrico¹². Os postos de Vassouras, Marquês de Valença, Táboas, Manoel Duarte, Fazenda Pau D'Alho, Volta Redonda, Ribeirão São Joaquim, Itatiaia, Nhangapi, Agulhas Negras, Fazenda Santana, Tocos, Vargem, Lajes, Ipê, Fazenda Santa Rosa, Fazenda Lapa, São Pedro e Araras, acusam desvio superior a 100 mm. Destes, Fazenda Lapa acusa 103,6 mm, São Pedro 109,3 mm, Lajes 133,7 mm, Ipê 138,6 mm, Fazenda Santa Rosa 151,4 mm, Araras 159,9 mm, Fazenda Pau D'Alho 175,3 mm, Tocos 194,2 mm, Vargem 203,4 mm, Marquês de Valença 206,8 mm, Fazenda Santana 250,9 mm e Fazenda Agulhas Negras 416,1 mm de desvio, correspondendo a 37,2%, 44,5%, 69,4%, 77,9%, 76,5%, 57,9%, 74,8%, 105,0%, 99,3%, 118,0%, 118,4% e 136,5% respectivamente acima da *normal*.

Acreditamos que os valores acima citados sejam suficientes para se ter uma idéia da abundância de chuvas em dezembro de 1966. Entretanto, não indica a quantidade efetiva de águas precipitadas. Para esse fim observamos a figura 18, na qual estão traçadas as isoietas deste mês.

Este mapa mostra que a maior parte de nossa área de estudo acusou totais superiores a 300 mm, ultrapassando os 400 mm nas *serras litorâneas*. Nessas, as encostas meridionais foram nitidamente mais pluviosas que as encostas setentrionais. Como se pode verificar no referido mapa, nas encostas meridionais a isioeta de 400 mm está cerca da curva altimétrica de 400 metros, enquanto que nas encostas setentrionais ela aparece entre as curvas de 500 a 800 metros.

2 - ALTURA DA PRECIPITAÇÃO DE JANEIRO DE 1967¹³

Vimos que os desvios pluviométricos em relação à *normal* do mês de dezembro de 1966 foram sempre positivos. Isto significa que neste mês as chuvas foram bem mais abundantes do que indica sua *normal*.

Entretanto, bem mais elevados foram os níveis alcançados pelas chuvas no mês de janeiro de 1967. Para se ter idéia exata do quanto

¹² Dos 43 postos localizados em *nossa área*, apenas 3 acusaram índices inferiores à *normal*.

¹³ A distribuição diária das chuvas neste mês será examinada na 4.^a parte.

PLUVIOGRAMAS DIÁRIOS DEZEMBRO-1966

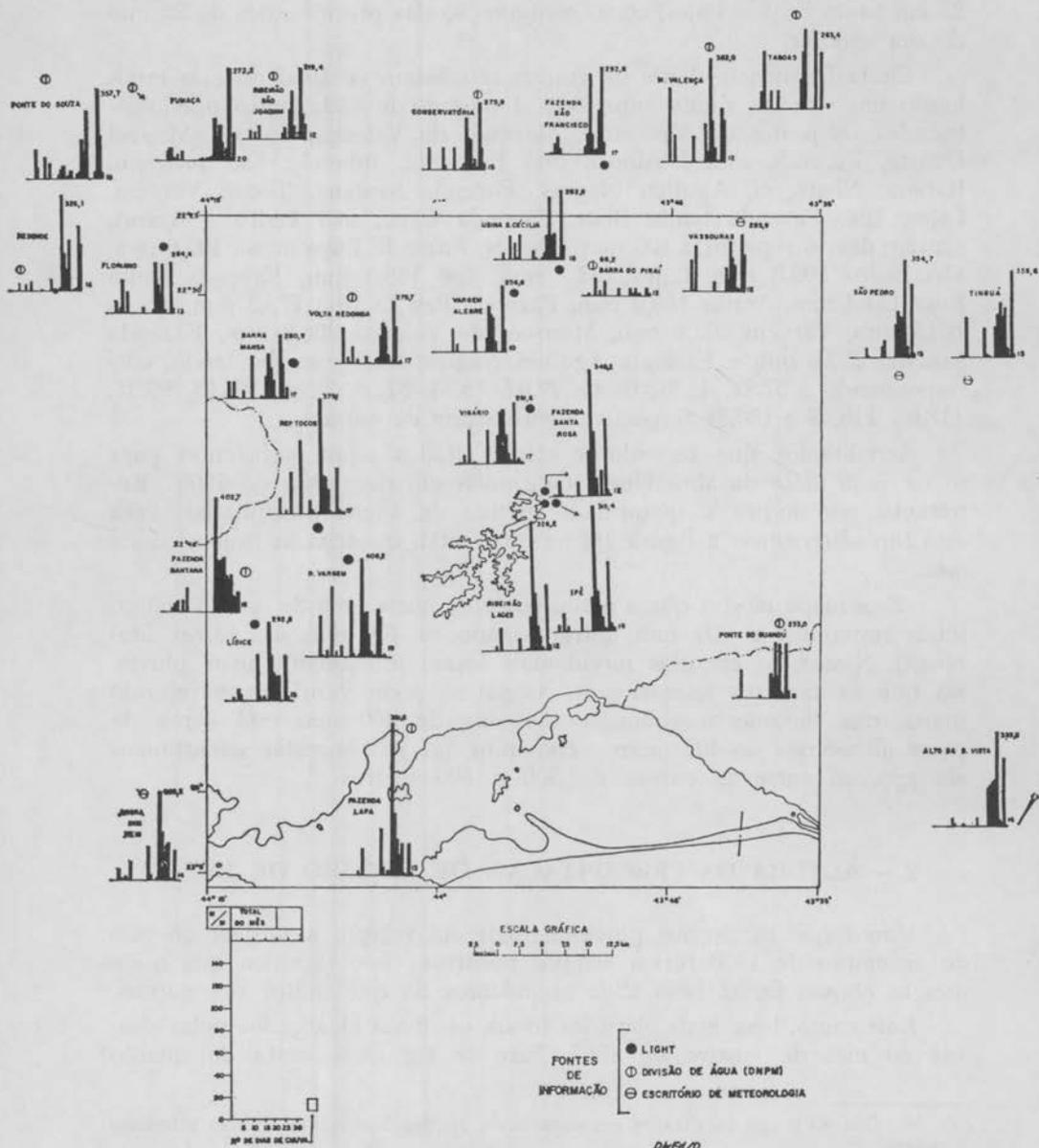
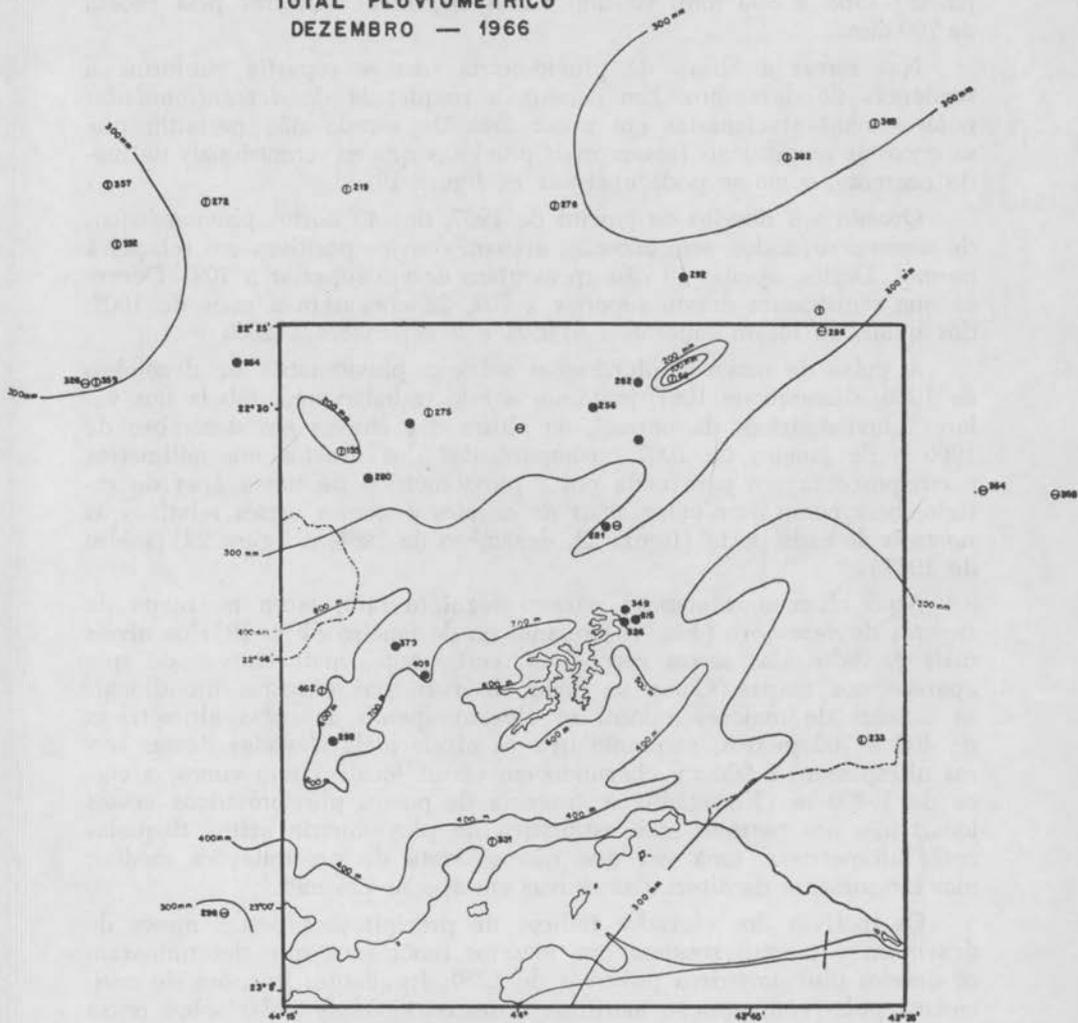


FIG. 17

DNE/D

TOTAL PLUVIOMÉTRICO
DEZEMBRO — 1966



FONTES DE INFORMAÇÃO
● Light
⊙ Divisão de Águas (D.N.P.M.)
⊖ Esritório de Meteorologia

ESCALA GRÁFICA
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

FIG. 18

choveu neste mês é suficiente comparar a pluviometria deste mês (Fig. 19) com a do mês anterior (Fig. 18)¹⁴.

Enquanto em dezembro a isoleta de maior valor é de 400 mm, em janeiro sobe a 800 mm, ficando *serras* litorâneas envoltas pela isoleta de 700 mm.

Nas *serras* a altura da pluviometria não se repartiu conforme a tendência de dezembro. Em janeiro, a frequência de *descontinuidades polares* semi-estacionárias em nossa área de estudo não permitiu que as encostas meridionais fossem mais pluviosas que as setentrionais de modo coerente, como se pode observar na figura 19.

Quanto aos desvios de janeiro de 1967, dos 43 postos pluviométricos de *nossa área*, todos, sem exceção, acusam desvios positivos em relação à *normal*. Destes, apenas 13 não apresentam desvio superior a 70%. Dentre os que registraram desvio superior a 70%, 22 chegaram a mais de 100%, dos quais, 10 foram superiores a 150% e 3 superiores a 200%.

À guisa de maiores informações sobre a pluviometria de dezembro de 1966 e janeiro de 1967, juntamos a este trabalho uma tabela dos valores pluviométricos da *normal*, da altura das chuvas em dezembro de 1966 e de janeiro de 1967, acompanhadas dos desvios em milímetros e em porcentagem para cada posto pluviométrico de nossa área de estudo, bem como os *pluviogramas de desvios* daqueles meses relativos às *normais* de cada posto (figura 21, dezembro de 1966, e figura 22, janeiro de 1967).

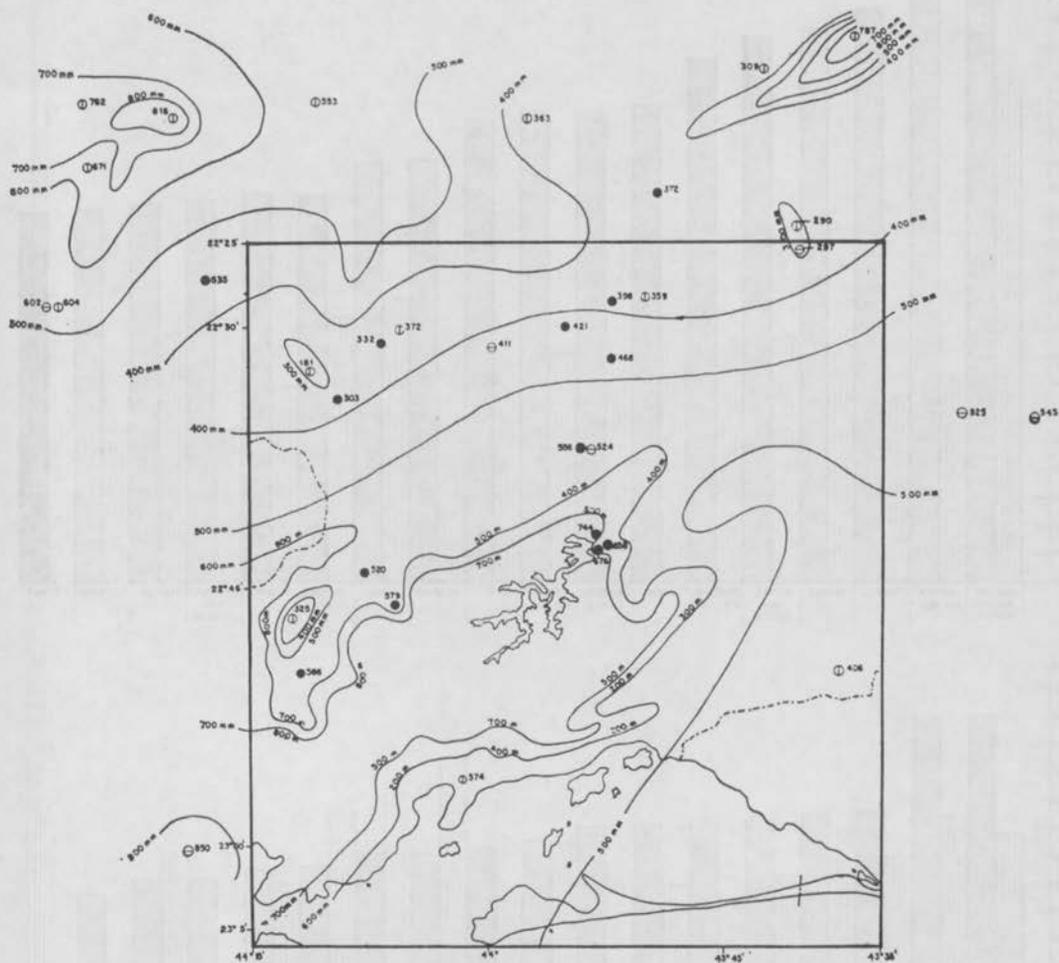
Aqui chamamos atenção para o seguinte fato, tanto no mapa de *isoletas de dezembro* (Fig. 18) quanto no de janeiro (Fig. 19): os níveis mais elevados das *serras* receberam, certamente, mais chuvas do que aparece nos mapas. Como se pode observar, nas encostas meridionais as isoletas de maiores valores se elevam apenas às cotas altimétricas de 400 a 700 metros, enquanto que os níveis mais elevados dessas *serras* ultrapassam 1.000 m, chegando em certos locais, como vimos, a cerca de 1.400 m. Entretanto, a ausência de postos pluviométricos nesses locais não nos permite uma estimativa da pluviometria acima daquelas cotas altimétricas, uma vez que não se trata de precipitações médias, mas tão-somente da altura das chuvas em apenas um mês.

Os motivos dos elevados índices de precipitações nestes meses de dezembro e janeiro residem nos mesmos fenômenos que determinaram os desvios pluviométricos positivos de 1950: freqüentes invasões de *anti-ciclone polar* com posição marítima e *descontinuidade polar* sobre nossa área.

Como podemos observar na figura 23 tanto no mês de dezembro como no de janeiro, o índice de participação de *massa polar* e de *frentes polares* em nossa área de estudo sobrepujou ao de *massas tropicais*. Em

¹⁴ Esta comparação pode, ainda, ser realizada observando a figura 20 (Pluviograma dos totais dos meses de dezembro de 1966 e janeiro de 1967) que exprime a acumulada desses meses por cada posto pluviométrico.

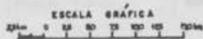
AMAZONIA PLUVIOMETRICA
TOTAL PLUVIOMETRICO
JANEIRO - 1967



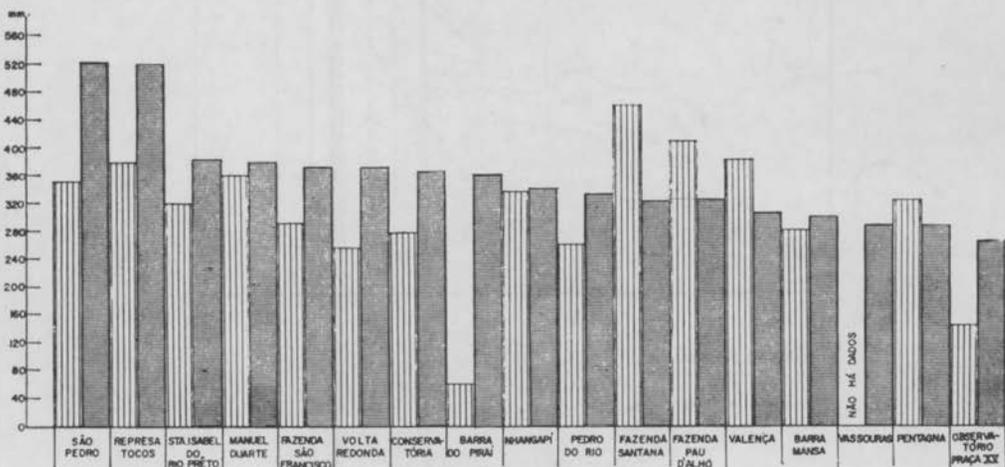
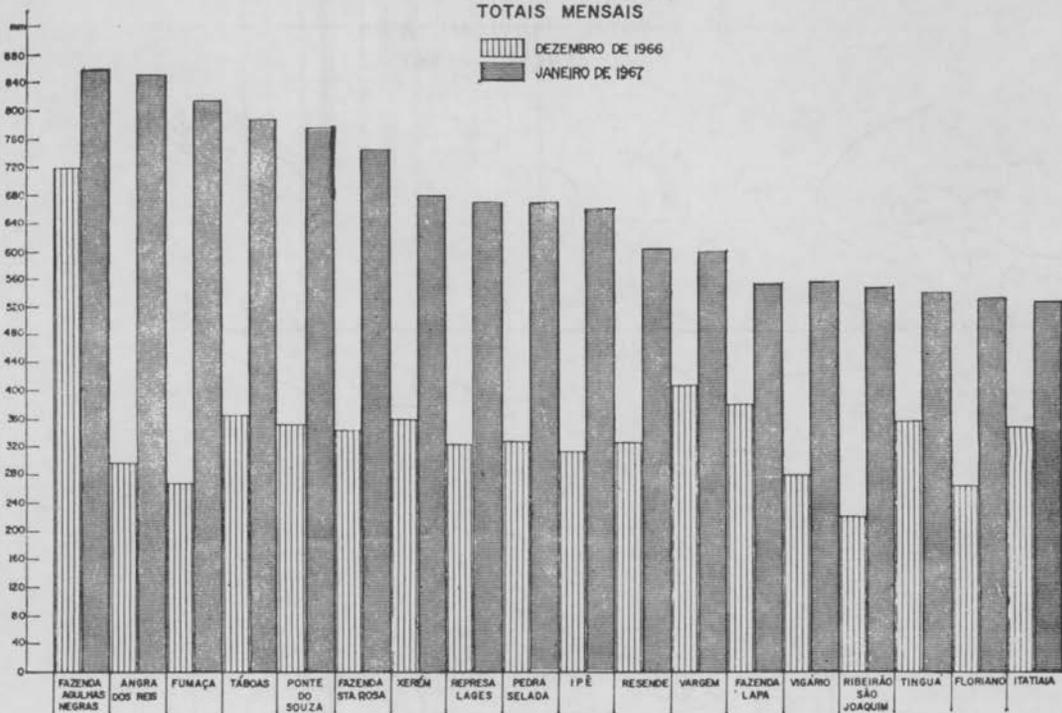
FONTES DE INFORMAÇÃO:

- Light
- Divisão de Águas (D.N.P.M.)
- ⊙ Escritório de Meteorologia

FIG. 19



PLUVIOGRAMA TOTALS MENSAIS



DivEd/D

FIG. 20

TABELA DE DESVIOS PLUVIOMÉTRICOS

(ordem decrescente segundo os percentuais de janeiro)

POSTOS PLUVIOMÉTRICOS	DEZEMBRO				JANEIRO					
	Normais	1966	Desvios		Normais	1966	Desvios			
			mm	%			mm	%		
Faz. Sta. Rosa.....	197,8	349,2	151,4	76,5	200,4	744,4	544,0	271,4		
Ipê.....	177,8	315,4	138,6	77,9	185,1	658,6	473,5	255,8		
Angra dos Reis.....	209,4	298,5	89,1	42,5	241,1	850,2	609,1	252,6		
Barragem de Lajes.....	192,5	326,2	133,7	69,4	198,7	676,6	477,9	240,5		
Vigário.....	191,6	281,6	90,0	46,9	183,2	556,8	373,6	203,9		
Táboas.....	252,5	363,4	110,9	43,9	271,3	787,0	515,7	190,0		
Faz. Agulhas Negras (1).....	304,7	720,8	416,1	136,5	297,7	860,4	563,7	189,3		
Santa Cecília.....	199,4	—	—	—	168,8	468,2	300,0	177,7		
Pirai.....	164,6	—	—	—	193,4	524,2	330,8	171,0		
Resende.....	230,6	326,1	95,5	41,4	233,4	602,7	369,3	158,2		
Fumaça.....	340,9	272,2	—	68,7	—	20,1	327,8	816,4	488,6	149,0
Observatório da Praça XV.....	138,9	146,7	7,8	5,6	108,6	264,4	155,8	143,4		
Pedra Selada.....	249,2	332,6	83,4	33,4	277,6	671,2	393,6	141,7		
Faz. Lapa.....	278,0	381,6	103,6	37,2	247,4	574,8	327,4	132,3		
Xerém.....	349,3	360,1	10,8	3,0	293,5	681,2	387,7	132,0		
Pinheiral.....	201,8	—	—	—	180,8	411,9	231,1	127,8		
Florião.....	203,4	264,4	61,0	29,9	236,2	535,4	299,2	126,6		
Ponte do Souza.....	337,9	357,7	19,8	5,8	362,2	782,2	420,2	116,0		
São Pedro.....	245,4	354,7	109,3	44,5	244,6	525,7	281,1	114,9		
Vargem.....	204,8	408,2	203,4	99,3	271,2	570,0	307,8	113,4		
Manoel Duarte (1).....	239,0	360,0	121,0	50,6	181,4	384,4	203,0	111,9		
Tinguá.....	271,7	358,6	86,9	31,9	268,6	545,6	277,0	103,1		
Tocos.....	184,9	379,1	194,2	105,0	267,5	520,3	253,8	94,8		
Volta Redonda.....	172,1	275,7	103,6	60,1	193,6	372,3	178,7	92,3		
Itatiaia.....	202,6	353,2	151,6	74,8	279,9	523,4	243,5	86,9		
Barra do Pirai.....	191,3	66,2	—	125,1	—	65,4	192,1	359,0	166,9	86,8
Araras.....	276,0	435,9	159,9	57,9	233,6	387,4	153,8	65,8		
Pedro do Rio (1).....	193,0	265,6	72,6	37,6	213,6	331,8	118,2	55,3		
Marquês de Valença.....	175,2	382,0	206,8	118,0	203,6	309,8	106,2	52,1		
Barra Mansa.....	183,4	280,9	97,5	53,1	212,2	303,9	91,7	43,2		
Vassouras.....	164,5	285,9	121,4	73,4	210,5	297,3	80,6	41,1		
Conservatório.....	290,9	275,9	85,0	29,2	263,7	363,8	100,1	37,9		
Rib. São Joaquim (1).....	371,6	219,4	—	152,2	—	40,9	411,4	553,6	142,2	34,5
Nhangapi.....	199,1	337,9	138,2	69,2	256,0	339,5	83,5	32,6		
Faz. São Francisco.....	257,3	292,6	35,3	13,7	284,6	372,8	88,2	30,9		
S. Isabel do R. Preto.....	287,2	320,2	33,0	11,4	301,1	386,0	84,9	28,1		
Fazenda Santana.....	211,8	462,7	250,9	118,4	260,2	325,0	64,8	24,9		
Fazenda Pau D'Alho.....	234,1	409,4	175,3	74,8	268,0	323,1	55,1	20,5		
Pentagna (1).....	274,0	326,0	52,0	18,9	249,6	288,1	38,5	15,4		
Visconde de Mauá (1).....	381,4	Pluviômetro carregado	366,6	pelas chuvas	—	—	—	—		
Lídice.....	209,3	292,8	83,5	39,8	276,4	—	—	—		
Ponte do Guandu.....	—	233,0	—	—	—	406,4	—	—		
Usina Sta. Cecília.....	—	292,6	—	—	—	298,0	—	—		

(1) Postos que, embora utilizados, não foram representados nos mapas.

PARTICIPAÇÃO DE MASSAS DE AR E DE GRANDES DESCONTINUIDADES OU FRENTES

Massas Tropicais e Linhas de IT
 Massa Polar e as Grandes Descontinuidades ou Frentes

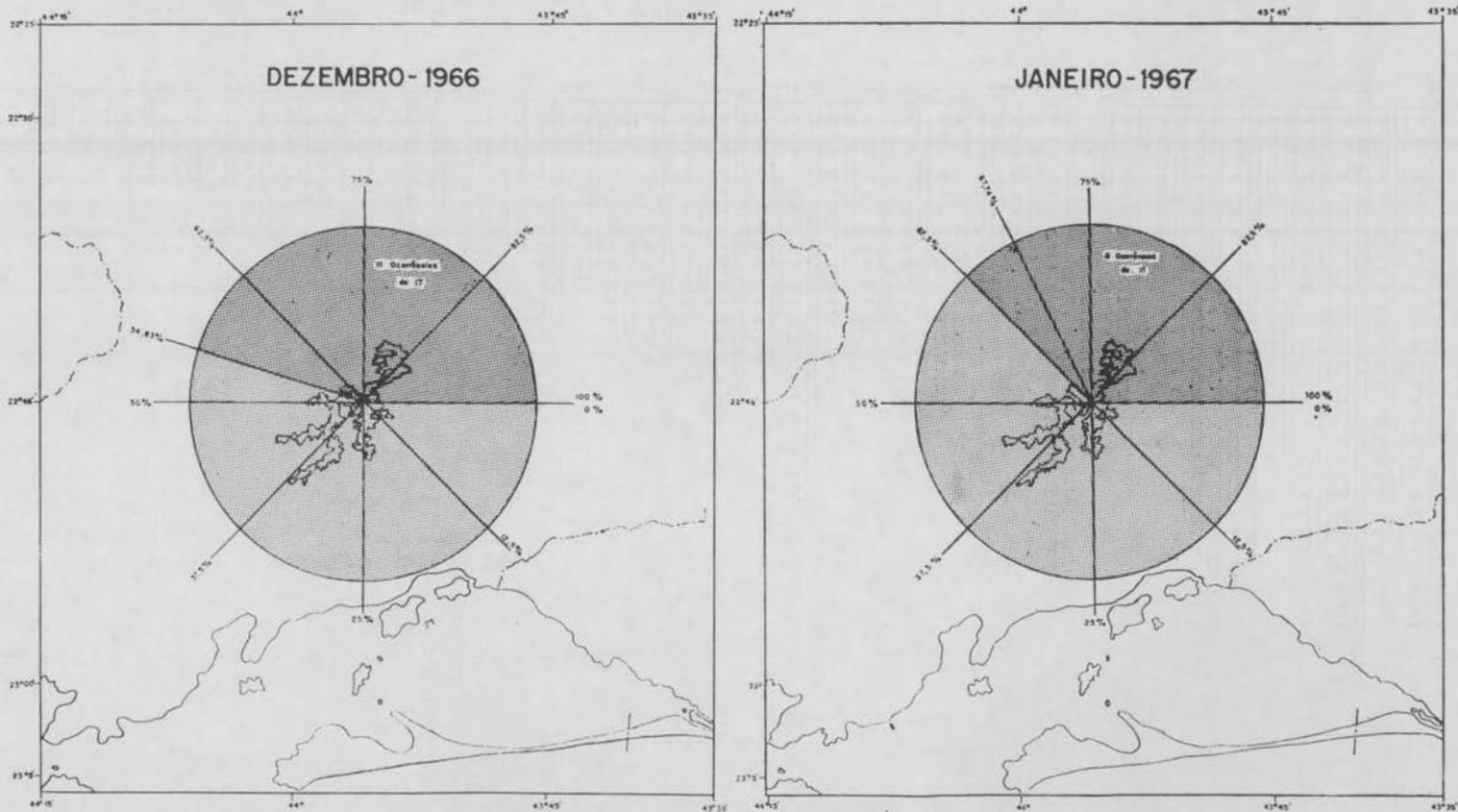


FIG. 23

dezembro o índice foi de 54,8% e em janeiro elevou-se a 67,74%. Este último índice mensal foi, provavelmente, um dos mais elevados já registrado durante um mês de verão em nossa área.

Outro fato importante a assinalar é que no mês de dezembro houve 11 ocorrências de *linhas de IT*, enquanto no mês de janeiro foi de apenas 8. Estes números confirmam que a maior ou menor precipitação em nossa área não está condicionada a *chuvas de convergência*, e sim a *chuvas frontais*, uma vez que, não obstante ter o mês de janeiro de 1967 recebido chuvas de convergência de *linhas de IT* em número menor que o mês de dezembro de 1966, acusou, como vimos, totais pluviométricos bem mais elevados.

Parte IV — Ritmo e Tipos de Tempo durante o mês de janeiro de 1967¹⁵

1 — REGIME DE DISTRIBUIÇÃO DIÁRIA DAS CHUVAS

A notável participação de *massa polar e frentes* em janeiro de 1967 não apenas foi responsável pelo elevado índice pluviométrico deste mês como também pela ocorrência de chuvas diárias durante quase todo o mês. O mapa *Pluviogramas Diários* deste mês (Fig. 24)¹⁶ para a área entre os meridianos 43°-45° de Longitude W de Gr. revela que a grande maioria dos postos pluviométricos registrou mais de 20 dias de chuvas. No norte do Estado do Rio (na escarpa da Mantiqueira) choveu 26 dias em Fumaça, 27 dias na Fazenda Agulhas Negras, 28 dias em Santa Isabel e Barreirinha. No litoral do Estado do Rio de Janeiro, de 22 a 25 dias (Fazenda da Lapa e Angra dos Reis). Nas *serras* em torno do reservatório de Lajes, os pluviômetros registraram chuvas em 23 dias na Fazenda Santa Rosa, 24 dias em Lajes e 25 dias em Ipê, Vargem e Tocos.

Destes dias, apenas 8 se referem às chuvas de IT. Estas foram, como de costume, fracas, enquanto que os restantes dias de precipitação se referem às chuvas frontais e pós-frontais. Estas geralmente mais intensas.

Porém, o mês de janeiro para o Sudeste do Brasil não apenas se caracterizou por um número elevado de dias chuvosos, como ainda por precipitações muito intensas, algumas das quais autênticas *trombas d'água*. Destas se destacam as precipitações iniciadas no dia 18 e que durante

¹⁵ Para a 4.^a parte da Unidade climatológica restringimos nossa área de estudo ao território situado entre a Serra da Mantiqueira e a linha de costa e entre os meridianos de 43 e 45° Long. W. Gr.

¹⁶ Para os totais diários a partir do dia 20 elaboramos outro mapa de pluviogramas (Fig. 25) no qual a pluviometria diária é representada em escala cartográfica maior.

as 24 horas do dia 22, nas cercanias do reservatório de Lajes, chegou a alcançar totais dos maiores de que se tem notícia no Brasil, nos últimos 30 anos.

Antes de mais nada devemos esclarecer que aguaceiros como estes não constituem anomalias. Ao contrário, trata-se de um fenômeno caracterizador das condições climáticas do verão na Região Sudeste, especialmente de suas áreas serranas. Nem mesmo as maiores *trombas d'água* podem ser assim consideradas. Estas, apenas se destacam dentre as precipitações de maior concentração/hora. Para comprovar esta nossa afirmação pensamos que basta evocar as precipitações de 1966 e 1967. No decorrer destes dois meses, além dos inúmeros aguaceiros que desabaram em diversas áreas do Sudeste, nada menos de 8 verdadeiras *trombas d'águas foram registradas*, como segue:

dia 11/12	de janeiro de 1966	no Rio de Janeiro
dia 17	de dezembro de 1966	em Agulhas Negras
dia 22/23	de janeiro de 1967	na serra das Araras
dia 24	de janeiro de 1967	no Rio de Janeiro
dia 23/24/25	de janeiro de 1967	em Angra dos Reis
dia 3	de fevereiro de 1967	em Barra Mansa
dia 18	de fevereiro de 1967	em Caraguatatuba
dia 18/19	de fevereiro de 1967	no Rio de Janeiro
dia 17/18	de março de 1967	em Caraguatatuba

A de 11/12 de janeiro de 1966, no Estado do Rio de Janeiro, se por um lado não temos elementos para afirmar que tenha sido a mais intensa, temos, no entanto, para afirmar que foi a que vitimou número maior de pessoas na cidade do Rio de Janeiro. A de 22/23 de janeiro de 1967 se fez sentir sobretudo no Estado do Rio de Janeiro, acarretando desabamentos na Serra das Araras e falta de energia elétrica. A de 3 de fevereiro de 1967, em Barra Mansa, provocou impressionante enchente. A de 18/19 de fevereiro acarretou desabamentos impressionantes na cidade do Rio de Janeiro, como o de Laranjeiras que causou muitas vítimas. A de 17/18 de março em Caraguatatuba provocou os maiores desabamentos de encostas de que se tem notícia no Brasil¹⁷.

¹⁷ A precipitação de 17/18 de março de 1967 em Caraguatatuba foi estudada pelo geógrafo Carlos Augusto Monteiro, cujos resultados, por não terem sido publicados, desconhecemos. A de 18/19 de fevereiro, no Rio de Janeiro, foi examinada pelo meteorologista Adalberto Serra, visando a um prognóstico dos totais e a hora de ocorrência das chuvas, aplicando técnicas de previsão. — *Chuvas Intensas na Guanabara* — pesquisa exclusivamente meteorológica, que enquadrava no Plano de Trabalho aprovado na D.T.C. Esta precipitação, além disso, mereceu por parte dos geógrafos Jorge Xavier da Silva e Regina Mousinho o exame dos seus conseqüentes desabamentos de encostas. — *Considerações Geomorfológicas a Propósito dos Movimentos de Massa Ocorridos no Rio de Janeiro* — trabalho realizado através do Conselho Nacional de Pesquisas e publicado na *Revista Brasileira de Geografia*, Ano 30, n.º 1 — Fundação IBGE. As demais não foram ainda estudadas.

O aguaceiro a que este trabalho dá um tratamento e exame especiais, é o que desabou nas áreas serranas próximas ao reservatório de Lajes e Vigário, na noite de 22/23 de janeiro de 1967. Sobre os aguaceiros acima referidos e outros mais, daremos alguns informes no decorrer deste capítulo.

De qualquer modo, em todos, o mesmo fator meteorológico se fez presente — invasão da área por uma FP com *anticiclone polar* de posição marítima. Contudo, como a análise isobárica nos trópicos só pode ser identificada acompanhando a continuidade das configurações sinóticas a partir das latitudes médias, pelo menos, estendemos o exame sinótico até o extremo sul da Argentina e Chile, para melhor compreensão dos intensos aguaceiros que desabaram sobre a nossa área de estudo e, especialmente, da referida *tromba d'água* de 22/23.

Desde dezembro de 1966 a nossa área de estudo vinha sendo atingida por sucessivas vagas de ar polar. Esta dinâmica prosseguiu por todo o verão de 66/67, tornando-se, mais intensa em janeiro de 67 — mês que nos interessa mais diretamente.

Como vimos, raros foram os dias daquele mês em que não choveu. Quais os processos dinâmicos que estariam relacionados àquelas chuvas?

2 — ANÁLISE DAS CARTAS SINÓTICAS DE SUPERFÍCIE

Dia 1.º de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — Uma FPP após transpor os Andes, desenvolve forte ondulação ciclônica a SE da Terra do Fogo. O Anticiclone Polar que nos últimos dias de dezembro avançara para NE, estaciona com centro de 1.018 mb ao longo do litoral sul do Brasil.

Enquanto isso, a FP anterior, que um dia antes estava em Minas Gerais e Espírito Santo, prossegue avançando para nordeste pelo litoral, enquanto no interior ela retorna como WF atingindo o Paraná.

Em *nossa área* sopram ventos de E a NE do Anticiclone Polar, ortogonais às isóbaras. O céu está encoberto 7/8 ou completamente, com formação de *cúmulos* e *fracto-cúmulos* nos níveis inferiores.

As 18:00 horas (TMG) — A carta indica pouca mudança do quadro isobárico, a não ser a oclusão do ciclone meridional a SE da Terra do Fogo, o avanço da KF até o norte do Espírito Santo e o início de um movimento giratório para leste desta descontinuidade, e ainda o rápido avanço para o sul da WF, encontrando-se agora no Rio Grande do Sul.

¹⁸ A leitura desta parte deve ser feita acompanhada das cartas sinóticas que constituem as últimas páginas deste trabalho. Estas constituem uma simplificação das cartas sinóticas elaboradas pelo Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura.

Enquanto isso a FPP completa sua transposição nos Andes e caminha para E, estendendo-se da Região do Chaco à Terra do Fogo, uma vez que seus extremos se perdem na Baixa do Interior do continente e na Baixa de oclusão do Ciclone Meridional.

Em nossa área sopram ventos de SE e S do Anticiclone Polar com instabilidade e chuvas fracas.

Às 24:00 horas (TMG) — O Ciclone Meridional da anterior FPA aparece ocluso ao norte da Antártica sobre o meridiano 10° de long. W. Gr., da mesma forma o ciclone da nova FP, com Baixa a SE da Terra do Fogo.

O Anticiclone Polar velho com isóbara central de 1.018 mb, aumentada em 2 mb pela maré barométrica noturna, acha-se ainda mais deslocado para o oceano com núcleo bem afastado do litoral brasileiro, ou seja cerca das coordenadas de 30° lat. Sul e 35° long. W. Gr. Conseqüentemente a KF anterior é empurrada para E.

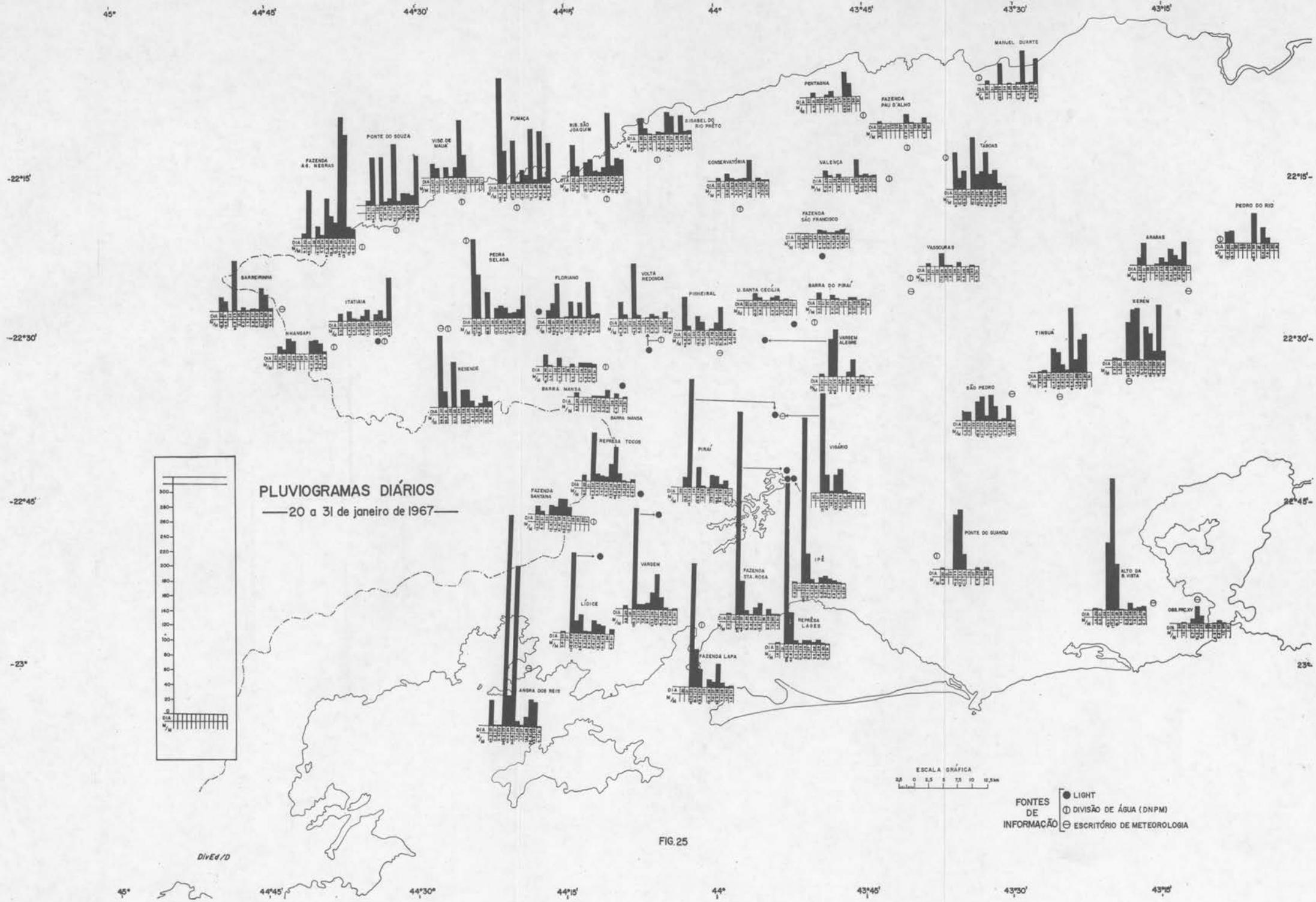
Enquanto isso, a nova FP após transpor os Andes se estende com orientação quase N-S, de Rondônia à Antártica, passando pelas Ilhas Falklands, sem contudo atingir o sul do Brasil. Na Argentina sofre acentuada ondulação pela resistência da Baixa do Interior que desceu para o Chaco.

No Brasil aparecem dois centros de Alta: na Amazônia e no Brasil Central. A dorsal da Amazônia é pequena, com o máximo de pressão de 1.012 mb. A dorsal do Brasil Central é, ao contrário, bastante elevada, com núcleo de 1.016 mb. Este último anticiclone domina a maior parte do Brasil tropical que, por isso mesmo, está com tempo estável. Trata-se de uma dorsal ligada à sua fonte de origem, a Alta do Atlântico Sul, cujo núcleo acha-se muito deslocado para E, quase na costa da África.

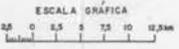
Separando as dorsais de massa Tropical sobre o continente, aparecem descontinuidades de estruturas distintas. Entre a pequena dorsal da Amazônia e a Alta do Brasil Central, uma linha de Instabilidade Tropical (IT) prolonga a instabilidade da nova KF até a zona da CIT; entre a Alta do Brasil Central e a Alta da massa Polar velha estende-se uma WF com orientação NE-SW, do sul da Bahia ao Paraguai, apoiada na Baixa do Chaco, porém resultante do deslocamento para E do Anticiclone Polar velho. Pelo mesmo motivo, outra WF avança pela Região Sul do Brasil dirigindo-se para o oceano.

Em nossa área de estudo dominam ventos de E do Anticiclone Polar velho que sopram calmamente em direção à descontinuidade frontal da WF que caminha para SE, devendo esta atingir nossa área nas próximas horas. Enquanto isso, os ventos de E (brisas leves de 5 nós) mantêm o céu parcialmente encoberto com chuvas fracas e esparsas.

Neste dia apenas a Fazenda Agulhas Negras acusou um total de precipitação importante: cerca de 30 mm. Nos demais postos acusaram-se valores pluviométricos insignificantes ou faltaram completamente.



PLUVIOGRAMAS DIÁRIOS
—20 a 31 de janeiro de 1967—



- FONTES DE INFORMAÇÃO**
- LIGHT
 - ⊙ DIVISÃO DE ÁGUA (DNPM)
 - ⊖ ESCRITÓRIO DE METEOROLOGIA

FIG. 25

DivEd/D

Nas áreas próximas ao reservatório de Lajes choveu apenas em Pirai: 1,0 mm.

Dia 2 de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — A sudeste da Terra do Fogo o ciclone da FP continua deslocando-se para SE em direção ao mar de Weddel. Com o Anticiclone Polar também deslocado sobre o mar, a WF permanece sobre Minas Gerais, próximo de nossa área, caminhando lentamente para SE.

Em nossa área ventos de 5 nós tornam-se de 10 nós à medida que a WF se aproxima. Da mesma forma o céu encoberto em 4/8 passa a 5/8, principalmente por cirros, *cirro-estratos*, *cirro-cúmulos* e *alto-cúmulos*, começando a ser povoado por nuvens baixas, *cúmulos* e *cúmulo-nimbos*, que prenunciam novas chuvas.

As 18 e 24:00 horas (TMG) — No decorrer deste dia a WF passa por nossa área. Na sua passagem os ventos que sopravam de SE, E e NE (do Anticiclone Polar) mudam bruscamente de direção tornando-se de N a NW com velocidade de 20 nós (Massa Tropical). O céu agora, mais encoberto por *cúmulo-nimbos*, deixa precipitar chuvas esparsas e trovoadas mais fortes a noroeste da nossa área, onde é maior a posição entre os ventos que separam a descontinuidade (65 mm na Fazenda Agulhas Negras). Nas áreas dos reservatórios chove apenas 2 mm (Fazenda Santa Rosa).

Dia 3 de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — O ciclone evolui rapidamente para sua oclusão, enquanto sua KF avança na Argentina com orientação NW-SE. Enquanto isso a massa Polar velha se transforma rapidamente em massa Tropical e desaparece, conseqüentemente, a descontinuidade polar.

No Brasil aparecem numerosas pequenas Altas de no máximo 1.014 mb ligados à Alta do Atlântico com isóbara central de 1.018 mb. Induzidas nestas Altas aparecem linhas de IT, apoiadas na Baixa do interior sobre o Chaco ou na ondulação da FPA. Uma destas linhas de depressão, sobre nossa área, provoca instabilidade e chuvas ocasionais, principalmente a Oeste.

As 18 e 24:00 horas (TMG) — As 18:00 horas o ciclone atinge as ilhas Geórgia do Sul e sua KF girando para NE atinge o Uruguai e às 24:00 horas o Rio Grande do Sul. Enquanto isso o Anticiclone do Atlântico Sul emite ventos de NE e E atraídos pela profunda Baixa de 1.006 mb de uma linha de IT localizada imediatamente a Oeste de nossa área. No seio desta convergência dinâmica há formação de *cumulo-nimbos* e pancadas de chuvas ocasionais. Por isso as mais importantes precipitações neste dia se deram a oeste, principalmente nas serras e suas proximidades. Fazenda Agulhas Negras registrou 54 mm e Pedra

Selada 38 mm de altura. Nas áreas do reservatório de Lajes choveu muito pouco (1 mm em Ipê, 5 mm em Vargem e 7 mm na Represa Tocos).

Dia 4 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — O ciclone está inteiramente ocluso na altura das ilhas Geórgia e Órcadas do Sul, enquanto que a KF continua avançando lentamente, estendendo-se desde as mencionadas ilhas até a Bolívia, passando pelo Norte do Rio Grande do Sul. Neste Estado a KF se ondula e dela parte uma linha de IT que se estende até a Bahia, passando pelo litoral paulista, devendo atingir nossa área de estudo nas próximas horas. No Estado do Rio de Janeiro o céu está pouco encoberto (4/8) por *alto-cúmulos*, e os ventos sopram de NE em direção à depressão induzida com velocidade máxima de 20 nós (vento regular a meio forte).

Às 18 e 24:00 horas (TMG) — Com o decorrer deste dia a KF vai sendo rapidamente dissipada no interior, enquanto ela avança pelo litoral atingindo o oeste paulista às 24 horas (TMG). Enquanto isso a IT, que se deslocara para E, provoca chuva de convergência com pancadas esparsas e ocasionais por quase toda a nossa área, principalmente no contraforte da Serra da Mantiqueira, divisor da bacia do rio Paraíba e do rio Preto. Aí, pesadas chuvas desabaram em Marquês de Valença (40 mm) e Táboas (62 mm). Nas áreas do reservatório de Lajes o máximo registrado foi de 5 mm (Fazenda Santa Rosa).

À medida que a KF avança para NE e cessa sua ondulação no sul do Brasil, a IT em nossa área desaparece, os ventos convergentes de direções variáveis vão sendo substituídos pelos ventos de N a NE do Anticiclone do Atlântico Sul e o céu sofre uma limpeza que prenuncia a entrada da KF para as próximas 24 horas. Enquanto isso a nova KF transpõe a Cordilheira dos Andes na altura da Patagônia e se dirige para NE — é o que aparece na carta sinótica de 24:00 horas TMG.

Dia 5 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — Após progredir para NE a nova FPA estaciona nos Pampas Argentinos, ao mesmo tempo que se forma um ciclone a oeste da Ilha Geórgia do Sul. Isto leva um reforço à FPA anterior que, avançando rapidamente para NE, ondula-se em São Paulo, entra em nossa área de estudo com orientação E-W, tendo à sua retaguarda ventos calmos de SE (máximos de 5 nós). O céu torna-se completamente encoberto por *cúmulos* e *fracto-cúmulos* que se convertem em chuvas, principalmente à retaguarda da superfície frontal.

Às 18:00 horas (TMG) — Com o Anticiclone Polar estacionado no sul do Brasil e o aprofundamento da Baixa do Chaco (1.008 mb), a FPA anterior dissipa-se no interior, enquanto prossegue avançando lentamente para NE pelo litoral.

Atingindo o norte do Estado do Rio com orientação NW-SE *nossa área* fica sob a ação de ventos de SW com máximo de 10 nós. Há uma ligeira limpeza do céu, onde persistem os *fracto-cúmulos* de mau tempo.

Enquanto isso, os Ciclones Meridionais entram em rápida oclusão e a nova FP, sem energia para avançar, dissipa-se na Patagônia, mas persiste sobre o oceano.

O interior do Brasil, a partir do paralelo de 15° de Latitude Sul está sob o domínio de pequenas Altas de 1.010 mb ligadas à Alta do Atlântico Sul, com isóbara central de 1.014 mb (semelhante à Alta Polar). Entre aquelas altas de massa Tropical aparecem Linhas de Instabilidades semi-estacionárias.

As 24:00 horas (TMG) — A carta indica que com o avanço para NE da nova FPA, o Anticiclone Polar, estacionado no Sul do Brasil, se fragmenta em três pequenas Altas.

Enquanto isso nas latitudes inferiores persistem as pequenas dorsais de Altas tropicais de 1.010 mb e o Anticiclone do Atlântico Sul tem sua pressão aumentada em 2 mb para sua isóbara central.

Conseqüentemente a FPA anterior recua para SW, voltando à *nossa área* com posição quase N-S e sua baixa aprofundada a 1.004 mb.

Com isso agrava a instabilidade em *nossa área*, com céu inteiramente encoberto por *cúmulos-nimbos* e *fracto-cúmulos* acompanhados de pancadas de chuvas ocasionais e trovoadas.

Neste dia houve precipitação em toda *nossa área*, abundante nas *serras* e suas proximidades: contrafortes da Mantiqueira (Barreirinha 25 mm, Sta. Isabel 30 mm, Conservatório 40 mm, Fazenda São Francisco 48 mm), Alto curso do rio Paraíba (Itatiaia 58 mm), serra dos Orgãos (Pedro do Rio 24 mm), Litoral oriental (Fazenda da Lapa 26 mm).

Nas áreas próximas ao reservatório de Lajes e Vigário as chuvas alcançaram 12 mm em Pirai, 38 mm na Fazenda Santa Rosa, 41 mm em Lajes, 42 mm em Ipê, 43 mm em Vargem e 44 mm em Tocos.

Dia 6 de janeiro: Às 12, 18 e 24 h (TMG).

O Anticiclone Polar velho continua estacionado ao longo do litoral sul do Brasil e a antiga KF permanece semi-estacionária em *nossa área*, com a orientação NW-SE. Ao longo desta descontinuidade os ventos sopram ora paralelos ora em oposição. Quando em oposição, os ventos de NE da massa Tropical sobem a rampa frontal, enquanto os ventos do Anticiclone Polar sopram de SE na superfície. Conseqüentemente a instabilidade permanece provocando chuvas generalizadas por toda a *área* e pancadas ocasionais.

Neste dia houve chuvas mais ou menos abundantes em toda *nossa área*, cabendo, no entanto, os máximos ao setor leste, onde São Pedro registrou 70 mm. No setor noroeste, os máximos pertenceram à Pedra Selada, Fumaça e Resende com 38 mm, 42 e 55 mm respectivamente. No centro, Pinheiral com 37 mm. A nordeste, Táboas somou 41 mm.

Nas áreas em torno do reservatório de Lajes, apenas Pirafé, ao norte, registrou uma intensificação (62 mm). Do reservatório para sul e oeste, as chuvas diminuíram em quase 50% em relação ao dia anterior (Ipê 22 mm, Lajes e Sta. Rosa com 20 mm cada, Tocos 25 mm e Vargem 23 mm).

No Rio de Janeiro o posto do Observatório da Praça XV registrou 38 mm e do Alto da Boa Vista 12 mm — o primeiro total elevado do mês no Rio.

Dia 7 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — Com a formação de um ciclone ao norte das ilhas Órcadas, a FPA que se encontrava semi-estacionária volta a progredir para NE. Com a passagem da KF e conseqüente oposição dos ventos ao longo da descontinuidade frontal, intensificam-se as precipitações sob céu completamente encoberto por nuvens baixas. Logo após, a frente entra em dissipação sobre o continente, enquanto permanece em FG sobre o oceano.

Ao norte da descontinuidade o tempo permanece bom no litoral, sob domínio de ventos, principalmente E do Anticiclone do Atlântico Sul, enquanto no interior do Brasil aparecem depressões induzidas em Altas Tropicais.

Às 18:00 horas (TMG) — A carta indica profundas transformações na situação isobárica. Com o aparecimento de nova FPP com ciclone a SE da Terra do Fogo, o Anticiclone Polar desaparece no nível do mar e o Anticiclone do Atlântico Sul, fortalecido, avança para oeste até o Brasil central, onde uma Linha de IT o separa de uma pequena Alta na Amazônia.

Em nossa área sopram ventos de oeste na superfície e ventos de NE descendentes em altitude. Tais ventos divergentes provocam rápida limpeza e estabilidade.

Com o gradiente barométrico voltado para o sul, uma WF no Rio Grande do Sul caminha em direção à FPP.

Às 24:00 horas (TMG) — Nova transformação radical na situação sinótica é observada.

O Anticiclone Polar que desaparecera no nível do mar, persistiu sobre o sul do Brasil a partir de 1.500 metros, conforme demonstra a carta de 850 mb de 12:00 horas (TMG). Com o resfriamento noturno ele desce ao solo e com ele a KF, que retorna a Minas Gerais e Espírito Santo. Por isso, em nossa área, o tempo torna-se instável, com o céu encoberto por *alto-estratos* e *fracto-cúmulos* de mau tempo e chuvas leves.

Neste dia, novamente houve chuvas abundantes em muitos locais de *nossa área*. Nos contrafortes da Mantiqueira e Vale do Paraíba um número bastante grande de postos pluviométricos marcou totais pluviométricos em torno de 40 mm.

Porém, os máximos deste dia pertencem ao sudeste de nossa área. Neste local o posto da Ponte do Guandu assinalou 79 mm, enquanto no Rio de Janeiro os totais pluviométricos duplicaram em relação ao dia anterior — (Praça XV 84 mm e Alto da Boa Vista 45 mm). Este dia foi o de maior concentração/hora na Praça XV para o mês de janeiro.

Nas áreas do reservatório de Lajes e Vigário, apenas Piraí, com 37 mm, registrou total significativo.

Dia 8 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — Esta carta apresenta um quadro sinótico muito raro, com quatro descontinuidades frontais. Uma sobre o Pacífico, outra após transpor a Cordilheira dos Andes, desenvolve um ciclone na Terra do Fogo; a terceira, representada pela nova FPA, que aparece na carta do dia anterior. Esta, enfraquecida pela FG nas Frentes do Pacífico, está em recuo como WF sobre a Argentina e em FG sobre o mar. Finalmente, a mais antiga descontinuidade frontal aparece sobre o oceano separando a Alta Tropical da Alta do Anticiclone Polar velho, cuja isóbara central, de 1.016 mb, tangencia o litoral brasileiro.

Em nossa área dominam ventos de NE na superfície e em altitude. Estes, pelo seu caráter descendente, mantêm o tempo estável. Enquanto isso, no interior do Brasil aparecem pequenas Altas Tropicais separadas por IT.

Às 18:00 horas (TMG) — Esta carta indica profundas mudanças na situação isobárica. As duas Altas Polares do norte da Antártica fundem-se numa única Alta. As duas FPP fundem-se em apenas uma descontinuidade frontal. A nova FPA, que se encontrava em recuo na Patagônia, é revigorada por estas transformações à sua retaguarda, mas, principalmente, por novo fluxo de ar polar que transpôs os Andes. Assim revigorada ela entra em FG transformando-se em KF. Com esta estrutura ela gira para NE apoiada em nova ondulação ciclônica sobre o Atlântico, na altura da Patagônia (paralelo de 45° Sul).

Em sincronismo com o avanço da KF no Uruguai, a depressão induzida caminha rapidamente para SE. Enquanto a KF alcança o extremo sul do Rio Grande do Sul, a depressão tropical se desloca rapidamente e atinge a *nossa área*. Aí, em contato com os ventos de NE da massa Tropical Marítima, resfriados pela recente integração da massa Polar velha (ventos marítimos de NE, 27° a 28°C, ventos de NW da depressão induzida 30 a 33°C), a IT adquire uma rampa frontal transformando-se em Frente Quente. Com a aproximação desta depressão os ventos de NE do Anticiclone do Atlântico tomam componentes de E SE. Sua passagem leva à formação de *cúmulo-nimbos* e precipitações esparsas e ocasionais, bem inferiores às do dia anterior. A única zona submetida a chuvas consideráveis em nossa área é o setor ocidental da Mantiqueira, onde Pedra Selada e Fumaça registraram 32 e 36 mm, respectivamente. Fora desta zona, apenas Táboas registrou total muito elevado, 77 mm. O índice elevado de Táboas foi muito concentrado

especialmente, uma vez que os postos próximos a Táboas não registraram sequer 1 mm de precipitação.

Às 24:00 horas (TMG) — A WF se estabiliza e retorna ao estado de simples convergência de IT, enquanto a KF alcança o norte do Rio Grande do Sul, ainda impulsionada pelo ciclone ao norte das ilhas Falkands.

Dia 9 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — A situação em nossa área é de tempo bom, sob domínio do Anticiclone do Atlântico Sul. Ao longo do litoral até Cabo Frio os ventos são de NE perpendiculares às isóbaras, com velocidade de 15 nós. Porém a maior parte de nossa área está sob calmarias com formação de *cúmulos* de bom tempo.

Enquanto isso, o ciclone da FP evoluindo para a oclusão, caminha sobre as ilhas Falkands em direção ao Mar de Weddell. Sua KF em FG atinge Santa Catarina e se ondula ligeiramente no Paraguai. Com base nessas ondulações surge uma linha de IT em Mato Grosso.

Às 18:00 horas (TMG) — No decorrer deste dia a IT caminhou para SE, e às 18:00 horas (TMG) já atingia nossa região com mudança brusca de direção dos ventos, a princípio de NE, depois de E e SE para finalmente serem de NW, sempre com velocidade de 10 a 15 nós. O céu torna-se bastante encoberto com 6 a 7/8, com formação de *cúmulos-nimbos*, sucedidos por chuvas, estas, quase exclusivamente do centro para oeste de nossa área. As áreas em torno dos meridianos que passam sobre o reservatório de Lajes ou em suas proximidades foram as mais atingidas pelas chuvas. Isto é fácil de compreender examinando a carta sinótica de 24 horas TMG. Esta carta mostra que durante a noite os ventos de NW que empurravam a IT para SE sofreram grande queda de temperatura e assim ficou estabelecido um desequilíbrio de densidade e, conseqüentemente, a antiga IT transformou-se em uma espécie de WF, que se estendeu ao longo do Estado do Rio com orientação E-W. Ao sul desta descontinuidade a corrente de E dos ventos marítimos, com 34 e 35°C, foi obrigada a subir a rampa frontal, enquanto que ao norte os ventos de NW, com temperaturas de 24 a 25°, metiam-se em cunha sobre aqueles.

No decorrer da noite esta descontinuidade, pressionada fortemente em sua extremidade oriental por ventos de E com velocidade de 15 nós, é forçada a infletir para o norte, tomando orientação N-S sobre os meridianos do reservatório de Lajes. Nestas áreas os postos da Fazenda Santa Rosa, Ipê e Lajes registraram 38, 51 e 67 mm respectivamente. Ao norte do reservatório o posto da Usina Santa Cecília registrava 130 mm. *Trata-se do primeiro aguaceiro deste mês a abater-se sobre as áreas próximas do reservatório de Lajes.* Precipitações também abundantes ocorreram no setor nordeste, onde Fumaça (Mantiqueira) e Floriano (Vale do Paraíba) assinalaram 54 e 41 mm respectivamente.

Dia 10 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — O Anticiclone Polar acha-se ao longo do litoral de Santa Catarina com centro de 1.014 mb. Com o equilíbrio de pressão entre a Alta Tropical e a Alta Polar, a Frente fica semi-estacionária no limite de São Paulo e Estado do Rio de Janeiro. Em nossa área dominam ventos fracos de N a NE do Anticiclone Tropical do Atlântico, em situação de aquecimento pré-frontal.

Às 18:00 horas (TMG) — Com o aquecimento diurno e conseqüente aprofundamento da Baixa do Chaco, a KF, que se estacionara, dissipase na Bolívia e Paraguai, enquanto no interior do Brasil ela retorna como WF. Porém, mantendo-se em FG no litoral, ela alcança nossa área com orientação WNW-ESE.

O aparecimento de um centro de Baixa em Goiás leva ao aprofundamento da Baixa-Polar. Com esta estrutura, os ventos de NE da massa Tropical Marítima, com temperatura de 28° a 30°C, subiram a rampa frontal da frente, enquanto os ventos de sul da massa Polar, com temperatura cerca de 22°C, metendo-se em cunha sob aqueles, provocaram pancadas de chuvas intensas, acompanhadas de trovoadas sob grossos *cúmulo-nimbos*.

É provável que a ascensão do ar quente sobre o ar mais frio da rampa frontal tenha atingido maior magnitude quando a KF já havia passado pelo reservatório de Lajes. Isto explicaria o fato das mais abundantes chuvas terem ocorrido ao norte do referido reservatório, agravadas sobretudo nas serras. Ao norte deste eixo registraram os seguintes totais: Nhangapi 56 mm, Resende 45 mm, Ribeirão São Joaquim 24 mm, Conservatória 40 mm, Barra Mansa 46 mm, Barra do Pirai 108 mm, Manoel Duarte 62 mm, Vassouras 50 mm, Tinguá 64 mm, Xerém 24 mm, Ponte do Guandu 50 mm.

Às 24:00 horas (TMG) — No decorrer da noite, a Frente Polar continua recuando como WF sobre o continente, até o Paraná, embora mantendo-se em FG sobre o oceano. Com isso, voltam à nossa área os ventos de NE da massa Polar Marítima, trazendo rápida limpeza do céu.

Entretanto, o recuo da Frente para o sul propiciou intensas precipitações do centro para o sul de nossa área, após às 24 horas TMG. Por este motivo, para os postos do Escritório de Meteorologia e da Divisão de Águas do D.N.P.M., estes totais foram computados no dia que se segue.

Dia 11 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — Uma FPP transpõe a Cordilheira dos Andes, empurrada por um Anticiclone de 1.018 mb. Esta nova KF fortalece o Anticiclone Polar anterior, elevando seu centro de ação a 1.018 mb, o qual, por sua vez, produz nova FG na FP anterior. Esta retoma o caminho para NE atingindo nossa área com orientação NW-SE, com fraco gradiente barométrico.

Ao norte desta descontinuidade sopram ventos de NE de 15 nos em direção quase perpendicular à KF.

Em nossa área, à retaguarda da frente, dominam ventos calmos com céu bastante encoberto e precipitações insignificantes.

No interior do continente a FP, impossibilitada de manter-se em FG, vai-se dissipando na Baixa do Chaco.

As 18:00 e 24:00 horas (TMG) — As cartas apresentam praticamente o mesmo quadro sinótico das 12:00 horas (TMG). A KF, ao atingir o Estado do Rio de Janeiro, fica semi-estacionária em nossa área com ventos de SE quase paralelos à descontinuidade. Porém, ao norte, os ventos de NE entre 5 e 15 nós, mantêm-se em oposição à descontinuidade.

O poder de energia do Anticiclone Polar, com centro de 1.018 a 1.016 mb ao longo do litoral de Santa Catarina e Paraná, o que significa bem próximo da descontinuidade no Estado do Rio de Janeiro, determina um elevado gradiente barométrico inclinado para a depressão da FP e este, por sua vez, condiciona uma rampa frontal de forte inclinação.

As correntes quentes e úmidas da massa Tropical Marítima, subindo a rampa frontal em oposição quase perpendicular, produzem em espessos *cúmulo-nimbos*, fortemente concentrados.

Por tudo isso acreditamos que as componentes em ascensão ao longo da Frente deveriam estar possuídas de velocidade acima da que comumente ocorre, concorrendo assim para o maior potencial de condensação e precipitação, uma vez que, conforme o ábaco de Fulks, quanto mais rápida a componente vertical das correntes em ascensão na rampa frontal, mais intensas serão as precipitações.

Portanto, a forte inclinação da rampa frontal da KF, a oposição perpendicular das correntes quentes em ascensão e a velocidade de sua componente vertical explicam os violentos aguaceiros concentrados em pequeno setor de nossa área. Que setor é este? É justamente o que, na noite de 22 para 23 deste mês, seria submetido àquela calamidade que constitui o tema central desta nossa pesquisa — área em torno do reservatório de Lajes. Aí, as chuvas alcançaram neste dia, níveis superiores à metade dos que iriam ser registrados no dia 22. No alto curso do rio Pirai, Lídice, Vargem e Tocos registram 74, 97 e 103 mm. Junto ao reservatório de Lajes os postos de Ipê, Lajes e Fazenda Sta. Rosa alcançaram os totais mais expressivos: 132, 145 e 161 mm respectivamente.

Lembramos que todos esses postos pluviométricos estão nos vales em altitudes inferiores a 400 m. Somente Tocos e Vargem ultrapassam estas altitudes. Ora, pela posição da KF, por ocasião das precipitações, pela direção SE dos ventos do Anticiclone Polar, imediatamente a passagem da depressão polar, acreditamos que os totais mais elevados deste dia tenham ocorrido nas serras cujos níveis de 1.000 a 1.400 m sugerem maior agravamento das chuvas, principalmente nas serras do Leandro, Itaguaí, Caieiras e do Itaguçu, ao sul dos postos pluviométricos de Lajes,

Ipê e Santa Rosa. Infelizmente a ausência de postos nestes lugares não permite uma confirmação.

Embora as chuvas deste dia apresentassem acentuada concentração no centro de nossa área, todo o norte desta região, ou seja, o Vale do Paraíba e Mantiqueira, recebeu chuvas muito abundantes, destacando-se o posto de Floriano (no Alto Paraíba) com 82 mm.

Entretanto, a Baixa do Chaco envolve a nova FP que tem seu ramo setentrional dissipado, enquanto o ramo meridional mantém-se ativo.

Dia 12 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — O Anticiclone Polar velho permanece sobre o oceano ao longo do sul do Brasil, com centro enfraquecido (1.016 mb). O Anticiclone do Atlântico sul, ao contrário, está fortalecido e empurra a massa polar para o sul. Com o recuo para o sul a descontinuidade polar transforma-se em WF. O norte do Estado do Rio de Janeiro está sob tempo bom com ventos de NE a 15 nós, que se dirigem para o ponto de encontro da KF marítima e da WF, mantendo a instabilidade a oeste do Estado do Rio.

Enquanto isso, no ramo meridional da nova FP, formou-se um ciclone que caminha sobre as ilhas Shetland em direção ao mar de Weddell.

Às 18:00 e 24:00 horas (TMG) — A carta de 18:00 horas mostra que enquanto o ciclone da FP evolui para a oclusão geral ao norte da Antártica, a massa polar, estacionada ao longo do litoral sul do Brasil, se fortalece e seu centro de 1.016 mb se amplia. Em consequência do equilíbrio entre a Alta Polar e a Alta Tropical do Atlântico a descontinuidade frontal estaciona sobre o Estado do Rio de Janeiro, estendendo-se nitidamente de E-W do Paraguai ao meridiano de 35°, daí inflitando para SE.

A carta de 24:00 horas (TMG) — Acusa um declínio geral do sistema isobárico: O Ciclone Meridional está ocluso e a nova Frente Polar enfraquecida. O Anticiclone Polar velho é também enfraquecido, no que é acompanhado pelo Anticiclone Tropical Marítimo, mantendo-se porém em equilíbrio (1.014). Por esse motivo a descontinuidade permanece sobre nossa região com posição semelhante à da carta de 18:00 horas.

Com o resfriamento noturno das camadas superiores, as correntes de convergência entram em convecção livre, e o céu, que já se achava encoberto por *estrato-cúmulos*, *alto-cúmulos* e *nimbo-estratos*, torna-se mais pesado pela formação de *cúmulo-nimbos* acompanhados de chuvas e trovoadas. Nesta noite choveu em toda nossa área, principalmente ao norte do reservatório de Lajes, do meridiano de 43° 30', aproximadamente em direção oeste. Na encosta da Mantiqueira, Barreirinha, Fumaça, Ribeirão São Joaquim e Manuel Duarte registraram: 34, 65, 57 e 37 mm respectivamente.

No vale do Paraíba, Nhangapi, Resende, Volta Redonda, Pinheiral, Usina Santa Cecília, Barra do Pirai e Fazenda São Francisco registram: 45, 55, 56, 51, 38, 37 e 37 mm respectivamente. Como se vê, chuvas abundantes caracterizam este dia.

Porém, próximo ao reservatório de Lajes, Ipê e Lajes, a leste, registraram totais inferiores a 20 mm, a oeste, Vargem registrou 37 mm. Entretanto, ao norte do reservatório, Pirai apresentou o índice de 90 mm, mais da metade da precipitação que aí ocorreria 10 dias após.

Dia 13 de janeiro de 1967:

As 12:00 horas (TMG) — A massa Polar é inteiramente absorvida pela massa Tropical Marítima, cujo centro de ação aumenta para 1.016 mb. O tempo em nossa área apresenta tendência para bom, com limpeza e ventos de NE a 5 nós no máximo.

A nova FP, revigorada por novo fluxo de massa Polar, desloca-se para NE, com ondulação ciclônica ao longo da Patagônia. Com base neste ciclone, aparece uma linha de IT que se estende do estuário do Prata ao oeste de Minas Gerais, devendo atingir nossa área nas próximas horas.

As 18:00 e 24:00 horas (TMG) — Durante a tarde a nova FP caminha para leste, impulsionada pelo novo ciclone que se forma na península de Palmer. A Baixa do Chaco desloca-se para E até o Rio Grande do Sul, acompanhando a FP de orientação N-S. A IT, agora apoiada na Baixa do Chaco, também segue para E, acompanhando todo o deslocamento do sistema geral.

Com o estacionamento da FPA e seu possível recuo para W, a Linha de Instabilidade, após atingir nossa área, recua para W, conforme indica a carta sinótica de 24:00 horas TMG. Entretanto sua permanência em nossa área, com baixa de 1.006 mb, levou a um aumento do gradiente de pressão e conseqüentemente o aceleração dos ventos tropicais de componentes E a NE. O céu tornou-se completamente encoberto por baixos *cúmulo-nimbos* acompanhados de trovoadas e fortes chuvas, agravadas nas serras. Estas chuvas adicionadas àquelas caídas após as 21 horas do Rio (24:00 horas TMG) do dia anterior, levou aos seguintes totais mais expressivos: na encosta da serra dos Órgãos, São Pedro e Araras 47 mm cada, Tinguá 56 mm e Xerém 69 mm.

Nas áreas serranas, próximas ao reservatório de Lajes, as chuvas foram também abundantes: Santa Rosa 37 mm, Ipê 39 mm, Lajes 47 mm, Vargem 37 mm, Tocos 44 mm, Lídice 84 mm. Embora para estes postos pluviométricos não exista o referido adicionamento.

No litoral os totais diminuíram de este para oeste: observatório da Praça XV 41 mm, Fazenda da Lapa 29 mm e Angra dos Reis 23 mm.

Estes dados demonstram o decréscimo geral de precipitação para oeste, neste dia. No setor oeste apenas a encosta da Mantiqueira teve chuvas muito expressivas, com o máximo de 40 mm em Pedra Selada.

Dia 14 de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — O Ciclone Meridional está completamente ocluso a SE das ilhas Falklands. Sua KF, com pouca energia, caminha para E, tendo à retaguarda um fraco anticiclone de 1.010 mb. Enquanto isso, nova FPP transpõe os Andes no extremo sul do Chile.

Em nossa área dominam ventos calmos de NE do Anticiclone do Atlântico Sul, com tempo estável. Enquanto isso, uma Linha de IT com orientação N-S caminha em Minas Gerais e São Paulo em direção ao mar.

As 18:00 horas (TMG) — Ao transpor a Cordilheira, a nova FP caminha para NE, empurrando o pequeno Anticiclone Polar anterior na mesma direção. Conseqüentemente a FPA anterior avança também para NE, atingindo Santa Catarina.

Em sincronia com o progresso da FP, a Linha de IT avança para E alcançando nossa área às 9:00 horas do Rio.

Com a chegada desta depressão, os ventos de NE a 10 nós giram para W com 5 nós. Nesta convergência formam-se *cúmulo-nimbos* que se convertem em fracas e esparsas precipitações, em algumas áreas, e inexistentes em outras. Entretanto, na serra dos Órgãos os totais foram bastantes significativos: em São Pedro o total elevou-se a 35 mm, Tinguá a 37 mm e Xerém a 27 mm, porém o índice mais importante foi registrado na serra das Abóboras, onde o posto pluviométrico de Táboas exprime um forte aguaceiro de 70 mm.

Chamamos atenção para nova descontinuidade polar no extremo sul do continente, o que recompõe o quadro sinótico de 3 descontinuidades polares simultâneas, e exprime a forte intensidade de emissões de ar polar que caracterizou este mês.

As 24:00 horas (TMG) — Com o aumento de pressão das Altas Tropicais a FPA, impossibilitada de avançar, recua ligeiramente. Da mesma forma retrocede a Linha de IT, deixando nossa área sob ação dos ventos calmos de NE e E do Anticiclone do Atlântico. Esses trazem estabilidade e limpeza do céu.

Dia 15 de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — Com o recuo da FP no interior, e posterior ondulação, novas depressões induzidas na massa Tropical se formam no interior e se dirigem para o litoral. Ao mesmo tempo, a oclusão do Ciclone Meridional dá origem a uma Baixa sobre o oceano, ao longo da Patagônia. Esta Baixa induz duas Linhas de IT no Anticiclone Polar velho, o que contribui para seu maior enfraquecimento.

As 18:00 e 24:00 horas (TMG) — O quadro sinótico pouco mudou, a não ser a chegada em nossa área da Linha de IT. Esta provocou chuvas esparsas por toda a região, porém com totais significativos apenas nas áreas próximas ao reservatório de Lajes (Fazenda Santa Rosa 32 mm,

Ipê 27 mm, Lajes 25 mm) e no alto curso do rio Pirai, onde Lídice embora acusasse apenas 27 mm, Vargem e Tocos registraram totais de 37 mm e o posto de Fazenda Santana acusou o elevadíssimo aguaceiro de 137 mm. Neste dia, ao norte do reservatório Usina S. Cecília e Fazenda São Francisco acusaram totais também significativos, superiores a 40 mm, bem como Floriano com cerca de 50 mm.

Dia 16 de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — O Anticiclone Polar continua semi-estacionário no Rio Grande do Sul, com centro fraco de 1.008 mb. Conseqüentemente, a FP permanece também semi-estacionária ao sul de São Paulo. Em nossa área dominam ventos moderados de NE a NW da massa Tropical Marítima. O céu com 7/8 ou completamente encoberto por *estrato-cúmulos*, *cúmulos* e *fracto-cúmulos* do sistema frontal, de nuvens. Ao mesmo tempo, com base num centro de Baixa frontal, toma-se uma Linha de IT estendida N-S, de Goiás a Minas Gerais, devendo girar para SE e atingir nossa área nas próximas horas.

As 18:00 e 24:00 horas (TMG) — Com a formação de um vórtice ciclônico na nova FP, a FP anterior recua para oeste sobre o oceano, formando outro vórtice ciclônico próximo ao primeiro. O ciclone da FPA anterior, atraindo para si os ventos do Anticiclone Tropical, o enfraquece (declínio de 4 mb para sua isóbara central). Isto permite nova FG na FPA anterior, assim retornando esta à nossa área, onde se dá a junção com uma Linha de IT que, em simetria, avançara para SE. A chegada destas instabilidades é acompanhada de chuvas e trovoadas. Com a passagem da FP para NE, os ventos que antes sopravam de NE a NW giram para o quadrante sul, variando de S a SW com 10 nós, conforme a carta de 24:00 horas (TMG)

Com orientação NW-SE a KF caminha para sua dissipação. Imediatamente à sua passagem persistem as chuvas, agora esparsas, quase insignificantes para a maior parte da nossa área. Neste dia somente os postos de serra dos Órgãos registraram totais importantes: Tinguá 28 mm, Xerém 38 mm, São Pedro 47 mm e Araras 55 mm.

Nas áreas serranas do reservatório de Lajes os totais foram insignificantes. Os mais elevados pouco ultrapassaram a 10 mm.

Dia 17 de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — Esta carta mostra profundas diferenças, expressas sobretudo pelo rápido desaparecimento do Anticiclone Polar sobre o sul do Brasil e conseqüentemente da antiga FPA sobre o Sudeste. Este brusco enfraquecimento deve-se mais ao forte aprofundamento do Ciclone da nova FPA, agora deslocado para norte à altura do paralelo de 45°, do que pela absorção por parte da massa tropical.

Com o desaparecimento da massa Polar, a massa Tropical Marítima domina a nossa área com tempo bom e estável. Com isto a nova

FPP, após transpor os Andes, desenvolve um ciclone no litoral da Patagônia e sua KF gira para NE.

Ao mesmo tempo, com base na Baixa do Chaco, uma linha de IT estendida da Bahia ao sul de Mato Grosso se dirige para SE.

As 18:00 e 24:00 horas (TMG) — A situação isobárica pouco mudou em relação à carta de 12:00 horas TMG, a não ser o deslocamento para SE de uma Linha de IT.

Antes das 24:00 horas (TMG) esta linha de IT mergulhava no Anticiclone do Atlântico Sul. Sua passagem por nossa área foi acompanhada por pancadas de chuvas de convergência, geralmente de pouca intensidade. Somente em Itatiaia (Alto Paraíba), em Ribeirão São Joaquim e Conservatória, na Mantiqueira, os totais alcançaram níveis importantes: 74 mm, 64 mm e 36 mm, respectivamente.

Nas áreas serranas próximas ao reservatório de Lajes os totais foram insignificantes, em torno de 10 mm.

Dia 18 de janeiro:

Neste dias iniciamos a análise das cartas sinóticas do ciclo de tempo caracterizado, sobretudo, por uma série de sucessivos e pesados aguaceiros que se abateram sobre nossa área de estudo, dos quais faz parte a referida *tromba d'água* de trágicas conseqüências nas áreas vizinhas do reservatório de Lajes.

As 12:00 horas, 18:00 horas e 24:00 horas (TMG) — O ciclone mantém-se ativo ao norte das ilhas Falklands. A KF, que no dia anterior achava-se estacionada na Argentina, reinicia o avanço para NE e atinge o Rio Grande do Sul, com ondulações no Paraguai. Desta ondulação surge uma linha de depressão induzida entre duas altas da Massa Tropical estendida de Minas Gerais a São Paulo, devendo atingir nossa área no decorrer do dia.

Com o desenvolvimento e deslocamento dessa ondulação para SE a linha de depressão (IT) tem seu deslocamento para SE retardado, isto só acontecendo durante a noite, conforme mostra a carta de 24:00 horas (TMG). Antes disso esta depressão induzida gira para o sul, motivo pelo qual penetra em nossa área com orientação N-S, adquirindo orientação NE-SW nas últimas horas do dia. Nesta circunstância, apenas as áreas a oeste do limite estadual São Paulo—Rio têm precipitações pluviométricas muito significativas. Na encosta da Mantiqueira a precipitação elevou-se a 48 mm em Pedra Selada e a 74 mm em Ribeirão São Joaquim.

Na área serrana do reservatório de Lajes os totais estiveram por volta de 10 mm.

Até as últimas horas deste dia a FPA permaneceu sem energia para avançar, ficando nossa área sob o domínio de ventos calmos de Massa Tropical.

Desaparece o teto de nuvens baixas e permanece o teto alto de *estrato-cúmulos*. O tempo apresenta tendência à estabilidade.

Dia 19 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — O ciclone continua ativo a NW das Ilhas Falklands sobre o paralelo de 45°, enquanto na Patagônia ele está ocluso. Após a oclusão, sua KF caminha para NE. Com o avanço desta frente, a massa Polar anterior, que ficara estacionada na Argentina, se fortalece com a expansão de seu centro de 1.012 mb.

Deste modo a KF, com novo impulso, penetra no Sul do Brasil, atingindo, com orientação NW-SE, Santa Catarina e Paraná, com leves ondulações.

Uma nova linha de IT, imediatamente a oeste do Estado do Rio de Janeiro, começa a perturbar a circulação neste Estado, que antes se caracterizava por tempo bom, sob ventos de NE. Agora se fazem sentir ventos de NW e formação de nuvens baixas de *estrato-cúmulos* e altas, de *alto-cúmulos* que cobrem o céu completamente.

Às 18:00 horas (TMG) — O centro do Anticiclone Polar aparece deslocado para leste sobre o litoral de Santa Catarina.

Este deslocamento fez a descontinuidade frontal girar no sentido dos ventos anticiclônicos. Conseqüentemente, enquanto no interior a descontinuidade toma orientação E-W e estaciona no litoral, ela avança atingindo nossa área com orientação NW-SE, como KF.

A chegada da FP em nossa área propiciou chuvas esparsas por toda a região, porém muito escassas, e em muitas áreas os pluviômetros não registraram sequer 1 mm. Isto decorre principalmente de uma acentuada ondulação na KF e da conseqüente formação de um centro de Baixa em sua vanguarda, sobre o sudoeste de Minas Gerais. Em virtude disso, os ventos quentes e úmidos de NE de massa Tropical Marítima, atraídos por essa Baixa, desenvolvem velocidades de 35 nós (vento meio forte).

Às 24:00 horas (TMG) — Enquanto o Ciclone na nova FP sobre a Patagônia não permite o avanço de nova KF, com o deslocamento para E do Anticiclone Polar velho, há um declínio barométrico no interior do Sul do Brasil, motivo pelo qual a FP anterior recua como WF no continente até o Paraná. Com isto, voltam à nossa área os ventos da massa Tropical Marítima.

Em virtude da pouca permanência da superfície frontal em nossa área, poucas precipitações pluviométricas ocorreram neste dia e, em muitas áreas, nem precipitações houve. Os únicos índices importantes deste dia foram registrados no posto de Itatiaia (vale do Paraíba) onde elevou-se a 38 mm e Santa Isabel (encosta da Mantiqueira) com 60 mm. Próximo ao reservatório de Lajes, os totais máximos pouco ultrapassaram os 10 mm.

Dia 20 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) (ou sejam 9:00 horas da manhã no Rio de Janeiro) a carta sinótica indica que o Ciclone Meridional se encontra à altura das coordenadas de 53° de latitude e 35° de longitude, ao largo da ilha Geórgia do Sul. Por conseguinte ele se acha bastante deslocado para SE em relação à carta de 24:00 horas TMG do dia anterior. Este ciclone acha-se bastante aprofundado com centro de 996 mb, isto é, 8 mb a menos do que a mesma hora do dia anterior.

O aprofundamento deste ciclone acarreta intensa reativação de sua KF. Esta, que se achava semi-estacionária na Patagônia no dia anterior, retoma o caminho de NE, alcançando o Uruguai e se estendendo para NW até o Peru, com largas ondulações. Chamamos aqui atenção para a extensa Baixa Polar com profundidade de 1.004 mb no limite Paraguai — Bolívia.

Com o avanço da nova FP, o centro da Massa Polar velha, que no dia anterior se encontrava sobre a Argentina, é pressionada para NE, encontrando-se sobre o oceano com aumento geral de pressão de 4 mb. Com isso a antiga Frente retorna à nossa área avançando para NE pelo litoral, enquanto no interior, após avançar para o N, ela recua como WF.

Em virtude do forte gradiente barométrico voltado para a Baixa do Interior as correntes quentes de massa Tropical Marítima adquirem componente E, isto é, quase paralelas à superfície frontal. Nestas circunstâncias ocorreram fracas precipitações, embora fosse forte a instabilidade acompanhada de trovoadas e céu amplamente encoberto. Ao mesmo tempo com base na Baixa do Chaco sobre o Paraguai, uma longa linha de IT se induz na massa Tropical e avança para SE.

Às 18:00 horas (15:00 horas do Rio de Janeiro) — A carta indica que o novo Anticiclone Polar está sobre a Patagônia com isóbara central de 1.020 mb em grande área. Sua FP estende-se NW-SE do norte da Argentina ao sul do Rio Grande do Sul, perdendo-se no Atlântico até fundir-se no antigo Ciclone Meridional, ativo na ilha Geórgia. Sobre os Pampas argentinos, esta descontinuidade polar se ondula fortemente originando um ciclone com centro de 1.008 mb. No sul do Brasil, sob ação do Anticiclone Polar velho, dominam ventos do quadrante norte, atraídos pela Baixa do ciclone sobre o estuário do Prata.

No litoral, estes ventos chegam a soprar fortemente a 25 nós por hora, ou sejam 46.300 metros horários.

No sudeste do Brasil a Linha de IT permanece semi-estacionária no interior, enquanto no litoral, em virtude do esvaziamento que vai sofrendo o Anticiclone Polar velho, acompanhado de queda de pressão, sua Frente perde energia e estaciona sobre o mar, enquanto sobre nossa área ela vai se dissipando com ventos em oposição quase perpendicular. A dissipação desta é acompanhada de chuvas generalizadas por toda a área e fortes pancadas ocasionais a noroeste, principalmente nas serras.

Entrementes uma nova FPP transpõe a Cordilheira dos Andes em sua extremidade meridional.

Chamamos atenção para o quadro sinótico deste dia que nos mostra, ao mesmo tempo, três descontinuidades polares. Isto, por si só, demonstra o vigor das emissões de ar polar do centro anticiclônico da Antártica nos dias que precederam os pesados aguaceiros em nossa área.

Nesse dia houve chuvas generalizadas por toda a área, porém muito mal distribuídas: enquanto no sul as precipitações foram insignificantes (exceto em Angra dos Reis, com 38 mm), ao norte alcançaram níveis consideráveis, principalmente nas serras. Merecem destaque neste dia a Serra da Mantiqueira e o Alto Paraíba. Nestas áreas, Pedra Selada e Resende registraram os elevados índices de 104 mm e 99 mm, respectivamente. Esta forte concentração/hora de precipitações não apenas representa a mais elevada pluviometria diária para estas localidades, no mês de janeiro de 1967, como ainda o início de uma série de pesados aguaceiros abatidos na Região Sudeste durante a última década do mês de janeiro de 1967.

Nas áreas serranas do reservatório de Lajes somente em Fazenda Santana (Alto curso do Pirai) registrou-se total superior a 10 mm.

Às 24:00 horas TMG (21:00 horas do Rio) — imediatamente após transpor os Andes, a FPP exerce atração sobre o Anticiclone Polar anterior, que na véspera cobria os países do Prata e o sul do Brasil. Com o esvaziamento deste Anticiclone, desaparece a FPA anterior, ou melhor, ela recua como WF até fundir-se com a nova FPA agora amparada em sua retaguarda por forte Alta de 1.020 mb. Como o recuo da descontinuidade polar até o centro do Rio Grande do Sul, o Anticiclone Tropical do Atlântico Sul volta à nossa área com ventos calmos de NE e E com tendência à estabilidade.

Dia 21 de janeiro de 1967:

Às 12:00 horas TMG — Com a injeção do fluxo de ar polar que transpôs os Andes na véspera, a Alta Polar, que se achava estacionada no sul da Patagônia, experimenta novo reforço e, conseqüentemente, aumento de pressão de 4 mb. Assim reforçada a Alta Polar retoma o caminho para NE, enquanto a Baixa do interior recua para NW.

Por esse motivo, a carta sinótica de 9 horas do Rio indica a presença nos Pampas argentinos de poderoso Anticiclone Polar, com núcleo central de 1.024 mb em vasta área. Conseqüentemente, impulsionada pelo Anticiclone Polar rejuvenescido, a FPA se estende de NW-SE do Peru ao Norte da Antártica, apresentando longas ondulações no continente sobre a Bolívia, Paraguai e Santa Catarina.

Chamamos atenção para a extensa e profunda Baixa Polar de 1.010 mb no Brasil, com 1.008 mb na Bolívia e as pequenas dorsais, de massas Tropicais de 1.012 mb no Amazonas e 1.016 mb no limite Goiás — Minas Gerais. Esta última, ligada à Alta do Atlântico (1.018 mb).

Em nossa área a temperatura em elevação reflete a limpeza do céu (1 a 1/4 no máximo) com ventos de NE a E. Enquanto isso ocorrem chuvas frontais e trovoadas na FPA.

Às 18:00 horas (TMG) — A carta sinótica indica a expansão do Anticiclone Polar com núcleo de 1.022 mb no Pampa argentino. A FPA, mantendo sua extensão, avança para NE, atingindo São Paulo com orientação WNW-ESE. Com o avanço da FP o Anticiclone do Atlântico Sul enfraquece e a isóbara de 1.016 mb que às 9 horas do Rio tangenciava o litoral baiano, torna-se o núcleo da alta pressão do Atlântico afastado sobre o oceano.

Enquanto isso, desaparecem as pequenas dorsais do interior do Brasil e nossa área permanece sob ação de ventos calmos de NE, perpendiculares às isóbaras, com temperatura em elevação. No Rio de Janeiro, o posto do Observatório da Praça XV assinala 33°C, o que significa um aumento de 8°C em relação à temperatura de 9:00 horas do Rio, e 6°C em relação à mesma hora (15:00 horas do Rio) do dia anterior.

Às 24:00 horas (TMG) — A massa Polar continua em expansão com núcleo central do 1.022 mb na Argentina. A FPA caminha agora lentamente, devendo atingir a nossa área no dia imediato. Sobre São Paulo acentua-se uma ondulação. A partir desta, uma linha de IT de orientação N-S, em Minas Gerais, separa uma dorsal de Alta de 1.016 mb ligada à Alta do Atlântico (1.018 mb). Convergência, trovoadas e mau tempo assinalam a passagem desta depressão induzida que atinge a nossa área pouco antes das 21:00 horas do Rio. As chuvas nesta convergência se distribuíram nitidamente com decréscimo de NW para SE e tanto mais intensas nas serras. A Serra da Mantiqueira por estar a NW de nossa área tornou-se a área mais chuvosa. Aí, Ponte do Souza e Fazenda Agulhas Negras registraram 42 mm cada.

As áreas serranas do reservatório de Lajes, pela sua posição a SE, tiveram precipitações insignificantes.

Dia 22 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — O núcleo do Anticiclone Polar permanece na Argentina estendendo-se até o Uruguai, porém com pressão aumentada de 2 mb. O fortalecimento deste anticiclone mantém a Baixa do interior entre Peru-Bolívia-Acre. Pelo mesmo motivo a FP mantém sua orientação NW-SE, estendendo de Rondônia à coordenada de 60° de latitude sul e 25° de longitude W de Greenwich onde se apoia em novo Ciclone Polar, passando ao sul de nossa área e devendo atingi-la nas próximas horas. Sobre o continente a FPA sofre acentuadas ondulações, atingindo Mato Grosso, Goiás e São Paulo.

Chamamos atenção para o aparecimento de um centro de Baixa em Minas Gerais, ao longo da descontinuidade polar.

Enquanto isto, pequenas dorsais de 1.014 mb na Amazônia e 1.016 mb no interior da Região Nordeste do Brasil, esta última ligada à Alta

do Atlântico (1.016 mb) separam Linhas de Instabilidades Tropicais de orientação NE-SW. Uma delas caminha na Bahia e Minas Gerais em direção ao litoral fluminense, o que deverá, com sua chegada, contribuir para o agravamento da instabilidade em nossa área, durante a noite.

Este quadro sinótico mantém em nossa área céu completamente encoberto e chuvas abundantes e intermitentes, agravadas, desde as últimas horas do dia anterior, pelo estacionamento da Frente Polar e pelo aumento da inclinação da rampa frontal. A temperatura ao longo da FP em nossa área sofre declínio de apenas 3°C.

Às 18:00 (TMG) — O núcleo da Alta Polar mantém-se com 1.024 mb, porém deslocado para NE, sobre o oceano, defronte do estuário do Prata.

No extremo-oeste a FP recua até a Bolívia. Em São Paulo acentua a ondulação e ela recua com característica de WF, enquanto no litoral ela avança lentamente, agora com orientação E-W, atingindo o Estado do Rio de Janeiro, onde ficará semi-estacionada por muitas horas.

Enquanto isso, ao norte da descontinuidade persistem pequenas dorsais de Alta de 1.014 mb entre Goiás e Minas Gerais, ligadas à Alta do Atlântico (1.014 mb).

Na costa do Chile a FPP transpõe a cordilheira dos Andes e caminha para E, apoiada em novo ciclone polar situada a SW da Terra do Fogo.

Às 24:00 horas (TMG) — A carta indica que o quadro isobárico se mantém praticamente inalterado: no interior do Brasil persistem as pequenas dorsais de Massa Tropical e na Patagônia caminha a nova FP. Por sua vez, a FPA anterior mantém-se com orientação geral NW-SE estendida do Acre ao Ciclone Meridional, sobre o paralelo de 60° latitude Sul.

As únicas modificações dignas de serem assinaladas referem-se ao fortalecimento da Alta do Atlântico Sul em 2 mb, a expansão da isóbara central da Alta Polar e o estacionamento da FPA sobre nossa área.

Com a Frente semi-estacionada em nossa área, mantendo uma Baixa cerca de 1.012 mb e simultânea expansão do núcleo central do Anticiclone Polar, seu gradiente barométrico, inclinado para o norte, aumenta, e com isso a rampa frontal se inclina fortemente na razão de 1/200, conforme demonstra a carta de 850 mb de 12:00 horas (TMG) deste dia.

Sobre esta rampa sobem ventos quentes de NE da Massa Tropical Marítima perpendiculares à descontinuidade polar. Imediatamente à retaguarda da frente, na superfície, sopram ventos de S (perpendiculares à descontinuidade) a E (paralelos à descontinuidade) com 10 a 15 nós, céu quase completamente encoberto e declínio de temperatura de 4°C em relação à carta de 9:00 horas do Rio. Com esta estrutura a Frente Polar permaneceu sobre nossa área durante várias horas, propiciando uma autêntica *tromba d'água*, tendo em vista o enorme volume de água precipitado em poucas horas.

Façamos agora uma comparação entre a pluviometria hora deste dia e o quadro sinótico que descrevemos a partir de 24:00 horas TMG do dia 22. Isto se tornou possível para as áreas mais próximas do Reservatório de Lajes, graças ao registro dos pluviógrafos das barragens de Lajes e Tocos, a nós gentilmente fornecido pela Light Serviços de Eletricidade S.A. sediada em São Paulo.

Entretanto, para tal, tornam-se necessárias algumas observações:

a) embora os aguaceiros oriundos desta situação frontogenética começassem a se precipitar a partir das últimas horas do dia 22, estenderam-se ininterruptamente pelo dia 23;

b) os postos pluviométricos, como se pode verificar no mapa n.º 16, são provenientes de três fontes: Light, Divisão de Águas do DNPM e do Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura. Estas instituições não adotam critérios idênticos para a atribuição dos totais pluviométricos de 24:00 horas referentes a um dia. A Light e a Divisão de Águas atribuem a pluviometria de cada dia à soma de chuvas precipitadas de 7:00 horas de um dia às 7:00 horas do dia que se segue, enquanto o Escritório de Meteorologia dá a mesma atribuição ao total pluviométrico que compreende o período de 21:00 horas de um dia às 21:00 horas do dia posterior.

c) do item *b* se conclui que para os postos pluviométricos do Escritório de Meteorologia, as chuvas provenientes da mesma situação frontogenética da noite de 22-23 são computadas e consideradas do dia 23, uma vez que a última verificação pluviométrica é realizada às 21:00 horas do Rio, isto é, às 24:00 horas TMG;

d) a desuniformidade de critérios nos impede de maior precisão no relacionamento das precipitações diárias deste dia com a evolução sinótica. Seria mais conveniente se todos adotassem o critério do Escritório de Meteorologia uma vez que a última carta sinódica de cada dia por ele elaborada também corresponde às 21:00 horas do Rio (24:00 horas TMG) de acordo com critério internacional;

e) em vista disso, as alturas das precipitações relativas a esta *tromba d'água* nos pluviogramas das figuras 23 e 24, referem-se ao dia 22 para os postos da Light e da Divisão de Águas, enquanto para os postos do Escritório de Meteorologia correspondem ao dia 23;

f) a necessidade de uniformidade de critério é tanto maior quando sabemos que raros são os postos de observação meteorológica que possuem pluviógrafos, aparelhos de registro horário.

Feitas estas observações, passemos à análise pormenorizada do referido aguaceiro.

Tomando por base as chuvas horárias registradas no pluviógrafo da barragem de Lajes, verificamos o seguinte: poucos minutos antes das 21:00 horas começava a chover, a princípio com intensidade moderada — são chuvas pré-frontais tão características nas áreas serranas do

sudeste do Brasil — intensificando-se bruscamente a partir das 21,30 horas¹⁹, quando baixos *cúmulo-nimbos* encobriam completamente o céu desde os primeiros momentos da noite²⁰.

A entrada da descontinuidade polar com ventos de NE da Massa Tropical Marítima e de S a SE da Massa Polar, *em oposição quase perpendicular*, ou seja, quase perpendiculares à descontinuidade; a *forte inclinação da KF*²¹, e a formação de um *centro de Baixa* na Frente Polar sobre Minas Gerais durante a tarde, *intensificando a convergência* de correntes de ar quente (da Alta Tropical) e ar frio (da Alta Polar), foram os principais fatores dinâmicos responsáveis pelo grande volume de água precipitado em poucas horas. *O relevo muito acidentado e elevado* (até 1.200 m de altitude) em relação à proximidade do mar, *agrandando a turbulência* ao longo da Frente, teve também um papel muito importante.

Outro elemento importante refere-se às baixas temperaturas nos níveis superiores: as cartas sinóticas de 850 mb e 500 mb do dia 22 indicam que às 9:00 horas do Rio (12:00 horas TMG) fazia sobre nossa área, 5° a 10qC, cerca de 1.500 m e 5°C abaixo de zero a 5.860 m acima do nível do mar, isto várias horas antes da chegada da descontinuidade. Temperaturas muito inferiores teriam chegado a 10.000 m (estimatva do topo das nuvens de precipitação durante a ocasião do processo de ascensão dinâmica que originou a referida *tromba d'água*).

Nesta noite (de 22-23 de janeiro) abateu sobre a barragem de Lajes um volume de água de 218,4 mm, no posto pluviométrico de Ipê 225 mm e na Fazenda Santa Rosa o máximo de 277 mm. O pluviógrafo da barragem de Lajes nos dá o seguinte registro horário: destes 218 mm, apenas 21 mm caíram entre 21:00 horas e 21:30 horas — provenientes de chuvas pré-frontais. Desta hora em diante, os restantes 197,4 mm — provenientes de chuvas frontais. Dos 197,4 mm, 94,0 mm ou sejam 47,7% caíram na primeira hora de chuvas frontais (21:30 às 22:30 horas) numa média de 1,56 mm por minuto.

Passada a 1.^a hora de chuvas frontais, as precipitações diminuíram em intensidade cerca de 50%, uma vez que, de 22:30 horas do dia 22 às 0:30 horas (30 minutos) do dia 23 (por conseguinte, durante duas horas) o volume se elevou a 80,5 mm, isto é, 40 mm/hora ou 0,67 mm por minuto, quase 1,0 mm em média. Portanto, embora a concentração/hora declinasse em mais de 50%, as chuvas permaneceram muito intensas.

Nessas primeiras 3:30 horas caíram portanto 185,5 mm (incluindo os 21 mm de chuvas pré-frontais ocorridas antes das 21:30 horas).

¹⁹ As horas referidas na descrição desta pluviometria se referem às horas do Rio de Janeiro.

²⁰ Lembramos que nesta época, além dos dias serem os mais longos do ano, achávamo-nos nesta ocasião em *horário de verão*, isto é, com o relógio adiantado uma hora em relação à hora legal. Portanto, ao iniciar a precipitação, estávamos a menos de 1 hora do início da noite.

²¹ Às 12:00 horas do dia 22 a inclinação era 1/200. Como nesta hora a Frente avançava na superfície do solo, é lógico admitir que às 21:00 horas, estando a Frente estacionada na superfície desde as 15:00 horas, a rampa frontal estivesse com inclinação bem maior, uma vez que nos níveis superiores ela se mantinha avançando.

Durante as 2:45 horas seguintes (de 0:30 horas às 3:15 horas) cessa a intensidade, caindo apenas 32,9 mm, os quais perfizeram os 217,3 mm registrados pelo pluviógrafo até 3:15 horas, aproximadamente, do dia 23.

A partir desta hora o pluviógrafo da barragem de Lajes deixou de funcionar, porém o pluviômetro instalado nesta mesma barragem marcou 218,4 mm até às 7:00 horas. Isto significa que a partir daquela hora choveu apenas 1,1 mm.

O brusco decréscimo da precipitação deve-se principalmente ao rápido avanço para norte da FP, conforme veremos na carta de 12:00 horas TMG do dia que se segue.

A título de maiores informações publicamos o quadro da precipitação/hora, registrada em pluviógrafo Negretti Zambra instalado nas proximidades da Barragem do Ribeirão das Lajes²² e o pluviograma/hora (figura 26) do referido pluviógrafo.

HORAS	MINUTOS	ALTURA EM MILÍMETROS
20:53	0	0
21:00	7	0,3
21:05	12	0,5
21:02	29	10,5
21:30	37	21,0
21:36	43	31,5
21:41	48	42,0
21:51	58	52,5
21:55	62	63,0
22:05	72	73,5
22:13	80	84,0
22:22	89	94,5
22:38	105	105,0
22:55	122	115,5
23:07	134	126,0
23:15	142	136,5
23:22	149	147,0
23:30	157	157,5
23:46	173	168,0
24:00	187	173,3
00:20	207	178,5
00:30	217	185,5
00:36	223	189,0
00:57	244	199,5
01:00	247	203,0
01:20	267	207,5
01:24	289	210,0
02:00	307	211,2
02:30	337	211,4
03:00	267	212,5
Fim	O pluviógrafo parou	217,3

²² Este quadro foi transcrito de *Características Hidrológicas da Serra do Mar* — conferência pronunciada no Instituto de Engenharia de São Paulo, em 23 de maio de 1967, pelo Engenheiro Civil — Adolpho Santos Júnior.

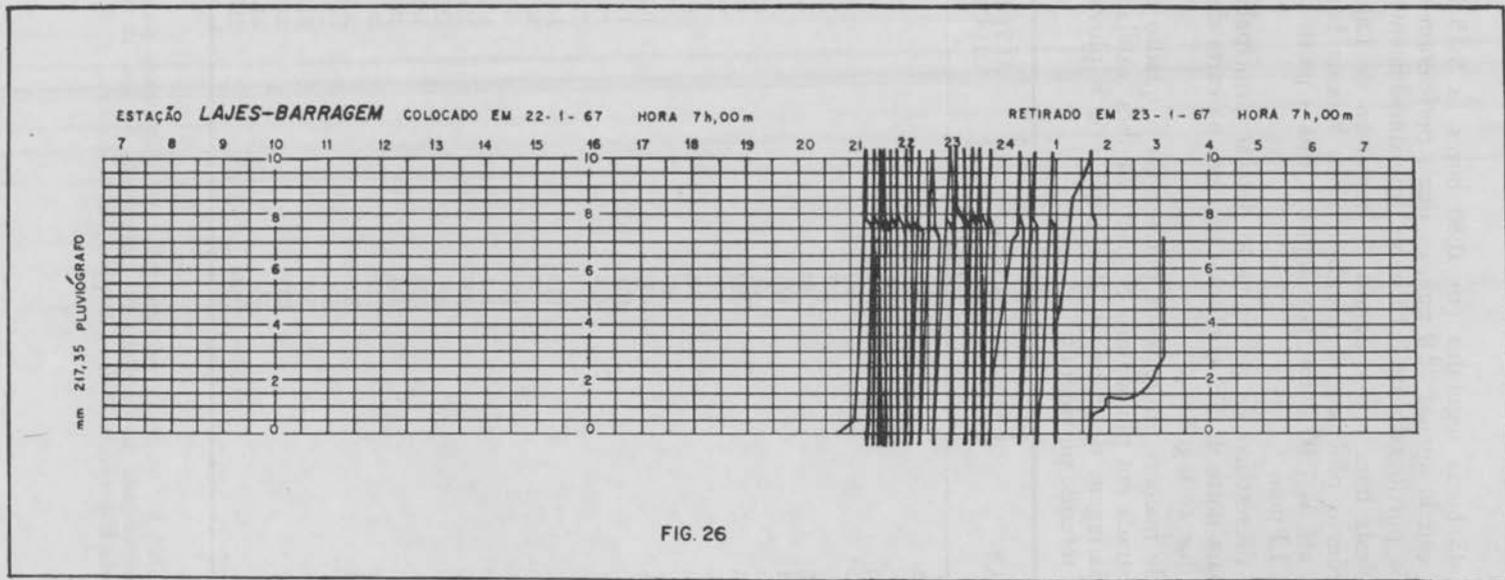


FIG. 26

Entretanto, não apenas estes postos registraram totais elevados. Pouco ao norte do reservatório de Lajes os pluviômetros marcaram 133,8 mm em Vigário e 145,6 mm em Pirai. Aí, as precipitações intensas iniciaram-se antes das 21:00 horas.

O oeste do reservatório o alto curso do rio Pirai também foi palco de pesados aguaceiros. Aí, os postos da represa de Tocos, de Lídice e de Vargem registraram 64,3, 108,0 e 132,2 mm, respectivamente.

Necessário se torna chamar atenção para o registro de fortes aguaceiros, neste dia, em outras áreas, algumas até muito distantes dos reservatórios de Lajes e Vigário. Trata-se de concentrações de chuvas em 24:00 horas relativas a postos do Escritório de Meteorologia, por isso mesmo, como já vimos, são atribuídos por aquela instituição ao dia 23 e por nós também lançados na coluna do dia 23 dos pluviogramas (Pluviogramas Diários de janeiro de 1967). Os totais são os seguintes: na encosta da Mantiqueira, Barreirinha somou 68,8 mm; no Vale do Paraíba, Resende 61,2 mm; na encosta da serra dos Órgãos, Xerém 50,0 mm; no litoral e serras próximas, Alto da Boa Vista 90,2 mm, e Angra dos Reis 285,6 mm.

Todas essas chuvas estão diretamente ligadas àquelas verificadas junto ao reservatório de Lajes na noite de 22-23, tendo as maiores concentrações ocorrido poucas horas após aquelas de Lajes, em Angra dos Reis, Alto da Boa Vista e serra dos Órgãos e, muito após, ainda que durante a mesma noite, no Vale do Paraíba e Serra da Mantiqueira.

Quanto à precipitação de Angra dos Reis, assinalamos que seu total em 24 horas não foi apenas o mais elevado deste mês para a referida localidade, como para toda nossa área de estudo durante o mês de janeiro, tendo, inclusive, ultrapassado ligeiramente os totais precipitados nos postos da Fazenda Santa Rosa, do Ipê e de Lajes.

Lamentamos não conhecer sua repartição horária, uma vez que nesta localidade ou próximo a ela não existe pluviógrafo. Entretanto, pelas informações das cartas sinóticas, não há menor dúvida de que a maior concentração se deu durante a noite de 22-23.

Pelos elevadíssimos índices de pluviosidade no litoral (Angra dos Reis, Fazenda da Lapa e Alto da Boa Vista) e no reverso das escarpas, acreditamos que aguaceiros ainda mais intensos tenham desabado nos níveis elevados das serras que se opõem a estas áreas: serras do Leandro, do Itaguaí, das Caieiras, do Itaguçu, das Araras e do Capivari, situadas ao longo do eixo de maior precipitação que passa por Lajes e Angra dos Reis.

Nossa conclusão está baseada em uma série de fatores:

a) a superfície frontal que determinou as precipitações deste dia passava pelo norte de Lajes com orientação E-W.

b) a zona de maior espessura das nuvens de precipitação (altura da base ao topo das nuvens) deveria, em consonância à orientação da KF, estender-se E-W cerca de 50 a 100 km à retaguarda da descontinuidade frontal nas superfícies, ou seja, sobre as referidas serras e litoral.

c) os ventos na superfície, relativamente fortes, sopravam de SE a S, de encontro às escarpas daquelas mencionadas serras, cujos níveis mais altos, elevando-se acima de 1.000 m, junto ao litoral, teriam dado origem a enérgicas correntes verticais, bem acima da rampa frontal e com isso teriam fortalecido as correntes da Massa Tropical Marítima que subiam à superfície frontal.

O agravamento da instabilidade nas serras pode ser verificado nos totais precipitados no Rio de Janeiro, sem que seja necessário recorrer às precipitações médias ou frequência diária. Basta observar os pluviogramas do próprio mês de janeiro de 1967 dos postos do observatório da Praça XV e do Alto da Boa Vista. No dia 23, enquanto caía 57 mm na Praça XV, no Alto da Boa Vista atingia 90,2 mm; no dia 24, enquanto precipitava na Praça XV apenas 21 mm, no Alto da Boa Vista o pluviômetro acumulava 177 mm.

Entretanto, todas essas elucubrações não passam de hipóteses, por isso mesmo não devem ser tomadas como processos reais do mecanismo ou processamento destas *trombas d'água*. Fomos obrigados a recorrer a conhecimentos teóricos, uma vez que em toda nossa área apenas o posto meteorológico do Observatório da Praça XV (no Rio de Janeiro) fornece informações de plotação sinótica e de radiossondagens necessárias a uma análise mais objetiva.

Infelizmente, nem mesmo postos pluviométricos existem nos níveis mais elevados das referidas serras, o que vem completar o quadro de informações incompletas de que dispomos.

Dia 23 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — Os Ciclones Meridionais da FP anterior e da FP nova estão oclusos. A nova FP gira para NE e caminha sobre a Patagônia. O avanço desta KF leva ao aumento de pressão (+ 2 mb) no Anticiclone Polar velho, com núcleo de 1.024 mb sobre o Uruguai.

Forma-se outro núcleo de Alta polar a noroeste da Argentina, de 1.020 mb. Esta Alta menor mantém a Baixa do interior no Peru e impulsiona a KF para o norte até Rondônia.

Da mesma forma, a expansão da alta principal (sobre o Uruguai) emite uma dorsal para NE, impulsionando no mesmo sentido o setor litorâneo da FPA anterior que, com orientação NNW-SSE passa pela Baixada de Campos. Na retaguarda desta descontinuidade sopram, em nossa área, ventos de SE a 15 nós, ortogonais às isóbaras. No norte do Estado do Rio de Janeiro sopram ventos de 10 nós perpendiculares à descontinuidade polar, mantendo por isso mesmo, forte instabilidade em nossa área, isto é, à retaguarda da Frente na superfície, principalmente no setor leste.

No Brasil tropical intensifica-se a formação de Altas Tropicais sobre Mato Grosso, uma Alta de 1.016 mb impede o avanço geral da FP anterior, fazendo-a recuar como WF no sul de Mato Grosso.

Enquanto isso mais uma FPP transpõe os Andes no sul do Chile, repetindo o quadro sinótico de 3 frentes polares, à semelhança da carta de 18:00 horas TMG do dia 20 deste mês.

Às 18:00 horas (TMG) — A FPP ao transpor os Andes provoca o recuo da FP, que às 12:00 horas TMG avançava no norte da Patagônia, até se fundir numa só descontinuidade.

Enquanto isso, o antigo Anticiclone Polar mantém-se com núcleo de 1.022 mb, porém agora com isóbara central bastante dilatada.

As Altas Tropicais sobre o continente aparecem deslocadas para o norte, o que permitiu um pequeno avanço no mesmo sentido do setor ocidental da FP anterior. No Estado do Rio de Janeiro, esta descontinuidade retoma a posição E-W, passando pela Baixada Campista e pela Mantiqueira.

A vanguarda da Frente sopram ventos de NE de 5 a 10 nós da Massa Tropical Marítima, ortogonais às isóbaras. Da mesma forma, sopram ventos de SE à retaguarda da Frente em nossa área, sob céu completamente encoberto e forte instabilidade acompanhada de chuvas intensas nas serras e no litoral.

Enquanto isso, a Baixa do Interior, deslocada para o sul de Goiás, leva a FPA a se ondular em São Paulo provocando aí chuvas e trovoadas.

Às 24:00 horas (TMG) — O crescente aquecimento no interior do Brasil transportou a Baixa do Interior para a Região do Chaco e fez dissipar a FPA no sul de Mato Grosso e oeste paulista, enquanto pelo litoral a FPA mantém-se em fraca FG, estendida E-W sobre o norte do Estado do Rio.

Enquanto ao norte da descontinuidade frontal dominam ventos calmos, em sua retaguarda sopram ventos relativamente fortes (20 nós) de SE, ortogonais à superfície frontal. As serras muito concorrem para o aumento da turbulência frontal ao antepor-se a estes ventos fortes.

A presença da descontinuidade frontal durante quase todo dia propiciou precipitações generalizadas por toda nossa área, com pancadas ocasionais intercaladas, às vezes, por chuvas finas e contínuas. Porém, o aprofundamento da Baixa frontal para 1.010 mb, nas primeiras horas da noite e o conseqüente aumento da velocidade dos ventos de SE do Anticiclone Polar, sob a rampa frontal, são os principais motivos dos fortes aguaceiros que desabaram em algumas áreas do setor Este de nossa área, agravados nas serras litorâneas e suas proximidades, apesar do decréscimo de inclinação da rampa frontal neste dia, conforme mostra a carta sinótica de 850 mb de 12:00 horas (TMG).

Na Mantiqueira os pluviômetros registraram os seguintes totais: Fumaça 57,6 mm, Ponte do Souza 64,4 mm e Barreirinha 68,8 mm (do total de Barreirinha fazem parte as precipitações ocorridas após 21:00 horas do Rio, 24:00 horas TMG — simultâneas à *tromba d'água* de Lajes).

No posto da Ponte do Guandu a chuva subiu a 74 mm. No vale do Paraíba, Resende 61,2 mm, Vargem Alegre 63,0 mm e Volta Redonda 74,3 mm (o posto de Resende, pertencendo ao Escritório de Meteorologia,

está no mesmo caso de Barreirinha — parte da precipitação ocorreu após às 21:00 horas do Rio, do dia anterior). Na serra dos Órgãos, Xerém (posto do Escritório de Meteorologia) acumulou de 21:00 horas do dia 22 às 21:00 horas do dia 23 (hora do Rio) 50,0 mm.

Nas serras litorâneas e suas proximidades registraram os mais elevados índices: no Rio de Janeiro, enquanto na Baixada o posto do Observatório da Praça XV somava, de 21:00 horas do dia 22 às 21:00 horas do dia 23, apenas 5,7 mm, na serra, o posto do Alto da Boa Vista, acumulava 90,2 mm (lembramos que a maior concentração das chuvas destes dias se deu logo após às 21,00 horas do dia 22, como já foi dito.)

Porém, neste dia, coube ao posto de Angra dos Reis assinalar até às 21:00 horas do Rio, o total de 285,6 mm. Trata-se da precipitação simultânea à *tromba d'água* de Lajes, cuja maior concentração em Angra dos Reis, também se deu logo após as 21:00 horas do dia 22, aparecendo nos pluviogramas como sendo do dia 23 por se tratar de posto pluviométrico do Escritório de Meteorologia.

Nos postos próximos ao reservatório de Lajes os totais de chuvas deste dia foram muito inferiores ao do dia anterior, principalmente ao norte (Vigário 24,4 mm) e a oeste (máximo de Fazenda Santana 12,6 mm). Não obstante, na barragem de Lajes e na Fazenda Santa Rosa, a leste do reservatório, os totais se elevaram à alturas consideráveis de 42,8 mm e 46,0 mm, respectivamente.

Apesar de os índices das áreas próximas ao reservatório terem sido bastante significativos, o que bem os caracteriza é o vertiginoso declínio em relação ao do dia anterior. Este brusco decréscimo deve-se à súbita progressão da descontinuidade para NE, deixando assim nossa área, após ficar semi-estacionada no dia 22. Além disso, com o rápido deslocamento da frente na superfície do solo, a inclinação de sua rampa, que era inferior a 1/200, decaiu para 1/900, conforme indica a carta sinótica de 850 mb de 9:00 horas do Rio (12:00 horas TMG) do dia 23.

Lembramos ainda que estas precipitações próximas ao reservatório de Lajes, referentes ao dia 23, não constituem uma continuação da *tromba d'água* da noite de 22/23, uma vez que, como vimos, do total 218,4 mm acumulados no pluviômetro de Lajes até às 7:00 horas da manhã do dia 23 (portanto chuvas referidas ao dia 22), o pluviógrafo deste mesmo local registrava 217,3 mm até às 3:00 horas da manhã.

Aqueles totais do dia 23 estão relacionados principalmente às precipitações da tarde do dia 23, decorrentes do retorno da Frente Polar à nossa área, conforme vimos na carta de superfície de 15:00 horas do Rio (18:00 horas TMG).

Pelo elevadíssimo índice de pluviosidade verificado no posto de Ponte do Guandu e nos postos junto ao reservatório de Lajes acreditamos que, nos mesmos instantes, intensos aguaceiros tenham ocorrido nas serras do Leandro e Itaguaí, localizadas entre aqueles postos pluviométricos.

Dia 24 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — O quadro barométrico ao norte e ao sul da descontinuidade permanece praticamente o mesmo da carta sinótica anterior.

Ao sul o Anticiclone Polar permanece com isóbara central de 1.020 mb ao longo do litoral do Uruguai e do sul do Brasil. Porém, a FP que permanecera semi-estacionária em nossa área no dia anterior, está agora mais ao norte, com orientação quase E-W sobre Minas Gerais e norte do Estado do Rio de Janeiro com Baixa menos profunda (4 a 6 mb a mais). O novo avanço experimentado pela FP parece estar ligado à formação de novo Ciclone sobre as ilhas Geórgia do Sul, onde a FP se apoia.

Em nossa área o céu permanece quase completamente encoberto por *alto-cúmulos*, *estrato-cúmulos* e *cúmulo-nimbos*, com ventos calmos de E provocando chuvas leves à retaguarda da Frente, desde o Estado do Rio até Santa Catarina. Em nossa área os totais são mais elevados a leste, agravados na serra dos Órgãos, no Maciço da Carioca e na encosta da Mantiqueira. Enquanto isso, ao norte, uma linha de IT com orientação NE-SW caminha para SE e, ao sul, a nova FP permanece ao longo do litoral da Patagônia caminhando para E.

Às 18:00 horas (TMG) — A nova FP aparece intensificada, progredindo para NE. O Anticiclone Polar anterior está deslocado ainda mais para o mar, mantendo isóbara central de 1.020 (6 mb a mais que no Anticiclone do Atlântico sul e 10 mb a mais que as dorsais de massa tropical sobre continente).

Mesmo com a oclusão do Ciclone Meridional, a KF anterior avança para o norte atingindo o Espírito Santo. A continuidade do avanço desta Frente está ligada ao desequilíbrio de pressão entre a Alta Polar e as Altas Tropicais.

Em nossa área, como em quase todo o litoral sul do Brasil, persistem chuvas leves e céu muito encoberto. A chegada da IT leva ao escavamento da descontinuidade frontal que retorna à pressão de 1.010 a 1.012 mb. Isto leva à intensificação do gradiente barométrico voltado para a descontinuidade, com ventos em nossa área soprando de SE a 10 nós, quase perpendiculares às isóbaras, com trovoadas, fazendo prever o agravamento de instabilidade nas próximas horas.

Às 24:00 horas (TMG) — Nas primeiras horas da noite, com o quadro barométrico mantendo praticamente a mesma situação da carta de 18:00 horas TMG, fortes chuvas ocorreram ao longo do litoral do Estado do Rio de Janeiro a Santa Catarina, acompanhadas de trovoadas em nossa área, situada imediatamente à retaguarda de FP, cuja superfície de 1.010 a 1.012 mb passava sobre o sul do Espírito Santo. No Estado do Rio de Janeiro as chuvas foram mais intensas a leste, principalmente nas serras.

Em nossa área até às 21:00 horas do Rio (24:00 horas TMG) foram registrados os seguintes totais mais expressivos: na encosta da Man-

tiqueira o pluviômetro de Táboas assinalou 70,2 mm; na serra dos Órgãos, Xerém registrou 67,2 mm; na Baixada Fluminense, Ponte do Guan-
du marcou 80,2 mm. No Rio de Janeiro, enquanto no pluviômetro do
Observatório da Praça XV o total subiu apenas a 21,0 mm, no Alto da
Boa Vista era assinalado 177,0 mm, recorde do posto neste mês²³.

O decréscimo de chuvas deste dia, tendente para oeste, foi menos
marcante ao longo do litoral de nossa área, uma vez que Angra dos
Reis apresentou um total apreciável de 40,6 mm.

Nas áreas próximas ao reservatório os mais significativos totais não
chegaram a 30 mm (Lídice e Piraí). Entretanto, é possível que nas es-
carpas a barlavento das serras do Leandro, Itaguçu e Itaguaí as chuvas
tenham sido mais abundantes.

Dia 25 de janeiro:

As 12:00 horas TMG — Novo ciclone se forma na FP anterior, a
leste das ilhas Geórgia do Sul. A FPP, que no dia anterior transpunha
os Andes, se dissipou na Patagônia e o Anticiclone Polar velho pode assim
manter a isóbora central com 1.020 mb, agora abarcando maior superfície
sobre o mar.

Embora reforçado, o Anticiclone Polar somente mantém a FP em
FG sobre o mar, uma vez que simultânea e igualmente há uma subida
geral de pressão nas Altas Tropicais sobre o continente, impedindo o
avanço da FP pelo continente, onde ela fica semi-estacionária.

Deste modo, a carta de 12:00 horas TMG mostra no continente a FP
semi-estacionária com orientação E-W estendida do Paraguai ao norte
do Estado do Rio com pressão de 1.014 e 1.016 mb. Em nossa área,
onde o céu durante a noite experimentou uma ligeira limpeza, já co-
meça a se fazer sentir mudança de componentes de ventos: estes so-
pravam do quadrante sul e agora começam a soprar de norte. Leves pre-
cipitações ocorreram durante a noite. Enquanto isso, o litoral meridional
do Chile é atingido por nova FPP com ciclone ao sul da Terra do
Fogo.

As 18:00 horas TMG — O ciclone da FPP está a SE da Terra do
Fogo. Sua WF estendida para E se funde à Frente oclusa do ciclone
da FPA.

O Anticiclone Polar, que no dia 23 encontrava-se semi-estacionário
ao longo do litoral sul do Brasil, com elevada pressão de 1.020 a 1.022
mb, sofre um brusco enfraquecimento, caindo para 1.016 mb, devido
em parte ao aquecimento diurno do continente. Em vista disso, enquanto
a KF mantém-se ativa sobre o mar, sobre o continente ela se dissipa na
altura do Espírito Santo.

²³ A precipitação deste dia no Rio de Janeiro fica por merecer um estudo
detalhado, como exemplo de um processo de instabilidade, agravado pela presença
de um maciço montanhoso.

Em nossa área sopram ventos de 10 a 20 nós, de E a S do Anticiclone Polar, quase perpendiculares às isóbaras, em direção ao centro de Baixa localizada em Minas Gerais. Esta situação sinótica mantém a instabilidade ao longo do litoral à retaguarda da Frente. Em nossa área, pancadas de chuvas pesadas são intercaladas por chuvas contínuas e leves.

As 24:00 horas (TMG) — Os Ciclones Meridionais da FPA e FPP continuam ativos. Sobre o continente o aquecimento geral prosseguiu, refletindo no declínio de todo o sistema de pressão, conforme mostra a carta sinótica. Enquanto os centros de Altas se enfraquecem, a Baixa do Interior sobre o Chaco se aprofunda a 1.006 mb. A descontinuidade prossegue se diluindo no continente, enquanto sobre o mar ela avança com pouca energia para E.

As chuvas provocadas ao longo do litoral do Brasil pelos ventos marítimos de E diminuem, inclusive em nossa área. Aí, até às 21:00 horas do Rio, ou seja, 24:00 horas TMG, embora alguns postos pluviométricos não registrassem sequer ocorrência de chuvas, podemos dizer que o dia 25 se caracterizou por precipitações generalizadas de pouca importância no Vale do Paraíba e Baixada Fluminense, porém bastante significativas nas serras. Na encosta da Serra da Mantiqueira o pluviômetro da Fazenda Agulhas Negras registrou o total máximo de 54,0 mm. Na encosta da serra dos Órgãos precipitou em Xerém 69,1 mm. No Rio de Janeiro, enquanto na Baixada o Observatório da Praça XV marcou apenas 9,4 mm, na serra o pluviômetro do Alto da Boa Vista subiu a 61,2 mm.

Entretanto, mais uma vez coube a Angra dos Reis registrar a maior concentração de chuvas em 24 horas. O pluviométrico desta localidade, situado próximo à serra do Capivari, subiu ao expressivo total de 214,6 mm até às 21:00 horas do Rio. A altura da chuva nesta localidade nos dá o exemplo de um novo processo dinâmico causador de excepcional concentração de chuvas em poucas horas — o de precipitações pós-frontais causadas por ventos marítimos da Massa Polar, com a superfície frontal muito afastada do local das precipitações.

Infelizmente não dispomos de elementos para conhecer a maneira pela qual esta precipitação se distribuiu no decorrer destas 24 horas. Entretanto, baseado na distribuição horária do Alto da Boa Vista e na aceleração dos ventos de componente sul, conforme a carta sinótica das 15:00 horas do Rio (18:00 horas TMG), supomos que em Angra dos Reis a maior parte daquele total tenha desabado durante as horas da tarde.

Nas áreas próximas ao reservatório de Lajes, somente Pirai e Fazenda Santana registraram totais superiores a 20 mm. Entretanto, mais uma vez lamentamos não possuir sequer informações de pluviômetros nas Serras de Capivari, Itaguçu, Itaguaí, Leandro e Caieiras, locais que teoricamente devem ter recebido chuvas abundantes neste mesmo dia.

Dia 26 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — A carta indica a presença de uma WF de orientação E-W de componente N, em Santa Catarina. Sua origem se deve ao recuo para o sul do antigo Anticiclone Polar. Se no dia anterior o estacionamento deste anticiclone levou a FP a se dissipar, com seu recuo esta descontinuidade readquire uma rampa frontal e se dirige para o sul, acompanhando o recuo do Anticiclone Polar. A passagem desta Frente em nossa área propiciou chuvas leves e esparsas sucedidas por ventos calmos de NE da massa Tropical Marítima, trazendo ligeira melhoria no tempo.

Às 18:00 horas (TMG) — Com eclosão do Ciclone Meridional, a nova FP caminha para NE com orientação quase NNW-SSE, para depois estacionar na Patagônia. A Massa Polar velha experimenta novo reforço e se divide em duas Altas. A WF da carta sinótica anterior é substituída por suas descontinuidades: uma encontra-se sobre o Rio Grande do Sul entre as duas Altas de ar polar velho; a outra está sobre nossa área, separando a Alta Polar da Alta do Atlântico Sul. Ambas são muito fracas e suas origens são determinadas mais pela oposição dos ventos do que pela diferença de densidade entre massas de ar.

No interior, de Goiás a São Paulo, forma-se uma linha de IT com chuvas e trovoadas, principalmente no oeste paulista, ponto de junção desta depressão com a descontinuidade polar.

Às 24:00 horas (TMG) — A carta de 21:00 horas do Rio não registra nenhuma modificação importante. Os centros de Altas e Baixas permanecem praticamente nos mesmos lugares e o sistema isobárico geral em equilíbrio quase estático.

Persiste a IT sobre Goiás e as descontinuidades polares no sul. A do Rio Grande do Sul permanece semi-estacionária. A do sudeste aparece em FL no interior, enquanto sobre o mar ela progride lentamente para NE.

Desde às 15:00 horas do Rio, mais ou menos, nossa área ficou sob ação de ventos de SE da descontinuidade polar, ao longo do litoral com orientação E-W.

Com a passagem da WF nas primeiras horas do dia e nova progressão para NE da KF durante a tarde e a noite, nossa área experimentou neste dia um regime de chuvas leves e esparsas, com algumas pancadas ocasionais. Entretanto, na serra dos Órgãos, Pedro do Rio atingiu os 40,4 mm e, na encosta da Mantiqueira, Visconde de Mauá e Ponte do Souza acumularam 78,4 mm e 82,2 mm respectivamente.

Nas áreas próximas ao reservatório, apenas os postos de Tocos, Vargem e Fazenda Santana registraram totais superiores a 20 mm.

Dia 27 de janeiro:

Às 12:00 horas (TMG) — Com a fusão dos dois centros de Alta Polar, o Anticiclone Polar novamente se revigora com isóbara central de

1.016 mb abarcando vasta área. Com isso restabelece o desequilíbrio entre as Altas Tropicais e a Alta Polar, em favor desta. Conseqüentemente a descontinuidade polar readquire energia e avança para NE, estendendo-se do Paraguai às linhas Órcadas, onde se apoia num ciclone.

No sul do Brasil uma acentuada ondulação na KF dá origem a um ciclone do tipo *norueguês*, fenômeno excepcional nas latitudes médias do Brasil. Apesar da vorticidade deste ciclone ser fraco (10 nós no máximo) ele provoca chuvas e trovoadas principalmente na KF do interior. Do vórtice deste ciclone, com pressão 1.008 mb, parte uma linha de IT que se dirige para SE com orientação NE-SW, atingindo o sul de Minas Gerais às 12:00 horas TMG, devendo chegar ao Estado do Rio nas próximas horas, juntamente com a KF do ciclone do sul do Brasil.

As 18:00 horas (TMG) — Com a oclusão do Ciclone Meridional e o revigoramento da nova descontinuidade polar que se encontrava estacionada na Patagônia, a FPA anterior, que se encontrava em FL sobre nossa área, desaparece, para dar lugar a nova FPA ao sul. O Anticiclone Polar também tem sua pressão aumentada em 2 mb. O aumento da pressão deste, no entanto, não é suficiente para manter a KF em FG: com a completa oclusão do ciclone em São Paulo a KF, após avançar pelo litoral de nossa área, fica semi-estacionária ao sul do Rio de Janeiro com orientação ENW-WSE e acentuada ondulação a noroeste de São Paulo.

Em nossa área sopram ventos de SE ortogonais à Frente Polar até 20 nós, mantendo o céu quase constantemente encoberto por *nimbo-estratos*, *alto-cúmulos* e *cúmulos-nimbos*. A instabilidade persiste com chuvas esparsas e trovoadas, principalmente a oeste da *nossa área*. No sul do Brasil a Frente Oclusa mantém a instabilidade ao longo da fachada atlântica. Da mesma forma, uma Linha de IT partindo da Baixa Polar em São Paulo provoca chuvas e trovoadas em Goiás.

As 24:00 horas (TMG) — A situação sinótica pouco mudou até às 21:00 horas do Rio. A nova FP avança lentamente para NE, ao sul do Estuário do Prata. A Frente Oclusa do sul do Brasil persiste induzida na antiga Massa Polar, agora ligeiramente enfraquecida (menos 2 mb) pela maré barométrica. A Linha de IT que estava sobre Goiás avançou até o oeste de Minas Gerais. Entretanto, em nossa área, a instabilidade se agrava nas primeiras horas da noite: a FP que se encontrava semi-estacionária ao sul do Rio de Janeiro, avançou até o norte de nossa área com pressão bastante profunda, determinando forte inclinação (1/30) da rampa frontal, através da qual sobem os ventos da Massa Tropical Marítima.

Neste dia todos os postos pluviométricos de nossa área registraram chuvas, cujos totais foram mais elevados ao norte. Nos contrafortes da Mantiqueira os índices mais elevados pertenceram à Fumaça (73,4 mm) e Táboas (50,4 mm). Na encosta da serra dos Órgãos Tinguá (86,6 mm) e Xerém (44,3 mm) — este foi de maior pluviosidade de Tinguá.

Nas áreas do reservatório de Lajes apenas os postos situados no alto curso do vale do Piraí tiveram totais importantes: Represa Tocos

(46,0 mm) e Vargem 47,8 mm. Os demais postos registraram totais inferiores a 20 mm.

Dia 28 de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — Com o aumento de 2 mb (1.018 mb) no Anticiclone Polar, verificado durante a noite, a Frente Polar, que se encontrava semi-estacionária em nossa área, é empurrada para o norte até Minas Gerais e Espírito Santo, com orientação E-W, enquanto sobre o oceano permanece orientada no sentido NW-SE.

Com a passagem da FP, nossa área ficou sob o domínio de ventos calmos de SE no litoral e de calma no interior. O céu permanece ainda completamente encoberto, porém quase que exclusivamente por nuvens altas (*cirros e estratos*), cessando as chuvas.

Entretanto, após avançar até o centro de Minas Gerais, a FP começa a recuar como WF para SE, fazendo prever nova instabilidade.

Enquanto isso a nova Frente Polar avançou até o sul dos Pampas argentinos e uma FPP aparece avançando para o litoral do Chile.

Chamamos atenção para a existência, novamente, de três Frentes Polares numa mesma carta sinótica.

As 18:00 horas (TMG) — A carta mostra que todas Altas Polares se fundem numa só, sobre os Pampas argentinos. Isto leva à dissipação da FPA sobre a Argentina e da FPP sobre o Chile e, conseqüentemente, a FPA anterior, que às 12:00 horas TMG recuara no interior do continente como WF, é reforçada. Assim reforçada ela avança para NE retornando à nossa área de estudo com orientação NW-SE de Mato Grosso ao norte do mar de Weddell, onde ela se apoia em um ciclone.

Ao sul da FP, uma depressão induzida na Massa Polar caminha para E com chuvas e trovoadas em sua passagem. Ao norte da Frente, uma Linha de IT, com orientação NE-SW e componente NW, junta-se à Frente Polar, nordeste de nossa área, aí provocando chuvas muito intensas, acompanhadas de trovoadas, sob céu completamente encoberto por *cúmulo-nimbos* até as primeiras horas da noite.

As 24:00 horas (TMG) — O forte aquecimento diurno levou ao enfraquecimento de todo o sistema de pressão, principalmente ao sul da FP. Aí, o Anticiclone Polar aparece enfraquecido com isóbara central de 1.014 mb sobre o estuário do Prata.

Com o enfraquecimento do anticiclone, a FP deixa nossa área, ondulando-se em São Paulo. Com o recuo da FP, a Linha de IT, que às 18:00 horas TMG achava-se sobre o Estado do Rio caminhando para SE, retorna para NW, estando às 24:00 horas TMG em Minas Gerais, tangenciando os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Em nossa área retornam os ventos de NE da Massa Tropical Marítima, trazendo ligeira melhoria do tempo.

Entretanto, a proximidade da FP e da Linha de IT mantém nossa área sob regime instável e chuvas, principalmente nas áreas mais pró-

ximas do ponto de junção da IT com a FP, que neste momento acha-se no sul de Minas Gerais.

Enquanto isso, ao sul da descontinuidade polar, além da já citada queda de pressão do Anticiclone Polar, persiste no sul do Brasil a depressão induzida na Alta Polar, e o Ciclone Meridional aparece deslocado, do litoral da Antártica para o norte da ilha Geórgia do Sul, na altura do paralelo 50°.

Neste dia as precipitações sobre *nossa área* alcançaram, em certos locais, níveis muito importantes: no setor leste subiu a 44,3 mm em Xerém. No sul, Fazenda Santana registrou 32 mm. No centro, o mais expressivo total foi de Pinheiral com 32,4 mm. Neste setor os postos das áreas próximas ao reservatório registraram totais sempre inferiores a 20 mm. No setor nordeste, Manoel Duarte assinalou 44 mm.

Os índices acima mencionados constituem volumes d'água bastante apreciáveis para precipitações em 24 horas. Porém, os grandes aguaceiros deste dia ocorreram no setor noroeste, registrados em Ribeirão São Joaquim e na Fazenda Agulhas Negras. Na primeira localidade o nível das chuvas chegou a 85,2 mm e na Fazenda Agulhas Negras alcançou a altura de 164,0 mm. Trata-se de postos localizados justamente na área, em que, nas últimas horas da tarde, se deu a junção da Linha de IT com a Frente Polar. Chamamos atenção para o seguinte fato: nesta noite de 28-29 permaneceu chovendo de modo intermitente, porém, para os postos do Escritório de Meteorologia, as precipitações após às 21:00 horas (24 horas TMG) são consideradas no dia 29.

Dia 29 de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — A FP permanece semi-estacionária em São Paulo, com orientação NW-SE e seu Ciclone Meridional está completamente ocluso.

No interior do Brasil tropical existem diversas Altas Tropicais de 1.010 mb, enquanto sobre o oceano, a Alta do Atlântico possui 1.012 mb. Separando estas Altas surgem Linhas de IT apoiadas na Baixa do Chaco. Uma destas se estende do Recôncavo Baiano ao norte de São Paulo.

Nossa área está sob calma, com céu entre 4/8 a completamente encoberto, principalmente por *estrato-cúmulos* e chuvas leves ocasionais.

Ao sul da Frente Polar, o Anticiclone Polar aparece com aumento de 2 mb. Na Patagônia e no litoral do Chile novas descontinuidades estão em formação.

As 18:00 horas (TMG) — O avanço da nova FP na Argentina impulsiona inicialmente os centros de Altas e Baixas para norte. A passagem da FP anterior por nossa área foi acompanhada por chuvas e trovoadas desde as primeiras horas da tarde. Às 15:00 horas do Rio esta descontinuidade aparece estendida de Mato Grosso ao norte do Espírito Santo, com características de WF no continente e de KF no oceano. Enquanto isso intensifica-se a FG na FPP sobre o litoral do Chile, re-

compondo mais uma vez a continuidade do vigor de emissões de ar polar neste mês de janeiro.

As 24:00 horas (TMG) — A situação isobárica está caracterizada por um declínio médio de 2 mb para o Anticiclone Polar comparativamente às 18:00 horas TMG. Tal se deveu à maré barométrica, uma vez que a posição das frentes pouco se alterou; a FP antiga permanece estendida W-E de Goiás ao norte do Espírito Santo; o anticiclone frio persiste sobre o mar, com a borda oriental tangenciando o litoral, de São Paulo ao Uruguai; a nova FPA e a FPP permanecem praticamente nas mesmas posições.

Em nossa área predominam ventos calmos de SE, no máximo 5 nós, o céu encoberto de 6/8 a completamente por nuvens médias de *alto-estratos e estrato-cúmulos* com chuvas finas e contínuas no litoral e pancadas ocasionais no interior seguidas de trovoadas, com *cúmulo-nimbos*. Neste dia choveu em toda área, porém os totais foram geralmente insignificantes para a maior parte dos postos pluviométricos. Entretanto, a exemplo do dia anterior, grandes aguaceiros abateram-se sobre o nordeste de nossa área, principalmente na escarpa da Mantiqueira. Aí, Fumaça registrou 69,8 mm e Fazenda Agulhas Negras 139,6 mm.

Por falta de pluviógrafo não podemos saber sobre a concentração horária da pluviometria deste dia na Fazenda Agulhas Negras, porém acreditamos que sua maior parte tenha se precipitado após às 7:00 horas da manhã, constituindo uma continuação das precipitações da noite 28-29, uma vez que, como vimos, durante as horas da tarde e da noite do dia 29 a descontinuidade polar encontrava-se ao norte do Espírito Santo e nossa área apresentava uma rápida limpeza e raras precipitações. A admitir tal hipótese, o índice destes dois dias daria um total de 303,6 mm, altura superior às verificadas quando da *tromba d'água* da noite de 22 para 23 deste mês junto ao reservatório de Lajes.

Fora destas áreas de noroeste, apenas Angra dos Reis (no litoral), Tinguá (na escarpa da Serra do Mar), respectivamente com 37 mm e 44 mm, tiveram chuvas importantes. Nos postos próximos ao reservatório de Lajes o índice mais elevado foi de 10,8 mm em Lídice.

Dia 30 de janeiro:

As 12:00 horas (TMG) — Ao transpor os Andes a FPP reforça a nova FPA. Com o reforço desta emissão de ar polar, a nova FPA, sobre a Patagônia, adquire enorme dimensão, estendendo-se em sentido NW-SE do Peru ao litoral da Antártica, atingindo a Bolívia, o Chaco paraguaio e argentino e a Patagônia. Entre o litoral da Patagônia e as ilhas Falklands ela ondula num ciclone, após o que atinge o mar de Weddell ao norte da Antártica, onde ela sofre nova vortacidade ciclônica.

Com este reforço recém-chegado através do Pacífico Sul, o velho Anticiclone Polar, que desde o dia 20 persiste sobre o sul do Brasil, experimenta novo reforço, com isóbara central de 1.014 mb. A antiga

descontinuidade polar que recuara no dia anterior com WF (carta de 24:00 horas TMG do dia anterior), de Minas Gerais a São Paulo, ao passar por nossa área, provocou chuvas leves e esparsas durante a madrugada. Com a passagem para o sul desta WF, nossa área ficou sob ação da Massa Tropical Marítima, com ligeira melhoria do tempo.

Com o posterior reforço do Anticiclone Polar do sul do Brasil, a descontinuidade polar que estava em recuo é reativada. Por isso, na carta do dia 30 de 12:00 horas TMG (9:00 horas do Rio) a FP aparece estendida E-W do Paraguai ao litoral norte de São Paulo em FG para NE, e com a Baixa muito aprofundada (1.006 mb) sobre o Chaco, ponto de junção desta com a nova FPA. Ao norte da descontinuidade polar aparecem diversas Altas Tropicais.

Às 18:00 horas TMG — A carta mostra a FP anterior em recuo como WF estendida E-W, de Minas Gerais ao Espírito Santo, enquanto isso sobre o oceano ela permanece em FG, com posição NW-SE. O recuo da Frente no interior decorre do enfraquecimento da Massa Polar no continente, cujo anticiclone deslocou-se ainda mais para E. A Baixa do Interior acha-se mais aprofundada sobre o Chaco com núcleo de 1.000 mb.

Atraídos por essa intensa Baixa, os ventos são intensificados em sua direção. Ao norte da descontinuidade os ventos são de ENE, e ao sul são de ESE.

Estando a descontinuidade no Espírito Santo, em nossa área sopram ventos de ESE da Massa Polar a uma velocidade de 10 a 15 nós, aumentando a instabilidade e as precipitações.

Ao norte da descontinuidade surgem várias Linhas de IT com orientação quase N-S, separando numerosos centros de Alta ligados à Alta do Atlântico Sul.

Enquanto isso a situação dinâmica na nova FPA permanece praticamente inalterada, da Patagônia para o sul. Entretanto, na região do Chaco ela vai sendo dissipada pela Baixa do Interior.

Às 24:00 horas (TMG) — A situação isobárica é muito semelhante à da carta de 18:00 horas TMG. Entretanto, com a descida para a Argentina da Baixa do Interior, os ventos do Anticiclone Polar velho, em nossa área, enfraquecem e se dirigem com menos de 5 nós para o norte em direção à FPA que ainda permanece no Espírito Santo com ventos descendentes em altitude. Com isso o tempo em nossa área tende a estabilizar-se com rápida limpeza do céu, cuja cobertura é de 4/8 a 1/8.

Neste dia choveu por toda *nossa área*, porém, quase sempre inferior a 20 mm em 24 horas. Este índice foi ultrapassado apenas em Barreirinha (22,6 mm), Ribeirão São Joaquim (22,8 mm) Angra dos Reis (33,5 mm) e a encosta da serra dos Órgãos. Aí, as chuvas subiram aos níveis mais elevados deste dia, com máximo em Tinguá (50,6 mm) e Xerém (74,7 mm).

Dia 31 de janeiro:

As cartas de 12, 18 e 24:00 horas TMG indicam uma contínua absorção do Anticiclone Polar velho pelo Anticiclone Tropical do Atlântico Sul, ou seja transformação da Massa Polar que atuava no sul e sudeste do Brasil, desde o dia 20 deste mês, em Massa Tropical Marítima. Entretanto, a partir das 12 horas TMG há uma ligeira tendência à instabilidade pela passagem de uma Linha de IT.

A carta de 18:00 horas TMG mostra o reaparecimento de uma descontinuidade polar, estendida do Paraguai ao norte do Espírito Santo. Esta descontinuidade frontal é resultante do seguinte: o Anticiclone Polar, como vimos na carta de 12:00 horas TMG, desaparecera do nível do mar; não obstante, ele permaneceu acima de 1.500 m sobre o oeste do Rio Grande do Sul, conforme mostra a carta de 850 mb de 12 horas TMG, com Frente Superior sobre São Paulo. Com a descida deste Anticiclone Superior para o solo, a descontinuidade retorna ao nível do mar, na carta de 18:00 horas TMG, sobre o Espírito Santo, sem energia para avançar.

Com atração da Baixa termodinâmica sobre o Chaco e da Baixa do Ciclone Meridional, esse fraco anticiclone tende a desaparecer ao mesmo tempo que a sua descontinuidade frontal vai sendo dissipada conforme mostra a carta de 24:00 horas TMG. Enquanto isso, durante a tarde e a noite deste dia, ao norte da descontinuidade frontal, aparecem Linhas de IT semi-estacionárias em virtude do caráter também semi-estacionário da descontinuidade polar sobre Minas Gerais e Espírito Santo.

Em nossa área os ventos calmos de NE, da Massa Tropical Marítima, que sopravam na parte da manhã, são após o reaparecimento do Anticiclone Polar, substituídos por ventos do quadrante sul de até 15 nós, do Anticiclone Polar, trazendo nova instabilidade e chuvas generalizadas por toda a área. Neste dia os totais máximos ocorreram a noroeste, onde Ponte do Souza, Fumaça e Itatiaia registraram os elevados índices de 65,6 mm, 54,7 mm e 57,4 mm respectivamente. Fora destas áreas apenas Manoel Duarte com 34,0 mm merece destaque.

Nas áreas próximas ao reservatório de Lajes os totais não chegaram a 5,0 mm.

Dia 1.º de fevereiro de 1967:

Neste dia a FPA dissipa-se definitivamente e o anticiclone semifixo do Atlântico Sul invade o interior do continente com subsidência superior que traz para nossa área ventos calmos de NE, tempo estável e limpeza do céu, conforme indica a carta sinótica de 12:00 horas TMG.

Com o retorno do tempo ensolarado termina o longo ciclo de instabilidade, com chuvas, iniciado no dia 19 de janeiro de 1967.

Enquanto isso a nova FPA, sobre o Uruguai, caminha para NE, devendo iniciar em nossa área novo ciclo de chuvas frontais, que no dia 4 de fevereiro levaria a Barra Mansa uma *tromba d'água* de 188,6 mm.

3 — CONCLUSÕES SOBRE JANEIRO

1 — O mês de janeiro de 1967 caracterizou-se por ser excepcionalmente chuvoso.

2 — As precipitações foram, em sua grande maioria, oriundas de chuvas frontais.

3 — Estas chuvas frontais estiveram compreendidas em cinco ciclos, a saber:

1.º ciclo: de 30 de dezembro de 1966 a de 2 de janeiro de 1967.

2.º ciclo: de 4 a 7 de janeiro.

3.º ciclo: de 9 a 12 de janeiro.

4.º ciclo: de 16 a 17 de janeiro.

5.º ciclo: de 19 a 31 de janeiro.

4 — *Causas das precipitações entre os dias 19 e 31 de janeiro de 1967.*

O ciclo de precipitações que se abateu sobre nossa área de estudos a partir do dia 19, tem como causa direta a invasão de um poderoso Anticiclone Polar no sul do Brasil, com isóbara central oscilando em torno de 1.020 mb. Graças ao vigor das emissões de ar antártico, este Anticiclone pôde ser reabastecido por sucessivos jatos de ar frio através da artéria Oceano Pacífico — Chile — Patagônia. Assim, frequentemente renovado, o Anticiclone Polar pôde manter-se vigoroso, conservando sua isóbara central entre 1.020 e 1.024 mb durante vários dias, deslocada sobre o mar; isto é, com posição marítima. O movimento pendular N-S e W-E do núcleo do Anticiclone Polar, a expansão ou contração de sua isóbara central ou a oscilação de sua pressão, tornaram possível a manutenção de sua descontinuidade polar durante vários dias cerca de nossa área.

A oscilação destes elementos em equilíbrio ou desequilíbrio com as Altas Tropicais do interior do continente e do oceano, propiciou, à descontinuidade polar, constantes mutações em propriedades e estrutura: ora em FG ela avançava como KF, ora em recuo como WF ou ainda nela se iniciava um processo de dissipação (FL) por aquecimento pré-frontal ou deslocamento excessivo do Anticiclone Polar para o Oceano Atlântico. Todo este desdobramento, quase cíclico, era ainda acompanhado por sucessivas invasões de depressões induzidas na Massa Tropical (Linhas de IT), em simetria com as ondulações verificadas, algumas vezes, na Frente Polar, as quais, encontrando-se com a superfície frontal da FP, concorria para aprofundar sua Baixa frontal, chegando mesmo, em certas ocasiões, a criar um profundo centro de Baixa, imediatamente à frente da descontinuidade polar, levando conseqüentemente ao fortalecimento do gradiente barométrico com componentes voltadas para nossa área ou para sua proximidade.

Por tudo isso nossa área permaneceu por vários dias com tempo instável, céu quase completamente encoberto e chuvas esparsas ou generalizadas, contínuas ou ocasionais, leves ou pesadas.

5 — *Os ocasionais aguaceiros que se abateram em nossa área durante aqueles dias foram determinados por diversas causas que agiram simultaneamente em interações parciais.*

- a) aumento brusco da inclinação da rampa frontal;
- b) aprofundamento da Baixa Polar;
- c) aumento da velocidade do vento polar na superfície, e do ar quente e úmido do Anticiclone Tropical semifixo do Atlântico Sul, em ascensão na rampa da Frente Polar;
- d) oposição das componentes dinâmicas no sentido perpendicular à linha de separação (linha de descontinuidade frontal) em ambas as massas de ar (Massas Polar e Tropical).

6 — *Descrição das precipitações relativas ao último ciclo de chuvas do mês de janeiro de 1967.*

O dia 18 se caracterizou por chuvas intensas no setor noroeste de nossa área, onde destacaram-se os postos de Pedra Selada e Ribeirão São Joaquim (encosta da Mantiqueira). Fora deste setor nenhum outro posto pluviométrico registrou índice importante, e em muitos nem ocorreu precipitação.

No dia 19 (início do grande ciclo), embora não fosse muito chuvoso, nos setores noroeste e norte de nossa área ocorreram chuvas intensas muito localizadas: em Itatiaia (vale do Paraíba) e em Santa Isabel (encosta da Mantiqueira), neste principalmente.

No dia 20, embora chovesse de modo generalizado em toda área de estudo, precipitações abundantes aconteceram no setor noroeste, com máximas em Fumaça, Pedra Selada (Mantiqueira) e Resende (Vale do Paraíba).

Fora deste setor, precipitações abundantes ocorreram apenas de modo muito localizado: Táboas a nordeste, Pinheiral no centro e Angra dos Reis a sudoeste. Mesmo assim, com totais bem menos importantes do que aqueles do setor noroeste.

No dia 21, a distribuição espacial das chuvas apresentou um quadro muito semelhante. O setor noroeste foi ainda o mais atingido, porém com valores um pouco menos expressivos. O setor nordeste, ainda mais uma vez, aparece em segundo plano. Os setores central e sul tiveram chuvas insignificantes, não chegando mesmo a chover em vastas áreas.

No dia 22 as chuvas mais importantes são deslocadas para o setor central de norte a sul, mas principalmente do centro para o sul até o litoral. Trata-se, como vimos, da já referida *tromba d'água* que se abateu cerca do reservatório de Lajes na noite de 22-23. Neste dia as chuvas foram insignificantes fora deste setor.

Entretanto, lembramos que nas últimas horas deste dia, ou seja, após as 21:00 horas do Rio, chuvas também abundantes ocorreram no setor sul (litoral) e este (serra dos Órgãos). Porém como nestes setores os postos pluviométricos pertencem ao Escritório de Meteorologia, aquelas precipitações são consideradas como pertencentes ao dia 23.

O dia 23 representa aquele em que a distribuição das chuvas em nossa área foi melhor distribuída, havendo chuvas abundantes em quase toda ela. Ao setor noroeste retornaram as fortes chuvas. No setor central, não obstante as precipitações fossem incomparavelmente inferiores às do dia anterior, ainda se verificaram totais elevados. No setor sudeste, da serra dos Órgãos para o sul, se verificaram as primeiras chuvas intensas deste ciclo de chuvas, porém os mais expressivos aguaceiros ocorreram ao longo do setor sul. Aí, o Alto da Boa Vista, Ponte do Guandu e Angra dos Reis registraram os máximos deste dia.

O posto de Angra dos Reis registrou neste dia a maior altura de chuvas em 24:00 horas, não apenas deste ciclo, mas de todo o mês de janeiro de 1967, em toda nossa área de estudo.

No dia 24 os setores este e sul foram os mais bem regados por chuvas. A este, as chuvas subiram a quase 80 mm em Táboas e Xerém, enquanto em Ponte do Guandu e Alto da Boa Vista elas ultrapassaram essa cifra. Neste último posto pluviométrico as águas alcançaram o nível máximo deste dia, verificando-se uma autêntica *tromba d'água* de quase 200 mm.

Fora destes setores, apenas Pirai e Lídice no setor central e Ribeirão São Joaquim, no norte, registraram totais superiores a 20 mm. Nos demais postos os índices foram de pouca importância ou inexistentes.

No dia 25, embora houvesse chuvas generalizadas, os setores este e oeste foram nitidamente os mais pluviosos, principalmente nas serras e suas proximidades. Em Angra dos Reis verificou-se nova *tromba d'água* que ultrapassou 200 mm.

No dia 26, com chuvas generalizadas por toda região, o setor noroeste mais uma vez se destaca tendo aí, em Ponte do Souza, ultrapassado os 80 mm.

No dia 27 há um sensível declínio pluviométrico para a região, porém, na Mantiqueira e na serra dos Órgãos, os máximos de Fumaça e Tinguá estiveram em torno de 80 mm.

O dia 28 apresentou uma pluviosidade semelhante a do dia anterior, ou seja com maior pluviometria na serra dos órgãos (setor este) e na encosta da Mantiqueira (setor norte). Entretanto, neste dia, enquanto a precipitação declinou sensivelmente na serra dos Órgãos, na Mantiqueira ela subiu a níveis dos mais elevados deste mês, principalmente a oeste. Aí, Ribeirão São Joaquim assinalou mais de 80 mm e Fazenda Agulhas Negras foi palco de uma autêntica *tromba d'água* de mais de 160 mm.

No dia 29 prosseguiram as chuvas do dia anterior. Na serra dos Órgãos e Mantiqueira, embora as precipitações declinassem sensivelmente, elas alcançaram valores muito importantes, principalmente na Mantiqueira, onde Fazenda Agulhas Negras com cerca de 140 mm reforça a referida *tromba d'água* da noite de 28/29.

No dia 30 os máximos se deslocam para este, onde a encosta da serra dos Órgãos foi cenário de novos e violentos aguaceiros, que em Xerém ultrapassaram 70 mm.

No dia 31 não houve chuva em muitas áreas, porém, o setor no-roeste ainda se caracterizou por intensas chuvas, quer no vale do Paraíba, onde Itatiaia registrou quase 60 mm, quer na Mantiqueira, onde Ponte do Souza ultrapassou 60 mm.

Deste sumário, é fácil perceber que as Serras do Mar e da Mantiqueira, incluindo suas proximidades, constituíram as áreas mais chuvosas, enquanto o Vale do Paraíba e a Baixada Fluminense foram sensivelmente menos pluviosas.

A distribuição da precipitação neste período, como de resto em todo mês de janeiro de 1967 está, aliás, em perfeita concordância com a repartição da pluviosidade nos anos mais chuvosos ou menos chuvosos; com as normais do ano e com o total dos 6 meses sucessivos mais chuvosos.

7 — Este mês caracterizou-se, sobretudo, por um grande número de chuvas que se notabilizaram por *fortes concentrações/horas*.

a) *Concentração/24 horas*.

Em nada menos de 33 vezes foram registradas precipitações cujo total em 24 horas foi superior a 80 mm assim distribuídas²⁴.

1 vez — no 2.^o ciclo de chuvas frontais;
10 vezes — no 3.^o " " " "
2 vezes — no 4.^o " " " "
20 vezes — no 5.^o " " " "

Destas precipitações, 22 apresentaram concentrações em 24:00 horas superiores a 100 mm assim distribuídas:

6 vezes — no 3.^o ciclo;
1 vez — no 4.^o "
15 vezes — no 5.^o "

Destas, 9 ultrapassaram os 150 mm e estiveram assim distribuídas:

1 vez — no 3.^o ciclo
8 vezes — no 5.^o "

²⁴ Cada vez, refere-se uma vez a cada posto pluviométrico que apresentou este registro.

Destas, 4 elevaram-se acima de 200 mm — todas no 5.º ciclo.
 Para maiores informações veja a tabela que se segue.

TOTAIS > 80 mm em 24 horas

Dia 7	— Observatório da Praça XV	— 84,4 (2.º ciclo)
" 9	— Usina Santa Cecília	— 113,2 (3.º ")
" 10	— Barra do Piráí	— 108,0 (" ")
" 11	— Floriano	— 82,2 (" ")
" 11	— Vargem	— 97,0 (" ")
" 11	— Vigário	— 98,2 (" ")
" 11	— Represa Tocos	— 102,6 (" ")
" 11	— Ipê	— 132,0 (" ")
" 11	— Lajes	— 144,8 (" ")
" 11	— Fazenda Santa Rosa	— 160,8 (" ")
" 12	— Piráí	— 90,5 (" ")
" 15	— Fazenda Santana	— 136,8 (4.º ")
" 17	— Itatiaia	— 81,0 (" ")
" 20	— Resende	— 96,8 (5.º ")
" 20	— Pedra Selada	— 107,6 (" ")
" 20	— Fumaça	— 143,2 (" ")
" 22	— Lídice	— 108,2 (" ")
" 22	— Vigário	— 133,8 (" ")
" 22	— Vargem	— 136,2 (" ")
" 22	— Piráí	— 145,2 (" ")
" 22	— Fazenda Lapa	— 167,0 (" ")
" 22	— Lajes	— 218,4 (" ")
" 22	— Ipê	— 225,0 (" ")
" 22	— Fazenda Santa Rosa	— 275,0 (" ")
" 23	— Alto da Boa Vista	— 90,2 (" ")
" 23	— Angra dos Reis	— 285,6 (" ")
" 24	— Ponte do Guandu	— 80,2 (" ")
" 24	— Alto da Boa Vista	— 177,0 (" ")
" 25	— Angra dos Reis	— 214,6 (" ")
" 27	— Tinguá	— 86,6 (" ")
" 28	— Ribeirão São Joaquim	— 85,2 (" ")
" 28	— Fazenda Agulhas Negras	— 164,0 (" ")
" 29	— Fazenda Agulhas Negras	— 139,6 (" ")

b) *Concentração/48 horas*

Alguns postos que não atingiram mais de 80 mm em 24:00 horas, com o decorrer das horas do dia seguinte ultrapassaram essa cifra. Portanto, o número de postos que em 48 horas registraram totais superiores a 80 mm é um pouco maior, atingindo a 43.

Isto significa que, dos 51 postos, apenas 8 não atingiram 80 mm/48 horas. Destes, no entanto, todos estiveram acima de 60 mm.

Eis as conclusões das maiores concentrações/48 horas de precipitação pluviométrica neste mês.

Os 43 postos que registraram concentração/hora superior a 80 mm estiveram assim distribuídos:

Totais > 80 mm

4	postos	no	2. ^o	ciclo	de	chuvas	frontais
20	"	"	3. ^o	"	"	"	"
3	"	"	4. ^o	"	"	"	"
23	"	"	5. ^o	"	"	"	"
1	posto	fora	de	qualquer	ciclo	(chuvas	de IT)

Destes postos 33 apresentaram totais que ultrapassaram — 100 mm, assim distribuídos:

Totais > 100 mm

2	postos	no	2. ^o	ciclo
8	"	"	3. ^o	"
1	posto	"	4. ^o	"
22	postos	"	5. ^o	"

Destes, 13 acumularam mais de 150 mm, sendo:

1	posto	no	3. ^o	ciclo
12	postos	"	5. ^o	"

Destes, 7 postos apresentaram no 5.^o ciclo totais superiores a 200 mm. Destes 7, apenas 1 não ultrapassou os 250 mm, e 3 chegaram a níveis superiores a 300 mm.

Todos estes índices podem ser observados no mapa *Concentração Máxima* em 48 horas consecutivas (Fig. 27). Não obstante, para maiores informações, apresentamos a tabela abaixo:

As maiores concentrações/48 horas durante o mês de janeiro de 1967.

1 -- Pedro do Rio.....	61,4	6- 7/jan.	2.º ciclo
2 -- Nhangapi.....	64,7	10-11/jan.	3.º >
3 -- Pentagna.....	65,3	10-11/jan.	3.º >
4 -- Barreirinha.....	65,9	23-24/jan.	5.º >
5 -- Valença.....	68,0	10-11/jan.	3.º >
6 -- Araras.....	71,0	13-14/jan.	Fora do ciclo
7 -- Barra Mansa (D.A.).....	77,6	11-12/jan.	3.º ciclo
8 -- Volta Redonda (L).....	79,6	11-12/jan.	3.º >
9 -- Itatiaia (D.A.).....	81,6	16-17/jan.	4.º >
10 -- Santa Isabel.....	84,4	19-20/jan.	5.º >
11 -- Itatiaia (L).....	85,0	16-17/jan.	4.º >
12 -- Fazenda São Francisco.....	86,4	9-10/jan.	3.º >
13 -- Barra Mansa (L).....	86,8	10-11/jan.	3.º >
14 -- Vassouras (D.A.).....	88,4	12-13/jan.	3.º >
15 -- Vassouras (E.M.).....	88,4	12-13/jan.	3.º >
16 -- Santa Cecília.....	90,6	10-11/jan.	3.º >
17 -- Conservatória.....	92,5	10-11/jan.	3.º >
18 -- Táboas.....	94,8	4- 5/jan.	2.º >
19 -- Volta Redonda.....	97,2	11-12/jan.	3.º >
20 -- Pinheiral.....	100,2	12-13/jan.	3.º >
21 -- Ribeirão São Joaquim.....	102,0	11-12/jan.	3.º >
22 -- São Pedro.....	103,7	6- 7/jan.	2.º >
23 -- Tinguá.....	104,2	27-28/jan.	5.º ciclo
24 -- Ponte do Souza.....	104,4	20-21/jan.	5.º >
25 -- Floriano.....	106,2	11-12/jan.	3.º >
26 -- Visconde de Mauá.....	108,4	26-27/jan.	5.º >
27 -- Manoel Duarte.....	109,1	10-11/jan.	3.º >
28 -- Fazenda Pau D'Alho.....	110,2	9-10/jan.	3.º >
29 -- Xerém.....	111,9	24-25/jan.	5.º >
30 -- Vargem Alegre.....	113,0	22-23/jan.	5.º >
31 -- Resende (E.M.).....	117,7	20-21/jan.	5.º >
32 -- Resende (D.A.).....	117,7	20-21/jan.	5.º >
33 -- Observatório da Praça XV.....	122,8	6- 7/jan.	2.º >
34 -- Lídice.....	125,5	22-23/jan.	5.º >
35 -- R. Tocos.....	129,2	11-12/jan.	3.º >
36 -- Fazenda Santana.....	136,8	15-16/jan.	4.º >
37 -- Vargem.....	142,6	22-23/jan.	5.º >
38 -- Barra do Pirai.....	149,0	10-11/jan.	3.º >
39 -- Ponte do Guandu.....	154,2	23-24/jan.	5.º >
40 -- Usina Santa Cecília.....	156,0	9-10/jan.	3.º >
41 -- Vigário.....	158,2	22-23/jan.	5.º >
42 -- Pirai.....	158,8	21-22/jan.	5.º >
43 -- Pedra Selada.....	167,6	20-21/jan.	5.º >
44 -- Fumaça.....	188,0	20-21/jan.	5.º >
45 -- Fazenda Lapa.....	218,2	22-23/jan.	5.º >
46 -- Lajes.....	261,2	22-23/jan.	5.º >
47 -- Ipé.....	264,0	22-23/jan.	5.º >
48 -- Alto da Boa Vista.....	267,2	23-24/jan.	5.º >
49 -- Fazenda Agulhas Negras.....	303,6	28-29/jan.	5.º >
50 -- Fazenda Santa Rosa.....	321,0	22-23/jan.	5.º >
51 -- Angra dos Reis.....	236,2	23-24/jan.	5.º >

Finalmente, o exame destas tabelas e dos pluviogramas das figuras 24 e 25 nos podem conduzir a uma série de diagnósticos importantes, dentre os quais destacamos:

a) Com exceção do posto de Araras, situado na encosta a sota-vento da serra dos Órgãos, os demais postos pluviométricos de nossa área de estudo tiveram, neste mês de janeiro, suas maiores concentrações/hora de chuvas por ocasião de situações dinâmicas frontogenéticas.

b) As mais significativas concentrações de chuvas em 24 e 48 horas ocorreram quando vigorosa descontinuidade polar permanecia semi-estacionária em nossa área, com Anticiclone Polar de posição marítima; com a Baixa do Chaco muito aprofundada e deslocada para este; com forte gradiente barométrico dirigido para a descontinuidade polar, com oposição perpendicular dos ventos quentes e frios ao longo da descontinuidade polar, com rampa frontal muito inclinada.

c) As chamadas *trombas d'água* que se abateram sobre nossa área nesse mês ocorreram nas serras e suas proximidades. Essas *trombas d'água* fizeram precipitar:

Em 24 horas — cerca de 200 mm em alguns locais e quase 300 mm em outros.

Em 48 horas — cerca de 260 mm em alguns locais, e mais de 320 mm em outros.

d) A elevadíssima concentração em 24:00 horas do aguaceiro da noite de 22-23, nas áreas próximas ao reservatório de Lajes, não foi nesse mês exclusiva desta área, nem mesmo a mais elevada. Em Angra dos Reis, naquela mesma noite, registrou-se uma altura semelhante.

e) Da mesma forma podemos dizer em relação à concentração em 48 horas. Aqueles índices do reservatório de Lajes foram iguallados por Angra dos Reis em época idêntica, e por Fazenda Agulhas Negras 1 dia após.

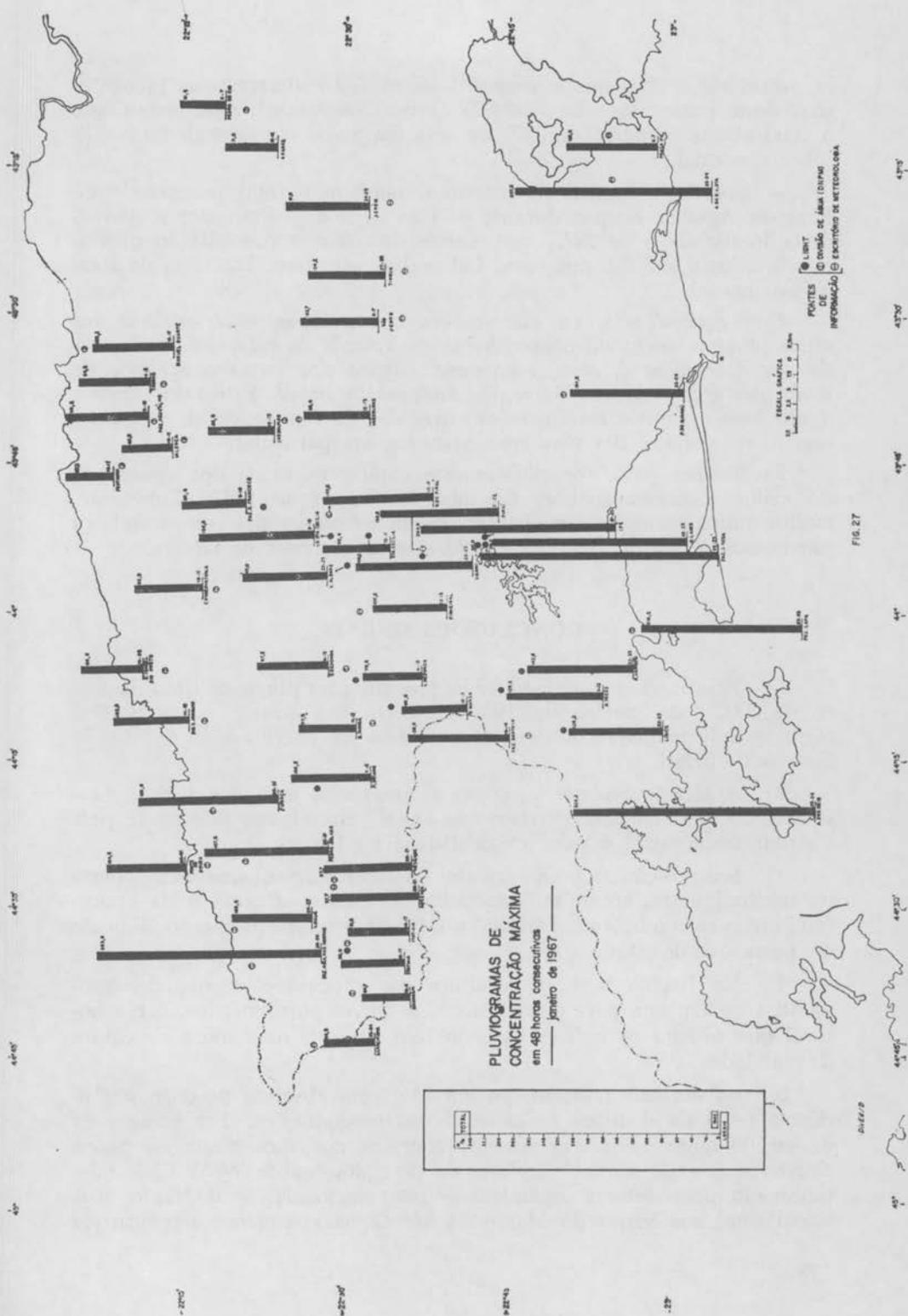
f) Quanto à concentração em 72 horas em Angra dos Reis, durante os dias 23-24-25, acumulou-se um volume d'água de 540,8 mm — total este incomparavelmente superior ao verificado nos postos próximos ao reservatório de Lajes durante o mesmo período.

g) Para se ter uma idéia mais objetiva da importância destas *trombas d'água*, isto é, dos enormes volumes d'água que as caracterizam, façamos uma comparação entre suas alturas de chuvas e a precipitação média do mês em que elas ocorreram (janeiro).

Atribuindo à *normal* de janeiro o índice 100 chegamos aos seguintes fatos:

— enquanto a *normal* de janeiro da Fazenda Santa Rosa é de 200,4 mm, durante a noite de 22-23 de janeiro de 1967 precipitou-se nesta localidade 275,0 mm, ou sejam 45% a mais que o total médio deste mês, uma vez que o índice dessa noite foi de 135;

— da mesma forma, enquanto a *normal* de Angra dos Reis é de 241,1 (índice 100), no dia 23 a precipitação acusou 285,6 (índice 118),



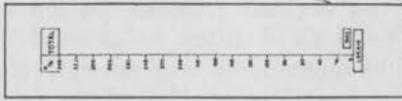
**PLUVIOGRAMAS DE
CONCENTRAÇÃO MÁXIMA
em 48 horas consecutivas
— Janeiro de 1967**

● LIGT
 ○ C
 ○ E

PONTES DE
 INFORMAÇÃO

ESCALA GRÁFICA
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

FIG. 27



ou sejam 18% a mais que a *normal* desse mês. Ao somarmos as precipitações deste posto, dos dias 23-24-25 (total: 540,8 mm), verificamos que o total atinge o índice de 137, ou seja um valor correspondente a 37% sobre a normal.

— Superior à normal de janeiro é também o total precipitado na Fazenda Agulhas Negras durante os dias 27 e 28. Enquanto a *normal* desta localidade é de 297,7 mm, nesses dois dias a precipitação pluviométrica atingiu a 303,6 mm, com índice 102, ou sejam 2% acima do total médio mensal.

Esta equivalência, ou mesmo, em certos casos, superioridade dos totais pluviométricos de poucas horas em relação ao total médio do mês de sua ocorrência é, aliás, uma característica dos fortes aguaceiros de verão nas áreas serranas da região Sudeste do Brasil. Este fato exprime muito bem o caráter extremamente irregular do regime de chuvas desta região, em geral, e das suas áreas serranas, em particular.

Escolhemos para exemplificar este caráter os totais dos aguaceiros de maior concentração/hora do mês de janeiro de 1967. Entretanto, muitos outros exemplos semelhantes podem ser observados comparando os pluviogramas diários, figuras 24 e 25, com as normais de janeiro.

CONCLUSÕES GERAIS

1) Para melhor compreender as precipitações pluviométricas da noite de 22/23 de janeiro de 1967 na serra das Araras e imediações, torna-se indispensável conhecer os processos de pluviosidade da Região Sudeste do Brasil.

2) A Região Sudeste é, como a Amazônia, uma das regiões brasileiras de mais elevada pluviometria anual. Entretanto, diferem-se pela distribuição espacial e pela irregularidade no tempo.

3) Sua posição na borda oriental do continente sul-americano (perto do trópico) e sua orografia, associadas aos fatores dinâmicos da atmosfera, criam as condições necessárias a intensas precipitações, especialmente em nossa área de estudo.

4) Na Região Sudeste, a altura das precipitações, quando comparadas de um ano para outro, isto é, o desvio pluviométrico, é tão notável que tornam os índices baseados em *normais* uma mera caricatura da realidade.

5) As *normais* indicam, no entanto, com absoluta precisão a tendência geral da distribuição espacial das precipitações. Em nossa área de estudo tanto os valores *normais* como os dos anos muito ou pouco chuvosos têm um sensível declínio de precipitações de WSW-ENE (determinado pelos fatores dinâmicos — fator regional), sendo tanto mais importantes nas Serras do Mar e da Mantiqueira e menos significativos

no Vale do Paraíba do Sul e na Baixada Fluminense (influência da topografia — fatores locais).

6) O regime anual dessas precipitações se caracteriza pela notável concentração em determinada época do ano. Enquanto o trimestre de inverno é pouco chuvoso ou seco, no semestre de *verão* (outubro a março) as chuvas são freqüentes e muitas vezes intensas. Este fato é tanto mais notável nos anos muito chuvosos.

7) Nos verões muito chuvosos, o trimestre de janeiro — fevereiro — março ou dezembro — janeiro — fevereiro não refletem importante concentração pluviométrica em termos de porcentagem em relação ao ano, mas exprimem um grande volume d'água precipitado que, certamente, é acompanhado de inúmeras conseqüências físicas e sociais.

8) A irregularidade do regime de chuvas é uma conseqüência da irregularidade dos sistemas atmosféricos: as chuvas na Região Sudeste do Brasil são uma conseqüência direta da invasão do anticiclone de origem subpolar. O maior ou menor vigor de emissões de ar polar no verão, mantendo por vários dias a descontinuidade polar sobre esta região, com Anticiclone Polar de posição marítima, constituem o condicionamento fundamental das flutuações pluviométricas. Os meses de verão de 1950 e os de 1954 são representativos daquelas flutuações dinâmicas responsáveis pelos desvios pluviométricos positivos e negativos, respectivamente.

9) Tais verões são caracterizados não apenas por um elevado número de ocorrência diária de chuvas, mas ainda por intensos aguaceiros de notável concentração/hora.

10) Outro verão muito chuvoso foi o de 1966/67. De outubro de 1966 a abril de 1967 a Região Sudeste, especialmente as suas áreas serranas, recebeu chuvas com bastante freqüência, cujos totais ultrapassaram em muito os valores médios indicados pela *normal*. Destes meses sobressai o de janeiro, caracterizado não apenas por chuvas muito freqüentes, mas principalmente por numerosos aguaceiros, dentre os quais aquele desabado sobre as áreas serranas vizinhas do reservatório de Lajes na noite de 22/23.

11) Entretanto, a referida precipitação de Lajes não constitui uma anomalia, nem mesmo um acontecimento extraordinário, como alguns pretendem atribuí-la. O único caráter extraordinário que ela apresentou se deve à repercussão que produziu, pelas suas graves conseqüências. No semestre de *verão* de 1966/67 as áreas serranas do Sudeste do Brasil, e suas proximidades constituíram um vasto palco onde estiveram freqüentemente presentes intensos aguaceiros, principalmente no mês de janeiro. Neste mês, inúmeros aguaceiros, alguns até constituindo verdadeiras *trombas d'água*, ocorreram em diversos locais dessas áreas, como vimos (lembramos que os referidos aguaceiros que aparecem nos pluviogramas diários de dezembro de 1966 e janeiro de 1967 não representam os intensos aguaceiros precipitados em toda região serrana do sudeste, e sim de sua maior parte).

Além das numerosas precipitações de forte concentração/hora registradas e assinaladas por nós no transcurso deste trabalho, daremos a seguir informações sobre diversos aguaceiros semelhantes na Região Sudeste, registrados pelo Escritório de Meteorologia e publicados nos Boletins do Observatório do Rio de Janeiro daquele órgão oficial entre 1910 a 1933.

NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Totais > 90,0 mm/24 horas:

Castelhanos.....	22/ 3/911.....	117,5 mm
”.....	20/ 4/911.....	114,1 mm
”.....	18/ 3/912.....	105,7 mm
Petrópolis.....	1/ 1/913.....	101,5 mm
Castelhanos.....	15/11/913.....	122,6 mm
Petrópolis.....	11/ 2/913.....	170,9 mm
Castelhanos.....	11/ 4/913.....	161,7 mm
Macaé.....	19/12/913.....	105,6 mm
Pinheiral.....	11/ 2/914.....	102,2 mm
São Pedro.....	19/ 4/914.....	132,0 mm
Resende.....	1/ 2/918.....	129,1 mm
Sítio da Batalha.....	5/ 4/918.....	125,5 mm
” ” ”.....	24/11/918.....	106,8 mm
São Pedro.....	24/11/918.....	108,2 mm
Rio D'Ouro.....	24/11/918.....	147,3 mm
Alto da Serra (Mun. de Petrópolis).....	12/ 1/922.....	112,2 mm
Tocos.....	6/ 3/922.....	110,5 mm
Santa Bárbara (Mun. de Campos).....	26/ 3/922.....	102,6 mm
Campos.....	10/ 3/922.....	102,7 mm
Teresópolis.....	31/ 3/922.....	249,3 mm
Alto da Serra.....	31/ 3/922.....	255,3 mm
Santana (Mun. Macaé).....	11/ 4/922.....	115,3 mm
Teresópolis.....	2/ 5/922.....	172,0 mm
Alto da Serra.....	27/ 5/922.....	295,6 mm
Macaé.....	27/ 5/922.....	234,7 mm
Tai (Mun. Campos).....	27/ 5/922.....	152,4 mm
Campos.....	24/ 9/922.....	234,7 mm
Teresópolis.....	11/11/922.....	149,0 mm
Triunfo.....	13/11/922.....	129,5 mm
Alto da Serra.....	12/12/922.....	295,6 mm
Alto Itatiaia.....	29/12/922.....	119,5 mm
Nova Friburgo.....	29/12/922.....	94,5 mm
Miguel Pereira.....	11/ 1/923.....	145,0 mm
Teresópolis.....	11/ 1/923.....	149,0 mm
”.....	1/ 2/923.....	101,7 mm
Vargem.....	6/ 3/923.....	92,8 mm
Morro Redondo (Tocos).....	19/ 3/923.....	97,5 mm
Teresópolis.....	29/ 5/923.....	132,0 mm
Alto Itatiaia.....	6/ 1/924.....	91,6 mm
Cachoeiras.....	8/ 1/924.....	121,9 mm
Cabo São Tomé.....	15/ 1/924.....	218,4 mm
Cabo Frio.....	18/ 1/924.....	152,0 mm
Areal (Mun. de Petrópolis).....	18/ 1/924.....	121,9 mm

Paulo de Frontin.....	19/ 1/924.....	103,0 mm
Macaé.....	20/ 1/924.....	120,6 mm
Mendes.....	1/ 2/924.....	107,0 mm
Paulo de Frontin.....	1/ 2/924.....	116,0 mm
Triunfo.....	1/ 2/924.....	113,3 mm
Areal.....	10/ 2/924.....	129,5 mm
Angra dos Reis.....	10/ 2/924.....	98,2 mm
Alto Itatiaia.....	12/ 2/924.....	95,6 mm
Cachoeiras (Mun. Cachoeira de Macacu).....	12/ 2/924.....	168,4 mm
Alto da Serra.....	13/ 2/924.....	90,7 mm
Macaé.....	13/ 2/924.....	114,3 mm
Barra do Itabapoana.....	14/ 2/924.....	97,6 mm
Niterói.....	4/ 4/924.....	230,4 mm
Barra do Itabapoana.....	25/ 5/924.....	110,4 mm
Alto da Serra.....	30/ 7/924.....	113,3 mm
Miguel Pereira.....	8/12/924.....	100,0 mm
Campos.....	29/12/924.....	97,0 mm
Rio D'ouro.....	1/932.....	110,7 mm
Xerém.....	1/932.....	90,3 mm
Alto Itatiaia.....	2/932.....	92,0 mm
São João Marcos.....	3/932.....	90,4 mm
Xerém.....	3/932.....	132,0 mm
".....	4/932.....	123,6 mm
".....	5/932.....	95,6 mm
São Pedro.....	5/932.....	144,4 mm
Barra do Itabapoana.....	1/933.....	109,0 mm
Campos.....	1/933.....	98,0 mm
".....	2/933.....	103,0 mm
Petrópolis.....	3/933.....	114,2 mm
São Pedro.....	11/933.....	92,6 mm
Vassouras.....	12/933.....	107,6 mm
Xerém.....	12/933.....	170,4 mm
São Pedro.....	12/933.....	208,8 mm
Rio D'Ouro.....	12/933.....	234,7 mm

NO ESTADO DE SÃO PAULO

Totais > 90,0 mm/24 horas:

Santos.....	18/ 3/910.....	165,6 mm
".....	24/11/910.....	115,5 mm
Bom Abrigo.....	13/ 2/912.....	183,4 mm
".....	13/ 2/912.....	183,0 mm
".....	11/ 3/912.....	172,2 mm
Santos.....	24/11/918.....	115,5 mm
Cananéia.....	8/ 1/922.....	114,7 mm
Santos.....	19/ 1/922.....	179,0 mm
Santos.....	24/11/922.....	93,4 mm
São Simão.....	29/12/922.....	98,0 mm
Piaçaguera.....	21/ 1/923.....	226,1 mm
Santos.....	22/ 1/923.....	136,8 mm
Cananéia.....	19/ 2/923.....	100,9 mm
Alto da Serra (Próximo a Paranapiacaba).....	7/ 3/923.....	157,5 mm
Piaçaguera.....	7/ 3/923.....	325,1 mm
Santos.....	8/ 3/923.....	179,5 mm
Alto da Serra.....	28/ 6/923.....	116,8 mm
Santos.....	15/ 9/923.....	120,5 mm

Jundiá.....	5/ 1/924.....	110,0 mm
Piaçaguera.....	8/ 1/924.....	119,4 mm
".....	17/ 1/924.....	119,4 mm
Una.....	22/ 1/924.....	96,0 mm
Alto da Serra.....	31/ 1/924.....	144,8 mm
Cananéia.....	31/ 1/924.....	162,0 mm
Bandeirantes.....	10/ 2/924.....	112,9 mm
São José do Barreiros.....	10/ 2/924.....	98,4 mm
Alto da Serra.....	2/ 4/924.....	104,1 mm
" " ".....	29/ 9/924.....	101,6 mm
São Simão.....	8/11/924.....	98,3 mm
Alto da Serra.....	8/12/924.....	104,1 mm
Santos.....	2/932.....	154,8 mm
".....	3/932.....	186,0 mm
Piquete.....	12/932.....	94,1 mm

NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Totais > 90,0 mm/24 horas:

Montes Clarcs.....	3/ 1/910.....	123,7 mm
" ".....	22/01/912.....	101,4 mm
Lavras.....	4/ 1/913.....	96,0 mm
Recreio.....	14/ 2/922.....	101,6 mm
Morro Velho.....	3/ 3/922.....	109,0 mm
Espera Feliz.....	29/ 5/922.....	162,6 mm
Santa Luzia do Carongola.....	6/10/922.....	111,8 mm
Ponte Nova.....	26/10/922.....	127,0 mm
Saúde.....	26/10/922.....	121,2 mm
Volta Grande.....	19/11/922.....	101,6 mm
Porto Novo do Cunha.....	29/11/922.....	116,8 mm
Miraf.....	24/ 3/923.....	104,1 mm
Alto da Serra.....	29/ 5/923.....	155,2 mm
" " ".....	11/11/923.....	215,9 mm
Espera Feliz.....	26/11/923.....	101,6 mm
Manhuaçu.....	26/11/923.....	101,6 mm
Alto da Serra.....	9/12/923.....	127,0 mm
Pedro Leopoldo.....	1/ 1/924.....	140,0 mm
Sossoço.....	13/ 1/924.....	99,1 mm
Morro Velho.....	18/ 1/924.....	146,6 mm
Sabará.....	19/ 1/924.....	115,0 mm
Cataguases.....	19/ 1/924.....	101,6 mm
São Geraldo.....	19/ 1/924.....	152,4 mm
Recreio.....	20/ 1/924.....	127,0 mm
Mariano Procópio.....	31/ 1/924.....	133,0 mm
Juiz de Fora.....	1/ 2/924.....	112,0 mm
Mariano Procópio.....	10/ 2/924.....	127,0 mm
Bicas.....	10/ 2/924.....	92,0 mm
Miraf.....	20/ 2/924.....	101,8 mm
Cataguases.....	22/ 2/924.....	114,3 mm
São Geraldo.....	27/ 2/924.....	109,2 mm
Juiz de Fora.....	23/ 3/924.....	90,2 mm
Teófilo Otoni.....	1/932.....	108,7 mm
São Lourenço.....	1/932.....	105,0 mm
Rio Branco.....	1/933.....	96,5 mm
Palmeira.....	3/933.....	91,0 mm

NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Totais > 90,0 mm/24 horas:

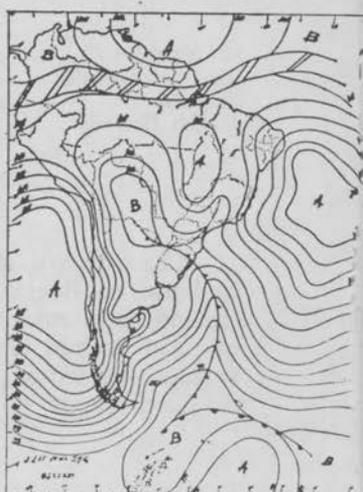
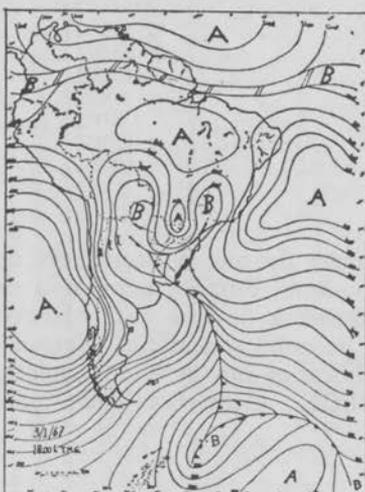
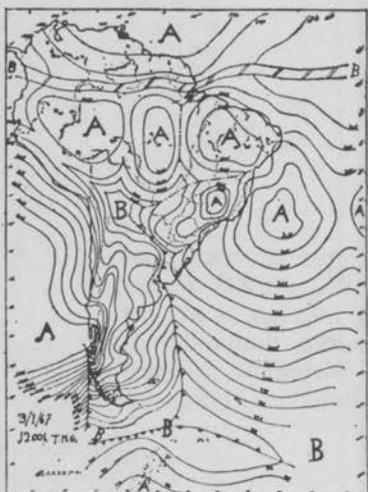
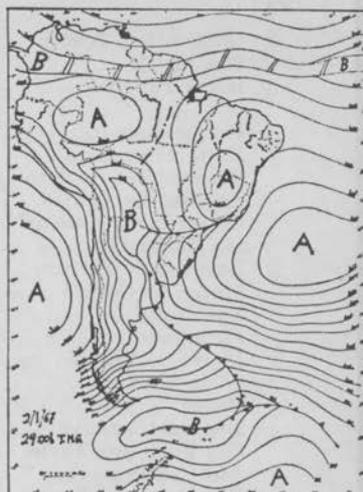
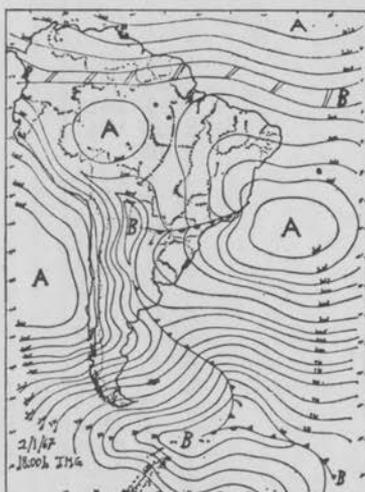
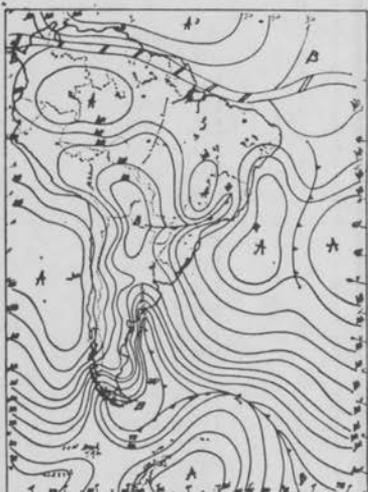
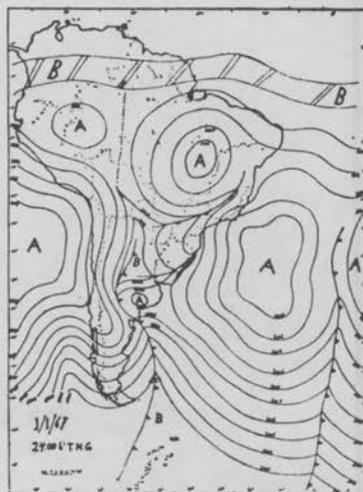
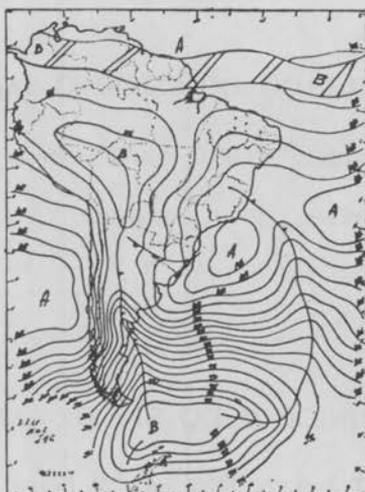
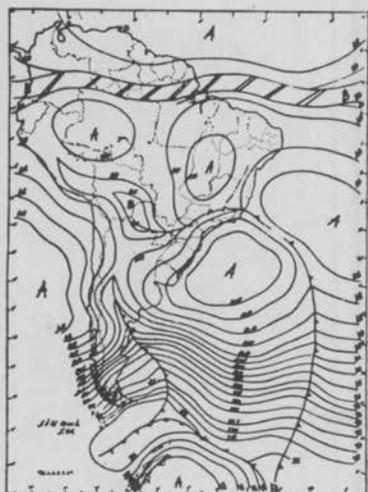
Ilha do Francês (Mu. de Piúna).....	22/12/912.....	113,6 mm
” ” ”.....	10/ 1/913.....	98,6 mm
Rio Doce.....	18/ 8/913.....	94,0 mm
São Mateus.....	11/932.....	123,1 mm
” ”.....	1/933.....	108,9 mm
” ”.....	9/933.....	90,3 mm

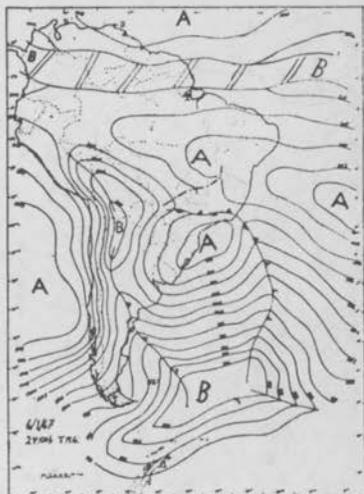
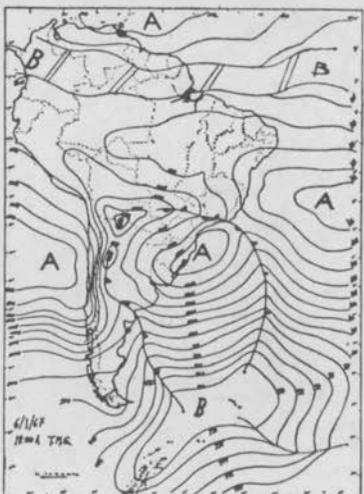
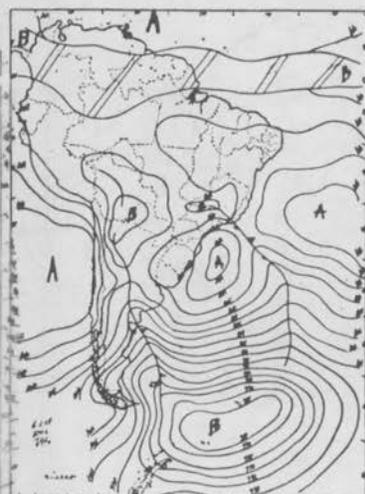
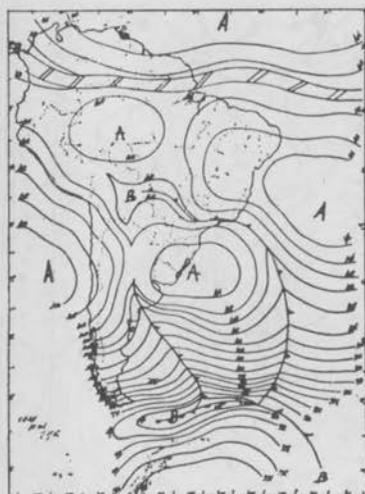
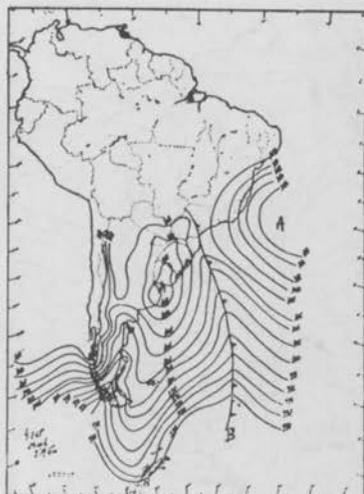
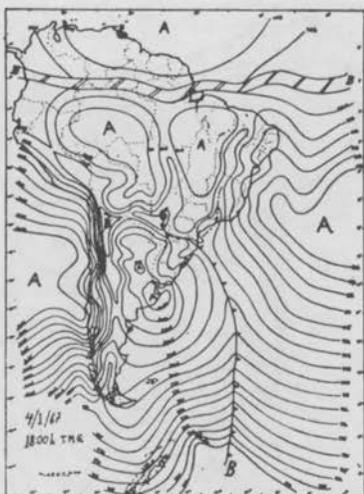
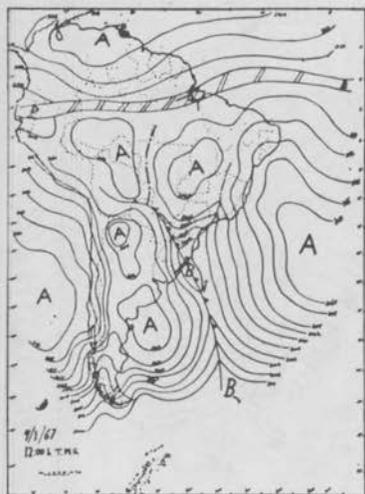
NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

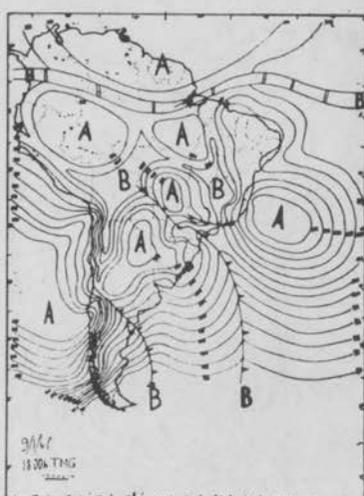
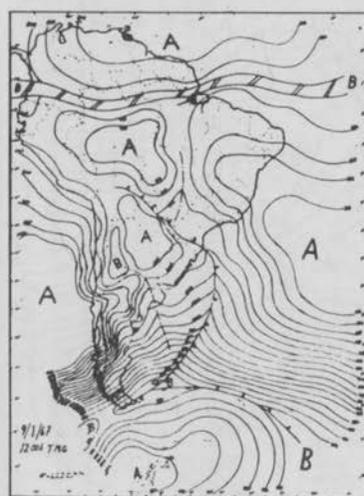
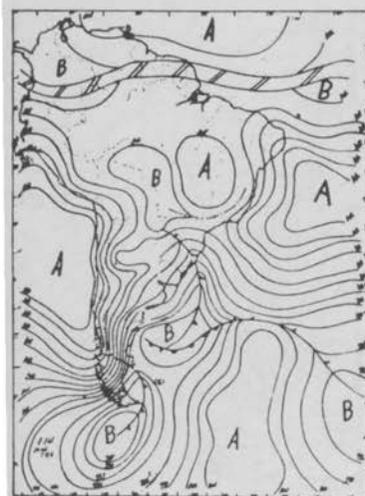
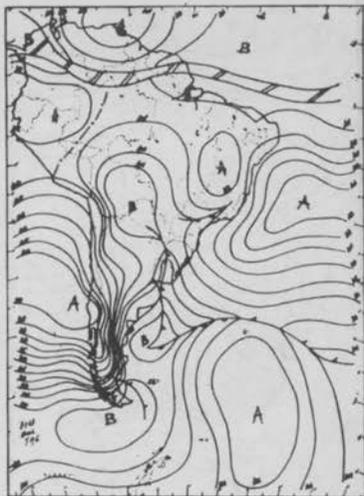
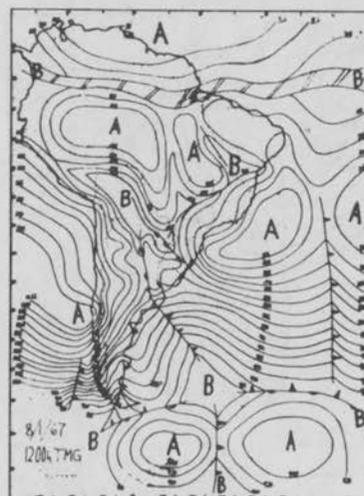
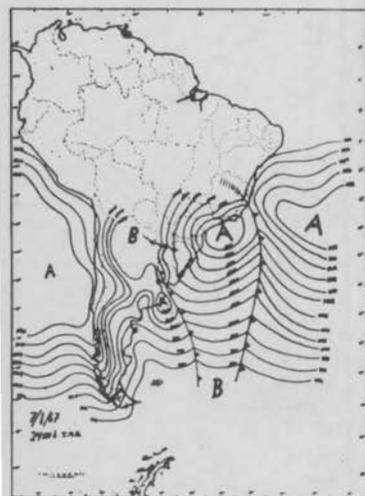
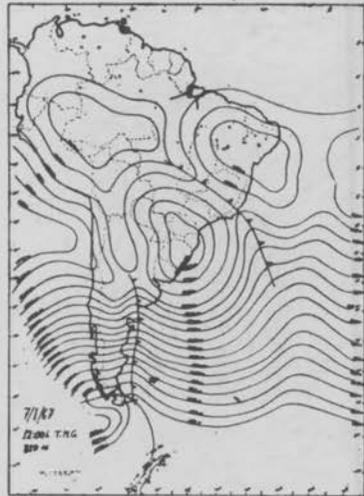
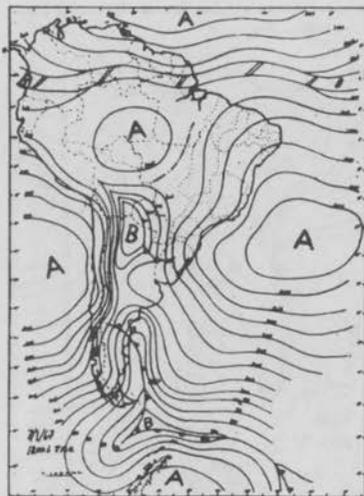
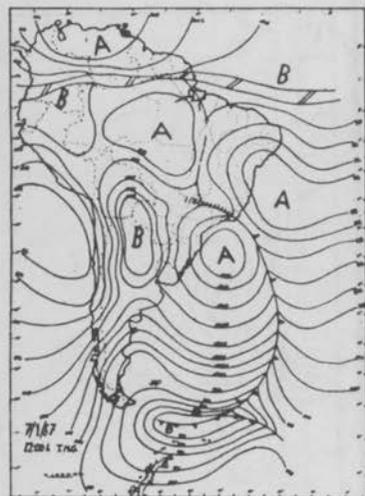
Totais > 90,0 mm/24 horas:

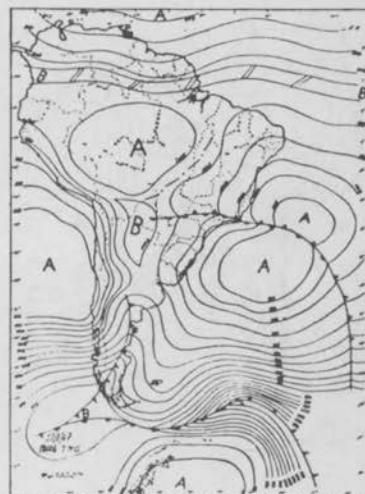
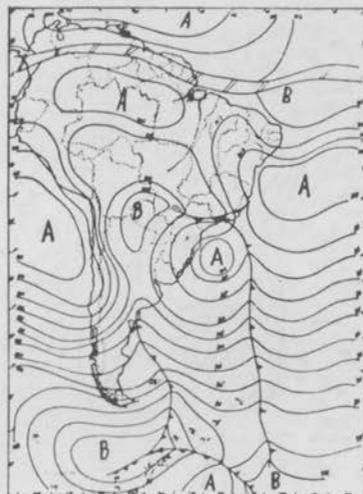
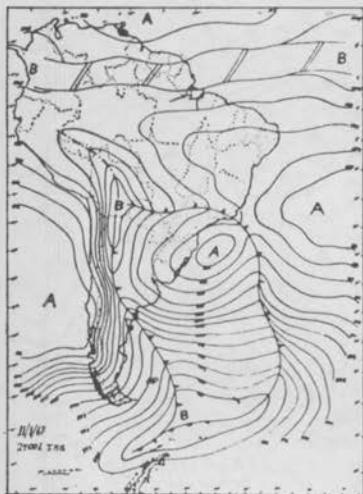
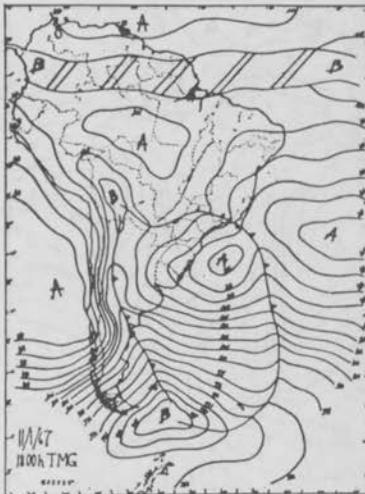
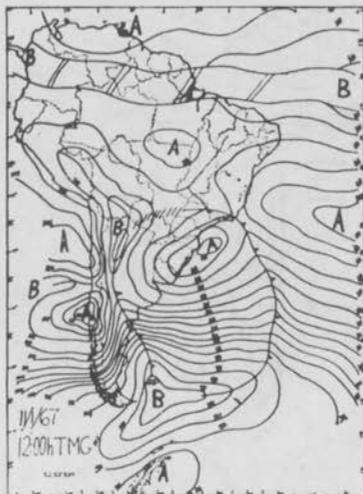
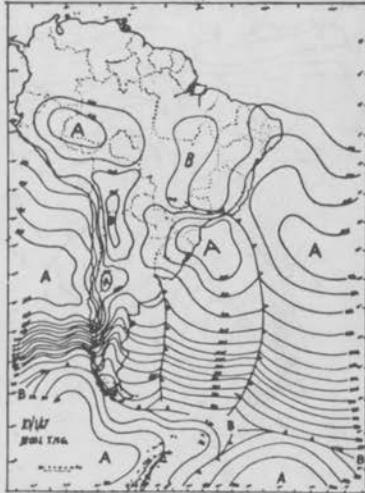
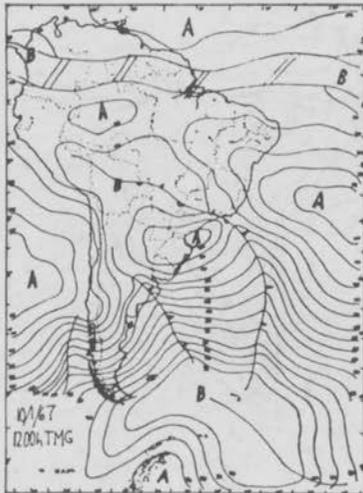
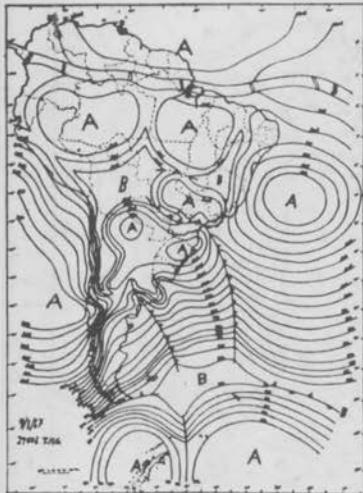
Observatório Nacional.....	11/ 2/910.....	97,0 mm
São Januário.....	24/11/910.....	98,0 mm
Horto Florestal.....	30/ 7/912.....	163,4 mm
” ”.....	15/11/912.....	117,0 mm
Pedregulho.....	26/ 1/913.....	113,7 mm
Horto Florestal.....	10/12/914.....	121,0 mm
Observatório Nacional.....	7/ 2/918.....	101,5 mm
Engenho de Dentro.....	5/ 4/918.....	118,0 mm
Observatório Nacional.....	23/11/918.....	114,9 mm
São Januário.....	24/11/918.....	147,3 mm
Engenho de Dentro.....	24/11/918.....	110,0 mm
Morro do Castelo.....	30/ 3/922.....	105,8 mm
Vila Isabel.....	31/ 3/922.....	104,2 mm
Encantado.....	8/ 4/922.....	116,5 mm
Morro do Castelo.....	8/ 4/922.....	104,4 mm
Santa Cruz.....	8/ 3/923.....	99,9 mm
Bangu.....	30/12/923.....	118,4 mm
Ilha das Enxadas.....	4/ 4/924.....	170,0 mm
São Francisco Xavier.....	24/ 5/924.....	140,0 mm
São Cristóvão.....	29/ 6/924.....	93,0 mm
São Francisco Xavier.....	30/ 9/924.....	96,0 mm
” ” ”.....	8/10/924.....	395,0 mm
” ” ”.....	27/12/924.....	380,0 mm
São Cristóvão.....	29/12/924.....	100,0 mm
Ilhas das Enxadas.....	29/12/924.....	92,0 mm
Paquetá.....	3/932.....	97,6 mm
Jardim Botânico.....	3/932.....	132,0 mm
” ”.....	12/932.....	132,1 mm
” ”.....	12/933.....	114,8 mm

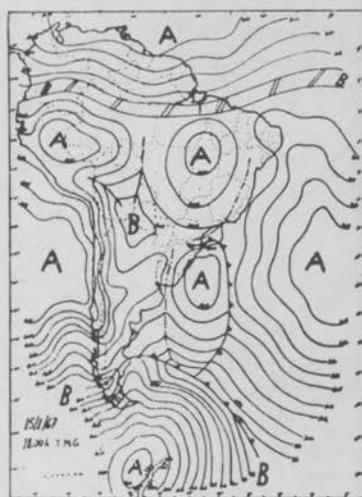
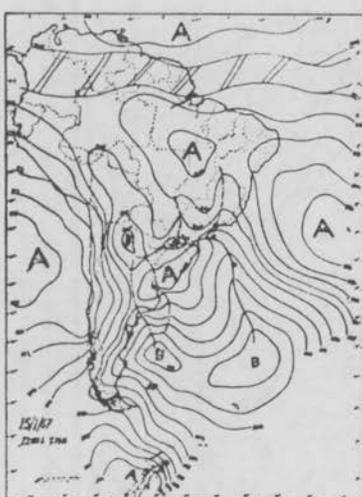
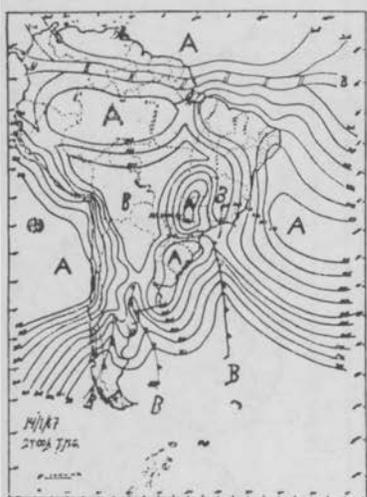
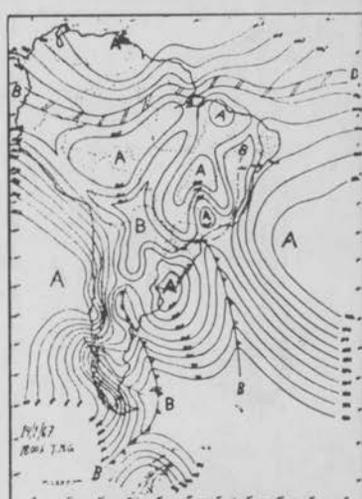
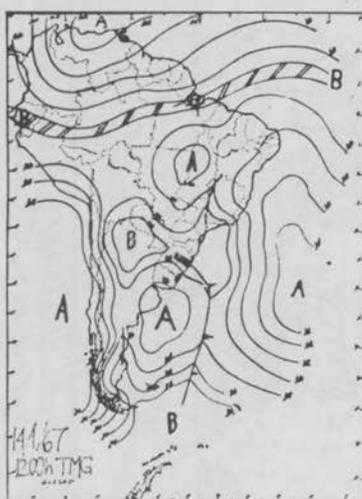
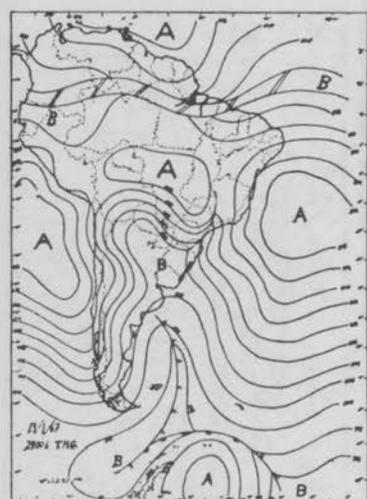
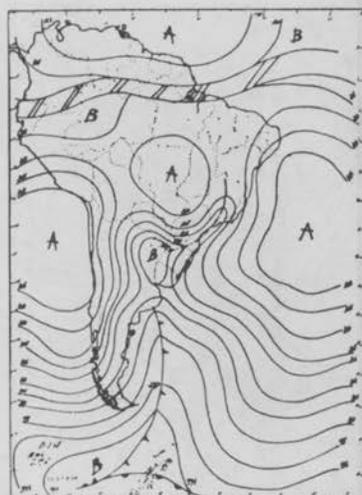
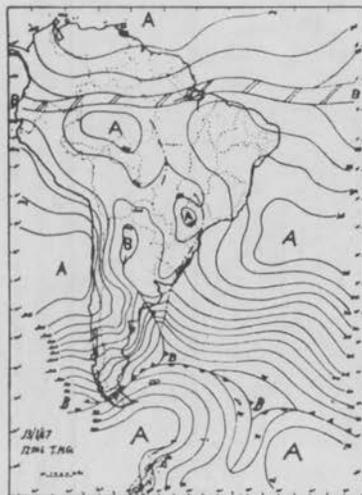
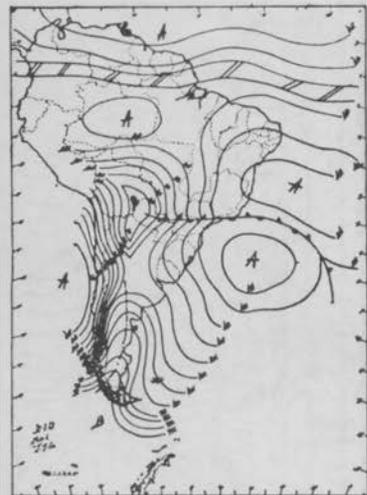
Chamamos a atenção de que a ocorrência de fortes concentrações 24 horas na Região Sudeste, durante o período de 1910 a 1933, é certamente bem mais numerosa do que a tabela acima informa, uma vez que não fizemos uma pesquisa sistemática sobre a questão, limitando-nos apenas aos dados publicados nos referidos Boletins existentes no Setor de Climatologia do IBGE. Além disso nem todos Boletins Anuais in-

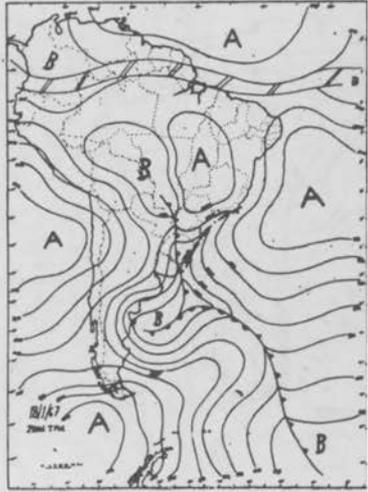
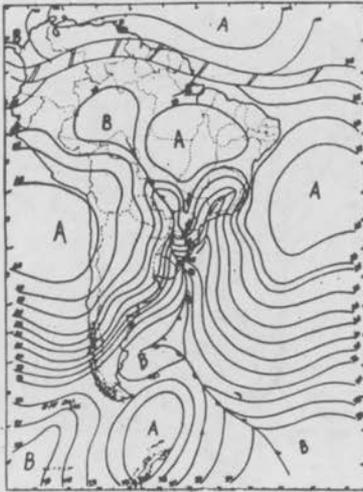
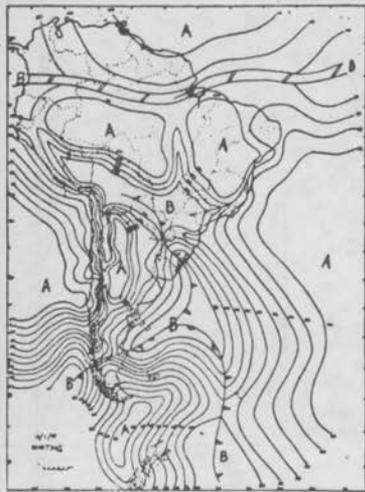
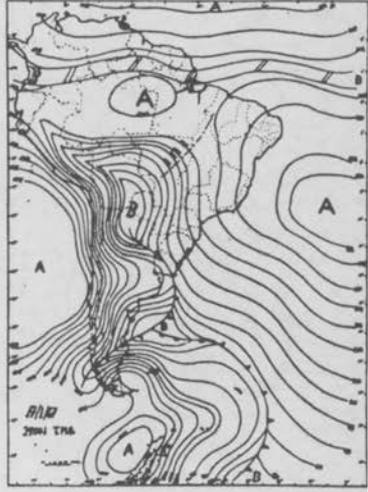
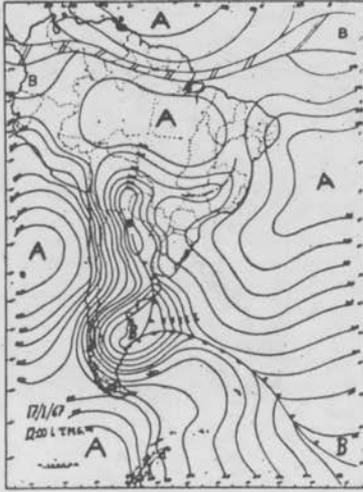
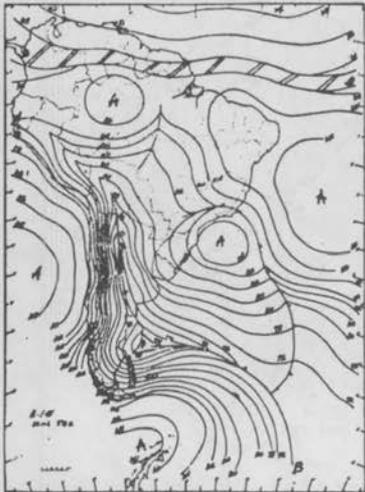
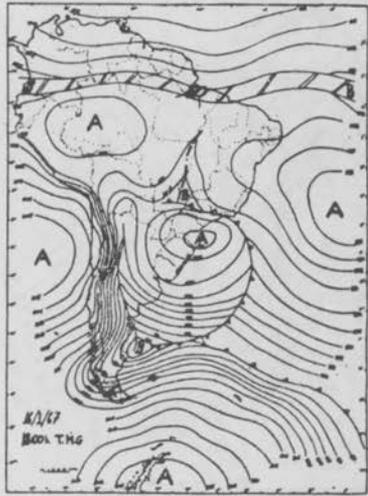
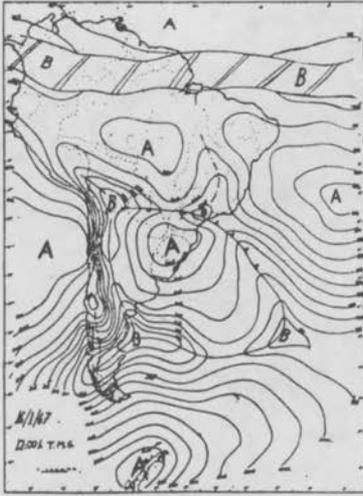
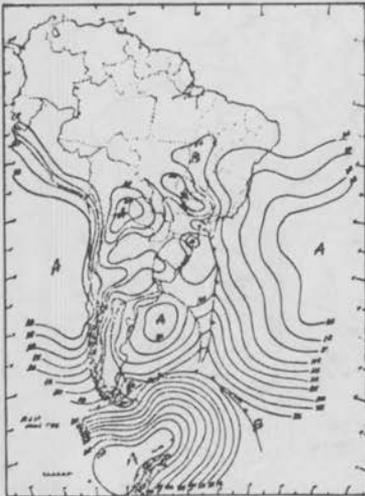


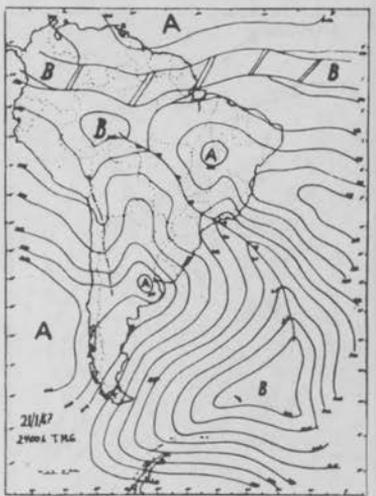
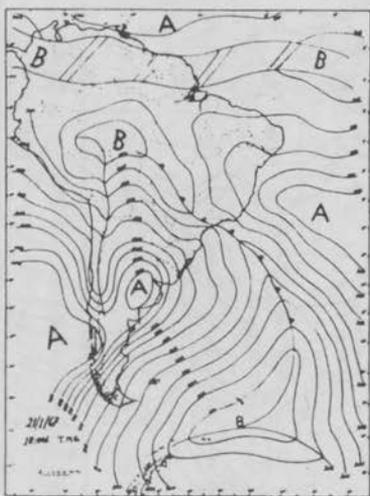
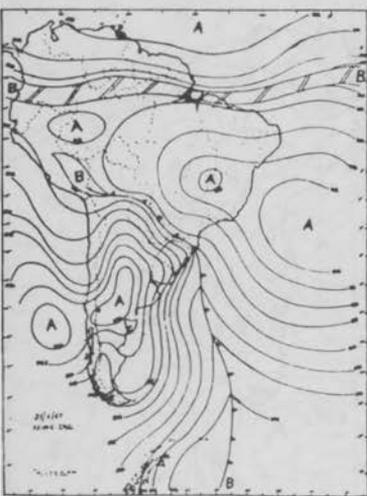
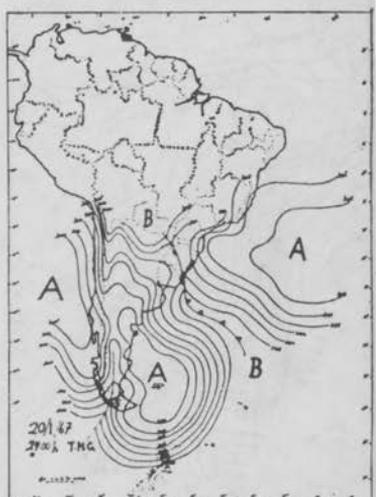
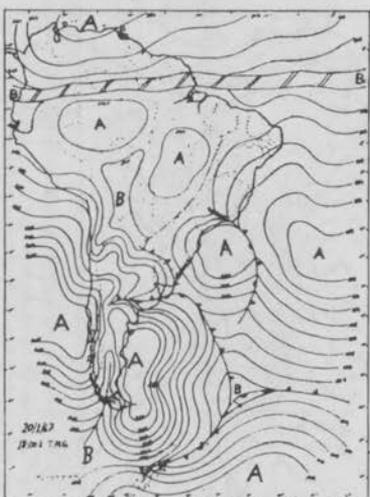
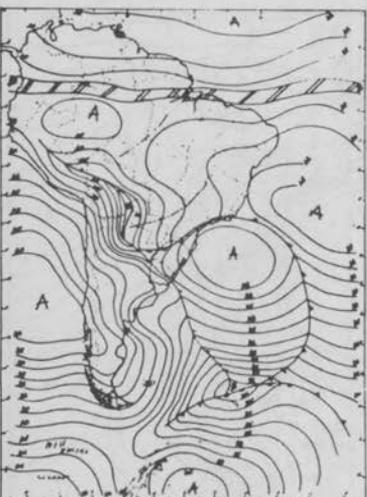
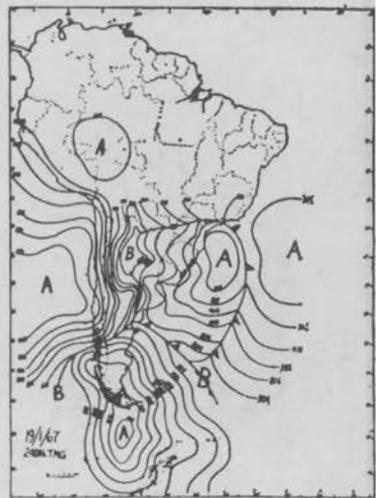
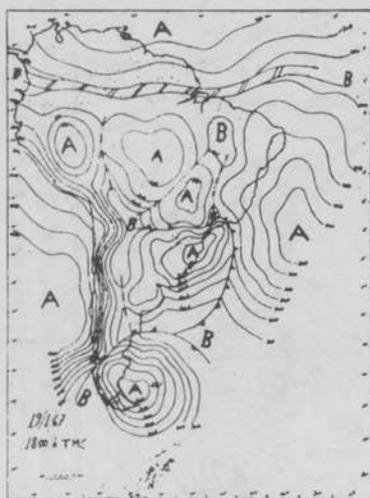
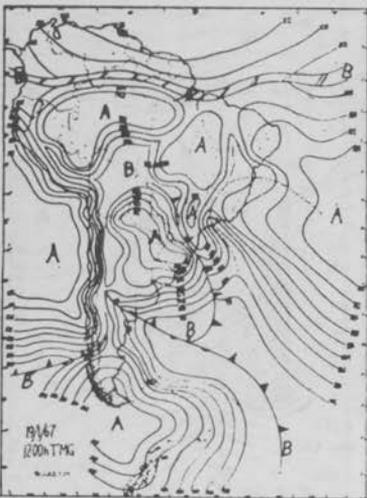


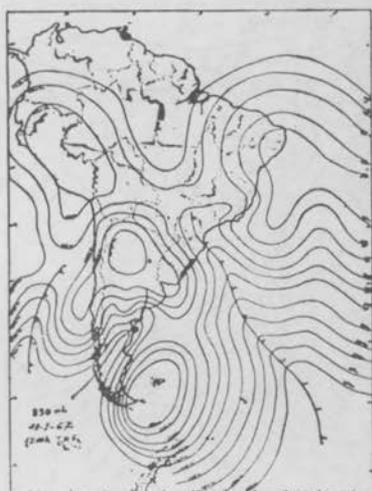
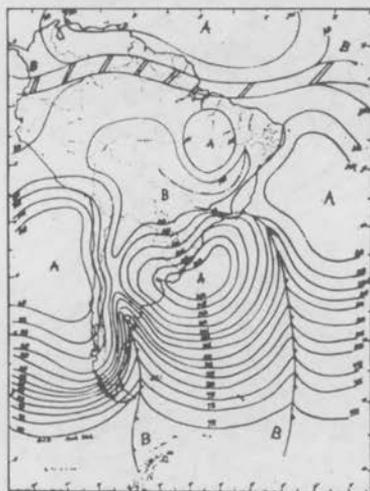
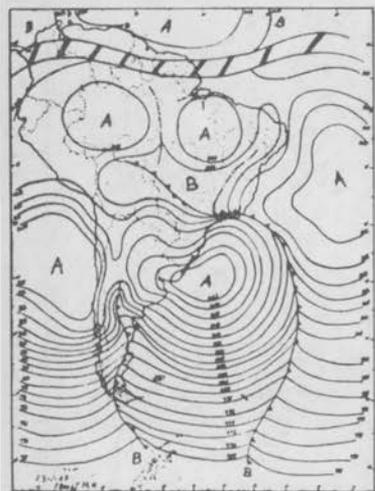
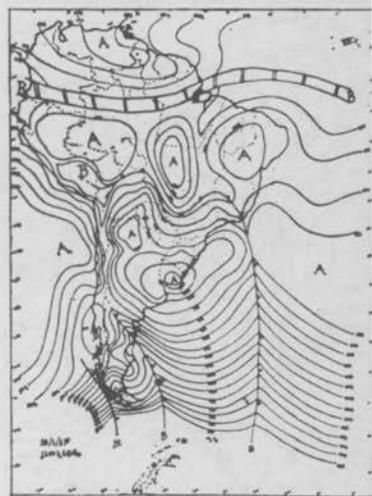
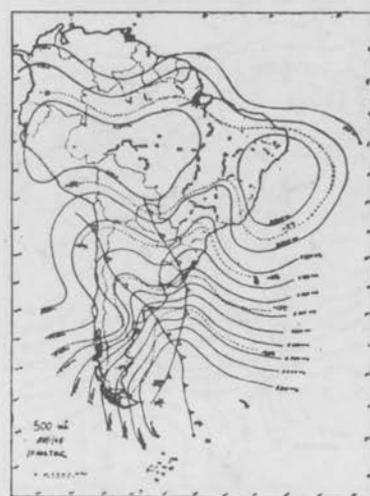
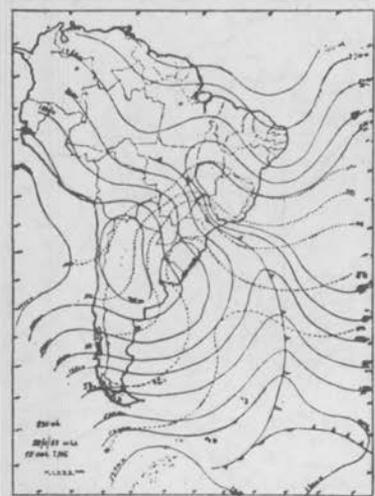
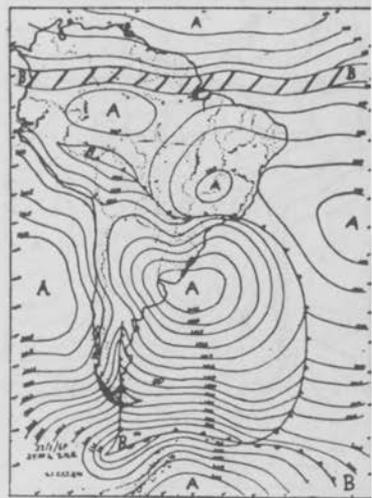
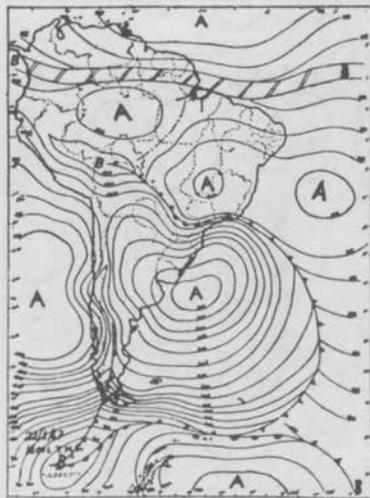
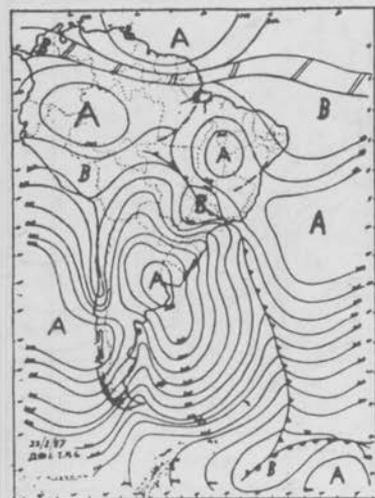


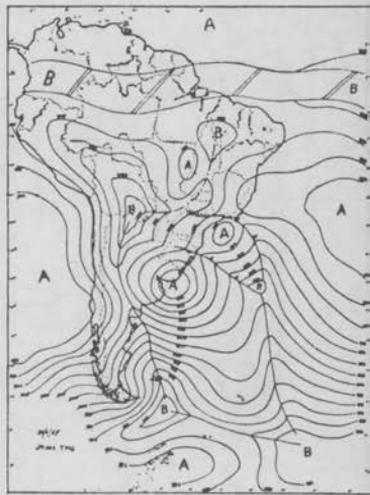
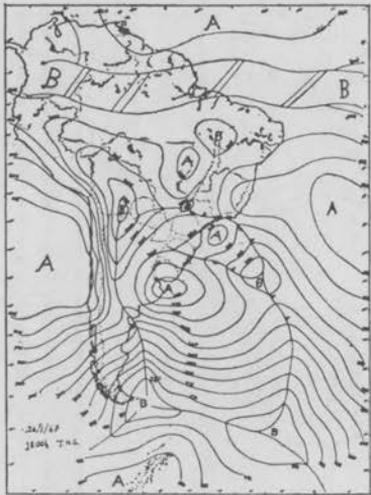
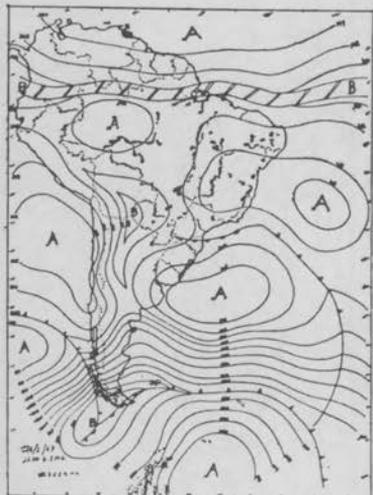
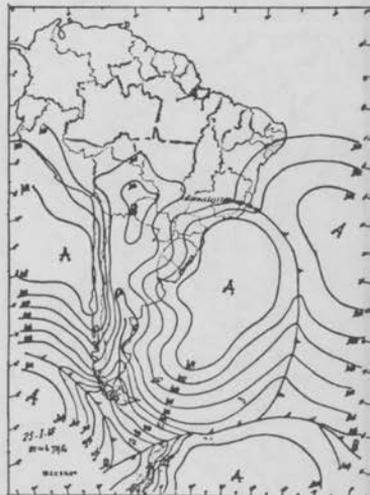
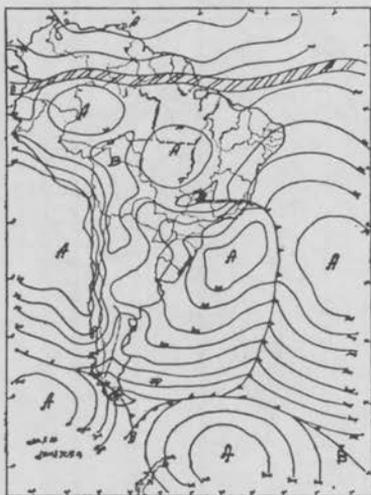
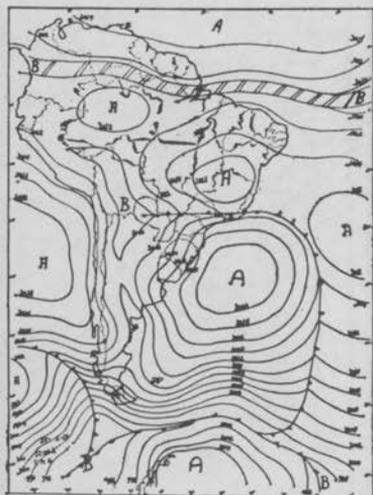
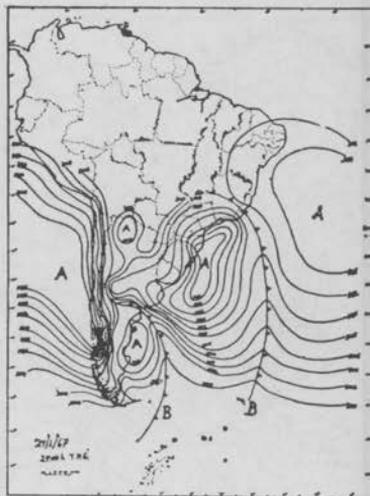
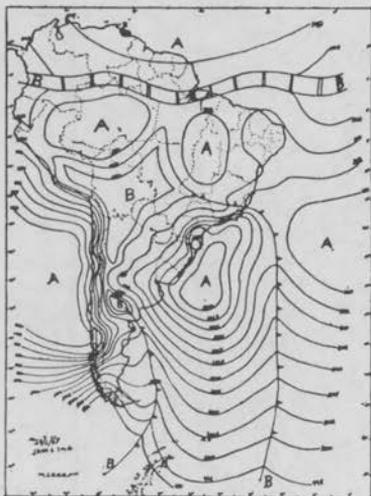
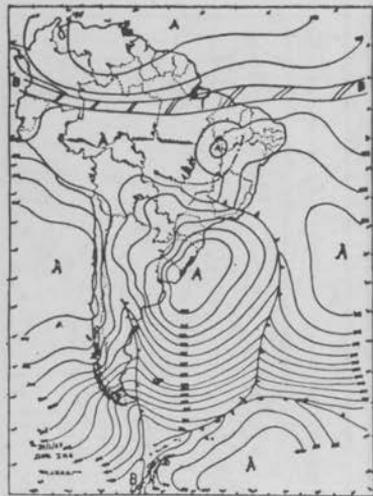


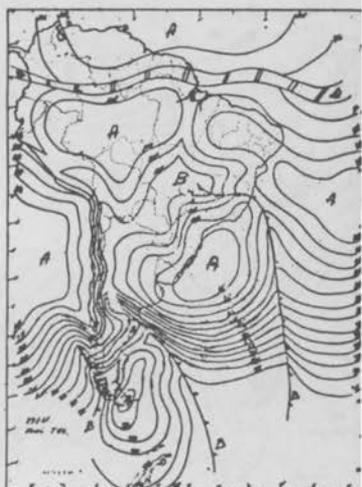
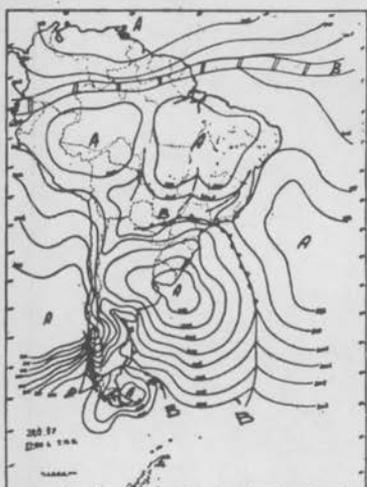
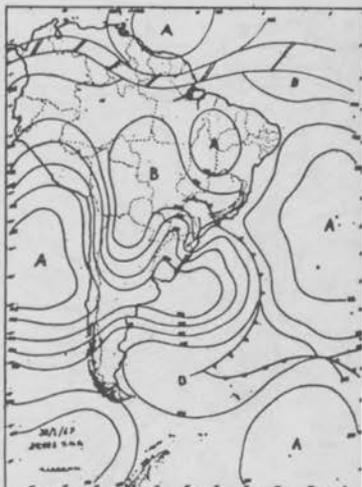
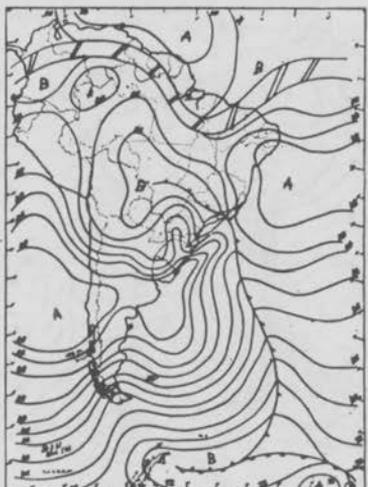
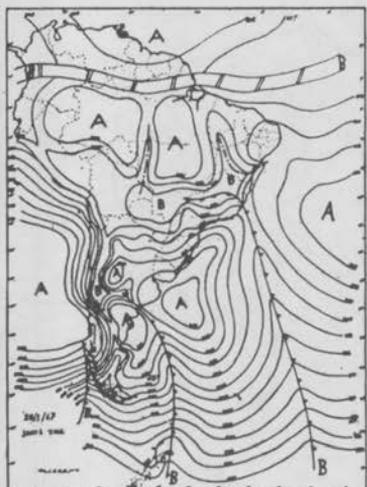
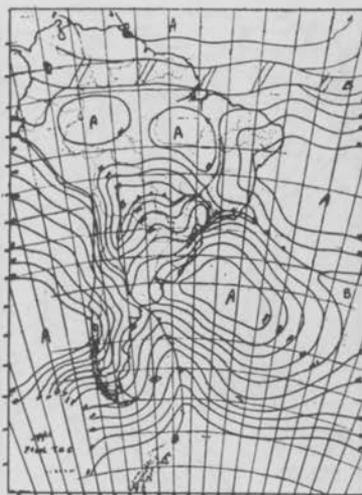
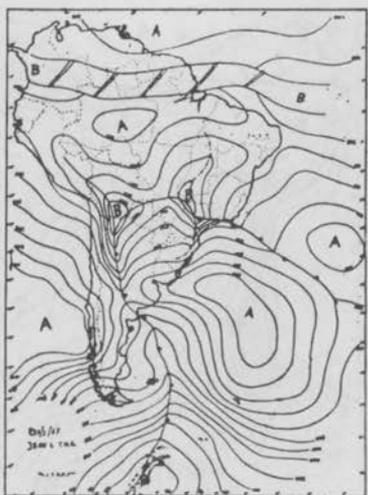
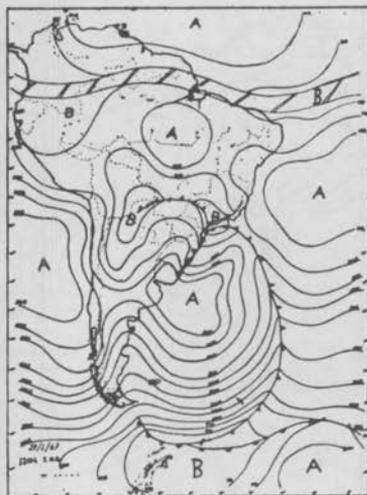


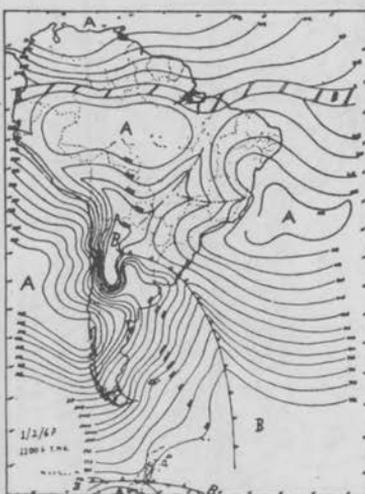
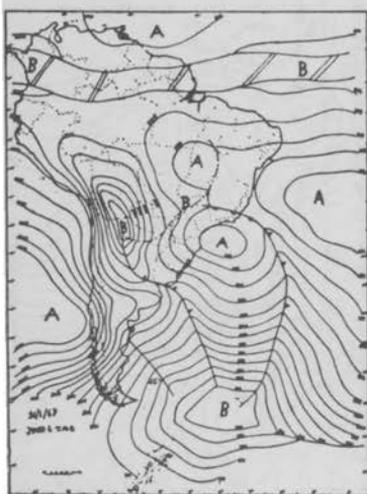
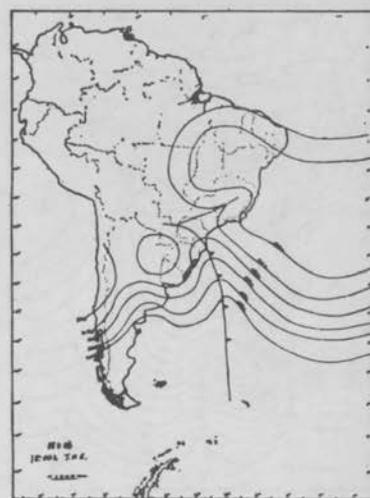
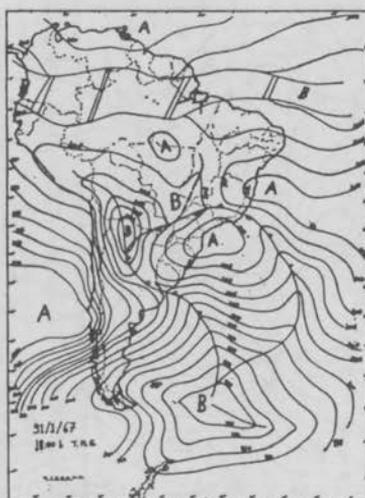
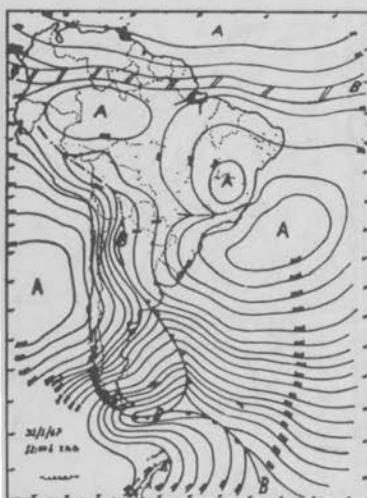
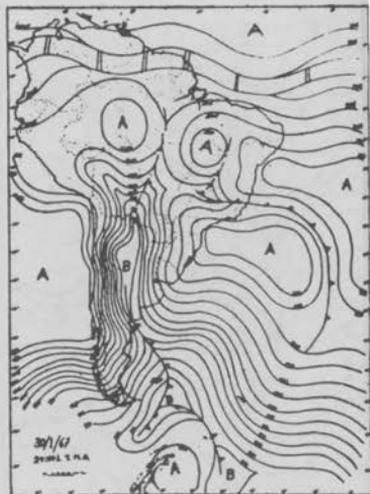
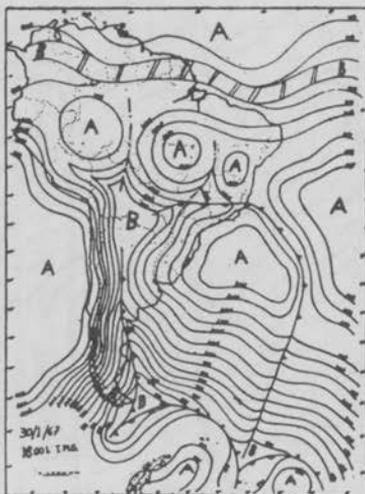
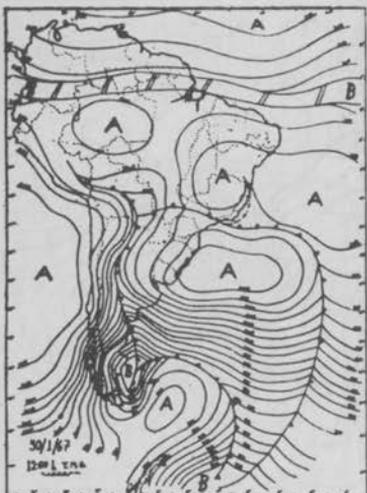












formam sobre precipitações diárias. E, ainda mais, durante aquele período (1910-1933) era muito pequeno o número de postos pluviométricos na Região Sudeste. Neste caso nosso objetivo é o de apenas confirmar o caráter comum dos aguaceiros de grande concentração/hora na Região Sudeste, especialmente em sua região serrana, durante o semestre de verão.

12) Do exposto se conclui que a região serrana do Sudeste do Brasil, especialmente as Serras do Mar e Mantiqueira, estão sujeitas, não raramente, a chuvas semelhantes àquelas desabadas em torno do reservatório de Lajes na noite de 22/23, cujo fenômeno, pelas suas conseqüências, constituiu o tema central de nossas pesquisas.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BJERKNES, J. e SOLBEG, H. L'évolution des cyclones et la circulation atmosphérique d'après la théorie du front polaire, Memorial ONM, n.º 6, 1923.
- 2) BJERKNES, V. BJERKNES, J. H. SOLBEG, T. BERGERON, "Hydrodynamique physique avec applications à la météorologie dynamique", Paris, 1934, 3.º vol. (Laisser les développements mathématiques, p. 679-834).
- 3) HAURWITZ, B. *Dinamic meteorology* N.Y. and London 1941 — chap. XV: Air masses, fronts and cyclone, p. 307-334.
- 4) SPETTERSEN, *Weather analysis and Forecasting*, N.Y. and London, 1950, chap. VII: Waves and cyclone, p. 303-307.
- 5) PETERSEN, S. *Introducción a la Meteorologia*, Madrid, 1962, cap. III — Nubes Y Precipitación — p. 63-88; cap. IV — Processos de Condensación Y Precipitación, p. 89-100; cap. IX — Las Leyes del Movimiento p. 197-222; cap. XII — Masas de Aire, p. 257-277.
- 6) BESSEMOULIN, J. et VIAUT., A. *Manuel de Météorologie du pilote*, Paris 1946.
- 7) PEDELABORDE, P. — Introduction a L'Étude Scientifique du climat, tome I, in *Les Cours de Sorbonne*, Paris. 1ère Leçon — Les problemes de méthode de la Climatologie; 7ème Leçon, Notions de Thermodynamique, p. 84 a 102;
- 8) NAMIAS, J. — *Introducción al Estudio de las Masas de Aires y el Análisis Isentrópico*, pags. 232, Boston, 1940.
- 9) SERRA, A. — Circulação Superior, *Revista Bras. de Geografia*, Anos XV e XVI, n.º 4 e 1, 1953 e 1954, IBGE, Rio de Janeiro, p. 3-88 e 3-76.
— O Princípio de Simetria *Rev. Bras. de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, 1962, IBGE, Rio de Janeiro, p. 377-439.
— Previsão do Tempo, *Boletim Geográfico*, n.º 68, 1948 — IBGE, p. 827-904, Rio de Janeiro.

¹ Bibliografia sumária, além das notas citadas em pé-de-página.

- 10) DORE STRANG, D. M. G. Sistemas de Circulação Atmosférica Observadas no Nordeste Brasileiro e suas Influências nas Condições de Tempo, Centro de Estudos Meteorológicos (SUDENE), 1966, Rio de Janeiro, 28 págs.
- 11) DIRETORIA DE AERONÁUTICA CIVIL, Meteorologia para Pilotos, *Boletim Técnico*, n.º 7, 1950, Rio de Janeiro, 186 págs.
- 12) NIMER, E. Circulação Atmosférica do Brasil, *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXVIII, n.º 3, 1966, IBGE, Rio de Janeiro, p. 232-250: (Alguns conceitos emitidos neste artigo não constituem, hoje, o pensamento de seu autor).

Climatologia da Região Sul *

INTRODUÇÃO

Ao estudar o clima regional do Sul do Brasil, o *primeiro fato* que observamos refere-se a sua notável *homogeneidade*. Embora a Região Norte do Brasil seja muito homogênea quanto à temperatura, o mesmo não acontece em relação à pluviosidade, mormente no que diz respeito ao seu ritmo ou marcha estacional; embora a Região Nordeste, excluindo restritas áreas, seja muito semelhante no que diz respeito aos valores térmicos, é, entretanto, muito heterogênea quanto à distribuição quantitativa, à marcha estacional da precipitação e ao regime de duração do período seco; embora o regime de chuvas na Região Centro-Oeste possua um único ritmo ou marcha estacional, a distribuição quantitativa dessas precipitações e as diferenciações térmicas no seu espaço geográfico a tornam heterogênea; enquanto o Sudeste é a Região de maior diversificação climática, levando-se em conta os valores térmicos, e somente inferior em complexidade à Região Nordeste, no que se refere à distribuição quantitativa da precipitação e ao regime de duração do período seco, *a Região Sul do Brasil embora não seja das mais uniformes no que diz respeito aos valores e regimes térmicos o é, no entanto, no que se refere à pluviometria e ao ritmo estacional de seu regime.*

O *segundo fato* a destacar-se na climatologia regional do Sul do Brasil refere-se à sua *umidade*. Com efeito, comparando o clima da Região Sul, como um todo, com o das demais regiões geográficas do Brasil, não é difícil verificar que o mesmo é consideravelmente diferente dos climas das outras regiões brasileiras: enquanto as demais regiões se caracterizam por possuir *clima quente* (exceção à Região Sudeste, onde predomina *clima subquente*) do tipo *tropical*, *na Região Sul há o domínio exclusivo e quase absoluto do clima mesotérmico do tipo temperado*¹.

* R. Bras. Geog., Rio de Janeiro, 34 (1), jan./mar. 1972.

¹ O *Clima mesotérmico* aparece em numerosas áreas de outras regiões geográficas do Brasil, notadamente no Sudeste, porém, nessas regiões, este clima possui características *tropicais* e sua ocorrência está relacionada às áreas de maiores altitudes. Já no Sul do Brasil o clima mesotérmico aparece quase ao nível do mar, estando pois relacionado às latitudes médias, sendo, conseqüentemente, do tipo *temperado*.

A *homogeneidade e unidade* climáticas desta Região se devem a uma série de fatores e processos genéticos que atuam sobre as condições de tempo nelas reinantes. Por isso, para a compreensão dos processos climáticos dessa Região torna-se necessário um prévio conhecimento de seus diversos fatores, alguns de *ordem estática*, outros de *ordem dinâmica*. Todos atuam simultaneamente em constante interação, porém, para facilitar sua compreensão, nós os examinaremos, de início, separadamente.

1 — FATORES ESTÁTICOS (Fatores geográficos)

a) A posição

O balizamento da Região Sul nas latitudes médias na borda do Oceano Atlântico confere à posição um papel muito importante no condicionamento climático desta Região.

O trópico de Capricórnio passa sobre sua extremidade setentrional, enquanto os paralelos de 30 a 34° Sul tangenciam suas terras mais meridionais. Portanto, seu pequeno território (577.723 km²) está quase todo situado no interior da *zona temperada*, sem se estender muito para o sul e sem se afastar muito da orla marítima, como sucede às Regiões Sudeste e Nordeste².

Neste ponto lembramos que quando o Sol caminha em direção ao zênite, a primavera e o verão sucedem ao inverno; quando se afasta, o outono e o inverno sucedem o verão. Este ritmo das estações, que tão bem caracteriza a vida nas latitudes médias (*zona temperada*), torna-se cada vez menos nítido em se aproximando do equador. Essa maior ou menor nitidez de ritmo estacional decorre do seguinte fenômeno: enquanto nas latitudes baixas (*zona intertropical*) o Sol atinge o zênite duas vezes por ano; nas latitudes médias (*zona temperada*) jamais alcança o zênite (Fig. 1).

Compreende-se daí por que a *zona temperada* não é como a *zona intertropical* submetida a forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende essencialmente da altura do Sol sobre o horizonte, ou seja, do ângulo de incidência dos raios solares, sendo tanto mais intensa quanto maior o ângulo de incidência, variando a média deste ângulo na proporção inversa da latitude. Daí resulta que, da radiação direta do Sol, a quantidade de calor absorvida pelos níveis inferiores da atmosfera na Região Sul é aproximadamente de 0,34 cal/cm²/min (ondas curtas) e 0,3 cal/cm²/min (ondas longas) contra 0,39 a 0,37 (OC) e 0,3 (OL) na *zona intertropical*. Portanto, a absorção de calor na Região Sul do Brasil, embora inferior àquela que se verifica

² O território da Região Sul é bem inferior ao das demais regiões geográficas do Brasil, perfazendo apenas 6,79% do território brasileiro.

nas latitudes baixas é, no entanto, bem superior àquela que se verifica nas altas latitudes.



Fig.1

DivEd/D-J.A.C.

A radiação solar, por sua vez, cria melhores condições à evaporação, uma vez que no processo de evaporação é empregado calor, sendo tanto mais ativa quanto maior o calor disponível a ser empregado no seu processamento.

Outra pré-condição à evaporação é a existência de superfícies líquidas. Ora, possuindo a Região Sul um litoral em toda sua extensão oriental, fica evidente que ela possui uma superfície oceânica à disposição de um muito ativo processo de evaporação, e este, por sua vez, à condensação ou formação de nuvens.

As nuvens são formadas, na maioria das vezes, pela ascendência e resfriamento adiabático do ar. À medida que o ar é resfriado, diminui a quantidade de vapor d'água que ele pode conter, de modo que o ar ascendente torna-se saturado, daí ocorrendo a condensação, porém, não necessariamente chuvas.

Experiências de laboratório demonstram que a saturação não determina automaticamente a condensação. No vapor d'água puro se produz condensação somente com supersaturação de aproximadamente 400%, variando com a temperatura; mas na atmosfera o processo é muito facilitado pela presença de impurezas, chamadas *núcleos de condensação*. Portanto, o processo de condensação e precipitação não depende apenas da evaporação e vapor d'água, mas também de núcleos de condensação: 1.º) os cristais de gelo das nuvens, 2.º) os íons, 3.º) as partículas em suspensão.

Os *íons* são partículas muito pequenas, eletrizadas, provenientes da desagregação das moléculas. Destes, os mais importantes são os chamados *grossos íons* (agregados de moléculas, sobre os quais é fixado um pequeno íon), os quais determinam a condensação imediata a partir da saturação. São resultantes da ionização de origem telúrica e abundam nas baixas camadas da atmosfera urbana (Pedelaborde - 1950).

As *partículas em suspensão* são constituídas pelo *cloreto de sódio* (abundantes sobre os mares e áreas continentais próximas à costa) e por *poeiras* (abundantes sobre as cidades). Tanto os grossos íons como as poeiras e o cloreto de sódio têm um papel muito importante na formação de nuvens (principalmente baixas), notadamente sobre as regiões litorâneas, onde o cloreto de sódio, certamente, faz crescer a quantidade de chuvas, e a ionização resultante da pulverização das finas gotículas de vagas, exerce uma ação no mesmo sentido. De uma análise da visibilidade e da umidade das Ilhas Britânicas, Wright (1949), concluiu que os núcleos de condensação dominantes sobre aquelas ilhas são derivados do sal marinho.

Aos *cristais de gelo*, entretanto, cabem a maior importância na formação de nuvens. Os cristais de gelo, ativando a condensação e a precipitação de chuva, explicam porque a *convecção dinâmica* é o principal fator das precipitações, pois que somente a ascendência dinâmica é capaz de determinar a formação de nuvens muito espessas que conservam cristais de gelo em seus cumes. Nessas nuvens, os movimentos combinados de ascendência e descendência de colunas de ar asseguram o contato dos cristais com toda a massa de nuvens. Com efeito, as precipitações mais pesadas ocorrem quando uma ascendência brutal coloca a supersaturação³, existente nas altas camadas desprovidas de poeira e grossos íons, em contato com os cristais de gelo, isto é, quando o cume dos *cúmulos* e dos *cúmulos-nimbos* atingem a zona dos *cirros*.

Ora, a posição marítima da Região Sul determina uma forte e constante concentração de núcleos de condensação (partícula de sais) nas camadas inferiores de sua atmosfera que, certamente, contribuem para o acréscimo de chuvas em seu território, sempre que essa Região é atingida por *frentes frias*, importante fenômeno de ascendência dinâmica.

b) O relevo

Relevo de superfícies elevadas e formas simples. O relevo da Região Sul é muito simples e tendo em vista apenas os aspectos através dos quais ele age sobre os processos climatológicos, pode ser assim descrito:

No litoral, além dos sedimentos recentes, aflora o cristalino constituído por pontões elevados e ilhas, numa das quais se acha a capital de Santa Catarina. Do norte do Paraná até Laguna, em Santa Catarina, o litoral é compartimentado em pequenas baías e enseadas, dentre as quais se destaca a de Paranaguá. De Lasuna até o extremo sul do Rio Grande do Sul, a planície costeira se alarga e o litoral torna-se mais retilíneo, apresentando, no Rio Grande do Sul, extensas restingas que cercam algumas das maiores lagoas do Brasil.

Para o interior da Região sucedem-se vastas superfícies elevadas de terrenos cristalinos, sedimentares e de lavas basálticas que, no seu conjunto, constitui o chamado Planalto Meridional.

³ Diz-se que o ar está supersaturado quando ele possui mais de 100% de umidade relativa.

No Paraná os terrenos cristalinos formam uma larga faixa que se alça entre 850 a 950 m de altitude, conhecida como Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba. Nele está localizada a capital do Estado. Em Santa Catarina o Primeiro Planalto desaparece, esfacelado em profundos vales pelo alto curso dos rios Itajaí-Açu, Itapocu, Negro, etc. Este embasamento cristalino reaparece no Rio Grande do Sul, afastado do litoral, formando pequenas elevações conhecidas por *coxilhas*.

Em direção oeste esta superfície cristalina é sucedida por uma superfície sedimentar de 700 a 800 m de altitude conhecida por Segundo Planalto, o qual somente existe no Paraná. Neste planalto está localizada a cidade de Ponta Grossa.

Finalmente o *Planalto Basáltico*, cuja superfície chega a estar em torno de 900 m a leste, inclina-se suavemente para oeste em direção à calha dos rios Paraná e Uruguai, porém bastante dessecado por diversos rios conseqüentes, como o Paranapanema, o Ivaí, o Piquiri, o Iguaçu e pelo alto curso do rio Uruguai. Esse planalto, que no Paraná constitui o *Terceiro Planalto*, compreende a maior parte do Planalto Meridional na Região Sul do Brasil, uma vez que as altas superfícies cristalina (Primeiro Planalto) e sedimentar (Segundo Planalto), tão importantes na topografia do Paraná, desaparecem em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, dando lugar ao Planalto Basáltico que, nesses Estados, aproxima-se do litoral.

Além do Planalto Meridional possuir extensas superfícies elevadas, nele aparecem numerosas escarpas denominadas *serras*, que constituem os níveis mais elevados da Região Sul.

Entre o litoral e a superfície cristalina elevada ergue-se uma escarpa muito abrupta. Trata-se da Serra do Mar que no Paraná alça-se a mais de 1.500 m de altitude, atingindo seu ponto culminante ao largo da baía de Paranaguá, onde o Pico do Paraná atinge 1962 m na serra da Graciosa (nome local da Serra do Mar). Em Santa Catarina o paredão contínuo desta escarpa desaparece, substituído por pequenas serras interfluviais (Tijucas — 600 m, serra de Itajaí — 900 m).

Outro importante acidente topográfico é representado pela Serrinha *cuesta* que conduz ao Segundo Planalto do Paraná, elevando-se a 250 metros sobre o nível do Planalto Cristalino, ou seja, a 1.100 — 1.200 m de altitude.

Finalmente, a Serra Geral, escarpa do Planalto Basáltico, cuja altitude oscila principalmente entre 1.100 a 1.200 m, atingindo seu ponto culminante em Santa Catarina, sobre a superfície de São Joaquim, onde o Morro da Igreja se alça cerca de 1.808 metros de altitude.

Mas nem todo território da Região Sul é constituído de planaltos elevados. Além das planícies costeiras a que já nos referimos, outras áreas baixas, de extensões também importantes, aí aparecem, dentre as quais se destacam os vales dos rios Paraná e de seus afluentes, o vale do rio Uruguai, a Depressão Central do Rio Grande do Sul (depressão dos rios Ibicuí-Jacuí) e as vastas planuras da Campanha Gaúcha, onde se destacam as citadas *coxilhas*.

Completar-se-ia melhor a importância do relevo como fator climático, com a consideração das suas zonas hipsométricas, segundo os cálculos do IBGE:

NÚMEROS RELATIVOS (%)

ESTADOS	ÁREAS SEGUNDO AS ALTITUDES (m)						Total
	0-100	100-200	200-300	300-600	600-900	Mais 900	
Paraná.....	1,12	1,46	7,66	37,24	40,33	12,19	100,00
Santa Catarina.....	10,82	5,37	7,14	25,39	30,83	20,45	100,00
Rio Grande do Sul.....	29,02	24,51	16,90	18,97	8,93	1,67	100,00

Considerando que o Planalto Meridional é balizado pelas altitudes entre 300 e 900 metros, chegamos às seguintes conclusões:

O Estado do Paraná é o que possui maior extensão de planalto, apresentando 77,57% de seu território compreendido entre aquelas altitudes. Excluindo os 12,19% pertencentes, geralmente, aos níveis mais elevados das escarpas dos planaltos, restam apenas 10,24% de superfície baixa situada fora do planalto, ou seja, com altitudes inferiores a 300 m.

Em Santa Catarina a área de planalto, compreendida entre 300 e 900 m, decresce (56,22%) em favor do acréscimo das áreas serranas situadas acima de 900 m (20,45%) e das áreas baixas de altitudes inferiores a 300 m (23,33%).

Já no Rio Grande do Sul as largas planícies costeiras do vale do Uruguai, da Depressão Central e a planura da Campanha Gaúcha fazem com que as baixas altitudes adquiram importância bem maior. Com efeito, 70,43% do seu território estão situados abaixo de 300 m e, deste território, 29,02% de sua superfície entre 300 e 900 m, e somente uma insignificante área de 1,67% ultrapassa 900 m de altitude.

Portanto, não obstante a importância adquirida pelas baixas altitudes no Rio Grande do Sul, o que mais caracteriza a topografia da Região Sul do Brasil é a existência de largas extensões de superfícies de planalto, situadas entre 300 e 900 m, sobre o qual as altitudes acima de 900 m ocupam importante superfície.

2 - FATORES DINÂMICOS

O conhecimento das influências dos fatores estáticos ou geográficos que atuam sobre o clima de determinada Região, por mais completo que seja não é suficiente para a compreensão de seu clima. Este não pode ser compreendido e analisado sem o concurso do mecanismo atmos-

férico, seu *fator genético* por excelência, objeto de pesquisa da *Meteorologia Sinótica*. Até mesmo os demais fatores, tais como o relevo, a latitude, a continentalidade ou maritimidade, nesta incluindo as correntes marítimas, etc. agem sobre o clima de determinada região em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica. Por isso, dedicaremos, a seguir, uma unidade de estudo à *circulação atmosférica* que atua sobre a Região Sul do Brasil.

Nesta unidade focalizaremos o Brasil Meridional no sistema geral da circulação da América do Sul, naquilo que mais diretamente está ligado à gênese do clima regional. Inicialmente, procuraremos identificar, dentro do sistema isobárico geral, os *centros de ação* e as *altas* ou *anticiclones* (centros positivos) e as *baixas* ou *depressões* (centros negativos). Os primeiros, como fontes de dispersão de ventos, e os segundos, como centros de atração, orientam a circulação celular ao longo das diferentes zonas. Finalmente, focalizaremos os sistemas de *correntes perturbadas* ou descontinuidades que atuam sobre a região.

1 — Sistema de circulação atmosférica do Sul do Brasil e suas influências sobre as condições de tempo

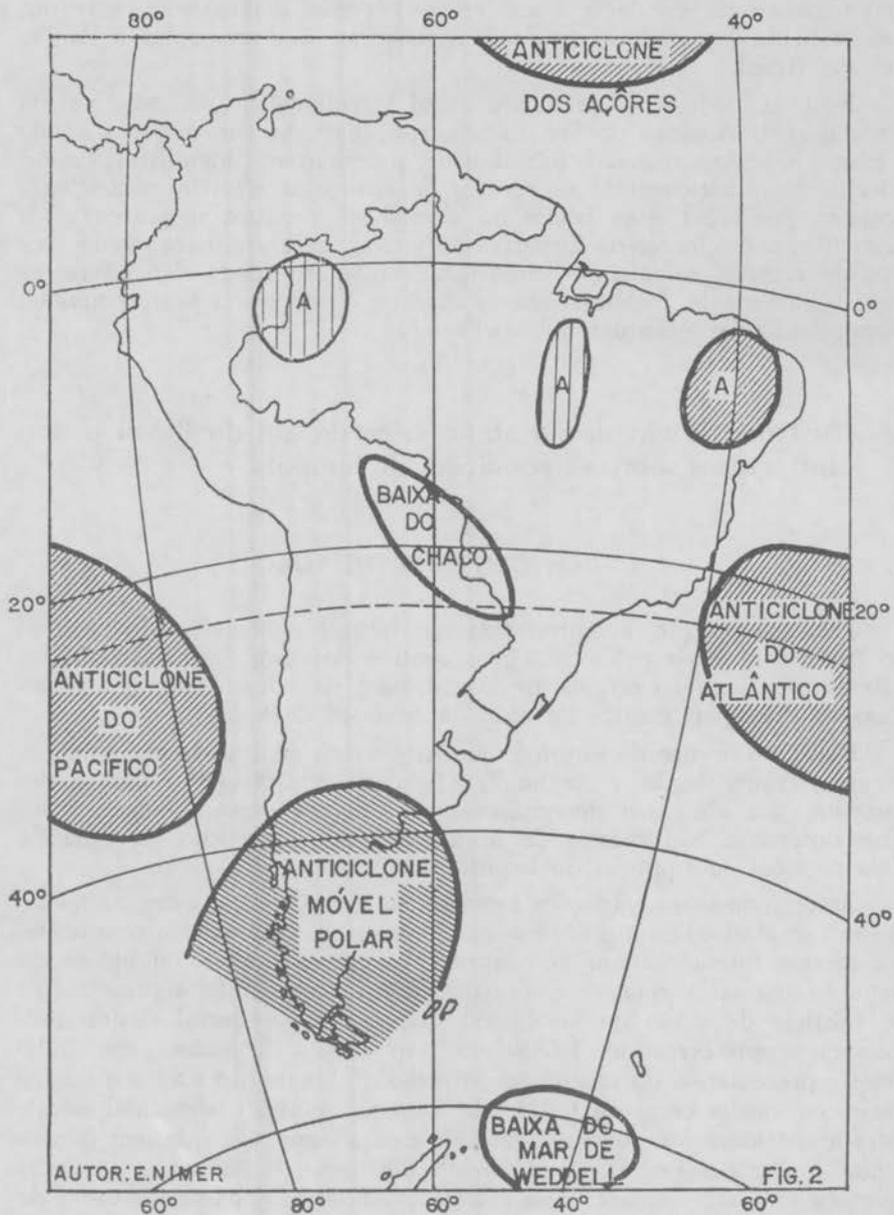
1.1 — OS CENTROS DE AÇÃO

Pela sua posição, compreendida nas latitudes médias, a Região Sul do Brasil é atingida pelos principais centros de ação, quer das latitudes baixas, quer daqueles originários das latitudes elevadas. A figura 2 representa os principais centros de ação da América do Sul.

Cerca do trópico de Capricórnio existem dois centros de *alta* sobre os oceanos, tangenciando o continente. Pela sua constância e fraco deslocamento, tais *altas* são denominadas *anticiclones permanentes e semi-fixos oceânicos*. São centros de origem dinâmica inseridos na zona de altas pressões subtropicais do hemisfério austral.

Associando-se às variações sazonais de temperatura, estes anticiclones ora se afastam para o oceano, ora invadem parcialmente o continente. Da mesma forma oscilam em latitude e pressão, mais ou menos da seguinte maneira: quanto à pressão, em janeiro (mês representativo do solstício de verão do hemisfério sul) o núcleo central destes anticiclones possui cerca de 1.018 mb, em média, enquanto em julho (mês representativo do solstício de inverno do hemisfério sul) seu núcleo possui em média cerca de 1.024 mb; quanto à posição latitudinal média, estes anticiclones apresentam ligeira diferença, uma vez que, em janeiro a *alta do Pacífico* possui posição média em torno de 32° lat. e em julho cerca de 26° lat., enquanto que a *alta do Atlântico* situa-se em torno de 28° lat. em janeiro e 23° lat. em julho. Como se observa, a posição média

CENTROS DE AÇÃO



da alta do Atlântico é ligeiramente inferior a sua correspondente do Pacífico. Estes dois centros de divergência atmosférica constituem as fontes das principais *massas de ar tropicais marítimas*. Ambas possuem estrutura e propriedades semelhantes e intervêm de modo importante no quadro da circulação atmosférica do sul do Brasil. Entretanto, enquanto o *anticiclone do Pacífico* é impedido de avançar para o interior do continente, barrado pela cordilheira dos Andes, o *anticiclone do Atlântico* penetra freqüentemente no interior do Brasil, no que é pouco dificultado pela borda do Planalto Brasileiro. Por esse motivo, dedicaremos uma atenção especial apenas ao *anticiclone do Atlântico*.

a) *Alta do Atlântico Sul* — Durante todo ano nas regiões tropicais e temperadas do Brasil, à exceção do oeste da Amazônia e do Centro-Oeste do Brasil, sopram ventos de SE a NE, oriundos das *altas* pressões subtropicais, ou seja, do *anticiclone semifixo do Atlântico Sul*.

Este anticiclone, que constitui a *massa de ar tropical marítima*, possui geralmente temperaturas elevadas, ou amenas, fornecidas pela intensa radiação solar e telúrica das latitudes tropicais e forte umidade específica, fornecida pela intensa evaporação marítima. Entretanto, em virtude de sua constante subsidência superior e conseqüente inversão de temperatura, sua umidade é limitada à camada superficial, o que lhe dá um caráter de homogeneidade e estabilidade, não obstante ser menos acentuado sobre o território brasileiro por vários motivos⁴.

Contudo, apesar da inversão térmica superior se encontrar mais elevada no setor ocidental do *anticiclone subtropical*, o domínio deste anticiclone mantém a estabilidade do tempo. Praticamente, esta estabilidade, com tempo ensolarado, somente cessa com a chegada de *correntes perturbadas*⁵.

⁴ No setor oriental do *anticiclone*, ou seja, na costa da África, a inversão térmica está geralmente a 500 m acima do nível do mar. Porém, no setor ocidental desta *alta*, o aquecimento do continente, a corrente marítima (quente) que tangencia o litoral do Brasil, o obstáculo imposto pela encosta do Planalto Brasileiro e, provavelmente, outros motivos por nós desconhecidos, produzem no ar superficial um ligeiro movimento ascendente que eleva a inversão térmica superior para acima de 1.500 m. Conseqüentemente, a umidade absorvida do oceano penetra até grandes alturas, tornando o setor ocidental da *massa tropical marítima* mais sujeita à instabilidade do que o setor oriental.

⁵ Esclarecemos, contudo, que a orografia nas regiões tropicais apresenta maior significância climática, principalmente no que afeta a nebulosidade e a precipitação. Ao longo do rebordo oriental do Brasil, a encosta das altas superfícies elevadas do interior, não apenas concorre no sentido de aumentar a pluviosidade durante as situações de descontinuidades dinâmicas, como ainda provoca, por vezes, pela sua forte umidade específica, algumas precipitações no seio da *massa tropical* sob regime de inversão superior, quando seus ventos de E a NE sopram com velocidade acima do normal, ou seja, superior a 5 nós/h. (1 nó = 1.852 m/h.). Neste caso, a ascendência dinâmica provocada pelo obstáculo montanhoso (Serra do Mar, Serrinha e Serra Geral — na Região Sul do Brasil) é, às vezes, suficiente para provocar algumas precipitações. Entretanto tais chuvas, além de pouco freqüentes, são de copiosidade pouco intensa. É bem verdade que a Região Sul do Brasil está compreendida na *zona temperada*, porém, por suas latitudes subtropicais, os ventos (de NE) do *anticiclone do Atlântico* que lhes atingem são originários da *zona tropical*, por conseguinte o papel que a orografia exerce sobre tais ventos é de importância quase igual ao exercido nas latitudes baixas.

b) As *Pequenas Altas Tropicais* e o *Anticiclone Polar* — Além do *anticiclone subtropical do Atlântico Sul* outras *altas* participam diretamente no quadro da circulação atmosférica da Região Sul.

— As *altas tropicais* são representadas por pequenas *dorsais* que, originárias nas latitudes baixas do Brasil, especialmente de meados da primavera a meados do outono, invadem a Região Sul, principalmente o Estado do Paraná, vindas de NW.

A respeito dessas *altas* existe muita controvérsia: alguns outros consideram-nas pertencentes à *massa equatorial continental* que tem seu centro de ação na Amazônia, enquanto outros consideram-nas vinculadas ao *anticiclone do Atlântico Sul*, constituindo, pois, massa de ar tropical. Mas, seja qual for sua vinculação, o que importa é que tais *altas* são muito móveis e trazem consigo *correntes perturbadas*. Por esse motivo, voltaremos a tratar dessas *altas* quando salientarmos as *correntes perturbadas*.

— Outro centro de ação positivo é representado pela alta polar, conhecido por *anticiclone polar marítimo da América do Sul*. Esta *alta*, de notável deslocamento, tem tanta importância na participação direta da circulação atmosférica da Região Sul quanto o *anticiclone subtropical do Atlântico*. Sobre sua origem, trajetórias, estrutura e propriedades, trataremos adiante quando salientarmos as *correntes perturbadas*, tendo em vista que, tais *altas*, ao invadirem a Região, trazem consigo uma série de estado de tempo instável, dentre os quais a mais importante *corrente perturbada* ou *descontinuidade* que age sobre a Região Sul do Brasil, que é a *frente polar*.

c) *Baixa do Chaco* — Outro centro de ação importante é representado pelo centro negativo localizado no interior do continente sul-americano, mais comumente sobre a região do Chaco, daí suas diversas denominações: *baixa do Chaco*, *baixa continental* e *baixa do interior*.

Sua origem está intimamente ligada às ondulações da *frente polar* que se verificam nas latitudes médias e a subsequente dissipação do setor setentrional dessa *frente*, sempre que esta, vinda de SW, transpõe a cordilheira dos Andes. Entretanto, parece que este mecanismo não é o único fator dinâmico ligado à gênese desta *baixa*: a fusão de várias *linhas de depressão* das baixas latitudes do interior do Brasil, se não entram na sua origem, certamente concorrem para seu fortalecimento⁶. Outro fator que certamente concorre para a existência deste centro negativo é o forte aquecimento do interior do continente, daí advindo sua maior importância durante o verão austral.

Sendo, portanto, de origem termodinâmica, esta *baixa* é extremamente móvel. Porém, é possível reconhecer que sua posição média reside sobre a região do Chaco nos limites Brasil-Bolívia. Entretanto, durante o inverno ela se encontra mais freqüentemente sobre o Peru-Acre-Rondônia e, durante o verão, sobre a região do Chaco argentino.

⁶ A respeito da *frente polar* e das *linhas de depressão* (ou de *instabilidades tropicais*) do interior do Brasil, trataremos quando salientarmos as *correntes perturbadas*.

Não obstante a vorticidade ciclônica de seus ventos, o domínio de tal *baixa* determina, geralmente, bom tempo, por dois motivos: 1.º) sua origem continental lhe confere pouca umidade específica; 2.º) acima desta *baixa* existe, quase sempre, uma célula anticiclônica, impedindo a continuidade da ascendência de suas correntes convectivas nos níveis superiores.

Esta *baixa*, cujas interações com a *frente polar* tem notável consequência nas condições de tempo de todo o Brasil tropical, na Região Sul ela adquire muita importância somente nos anos de verão pouco chuvoso ou verão *seco*.

d) *Centros de Ação de menor importância* — Sobre a circulação atmosférica e as condições de tempo e clima na Região Sul do Brasil, como, aliás, sobre todo o território nacional, resta-nos ainda salientar a *baixa do Mar de Weddell* e a *alta dos Açores*. Assim como o *anticiclone do Pacífico Sul*, esses dois centros de ação têm um papel muito importante no quadro circulatório do Brasil. Consideramo-los de *menor importância* apenas porque suas influências sobre a Região Sul são exercidas indiretamente.

— A *baixa do Mar de Weddell* é uma das diversas células da zona de baixa pressão subpolar. É oriunda da ondulação da *frente polar Atlântica*. Dessas ondulações frontais formam-se profundos *ciclones*, tipicamente *noruegueses*, mais ou menos na altura da Terra do Fogo. Após sua propagação para SE, esses ativos *ciclones* entram em total estado de oclusão, cerca do Mar de Weddell. Desse sucessivo e constante processo dinâmico fundamenta-se a referida *depressão*.

Sempre que os referidos *ciclones* se aprofundam no extremo sul do continente sul-americano, ou quando a *baixa do mar de Weddell* é reforçada através de uma ligação com o eixo meridional da *frente polar* ocorre, conseqüentemente, uma notável atração dos sistemas intertropicais em direção àquelas células, ou seja, em direção ao pólo. Nessas situações sopram sobre a Região Sul ventos de NE do *anticiclone do Atlântico Sul*, trazendo consigo tempo bom e brusco aquecimento, constituindo o fenômeno denominado *aquecimento pré-frontal*.

— A célula positiva do *anticiclone dos Açores*, correspondente boreal do *anticiclone semifixo e permanente do Atlântico Sul*, possui, como este, estrutura e propriedades típicas das *altas subtropicais*. Embora esta alta exerça, mesmo que indiretamente, uma importante ação na circulação atmosférica do Brasil tropical, na circulação regional do sul do Brasil sua influência é muito remota, motivo pelo qual esta *alta* não mais será mencionada no decorrer deste estudo sobre o clima da Região Sul.

1.2 — AS CORRENTES DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA

Os centros de ação positivos geram as massas de ar, cujos ventos de natureza anticiclônica ou divergentes asseguram, geralmente, estabilidade

com tempo ensolarado. Por exemplo, o *anticiclone do Atlântico Sul* origina a *massa tropical marítima* e o *anticiclone polar* gera a massa polar.

Entre duas massas de ar ou de duas ou mais altas existe sempre uma zona depressionária que constitui uma *descontinuidade*, para a qual convergem os ventos das duas massas de ar ou das *altas*. Nessas descontinuidades os ventos convergentes ou ciclônicos tornam o tempo instável e geralmente chuvoso. Tais fenômenos são muito móveis e, por sua estrutura e deslocamento, são denominados *correntes de circulação perturbada*.

Sobre o território brasileiro existem diversas *correntes perturbadas* que, por sua origem e direção de trajetória, podem ser denominadas *correntes de norte*, representadas pela *convergência intertropical* (CIT); *correntes de este*, representadas pelas *ondas de este* (EW); *correntes de oeste*, representadas por *linhas de instabilidades tropicais* (IT); e finalmente as *correntes de sul*, constituídas pelas *frentes polares* (FP). Destas correntes salientaremos apenas aquelas vindas dos quadrante sul e oeste, uma vez que estas são as únicas que atuam diretamente sobre a Região Sul do Brasil⁷.

a) As *correntes perturbadas de S* são representadas pela invasão do *anticiclone polar* com sua *descontinuidade frontal*⁸. A fonte desses anticiclones é a região polar de superfície gelada, constituída pelo continente antártico e pela banquisa fixa. De sua superfície anticiclônica divergem ventos que se dirigem para a zona depressionária subantártica, originando nessa zona ocupada pelo *pack* e outros gelos flutuantes, as *massas de ar polar*. Dessa zona partem os *anticiclones polares* que periodicamente invadem o continente sul-americano com ventos de W a SW nas

⁷ Os sistemas de correntes de circulação *perturbada* que aqui esquematizamos (Fig. 3) foram baseados em observações diretas por nós realizadas em cartas sinóticas elaboradas pelo Departamento de Meteorologia do Ministério da Agricultura e na leitura sobre diversos trabalhos realizados por Adalberto Serra, dentre os quais destacamos:

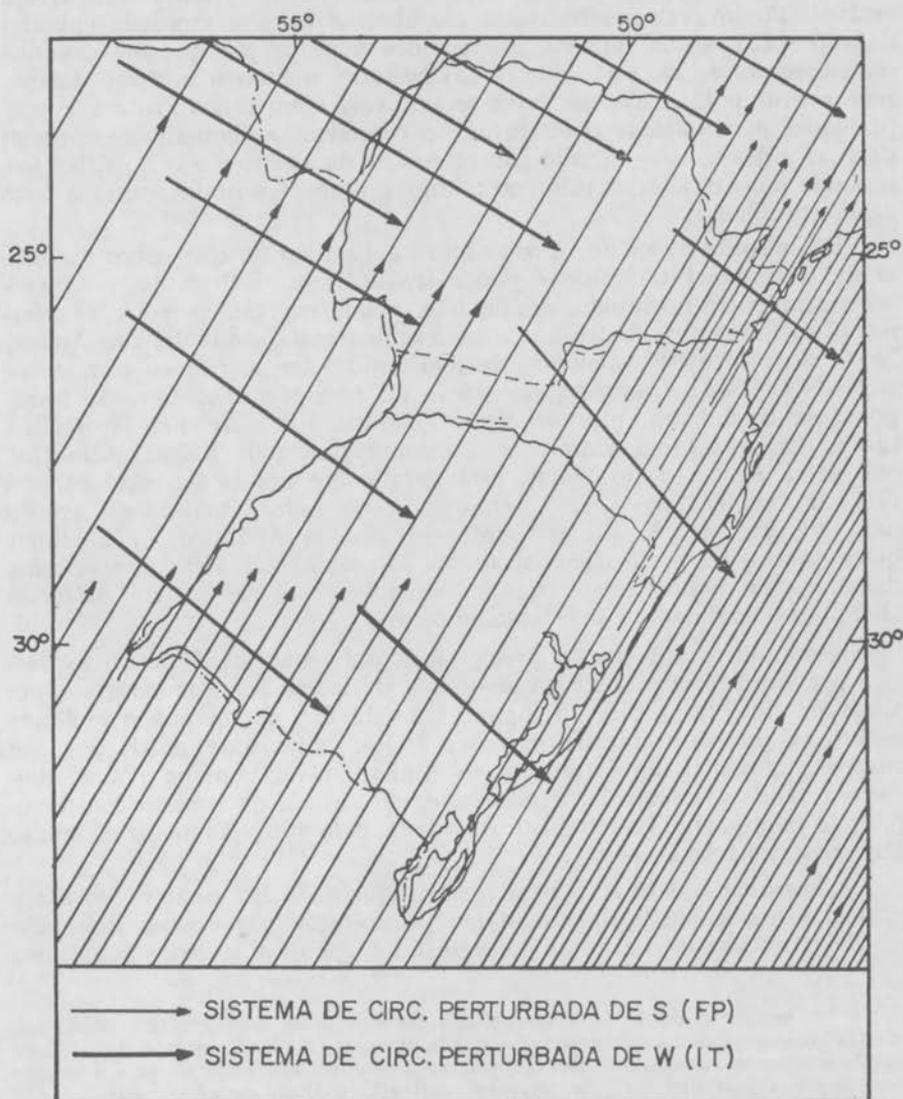
a) Chuvas de Primavera no Brasil, Chuvas de Verão no Brasil, Chuvas de Outono no Brasil, Chuvas de Inverno no Brasil, Serviço de Meteorologia (atual Departamento de Meteorologia), Ministério da Agricultura, 1960, pp. 244 — Rio de Janeiro.

b) O Princípio de Simetria, *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, pp. 377-439, 1962, CNG/IBGE — Rio de Janeiro.

Para outras informações, recomendamos a leitura dos artigos de Edmon Nimer, publicados no Atlas Nacional do IBGE sob o título "Circulação Atmosférica" e na *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXVIII, n.º 3, pp. 232-250, CNG/IBGE, Rio de Janeiro, 1966, sob o título "Circulação Atmosférica do Brasil — Contribuição ao Estudo da Climatologia do Brasil".

⁸ Reservamos a descrição sobre o *anticiclone polar* para este tópico dedicado às frentes polares por dois motivos: 1.º porque tais descontinuidades frontais (FP) são uma conseqüência direta do deslocamento daqueles anticiclones; 2.º porque estes anticiclones, ao atingirem as latitudes subtropicais do Brasil, não mais possuem a subsidência superior adquirida no local de sua origem, principalmente no verão. Por este motivo, não apenas sua descontinuidade frontal provoca instabilidade e chuvas, como também o próprio anticiclone, desde que seu centro de alta esteja localizado sobre o mar, defronte à Região Sul.

SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA PERTURBADA NA REGIÃO SUL



Autor: E. Nimer.
DivEd/D. M.A.S.

FIG.3

0 100 200 400Km

altas latitudes, mas adquirindo, freqüentemente, a direção S a SE em se aproximando do trópico, sobre o território brasileiro.

De sua origem e trajetória (SW-SE), até chegar à Região Sudeste, derivam suas propriedades. Em sua origem, estes anticiclones possuem subsidência e forte inversão de temperatura e o ar é muito seco, frio e estável. Porém, em sua trajetória ele absorve calor e umidade colhidas da superfície morna do mar, aumentados à proporção que ele caminha para o equador. De sorte que já nas latitudes médias a inversão desaparece e o ar polar marítimo torna-se instável. Com esta estrutura e propriedades o *anticiclone polar* invade o continente sul-americano entre os dois referidos *centros de alta subtropical*, o do Pacífico e o do Atlântico, segundo duas trajetórias diferentes: uma a oeste dos Andes, outra a leste dessa cordilheira.

Em virtude da maior pressão sobre o Pacífico do que sobre o continente, a primeira trajetória é pouco freqüentada. Entretanto, no *inverno* a *alta polar* possuindo, geralmente, maior energia, percorre regularmente esta trajetória, entre a *alta* do Pacífico e a Cordilheira dos Andes. Nesta situação a FP estende-se da região subpolar ao trópico com orientação NNW-SSE. Com essa orientação ela transpõe os Andes. Ao transpor essa cordilheira, o setor setentrional da FP sofre FL (frontólise, isto é, dissipa-se) em contato com a convergência da *baixa continental*, que nesta época, como vimos, está geralmente um pouco deslocada a NW da região do Chaco, enquanto seu setor meridional avança para NE ou para E, até se perder no oceano Atlântico, após atingir quase todo o território nacional ao sul do paralelo de 15° sul, aproximadamente, ao mesmo tempo que o *anticiclone subtropical do Atlântico* abandona o continente e se refugia no oceano⁹.

Nessas circunstâncias, a precipitação pluviométrica é pouco expressiva por vários motivos: 1.º) o ar quente da *massa tropical marítima*, em ascensão dinâmica sobre a rampa frontal da FP, possui pouca umidade específica por se tratar de inverno; 2.º) o *anticiclone polar*, por seu trajeto continental, após transpor os Andes, possui também pouca umidade, e tende a se estabilizar pela base, em virtude do contato com a superfície continental intensamente resfriada pela radiação noturna, muito ativa nesta estação do ano.

A segunda trajetória é bem mais freqüentada no verão¹⁰. É ela a principal responsável pela abundante precipitação nas regiões litorâneas da Região Sudeste e no setor nordeste da Região Sul, e pelos aguaceiros

⁹ A passagem da FP é acompanhada de trovoadas, com granizos ocasionais, chuvas, ventos moderados a fortes do quadrante oeste, rodando para o sul. Alivia significativamente as condições de temperatura e conforto ambiental durante a estação quente por alguns dias até que retornem à Região o fluxo de ar tropical.

¹⁰ Observamos que, em se tratando do mecanismo atmosférico, o *verão* a que nos referimos não corresponde apenas ao trimestre dezembro-janeiro-fevereiro, mas extensivo ao semestre outubro-novembro-dezembro-janeiro-fevereiro-março. Esclarecemos, todavia, que os meses de dezembro-janeiro-fevereiro são os mais representativos dessa estação.

de grande concentração/hora ou minuto que, nesta época do ano, ocorrem com muita frequência nas áreas serranas e suas proximidades. Seu desenvolvimento assim se processa: no verão, em virtude do maior aquecimento do hemisfério Austral, há um declínio geral da pressão, principalmente sobre o continente, e todos os *centros de ação* estão ligeiramente deslocados para posições mais meridionais. A FP nesta época, geralmente com menos energia, raramente consegue percorrer a trajetória do Pacífico e galgar a cordilheira andina nas latitudes médias, transpondo-a pelo extremo sul do continente, com orientação NNW-SSE. Ao transpor os Andes, a FP sofre um ligeiro estacionamento durante o qual ela adquire orientação NW-SE. Neste sentido ela avança para NE. Ao alcançar a região do Chaco, o centro de *baixa* do interior, nesta época bastante aprofundado, impede, geralmente, sua progressão pelo interior. Aí, em contato com a convergência dessa baixa, a FP entra em FL ou recua como *frente quente* (WF). Enquanto isso, o *anticiclone polar*, que caminhava sobre o continente na altura do Uruguai, é desviado para o litoral do Brasil, mantendo a *frente fria* (KF) em progressão para NE pela rota marítima, atingindo, na maioria das vezes, apenas as áreas continentais do litoral e próximas a ele. Cerca do trópico, a FP não possui, geralmente, energia suficiente para mantê-la em constante FG (frontogênese, isto é, em avanço) estabelecendo-se daí o equilíbrio dinâmico entre a *alta do Atlântico Sul* e a *alta polar*. Nesta situação, condicionado pela maré-barométrica, a FP permanece semi-estacionária sobre essas áreas durante 2 a 3 dias, após o que ela pode evoluir por diferentes estágios, desde sua dissipação até a sucessivos avanços e recuos acompanhados de chuvas diárias, geralmente *pesadas*, que podem durar mais de 10 dias para, finalmente, se dissipar com o desaparecimento da *alta polar*.

Estas situações, embora atinjam mais freqüentemente a Região Sudeste, mormente os Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, são, no entanto, ainda muito comuns sobre os Estados do Paraná e Santa Catarina, principalmente no seu setor oriental ¹¹

Tais sistemas de circulação acompanhados de instabilidades pré-frontais, frontais e pós-frontais, constituem, essencialmente, as *correntes perturbadas de S*. O semi-estacionamento da FP e suas oscilações tornam tais *correntes perturbadas* na Região Sul, mais freqüentes ao longo do litoral, notadamente sobre o Paraná e Santa Catarina, do que nas demais áreas desta Região, embora elas provenham, como vimos, do sul do sudoeste do país.

¹¹ A descrição do comportamento da FP, ao atingir a zona do trópico no *verão*, com seus diversos estágios, resultou de pesquisas realizadas pelo autor, relativas aos meses de outubro-novembro-dezembro-janeiro-fevereiro-março de 1950 (verão muito chuvoso) e de 1954 (verão pouco chuvoso) além dos meses de dezembro de 1966 e janeiro de 1967 (meses de um verão excepcionalmente chuvoso, na Região Sudeste do Brasil). Maiores detalhes a respeito dos desdobramentos dessas *correntes perturbadas* de origem subpolar serão encontrados no estudo "Análise Dinâmica da Precipitação na Região Serrana do Sudeste do Brasil — Especialmente na Serra das Araras" — A ser publicado na Revista Brasileira de Geografia, IBG — Fundação IBGE — 1971.

Salientamos que tais choques em equilíbrio dinâmico entre o sistema de circulação do *anticiclone móvel polar* (do quadrante sul) e o sistema de circulação do *anticiclone subtropical semifixo do Atlântico Sul* (do quadrante norte) se dá com muita frequência sobre a Região Sudeste do Brasil. Sobre a Região Sul estas situações são muito comuns apenas sobre seu setor norte. Nas demais áreas da Região Sul a FG as atinge, geralmente, mantendo-se em FG, mesmo no verão¹². Portanto, o que caracteriza a *Região Sul* quanto à circulação atmosférica é que *é uma região de passagem da frente polar em frontogênese*. Esta circunstância torna a Região Sul sujeita às sucessivas invasões de *correntes perturbadas de S* que alcançam a extraordinária regularidade de uma invasão por semana, sendo esta regularidade tanto mais notável no Rio Grande do Sul¹³.

b) *As correntes perturbadas de W* — O sistema de instabilidade de W decorre do seguinte: de meados da primavera a meados do outono todo o território intertropical brasileiro é periodicamente invadido por sucessivas ondas de ventos de W a NW trazidas por linhas de instabilidades tropicais (IT)¹⁴. Trata-se de alongadas depressões barométricas induzidas em pequenas *dorsais*¹⁵. No seio de uma *linha de IT* o ar em convergência dinâmica acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas, por vezes granizo, e ventos moderados a fortes com rajadas que atingem 60 a 90 km/hora.

Tais fenômenos são comuns no interior do Brasil no período que se estende de meados da primavera a meados do outono, porém são mais frequentes e regulares no verão, quando há um decréscimo geral da pressão motivado pelo forte aquecimento do interior do continente. Sua origem parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na *frente polar*, ao contato com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações formam-se ao norte da FP uma ou mais IT sobre o continente. Após formadas, elas se deslocam com extrema mobilidade até 60 km/hora, embora possam, por vezes, permanecer semi-estacionárias.

¹² São raros os verões nos quais os referidos choques em equilíbrio dinâmico se dão com mais frequência sobre a Região Sul do que sobre a Região Sudeste. Quando isso acontece o verão torna-se extraordinariamente chuvoso na Região Sul, enquanto na Região Sudeste, principalmente em São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, ele se caracteriza por ser *seco*, isto é, com poucas chuvas. A este respeito escreveu Monteiro (1969), embora comparando e relacionando as características hibernais do eixo Porto Alegre-Florianópolis-Curitiba-São Paulo-Rio de Janeiro-Caravelas.

¹³ No Rio Grande do Sul, intervalo inferior a 4 dias é pouco frequente, e superior a 10 dias é muito raro.

¹⁴ Estes fenômenos têm recebido outras denominações por parte de diversos autores tais como: *calhas induzidas*, *frentes tropicais*, *ondas de oeste*, etc. O Departamento de Meteorologia do Ministério da Agricultura, órgão oficial brasileiro mais importante, dedicado à pesquisa meteorológica, através de suas *cartas sinóticas* e de seus *boletins diários de previsão do tempo*, denomina este fenômeno por *linhas de instabilidade tropical*. Por este motivo nós assim também o consideramos.

¹⁵ A respeito destas *dorsais* já nos referimos no item b, tópico 1 da Unidade I.

À medida que a FP caminha para o equador, as IT se deslocam para E, ou mais comumente para SE, anunciando com nuvens *pesadas* e geralmente chuvas tipicamente tropicais, a chegada da FP com antecedência de 24 horas, a qual, no entanto, pode não chegar.

Tais chuvas se verificam, geralmente, no fim da tarde ou início da noite, quando, pelo forte aquecimento diurno, intensificam-se a radiação telúrica e, conseqüentemente, as correntes convectivas. Constituem as chamadas *chuvas de verão*, as quais o povo referindo-se com a expressão *dá e passa*, muito bem as caracteriza. De fato, ao contrário das *chuvas frontais* (provocadas pela ação direta das *frentes polares*) que costumam ser intermitentes durante dois, três ou mais dias, as *chuvas de verão* (chuvas de convergência) duram poucos minutos, raramente ultrapassando 1 hora.

Sua incidência gera uma sucessão de tipos de tempo que podem ser descritos da seguinte maneira: pela manhã o céu aparece quase que inteiramente sem nuvens, mas com o forte aquecimento solar surgem rapidamente numerosos *cúmulos*, primeiramente sobre as *serras*, e com o ocorrer da tarde enormes *cúmulo-nimbos* encobrem o céu em torno de 5/10, para, finalmente, com o cair da noite se tornar quase que inteiramente encoberto por *pesados* e *grossos cúmulo-nimbos* sobre calmaria. Nessas situações o calor sensível aumenta pelo efeito da calmaria, pela concentração de calor abaixo do baixo teto de nuvens, pela irradiação de calor liberado no processo de condensação e pelo aumento da umidade relativa. Finalmente dá-se a precipitação pluviométrica, que pode ser intensa ou não¹⁶.

Depois de curta duração estas chuvas cessam inteiramente e, com leve brisa refrescante, as nuvens vão desaparecendo, deixando largos espaços estrelados. Na manhã seguinte, a intensa radiação solar faz imediatamente retornar o forte aquecimento do dia anterior¹⁷.

Estas *correntes perturbadas*, por serem típicas da circulação atmosférica tropical, não afetam igualmente toda a Região Sul do Brasil que, como sabemos, está quase inteiramente balizada na zona temperada. Por este motivo, enquanto o Estado do Paraná é, durante o verão, frequentemente invadido por tais correntes, no Estado do Rio Grande do Sul suas invasões são raras. Este fato é responsável, como veremos adiante, pela dualidade de regime de chuvas no espaço geográfico da Região Sul do Brasil.

¹⁶ A chuva pode, até mesmo, ficar circunscrita às serras e suas proximidades. Nessas situações, algumas vezes as linhas de IT não são acompanhadas de forte nebulosidade, produzindo nas baixadas litorâneas e do interior apenas ventos e tempestades de poeira.

¹⁷ Esta sucessão de tempo que acabamos de descrever, acompanhando a chegada de *correntes perturbadas de W*, trazidas pelas IT, nem sempre se verifica exatamente com este ritmo. Interferências motivadas pela dinâmica geral da circulação costumam interromper este ciclo, como ainda torná-lo com características diferentes.

2 – O sul do Brasil é uma região privilegiada pela altura e regime anual da precipitação pluviométrica

2.1 – ALTURA MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO ANUAL

Das regiões geográficas do globo bem regadas por chuvas, o sul do Brasil é uma daquelas cuja distribuição espacial deste fenômeno no fim de um ano se faz de forma mais uniforme. Com efeito, ao longo de quase todo seu território a *altura média da precipitação anual* varia de 1.250 a 2.000 mm. Portanto, não há no sul do Brasil nenhum local cuja acumulada de precipitação seja excessiva ou carente (Fig. 4).

Esta uniformidade decorre de uma série de fatores dinâmicos e estáticos:

– Os sistemas de circulação causadores de chuva atuam com frequência anual mais ou menos semelhante sobre todo o território regional, conforme mostra a figura 3. No oeste do Paraná e Santa Catarina o sensível decréscimo de frequência de *correntes perturbadas de S* (FP) é em parte recompensado pelas invasões de *correntes perturbadas de W* (linhas de IT) no verão;

– O relevo regional caracterizado por superfícies e formas simples não interfere a ponto de criar diferenciações muito importantes na pluviometria anual.

Somente restritas áreas estão fora do balizamento de 1.250 a 2.000 mm. *Acima de 2.000 mm incluem-se:*

– pequeno trecho do litoral do Paraná, onde é maior a frequência de *frente polar*, e o relevo de escarpas abruptas faz aumentar a precipitação;

– o oeste de Santa Catarina (planalto e vale do Rio Uruguai), onde é mais importante a conjugação das chuvas dos sistemas de S e de W. Aí, a localidade de Xanxerê, situada a 791 metros de altitude, registra um total de 2.390 mm;

– restrita área em torno de São Francisco de Paula no Rio Grande do Sul, situada acima de 900 metros, onde a escarpa da superfície elevada de Lajes-São Joaquim, a barlavento das *correntes perturbadas* de origem polar, ativando a precipitação, registra 2.456 mm, ou seja, o mais alto índice pluviométrico da Região Sul.

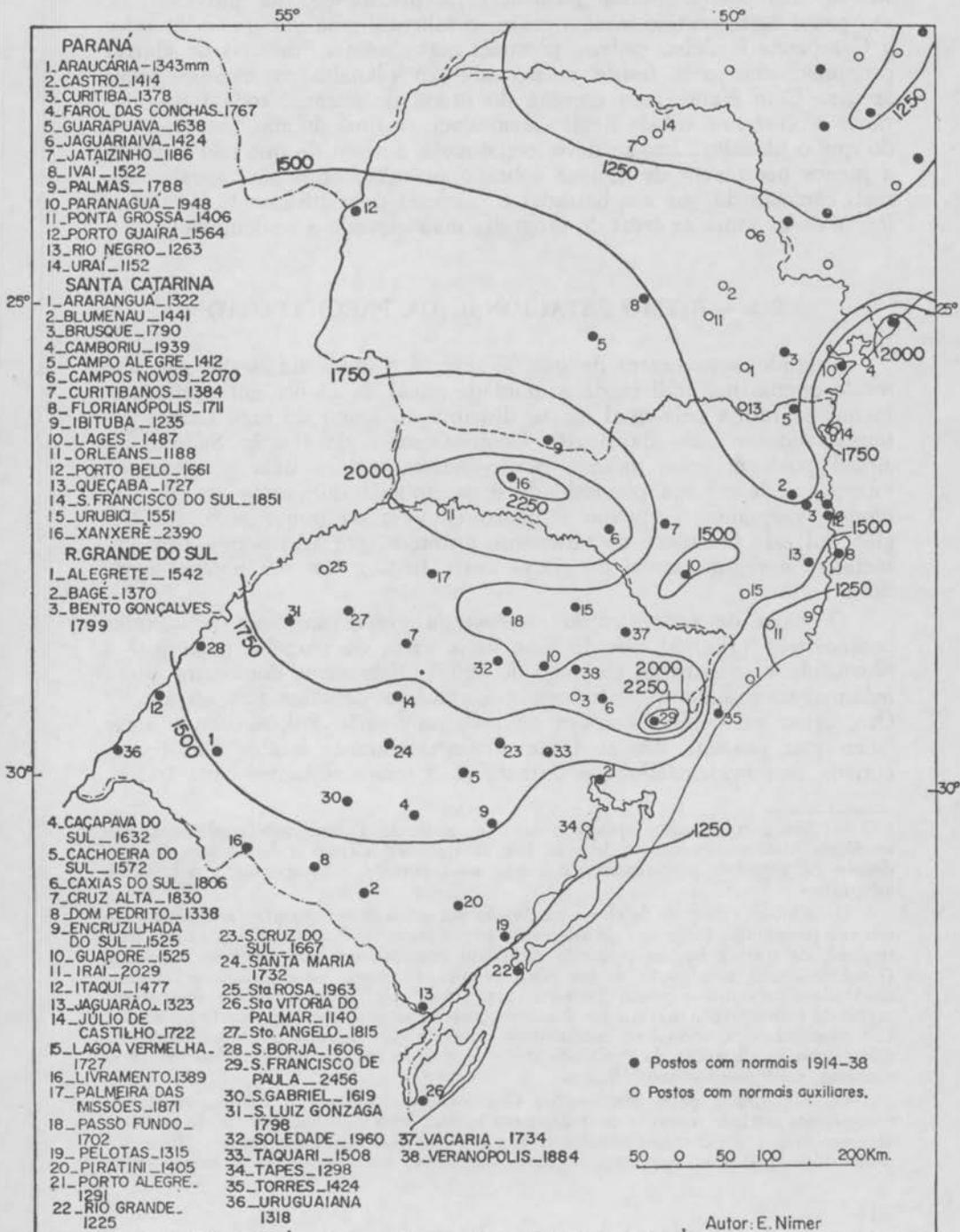
Abaixo de 1.250 mm incluem-se:

– o norte do Paraná onde decrescem sensivelmente as chuvas trazidas pelas *correntes perturbadas de S*;

– pequeno trecho do litoral sul de Santa Catarina, onde o festonamento da Serra do Mar subtrai a precipitação do vale do rio Rosinha.

ISOIETAS ANUAIS (mm)

ALTURA MÉDIA DA PRECIPITAÇÃO AO ANO



Daí se conclui que embora o relevo, por suas características gerais suaves, não exerça grande influência na distribuição da pluviometria, seu papel neste sentido mesmo assim se salienta, uma vez que o litoral e a Campanha Gaúcha, embora possuam maior número de dias de chuvas proporcionadas pela *frente polar*, cabe ao planalto os maiores totais anuais. Com efeito, com exceção do litoral do Paraná, toda faixa litorânea e o extremo sul da Região acumulam, ao final do ano, menos chuva do que o planalto. Isto se deve, certamente, ao fato de que não obstante a menor ocorrência de chuvas sobre o planalto, estas são, geralmente, mais copiosas do que nas baixadas e planícies pelo ativamento da turbulência do ar sobre as áreas de orografia mais elevada e acidentada ¹⁸.

2.2 – RITMO ESTACIONAL DA PRECIPITAÇÃO

Contudo a vantagem de que se reveste o clima da Região Sul não reside apenas nos índices de acumulada anual de chuva, mas principalmente na forma pela qual ela se distribui ao longo do ano. Largas extensões do território da Região Centro-Oeste e da Região Sudeste do Brasil possuem esses índices, porém nessas regiões uma percentagem muito grande de sua pluviosidade é precipitada durante a *estação das chuvas*, enquanto o inverno é pouco chuvoso ou muito seco. Na Região Sul este fenômeno só raramente acontece, por isso o que bem caracteriza o regime anual de chuva nesta Região é o seu notável equilíbrio.

O mapa de *concentração máxima da precipitação em três meses consecutivos* (Fig. 5) nos dá uma idéia exata da maneira pela qual a pluviosidade se distribui ao longo do ano ¹⁹. Este mapa demonstra que a máxima acumulada trimestral varia em média de 25 a 35% ao ano ²⁰. Ora, como em nenhuma época do ano, na Região Sul, as chuvas quer *leves* quer *pesadas*, não se fazem ausentes durante muitos dias consecutivos, fica evidenciado que durante os 9 meses restantes cada trimes-

¹⁸ Sobre o planalto, apenas o leste e norte do Paraná não confirmam esta tendência. Isto certamente se deve ao fato de que nestas áreas o decréscimo de incidência de *correntes perturbadas de S* não mais permite a compensação pelo efeito orográfico.

¹⁹ Embora o regime de chuva na Região Sul esteja sujeito a certa variabilidade de um ano para outro, longe está de adquirir a importância verificada nas regiões de clima tropical, da qual a Região Nordeste do Brasil constitui um dos melhores exemplos. O sul do Brasil, em função de seu *clima temperado* possui, ao contrário, um regime anual de chuva muito pouco irregular, razão pela qual a variabilidade da percentagem da concentração máxima em 3 meses consecutivos é de muito pouca importância. Por conseguinte, a *normal* ou média desta concentração exprime um valor estatístico que pouco se distancia da realidade deste fenômeno em cada ano, salvo em raras exceções, conforme veremos adiante.

²⁰ Em grande parte das Regiões Centro-Oeste e Sudeste o volume de chuvas precipitadas durante o ano se concentra, em média, cerca de 45 a 55% (e até mais em algumas áreas) em 3 meses consecutivos, e mais de 80% em 4 a 5 meses. No sertão semi-árido da Região Nordeste, ao norte da Bahia, a concentração é ainda maior.

tre recebe uma acumulada de precipitação ligeiramente inferior àquela do trimestre mais chuvoso. Sabendo-se ainda que a altura total das chuvas precipitadas ao longo do ano, em quase todo o território regional, varia em média de 1.250 a 2.000 mm, conclui-se que em qualquer época do ano o território meridional do Brasil é bem regado por chuvas. Somente o norte e o litoral do Paraná apresentam concentração trimestral que ultrapassa 35%, atingindo 40% apenas em restritas áreas.

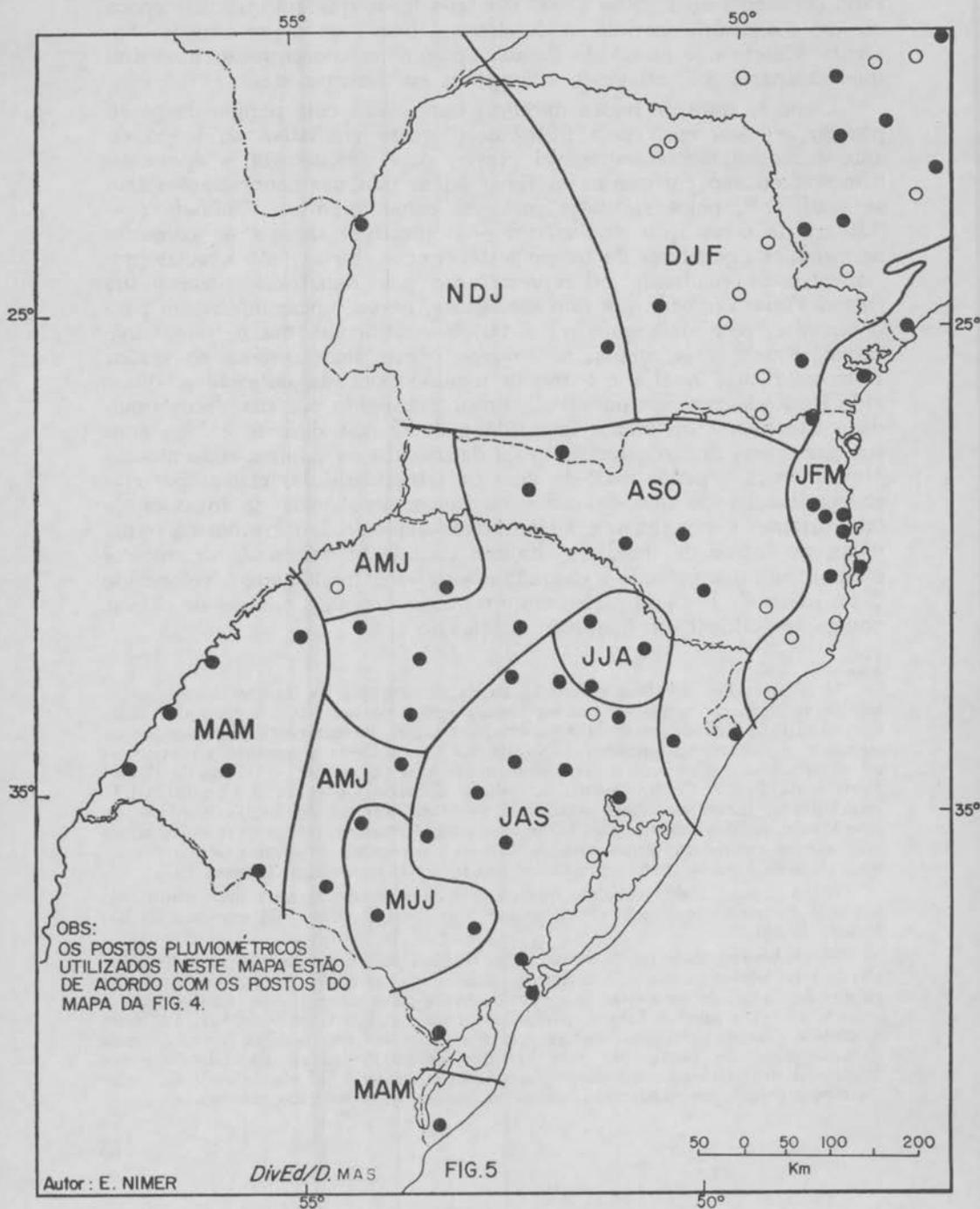
Como se trata de região de clima temperado, cujo regime de precipitação se caracteriza pela distribuição quase equitativa ao longo do ano, é absolutamente impossível prever, pela *climatologia*, a época ou trimestre do ano em que as máximas ou as mínimas concentrações irão se verificar²¹, pelos seguintes motivos: como vimos na *Unidade I — Sistema de Circulação Atmosférica* — o principal sistema de *correntes perturbadas* (geradoras de tempo instável com chuvas) são aquelas provenientes do quadrante sul representadas pelo *anticiclone polar* e sua *frente*. Vimos também que este *anticiclone*, no seu encaminhamento para o equador, costuma seguir ora o trajeto continental, ora o trajeto marítimo, aquele mais comum no inverno e este mais comum no verão. Entretanto; seja qual for o trajeto seguido por este *anticiclone*, quase todo território regional do sul do Brasil é atingido por sua descontinuidade com maior ou menor intensidade de chuvas durante e logo após sua passagem. Sendo assim, a época de máxima ou mínima concentração pluviométrica depende mais do grau de intensidade das chuvas por elas proporcionadas do que da maior ou menor frequência de invasões de tais correntes e, por sua vez, a intensidade depende da estrutura da *frente polar*, do índice de umidade absoluta contida na *massa de ar tropical* no momento que precede a chegada dessa descontinuidade e a velocidade desta *frente*²². Por esta razão, tanto o máximo como o mínimo de chuvas podem se verificar em qualquer estação do ano²³.

²¹ Nas regiões de clima equatorial ou de clima tropical a estação chuvosa, ou a estação seca, incide quase sempre na mesma época do ano. Nas regiões de climas equatorial e tropical do norte da Amazônia, a estação chuvosa recai quase sempre no outono e o mínimo na primavera. Na Região Centro-Oeste o verão é sempre uma estação chuvosa e o inverno é geralmente muito seco (E. Nimer — "Clima da Região Norte e da Região Centro-Oeste", 2.^a edição da série Geografia do Brasil-IBGE). Nas latitudes baixas da região semi-árida de clima tropical da Região Nordeste do Brasil pode, em determinado ano, faltar uma estação chuvosa, porém quando ela chega está sempre enquadrada entre meados do verão e meados do outono, e o trimestre mais chuvoso é quase sempre constituído por fevereiro-março-abril (Nimer, 1971).

²² A. Serra (1969) concluiu que um *ano seco* se caracteriza muito menos pela ausência de *frentes*, que pelo rápido avanço das mesmas através do território do Rio Grande do Sul.

²³ É bem verdade que a *massa de ar tropical* possui, geralmente, mais umidade absoluta no verão, porém, não é menos verdade que as mais prolongadas e pesadas chuvas dependem do semi-estacionamento da *frente polar* sobre o lugar. Esta situação é comum no verão sobre o Paraná, porém muito raro no Rio Grande do Sul. Por esses motivos é praticamente impossível se prever a época em que incidirá a estação mais chuvosa para toda Região Sul, uma vez que, se no Paraná ela depende da maior frequência de estacionamento da *frente*, no Rio Grande do Sul ela depende da maior ou menor invasão de *frentes* e da maior ou menor velocidade das mesmas.

ÉPOCA DA CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DA PRECIPITAÇÃO EM 3 MESES CONSECUTIVOS (%)



Entretanto, não obstante a impossibilidade de se determinar a época de incidência das máximas e das mínimas pluviométricas, podemos, entretanto, conhecer sua tendência mais ou menos definida. Observando os mapas referentes às figuras 5 e 6, verificamos que o Estado do Paraná, em virtude de estar localizado no setor setentrional da Região, possui um regime anual de precipitação que, embora não seja tipicamente tropical, seu ritmo é muito semelhante ao que caracteriza o Brasil tropical (Regiões Centro-Oeste e Sudeste). Nesse Estado o máximo pluviométrico se dá no verão e o mínimo ocorre em fins de outono ou no inverno (nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste o mínimo se dá no inverno) e o trimestre mais chuvoso é, na maioria das vezes, representado por novembro-dezembro-janeiro na metade oeste deste Estado e por dezembro-janeiro-fevereiro na metade leste, enquanto os 3 meses menos chuvosos são, em sua maioria, de inverno e secundariamente de outono. Aí, o máximo de verão decorre da conjugação de dois fatores dinâmicos: maior frequência de *frente polar* motivada pela maior frequência de semi-estacionamento sobre o Paraná, nesta época, e pelas ocorrências de chuvas de convergência trazidas pelas *correntes perturbadas* de oeste, representadas pelas linhas de IT (chuvas de verão) tão comuns nesta época do ano.

Outra área que possui um regime anual de precipitação, cujo ritmo estacional é de certa forma regular, é representada pela faixa litorânea do Paraná e Santa Catarina. Nesta estreita área o máximo pluviométrico ocorre, geralmente, no verão (trimestre janeiro-fevereiro-março), enquanto que o índice mínimo na maioria das vezes é registrado no inverno e, secundariamente, no outono. Trata-se, portanto, de um ritmo estacional característico das regiões de clima tropical²⁴.

Excluindo essas duas áreas não podemos nem mesmo reconhecer uma tendência no ritmo estacional da precipitação, de modo que em Santa Catarina e Rio Grande do Sul o trimestre mais chuvoso indicado no mapa da figura 5 não significa a tendência daquele fenômeno, mas, tão-somente, o trimestre que mais frequentemente corresponde à época mais chuvosa. Esta irregularidade rítmica é tão grande nessas áreas que à medida que avançamos para o extremo sul da Região, torna-se cada vez mais sujeita à ocorrência de máximas no inverno e mínimas no verão. A ocorrência deste ritmo é tanto mais frequente na banda oriental do Rio Grande do Sul, chegando nessa área a apresentar até mesmo, uma forte tendência a este ritmo, característico das regiões de *clima mediterrâneo* (máxima na época de dias curtos e mínima na época de dias longos).

Do equilíbrio de seu regime pluviométrico resulta que quase todo o espaço geográfico do Sul do Brasil não possui uma estação seca (Fig. 6). Este fato, dos mais importantes na caracterização do clima da Região Sul, constitui um dos fenômenos climáticos que mais contribui para a unidade climática desta Região, uma vez que, enquanto nas demais

²⁴ Em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, o trimestre mais chuvoso possui uma composição tão variada e seu valor relativo é tão insignificante que não vale a pena ser mencionado. Entretanto, se o leitor estiver interessado em conhecê-lo, basta examinar a figura 5.

OS TRÊS MESES MENOS CHUVOSOS

55°

50°

PARANÁ

- 1_ ARAUCÁRIA
- 2_ CASTRO
- 3_ CURITIBA
- 4_ GUARAPUAVA
- 5_ IVAÍ
- 6_ JAGUARIAÍVA
- 7_ JATAIZINHO
- 8_ PALMAS
- 9_ PARANAGUÁ
- 10_ PONTA GROSSA
- 11_ RIO NEGRO
- 12_ URAÍ

OBS: A CITAÇÃO DOS MESES OBEDECE A SEGUINTE ORDEM: A ESQUERDA - O MAIS SECO NO CENTRO - O 2º MAIS SECO A DIREITA - O 3º MAIS SECO

SANTA CATARINA

- 1_ ARARANGUÁ
- 2_ BLUMENAU
- 3_ BRUSQUE
- 4_ CAMBORIÚ
- 5_ CAMPOS NOVOS
- 6_ CURITIBANOS
- 7_ FLORIANÓPOLIS
- 8_ LAGUNA
- 9_ LAGES
- 10_ S. Fco. DO SUL
- 11_ URUSSANGA
- 12_ VALÕES
- 13_ XANXERÊ

R. Gde. do SUL

- 1_ ALEGRETE
- 2_ BAGE
- 3_ CACHOEIRA DO SUL
- 4_ CAXIAS DO SUL
- 5_ CRUZ ALTA
- 6_ ENCRUZILHADA DO SUL
- 7_ IRAÍ
- 8_ PASSO FUNDO
- 9_ PELOTAS
- 10_ PORTO ALEGRE
- 11_ RIO GRANDE
- 12_ S. Fco. DE PAULA
- 13_ Sta. MARIA
- 14_ S. VITÓRIA DO PALMAR
- 15_ S. LUIZ GONZAGA
- 16_ URUGUAIANA

- 17_ VERANÓPOLIS
- 18_ VIAMÃO

Autor: E. Nimer

1 MÊS SÊCO
SUBSÊCA
SEM SÊCA

VERÃO D - DEZEMBRO
JA - JANEIRO
F - FEVEREIRO

OUTONO MR - MARÇO
AB - ABRIL
MA - MAIO

INVERNO JN - JUNHO
JL - JULHO
AG - AGOSTO

PRIMAVERA S - SETEMBRO
O - OUTUBRO
N - NOVEMBRO

● Normais de 1931-1960
○ Normais até 1942

50 0 50 100 200 Km

FIG. 6

55°

50°

regiões geográficas do Brasil a inexistência de seca — pelo menos de um mês de duração — ocorre na menor porção de seus territórios, na Região Sul a incidência de um período seco durante o ano atinge tão-somente uma diminuta área do noroeste paranaense (7,51% do Estado do Paraná e 2,66% da Região Sul)²⁵.

A seca desta área se verifica com muita regularidade no inverno e tem a duração média de apenas 1 a 2 meses²⁶. Sua incidência é uma decorrência da vinculação desta área ao *clima tropical semi-úmido* do Brasil Central, cujo regime anual de chuvas se caracteriza sobretudo por possuir, no verão, uma acentuada concentração de chuvas de *instabilidades tropicais* (*correntes perturbadas de W*), enquanto o inverno — pela ausência (ou quase) das mesmas, não compensada pelas raras invasões de *frente polar* (*correntes perturbadas de S*) — é fortemente marcado pela seca. Entretanto, no noroeste paranaense, a referida estação seca, além de ser, geralmente, muito curta, é de pouca intensidade, porque aí a ausência de chuvas de IT no inverno é parcialmente compensada pelas sucessivas invasões de *correntes perturbadas de S* (FP).

Margeando esta área aparece um corredor subseco, orientado no sentido NE-SW, do nordeste ao oeste da Paraná. Trata-se de uma zona de transição entre o regime de chuva de duas estações bem definidas, com máximo no verão e seca no inverno do Brasil *tropical* e o regime de chuvas bem distribuídas, característico do Brasil *temperado*. Neste, o decréscimo de precipitação no inverno, embora seja bem marcante, não chega a caracterizar uma estação seca.

Para se ter uma idéia exata das superfícies ocupadas pelo regime de chuvas com curta estação seca, ou com subseca, e aquele cuja seca não fica caracterizada, veja-se a tabela abaixo:

NÚMEROS RELATIVOS (%)

	ÁREA COM 1 MÊS SECO	ÁREA COM OCOR- RÊNCIA DE SUB- SECA **	ÁREA SEM SECA	TOTAL
Paraná.....	7,51	24,87	67,62	100,00
Região Sul.....	2,66	8,81	88,53	100,00

²⁵ Na Região Nordeste, apenas restritas áreas do litoral oriental não possuem sequer 1 mês seco; na Região Sudeste, além da estreita faixa litorânea, do Estado do Rio de Janeiro ao extremo sul de São Paulo, e das Serras do Mar e Mantiqueira, o restante de seu território possui pelo menos 1 mês seco; a Região Norte (balizada no interior da Amazônia) que, do ponto de vista regional é a que possui os maiores índices de acumulada anual de precipitação no Brasil, não registra seca apenas em uma porção de sua banda ocidental; e a Região Centro-Oeste não possui sequer um local cuja seca seja inexistente.

²⁶ Esclarecemos que para a determinação da seca adotamos o critério de Gaussen e Bagnouls (1953). Os referidos autores, com base em trabalhos de ecologia vegetal, consideram seco aquele mês cujo total das precipitações em milímetro é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em graus Celsius ($P \leq 2T$). Para a determinação de *subseca* adotamos a fórmula $P \leq 3T$, de Walter e Lieth (1960), aplicável aos locais que não possuem sequer 1 mês seco.

Reafirmamos, contudo, que tanto os índices pluviométricos da acumulada anual, como a existência ou não de uma estação seca ou subseca a que nos referimos, fundamenta-se em *normais climatológicas*, representando, portanto, valores e condições *médias* de um longo período de sucessivos anos, não devendo ser interpretados como uma realidade de cada ano.

O clima de toda e qualquer região situada nas mais diversas latitudes do globo jamais apresenta as mesmas condições em cada ano. Refletindo variabilidade a que está sujeito o mecanismo atmosférico, seu principal fator genético, os elementos constituintes do clima são também irregulares, estando, por isso, sujeitos às mesmas variabilidades ou desvios de um ano para outro. Esta característica não atinge todos os elementos do clima com a mesma intensidade ou importância. Por exemplo, nas latitudes elevadas da *zona temperada*, se a variabilidade da temperatura não é maior do que a da precipitação pluviométrica, é, no entanto, bem mais importante, uma vez que os desvios térmicos, ou seja, um verão mais ou menos quente, e um inverno mais ou menos rigoroso, repercute mais na vida econômica e no comportamento social do que a variabilidade dos índices pluviométricos. Na *zona intertropical*, ao contrário, em virtude da insignificante variabilidade térmica e da notável irregularidade das chuvas, os desvios pluviométricos, determinando maiores ou menores totais de chuvas acumuladas, assumem um papel dos mais importantes, não apenas na caracterização do clima das regiões situadas nessas latitudes, mas, sobretudo, pelas conseqüências sócio-econômicas deles advindos.

A Região Sul do Brasil, por estar situada nas latitudes baixas da zona temperada, não está sujeita aos notáveis desvios térmicos que caracterizam o verão e o inverno das regiões de altas latitudes da zona temperada, nem aos extremos desvios pluviométricos que caracterizam as estações chuvosa e seca das baixas latitudes das regiões tropicais. Porém isto não significa que a variabilidade desses fenômenos no Sul do Brasil seja de pouca importância.

No que diz respeito à *variabilidade* estacional e anual da *precipitação pluviométrica* — que é o tema ora em análise — a *Região Sul possui os menores desvios anuais do Brasil*, somente comparável aos que se verificam na Amazônia.

O mapa referente à figura 7 representa a distribuição do *desvio pluviométrico médio anual em relação à normal*²⁷, no espaço geográfico da

²⁷ É através dos desvios que medimos a irregularidade dos totais pluviométricos através de uma série de anos, ou seja, quantificamos a variabilidade do regime de chuva. Neste estudo tomamos por base os índices pluviométricos médios, isto é, *normais*. Se ao fim de determinado ano as precipitações acumuladas atingiram um índice superior ao índice médio, o desvio foi *positivo*; se ele, ao contrário, esteve abaixo do índice médio, ou seja, da *normal*, o desvio foi *negativo*. No mapa da figura 7 estão traçadas as isarítmicas de desvio médio em relação à *normal*, e por se tratar da média de um longo período de anos consecutivos, seus desvios possuem a conotação simultânea de positivos e negativos.

Região Sul do Brasil. Observando este mapa, verificamos que a maior parte do território meridional do Brasil possui um desvio médio situado entre 15 e 20%, e quase 1/3 deste território situa-se abaixo de 15%, atingindo, em certos lugares, valores inferiores a 10%. Índices balizados entre 20 e 25% compreendem áreas muito pequenas, podendo, por isso, ser considerados exceção²⁸.

Isto significa que a *Região Sul do Brasil*, além de ser, como vimos, privilegiada no que diz respeito aos totais anuais de chuva e ao regime de distribuição ao longo do ano, é também uma das mais favorecidas quanto à variabilidade ou regularidade dos seus totais anuais e estacionais, uma vez que seus desvios figuram dentre os menores do Brasil.

Entretanto, a este respeito, queremos chamar atenção para o seguinte: o fato de a Região se caracterizar por possuir baixos índices de variabilidade pluviométrica, não deve ser interpretado como uma situação constante no clima regional do Sul do Brasil, mas tão-somente como uma situação de maior frequência. Por exemplo: os desvios médios de 15 a 20% que caracterizam a maior parte do território desta Região não são uma constante de cada ano. No caso da *Região Sul*²⁹, eles significam que na maioria dos anos os desvios efetivos oscilam entre aqueles valores nas áreas onde eles representam desvios médios.

Com efeito, em determinados anos, embora estes sejam raros, a precipitação torna-se tão abundante que em certas áreas chega a atingir a totais equivalentes ao dobro (ou até mais) da precipitação média, representativa da *normal*, enquanto que em outros anos, também raros, o decréscimo é tão notável que a acumulada fica aquém da metade da precipitação média³⁰.

Os anos de *fortes desvios positivos* constituem os chamados, pela população regional, *anos de muita chuva*. Nestes, igualmente, toda ou quase toda região é submetida a desvios positivos, como ocorreu em 1928 e 1932 (Fig. 8-A). Nestes anos, geralmente, não apenas o vasto território no qual não existe *normalmente* um mês seco sequer, mas também em todo o território regional, a seca e a subseca ficam completamente ausentes. Trata-se de anos que, geralmente, caracterizam-se por um número maior de invasões de *frente polar* nos três Estados que compõem

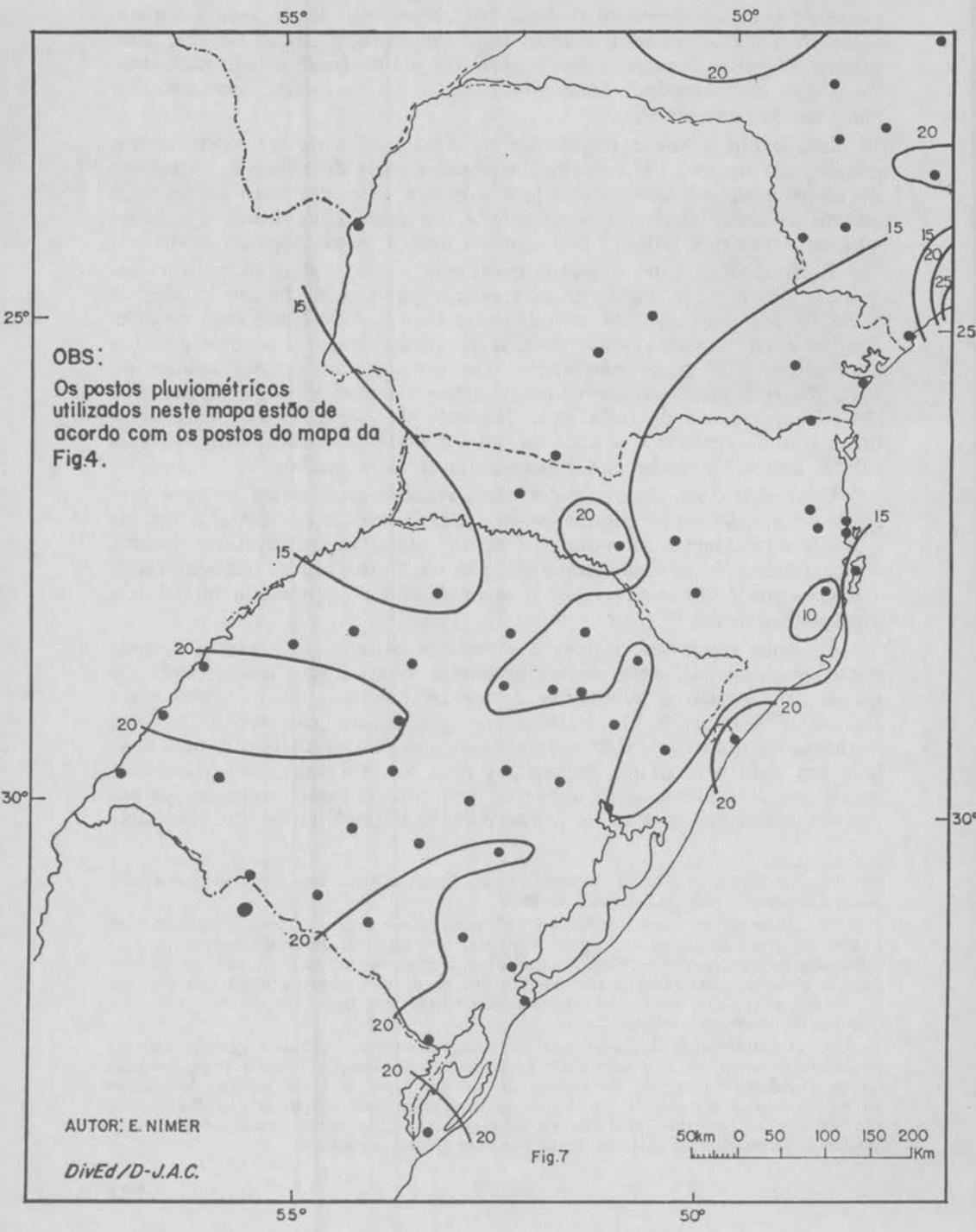
²⁸ No Sertão semi-árido do Nordeste do Brasil existem locais cujo desvio médio anual é superior a 50% em relação à *normal*.

²⁹ Dissemos, no caso da *Região Sul*, porque em outras regiões geográficas do Brasil como, por exemplo, na Região Nordeste, o desvio pluviométrico médio não significa desvio mais freqüente, uma vez que nesta Região são muito freqüentes os grandes desvios efetivos. Ao contrário, na Região Sul os desvios efetivos muito importantes são muito raros. Daí os desvios médios adquirirem conotação de desvios mais freqüentes, como veremos adiante.

³⁰ O caráter raro da ocorrência de anos em que se verificam grandes *desvios positivos* ou *negativos* é o fato mais importante na distinção entre a irregularidade ou variabilidade do regime de chuvas do sul do Brasil e a do regime de chuvas da região tropical semi-árida do Nordeste. Enquanto nesta região os grandes desvios são comuns, no Sul do Brasil são raros. Mas tanto uma região quanto outra estão sujeitas a *fortes desvios efetivos*, tanto *positivos* quanto *negativos*.

VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA

— DESVIO MÉDIO ANUAL EM RELAÇÃO À NORMAL (%) —



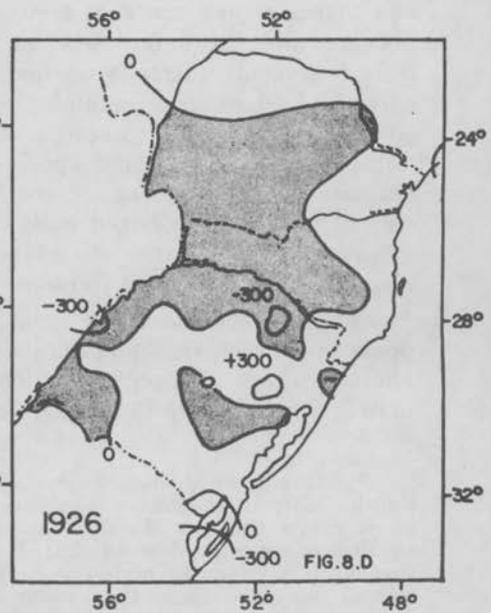
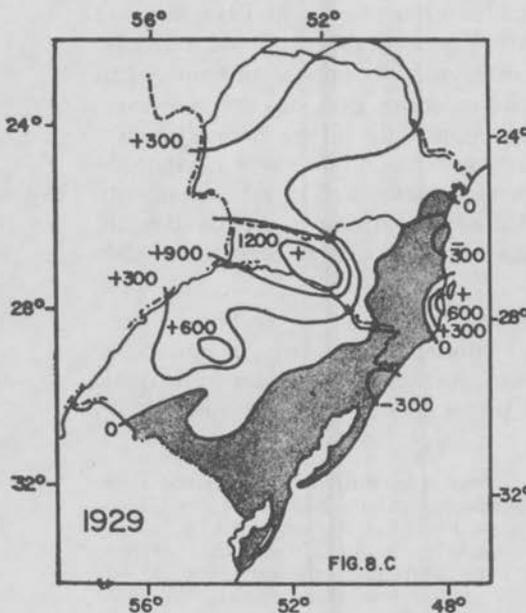
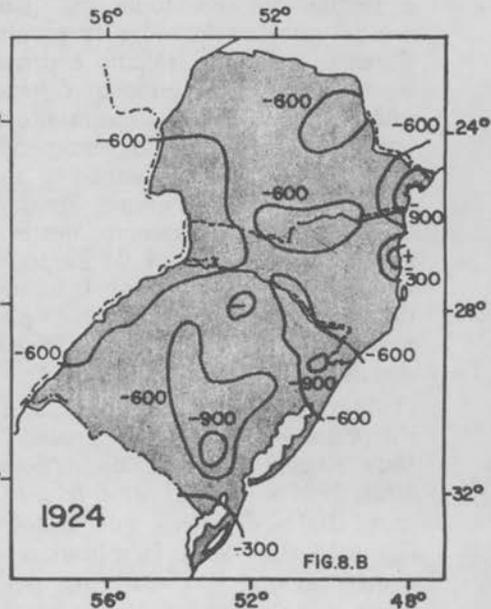
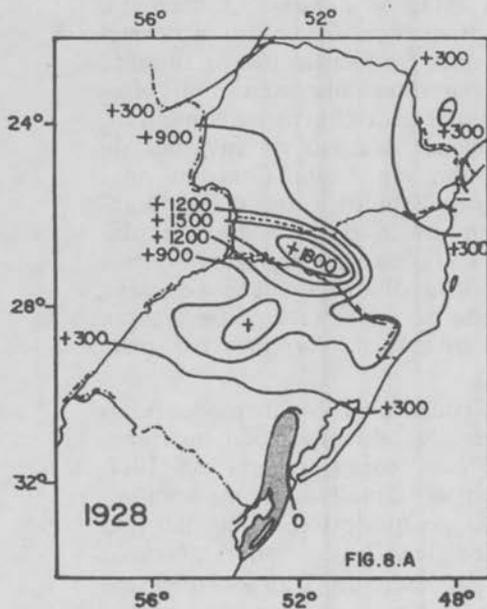
a Região Sul, em todas ou quase todas estações do ano. Entretanto, mesmo que tais invasões apresentem uma frequência maior que a *normal* durante o outono, inverno e primavera e uma frequência menor durante o verão, se nesta estação a *frente polar* se estacionar com muita frequência sobre a Região, esta situação proporcionará chuvas mais intensas, cujos totais acumulados compensarão o menor número de invasões de *frente polar*. Esta situação é muito comum em Santa Catarina, mas principalmente no Paraná. Sendo assim, estes Estados, como o Rio Grande do Sul, terão também, nestes anos, um desvio positivo em sua pluviometria. Os Estados do Paraná e Santa Catarina possuem ainda outras *reservas* de tempo instável, uma vez que esta última situação (ou seja, de menor frequência da *frente polar* durante o verão) está quase sempre relacionada com uma maior frequência de invasão de *correntes perturbadas de W*, nesses mesmos verões.

Os anos de *fortes desvios negativos* constituem os chamados *anos de pouca chuva* ou *anos secos*. Nestes anos, geralmente, toda ou quase toda Região é submetida a desvios negativos, como ocorreu em 1917, 1921, 1924 e 1933 (Fig. 8-B). A consequência climatológica mais importante destes desvios é que nestes anos toda ou quase toda a Região está sujeita a uma seca (lembramos que, neste trabalho, consideramos seco o mês em que $P < 2T$) que pode durar até mais de 3 meses, quer nas áreas onde *normalmente* existe uma subseca, quer naquelas cuja *normal* não marca sequer um mês seco, enquanto no noroeste do Paraná, onde normalmente existe um mês seco nestes anos, a estação seca costuma ficar fortemente marcada no inverno, extravasando para o outono e primavera. Esclarecemos, contudo, que tanto os curtos períodos como as estações secas fortemente marcadas são, geralmente, de *secura* pouco intensa, uma vez que em qualquer época do ano, por menor que seja o vigor de emissão de *frente polar* (*correntes perturbadas de S*), raramente elas se fazem ausentes por mais de 15 dias no extremo norte da Região, enquanto no sul, raras são as semanas em que não é registrada, pelo menos, uma passagem de *frente polar*.

A respeito desses anos, cabe-nos ainda salientar que, embora a seca possa incidir em qualquer mês do ano (podendo se verificar em meses alternados) os de maior incidência são justamente aqueles nos quais mais frequentemente são registrados os meses menos chuvosos (Fig. 6)³¹.

³¹ Dissemos que tais secas são de pouca intensidade. Entretanto, queremos a este respeito salientar o seguinte: vimos que na banda oriental do Rio Grande do Sul os meses menos chuvosos são mais frequentemente novembro-dezembro-janeiro, o que significa que eles incidem no final da primavera e no verão. Quando há um forte declínio de precipitação nesses meses, a ponto de determinar uma estação seca, esta embora seja pouco intensa do ponto de vista estritamente climatológico, do ponto de vista ecológico (sentido mais amplo) ela é certamente muito significativa porque, como Riehl (1954) afirmou, "mesmo nas zonas temperadas, a *eficiência* da chuva de verão e de inverno difere muito. A maioria dos leitores será capaz de confirmar, por sua própria experiência, que a estação seca (Riehl faz referência à seca pedológica e hidrológica) nas latitudes médias continentais, com máximos de chuvas no

DESVIOS ANUAIS DA PLUVIOMETRIA (mm)



0 100 200 300 400 km

-  DESVIO POSITIVO
acima da normal
-  DESVIO NEGATIVO
abaixo da normal

Fig. 8

AUTORIA: DIVISÃO DE ÁGUAS

DNPM-M.A.

DivEd/D.-J.A.C.

Tais anos são mais sentidos pelas populações rurais do que os anos de fortes desvios positivos. Estes últimos, embora se caracterizem por apresentar maior número de chuvas intensas ou aguaceiros, causadores de violentas enchentes, muito temidas pelo caráter torrencial de seus rios (rios de planalto), os problemas econômicos e sociais delas advindas são, de certa forma, rapidamente reparados pela assistência dos governos estaduais e federal e pelas empresas privadas mais diretamente interessadas em evitar uma sensível queda na produção agrícola das áreas flageladas.

Já os problemas causados pelos fortes desvios negativos, embora sem violência aparente, criam conseqüências bem mais graves à economia pelos seus caracteres: lento, contínuo duradouro e geral, numa região cuja economia rural não está preparada técnica e estruturalmente para tais ocorrências.

Como dissemos, os anos cujos desvios, quer positivos quer negativos, abarcando toda ou quase toda a Região Sul, são raros. O que predomina e, portanto, caracteriza os *desvios pluviométricos efetivos* nesta Região é a oposição entre essas duas categorias de desvios, isto é, enquanto em algumas áreas a altura da precipitação de determinado ano assinala um desvio *negativo*, em outras áreas ela determina um desvio *positivo* nesse mesmo ano.

Exemplificamos estas situações com as figuras 8-C e 8-D, referentes aos anos de 1926 e 1929, respectivamente. Em tais anos os desvios *positivos* e *negativos* geralmente pouco se afastam dos totais médios relativos às *normais*.

3 — O caráter temperado do clima do sul do Brasil confere a esta região uma notável oscilação térmica ao longo do ano

Vimos que a *pluviosidade*, através de seus totais e de seu regime anual concede à Região um certo grau de *unidade* ou *individualidade* que não se encontra em outra região geográfica do Brasil. Vimos também que os principais fenômenos meteorológicos diretamente ligados à pluviosidade, além de serem *unificadores* do clima regional, são, igualmente, pela semelhança de intensidade de atuação no espaço geográfico desta

verão, não ocorre em janeiro e fevereiro (Riehl refere-se ao hemisfério norte, portanto aos dois últimos meses do inverno), quando a precipitação é pequena. Durante o verão o solo seca gradualmente e o efeito cumulativo é tal que se atingem os mais baixos níveis de água e há perigo de seca". Chamamos a atenção que Riehl refere-se ao *perigo de seca* (ecológica) durante o verão nas regiões temperadas, cujo máximo pluviométrico incide no verão. Na banda oriental do Rio Grande do Sul, o máximo se dá, mais freqüentemente, no inverno e o mínimo no verão. Portanto, nesta área, nos anos em que há um forte declínio de chuva no verão, determinando climatologicamente uma estação seca, a seca ecológica certamente é bem mais intensa.

Região, responsáveis pela sua notável *homogeneidade* ou *uniformidade* climática, sem paralelo com outras regiões geográficas brasileiras. Vimos ainda que esta atuação, de certa forma, individualizada e uniforme, é uma decorrência do caráter igualmente uniforme e homogêneo de seus fatores climáticos *estáticos* e *dinâmicos*.

Estes mesmos fatores climáticos determinam uma certa individualidade e uniformidade no clima regional, no que afeta a *temperatura*. De fato, ao contrário do que se verifica em outras regiões brasileiras, *no Sul do Brasil a temperatura* (apesar de sua diversificação espacial) *exerce um papel no mesmo sentido da pluviosidade*, ou seja, *o papel de unificação e uniformização climática exercido pela pluviosidade é reforçado pela temperatura*³².

Não obstante, isto não significa que os valores e comportamento da temperatura nessa Região sejam semelhantes ao longo de seu território. Significa apenas que há uma relativa semelhança que não permite a determinação de áreas inter-regionais muito distintas, como se verifica em outras regiões geográficas do Brasil, dentre as quais a Sudeste constitui o melhor exemplo.

3.1 – MÉDIA ANUAL DA TEMPERATURA

Quanto à média anual da temperatura (Fig. 9), verificamos que das isothermas características da zona *intertropical*, apenas a de 22°C e a de 20°C penetram na Região Sul. Trata-se de isothermas que, embora sendo características da zona *intertropical*, são, no entanto, de transição entre as isothermas de regiões quentes e as isothermas de regiões mesotérmicas, em outras palavras, são isothermas de regiões subquentes. Contudo, estas isothermas que invadem a zona temperada, atingem uma parcela diminuta no território regional do sul do Brasil, e estão relacionadas àquelas áreas, cujo regime anual de chuva, como vimos, além de possuir um ritmo tropical, determinam, *normalmente*, uma curta estação seca ou subseca (norte e oeste do Paraná)³³.

³² Com exceção da Região Sul, nas demais regiões geográficas do Brasil os diversos elementos vinculados à pluviosidade e à temperatura atuam no sentido oposto, isto é, enquanto alguns elementos da pluviosidade exercem um papel no sentido da individualização e uniformização do clima regional, outros elementos vinculados à temperatura exercem um papel oposto, ou vice-versa.

³³ O leitor ao comparar este mapa (Fig. 9) com o mapa da figura 6 encontrará a seguinte relação: a isoterma anual de 22°C delimita, na Região Sul, a área setentrional de ocorrência de uma estação seca *normal* (noroeste do Paraná); a área compreendida entre as isothermas de 20 a 22°C compreende o citado corredor subseco do Paraná. Somente no leste paranaense não há correspondência entre a isoterma de 20°C ao ano e a ocorrência *normal* de uma subseca. Entretanto, lembramos que se trata daquela estreita faixa litorânea do Paraná, com tímidas penetrações em Santa Catarina através dos vales, onde, embora não haja, *normalmente*, incidência de seca, o ritmo estacional da precipitação é estritamente do tipo tropical.

Fora destas áreas as isotermas anuais são típicas da zona temperada e sua distribuição no espaço geográfico da Região Sul está estreitamente condicionada à *latitude*, *maritimidade* (posição) e, principalmente, ao *relevo* (fator geográfico, por excelência).

A isoterma de 18°C aparece, no Paraná, em torno de 800 a 500 m de altitude no litoral, e em torno de 900 a 500 m no interior mais ocidental; em Santa Catarina esta mesma isoterma está entre 500 a 300 m no litoral, e entre 500 a 450 no interior; no Rio Grande do Sul está compreendida entre 300 m e o nível do mar, no litoral, e entre 500 a 200 m no interior.

A isoterma de 16°C, como a de 18°C é originária da Região Sul, porém a de 16°C se fecha na própria Região abarcando as áreas muito elevadas do planalto, tais como: no Paraná, entre 1.200 a 1.000 m; em Santa Catarina, entre 1.000 a 750 m; no Rio Grande do Sul, entre 750 a 700 m de altitude.

Finalmente, a isoterma anual de 14°C. Esta compreende as áreas e os locais mais elevados sobre o planalto: no Paraná ela só é encontrada nos picos da Serra do Mar, acima de 1.300 m; na fronteira de Santa Catarina-Paraná engloba uma pequena área situada acima de 1.100-1.200 m sobre a superfície de Palmas. Porém, é sobre a superfície do planalto de Vacarias-Lajes-São Joaquim (Santa Catarina e Rio Grande do Sul), acima de 1.000 m aproximadamente, que esta isoterma delimita sua maior área. Aí, o Morro da Igreja (Santa Catarina), situado a cerca de 1.808 m, registra média anual de 10°C aproximadamente ³⁴.

3.2 — MARCHA ESTACIONAL DA TEMPERATURA

Vimos na *Introdução* deste trabalho que da conjugação do movimento de translação da terra com a inclinação de seu eixo resulta que o Sol possui um deslocamento *aparente* em relação aos paralelos terrestres, chamado *marcha zenital do Sol*, esquematizada na figura 1. Nesta marcha o Sol leva 6 meses para ir de um *tropico* a outro, ou seja, de 21 de junho a 21 de dezembro, quando ocorrem os *solstícios*. Disto resulta que o Sol permanece 6 meses no hemisfério Sul (23 de setembro a 21 de março) e 6 meses no hemisfério Norte (21 de março a 23 de setembro). Ora, sendo o Sol a fonte de calor da superfície terrestre, é compreensivo

³⁴ A título de maiores informações a respeito das cotas altimétricas que passam essas isotermas vide a figura 9. Esclarecemos que essas estimativas foram determinadas calculando o gradiente adiabático local deste fenômeno, levando em conta diversos fatores estáticos e dinâmicos.

A temperatura média estimada para o Morro da Igreja é a mais baixa do Brasil, juntamente com a verificada no pico das Agulhas Negras (Rio-Minas) e no pico da Bandeira (Minas-Espirito Santo) situados em altitudes bem mais elevadas do que o Morro da Igreja.

As isotermas de 18, 16 e 14°C são típicas das latitudes médias (zona temperada). Sua ocorrência em outras regiões brasileiras se deve unicamente ao fator altitude.

TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (°C)

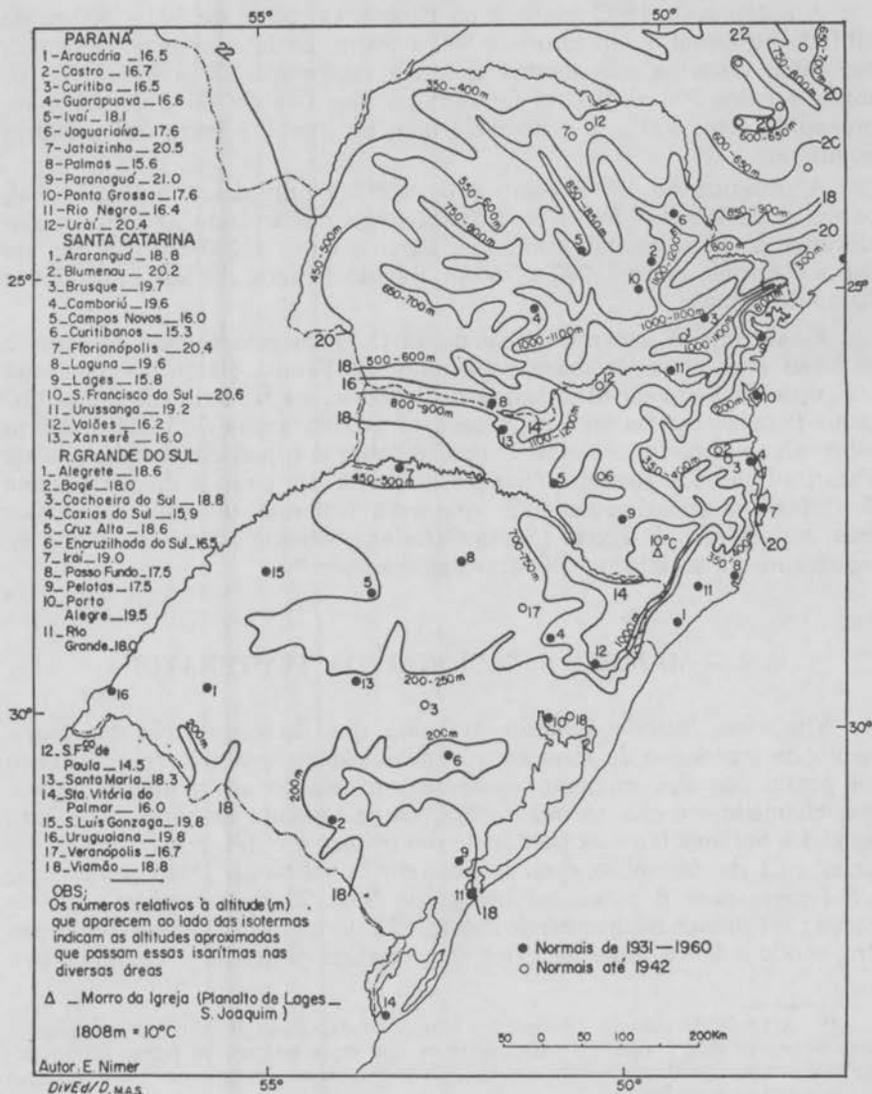


FIG. 9

que a temperatura média de cada mês (*normal* ou *efetiva*) apresente uma flutuação ao longo do ano, ligada à *marcha zenital do Sol*.

Em virtude deste deslocamento do Sol, balizado pelos *tropicais*, a curva da temperatura média dos meses ao longo do ano nas regiões intertropicais não possui uma flutuação linear contínua, isto é, ela apresenta duas *máximas* e duas *mínimas*³⁵ mormente nas latitudes mais próximas ao *equador*³⁶. Entretanto à medida que avançamos para os pólos vai se tornando mais estreita a ligação entre a flutuação da temperatura média dos meses e a posição relativa do Sol, conseqüentemente a *estação quente* estará sempre ligada ao *solstício de verão*, e a *estação fria* ao *solstício de inverno*, ao mesmo tempo que estas duas estações serão cada vez mais distintas pela caracterização da temperatura.

A Região Sul do Brasil, por estar compreendida na zona temperada, apresenta essas características: *o verão é uma estação de temperatura bem mais elevada do que o inverno*.

a) *O verão é uma estação quente e janeiro é seu mês mais representativo*. — É comum acreditar-se que assim como nas regiões intertropicais não existe *frio*, nas regiões temperadas não existe *calor*. Entretanto este conceito carece de fundamento. Na zona intertropical, algumas áreas de altitudes elevadas permanecem frias durante uma certa época do ano, enquanto que outras áreas desconhecem calor. Nos Andes tropicais, por exemplo, à medida que subimos encontramos desde o clima *mesotérmico* com uma estação mesotérmica, ou fria, e outra quente, até o clima frio de geleira permanente. No Brasil, apesar de não existir uma cordilheira que se possa comparar com a dos Andes, as áreas elevadas do planalto sedimentar e do embasamento cristalino, em São Paulo, Rio de Janeiro,

³⁵ Chamamos atenção que as *máximas* e *mínimas*, ora salientadas, não se referem às *máximas* ou *mínimas* diárias, nem mesmo à *média* dessas *máximas* ou *mínimas*; trata-se tão somente da *maior subida* ou *descida da média térmica mensal* ao longo do ano.

³⁶ Esclarecemos, contudo, que nas regiões intertropicais a temperatura não flutua estritamente de acordo com a posição do sol sobre o zênite. Se assim ocorresse teríamos no *equador*, por exemplo, duas *mínimas* nos *solstícios* (maior inclinação dos raios solares sobre o lugar) e duas *máximas* nos *equinócios* (quando o sol atinge o zênite do lugar). No entanto, a nebulosidade e a precipitação entram como fatores de importância pelo menos igual. Na estação chuvosa, freqüentes aguaceiros durante o dia mantêm relativamente baixas as *máximas* diárias (raramente se observa um aumento igual das *mínimas* diárias devido a alguma redução na irradiação noturna). Dessa mudança na temperatura resulta uma tendência igual de queda na curva da temperatura média na estação chuvosa. Na zona equatorial da Amazônia brasileira, por exemplo, a subida máxima da curva térmica se verifica no *equinócio de primavera austral*, quando se conjugam o zênite do lugar com a época de menor precipitação. Entretanto, quando o Sol retorna ao zênite do lugar (*equinócio de outono austral*) se dá, muitas vezes, o mínimo porque é a época de maior nebulosidade e precipitação. Além disso, o máximo e o mínimo *secundário*, quando ocorrem, estão geralmente em desacordo com a maior ou menor inclinação dos raios solares. No Brasil central o máximo se verifica em meados da primavera quando o Sol, sobre o zênite do lugar, caminha para o *tropico de capricórnio*. Porém, quando ele retorna ao zênite do lugar, em meados do verão, verifica-se, quando muito, um *segundo* máximo de importância insignificante porque é a época da estação chuvosa nessa região.

Minas Gerais e sul de Mato Grosso, Goiás e Espírito Santo, afeitas a invasões de *massa polar* no inverno possuem, sem dúvida alguma, um inverno relativamente frio, e nos níveis mais elevados de suas *serras*, jamais faz calor. Por outro lado, não há razão para não admitir a existência de calor na zona temperada, principalmente em sua metade próxima ao trópico, por dois motivos: 1.º) durante o solstício de verão os raios solares incidem com pequena inclinação; 2.º) nesta época os dias são muito mais longos que as noites, conseqüentemente o tempo diurno de radiação é bem mais longo do que aquele que se verifica na zona intertropical nesta mesma época.

Na Região Sul do Brasil o verão, além de possuir dias mais longos do que os verificados no Brasil equatorial e tropical, a inclinação dos raios solares, nesta época, é muito pequena: em dezembro e janeiro o Sol incide sobre o Rio Grande do Sul com inclinação semelhante, ou menos, do que sobre o *equador*.

Decorre daí que é comum a ocorrência de forte calor no sul do Brasil durante o verão, quando se registram temperaturas em torno de 40°C, como veremos no decorrer deste trabalho. Estas temperaturas, características dos dias de forte calor, só não são muito importantes devido à predominância de superfícies elevadas do Planalto Meridional³⁷.

A influência deste planalto, no sentido de evitar verões quentes na Região Sul pode ser observada nos mapas térmicos relativos ao trimestre de verão. Salientando, por exemplo, a *média térmica de janeiro* (Fig. 10)³⁸, a primeira coisa que nos chama atenção é a influência quase insignificante da latitude como fator de distribuição térmica durante o verão. Este fato pode ser certificado observando que a isoterma de 24°C que aparece no Paraná e desaparece em Santa Catarina, reaparece no sul do Rio Grande do Sul, e a isoterma de 26°C somente existe no Rio Grande do Sul.

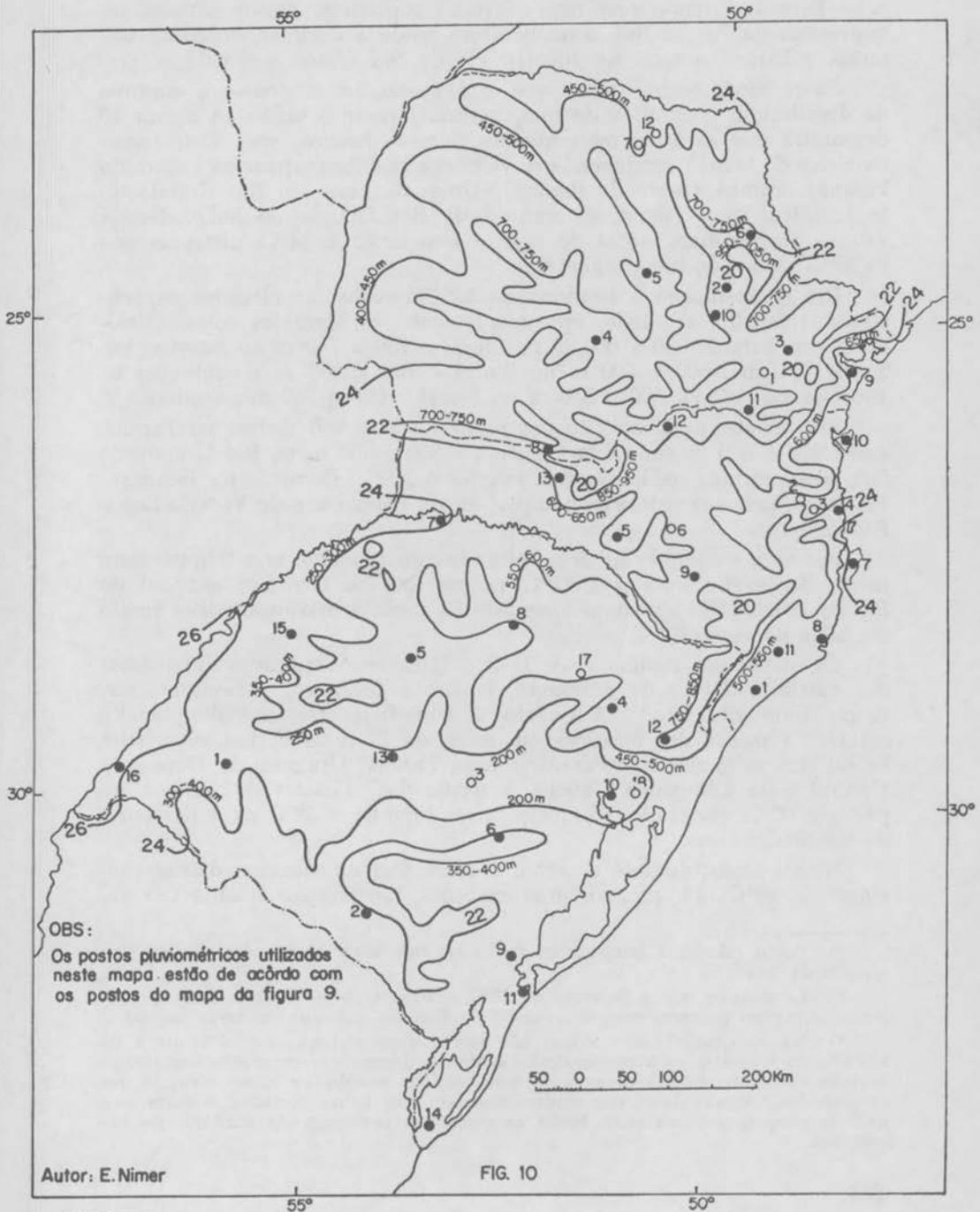
Naturalmente que há uma tendência geral no sentido de diminuir a temperatura, mesmo no verão, à medida que avançamos em latitude. Entretanto, na Região Sul do Brasil esta tendência é pouco importante por dois motivos: 1.º) Na zona temperada, principalmente em sua metade subtropical, o papel da latitude, durante o verão, é insignificante, porque o efeito do aumento de inclinação dos raios solares é quase inteiramente anulado pela desigualdade de duração entre os dias e as noites; em outras palavras, se por um lado o aumento da inclinação dos raios solares, na razão direta da latitude, tende a declinar a temperatura no mesmo sentido, por outro lado, o aumento da duração dos dias em relação às noites, na razão direta da latitude, tende a elevar a tempe-

³⁷ Quanto à temperatura a única diferença importante entre o verão da Região Sudeste e o da Região Sul do Brasil, reside no fato de que na primeira o *verão climático* dura de 5 a 6 meses, enquanto a segunda ele dura geralmente 3 meses, ficando circunscrito aos meses de dezembro-janeiro-fevereiro.

³⁸ Janeiro, mês representativo do solstício de verão é quase sempre o mais quente. Esta coerência no tempo (através dos anos) e no espaço (através do território geográfico) é, aliás, uma característica das regiões de latitudes extratropicais.

TEMPERATURA MÉDIA DE JANEIRO (°C)

MÊS MAIS QUENTE



ratura no mesmo sentido, nessa época do ano (fator zonal); 2.º) Ocupando o *planalto meridional* maior extensão geográfica em Santa Catarina e no Paraná e, tendo suas mais elevadas superfícies nesses Estados setentrionais da Região Sul, a temperatura tende a declinar em Santa Catarina e Paraná e subir no Rio Grande do Sul (fator regional).

Deste modo, cabe, quase que exclusivamente, ao relevo o controle da distribuição geográfica da temperatura durante o verão. A figura 10 demonstra que as áreas mais quentes durante *janeiro* (mês mais representativo do verão) compreende os vales dos rios Paranapanema (norte do Paraná), Paraná (oeste do Paraná), Uruguai (oeste do Rio Grande do Sul), Ibicuí-Jacuí (*depressão central* do Rio Grande do Sul). Nesses vales a temperatura média de janeiro é superior a 24°C, ultrapassando os 26°C no vale do Rio-Uruguai³⁹.

Em compensação a isoterma de 22°C envolve as elevadas superfícies do planalto, seguindo, aproximadamente, as seguintes cotas altimétricas: no Paraná, 650 a 600 m no litoral e 750 a 700 m no interior; em Santa Catarina, 600 a 500 m no litoral e 700 a 600 m no interior; no Rio Grande do Sul, 500 a 350 m no litoral e 600 a 550 m no interior⁴⁰.

Finalmente, os locais situados entre 1.050 a 950 metros no Paraná, entre 950 a 850 m em Santa Catarina e 850 e 750 m no Rio Grande do Sul, possuem uma média térmica inferior a 20°C. Dentre esses locais sobressaem, pela sua extensão, a superfície de Palmas e a de Vacaria-Lajes-São Joaquim.

Por isso, excluindo as áreas elevadas do planalto, com temperatura média de janeiro inferior a 22°C, no restante do território regional do Sul do Brasil (65% aproximadamente) são comuns máximas diárias muito elevadas no verão.

Os mapas das figuras 11-A, 11-B e 11-C, representativos das *médias das máximas diárias* de dezembro, janeiro e fevereiro, respectivamente, demonstram este fato⁴¹. Enquanto as superfícies elevadas do planalto mantêm a média das máximas em torno de 27 a 24°C, nas superfícies baixas dos vales dos rios Paranapanema, Paraná, Uruguai, da Depressão Central e na Campanha Gaúcha, a média das máximas do verão é superior a 30°C, chegando em janeiro a ser superior a 32°C na maior parte destas citadas áreas.

Nessas áreas, durante o verão, a ocorrência de máximas diárias próximas de 40°C são, com algumas exceções, tão comuns quanto nas su-

³⁹ Pouco inferior à temperatura média do mês mais quente das regiões mais quentes do Brasil.

⁴⁰ Lembramos que a isoterma de 22°C relativa à média do mês mais quente, limita as regiões ou áreas que, no conceito de Köppen, possuem um *verão brando*.

⁴¹ Na elaboração destes mapas não houve a preocupação de se medir a influência do relevo sobre a temperatura (conforme denuncia o encaminhamento grosseiro de suas isotermas), a exemplo do que fora feito nos demais mapas térmicos que os precedem. Apesar disso, tais mapas exprimem, em linhas gerais, a maneira pela qual as temperaturas máximas diárias se comportam ao longo do território da Região Sul.

perfícies baixas do Brasil *equatorial* e *tropical*, durante sua estação quente, cuja época e duração varia conforme a região; e se levarmos em conta a máxima absoluta⁴² registrada, verificamos que a Região Sul do Brasil possui numerosos exemplos, cuja subida do termômetro tenha alcançado níveis dos mais altos do Brasil. O mapa relativo à figura 12 demonstra este fato.

Observando este mapa verificamos que, durante um *período normal* de observação meteorológica que termina em 1942, apenas no planalto não foi registrada temperatura superior a 38°C, entretanto nas citadas superfícies baixas foram registradas *máximas absolutas*, que variam de 38 a 40°C, tendo inclusive ultrapassado este último índice no norte do Paraná (vale do Paranapanema), na depressão central, no vale do rio Uruguai e no baixo curso do rio Itajaí. Nestas duas últimas áreas o termômetro já subiu além de 42°C. Entretanto, esclarecemos que após 1942, ou mais precisamente entre 1942 e 1960, já foram registradas máximas diárias superiores a 40°C em muitas localidades do litoral, alcançando quase os 42°C nas restingas do Rio Grande do Sul.

b) *O inverno é uma estação fria e julho é seu mês mais representativo* — Em virtude do balizamento intertropical da marcha zenital do Sol, o inverno torna-se, evidentemente, mais longo e mais frio à medida que nos afastamos do *equador*. Daí decorre que podemos distinguir na zona temperada, uma zona com inverno pouco *vincado* e uma zona com inverno *acentuado*. A primeira é subtropical e corresponde, do ponto de vista climático, mais ou menos às latitudes de 30° a 40°, enquanto a segunda se estende até cerca do paralelo de 55°. A primeira distingue-se da segunda por uma freqüência bem inferior de invasões de *descontinuidades* de origem circumpolar e de participação de *anticiclone polar* que sucedem à passagem daquelas *perturbações*.

Entretanto, estes limites acima considerados são mais válidos para o hemisfério Norte. O hemisfério Sul, sendo em média mais frio que o hemisfério Norte, tem os limites de sua zona temperada ligeiramente deslocados para latitudes mais baixas do que aquelas acima citadas.

Acresce ainda que, na América do Sul, em virtude do notável fluxo de ar polar, o limite setentrional da zona temperada climática está, sem dúvida, situado cerca do trópico.

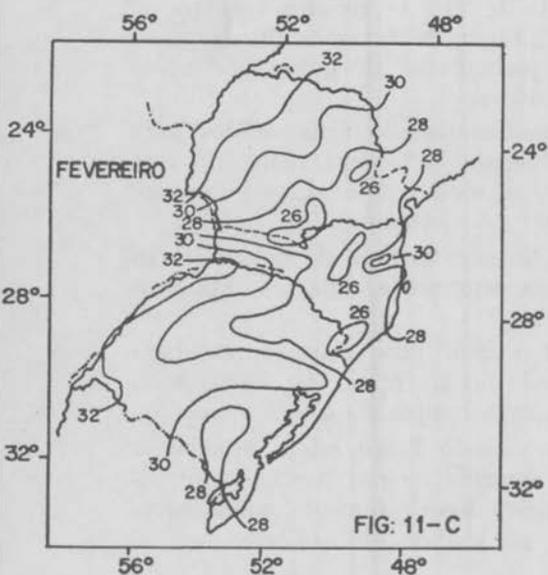
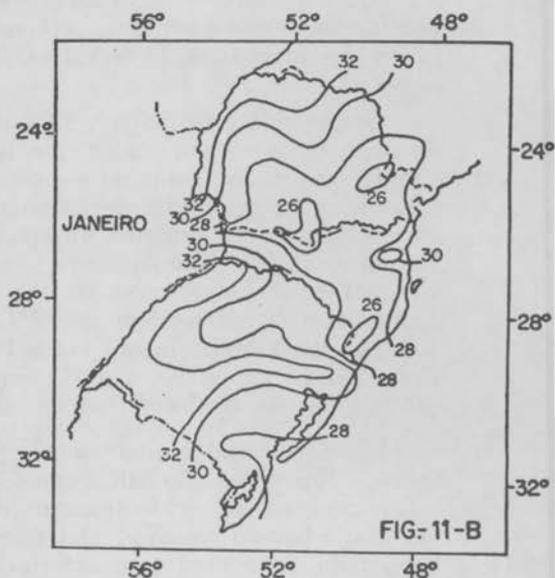
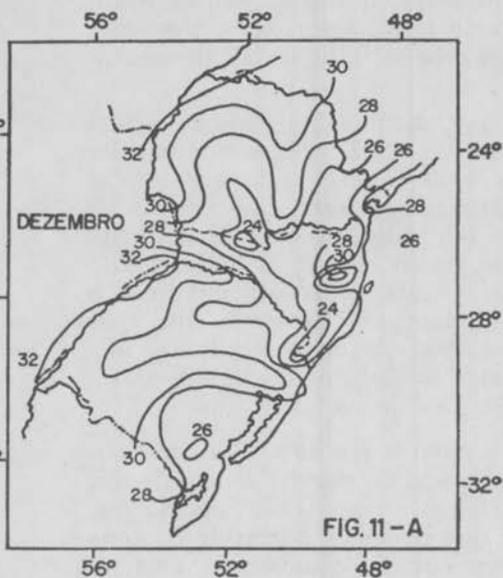
No Brasil, soma-se a estes fatores o fator geográfico representado pelo Planalto Meridional, o qual, influenciando no acréscimo de chuvas e no declínio de temperatura, faz com que a zona temperada atinja o trópico.

Daí decorre que, embora a Região Sul do Brasil esteja situada na zona subtropical, seu inverno é pouco *vincado* apenas parcialmente, ficando a maior parte de seu território sujeito, freqüentemente, a um inverno *acentuado*, embora nunca *rigoroso*, no sentido climatológico.

⁴² A mais alta temperatura registrada através de um longo período de observação, tido como período de uma *normal*.

MÉDIA DAS MÁXIMAS DIÁRIAS (°C)

— VERÃO —



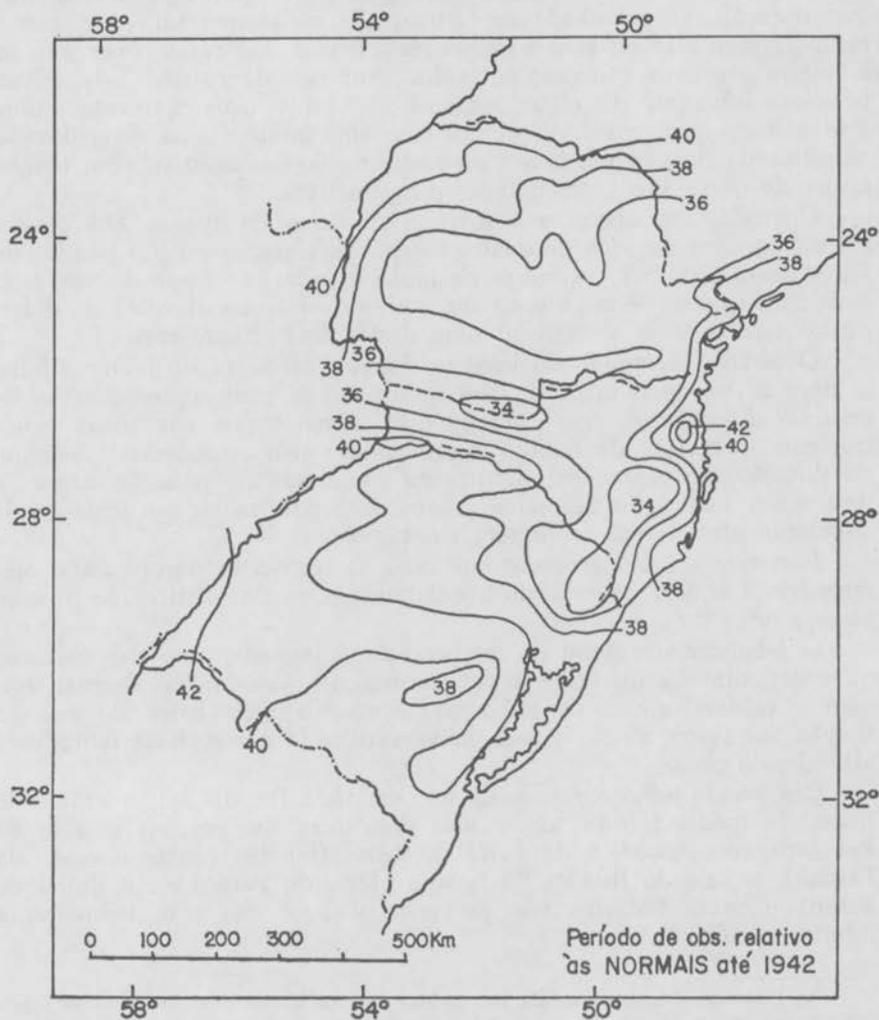
NORMAIS ATÉ 1942

0 100 300 500Km

AUTOR: E. NIMER

FIG-11

TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA DO ANO (°C)



Autor: E. NIMER

FIG. 12

DivEd/D. M.A.S.

De fato, de maio a agosto a temperatura média se mantém relativamente baixa por todo o território regional. Durante estes meses toda Região sente os efeitos típicos do inverno das regiões de clima temperado; sucessivas e intensas invasões de *frentes polares* que trazem, geralmente, abundantes chuvas sucedidas por *massa polar*, cuja participação na circulação atmosférica regional é, pelo menos, igual à participação dos sistemas tropicais, acompanhada de forte queda de temperatura que, comumente, atinge a níveis pouco superiores a 0°C e, não raras vezes, descem a valores negativos, tornando notável a ocorrência de geadas. Estas características hibernais do clima regional são tanto mais marcantes sobre o planalto, o qual, como veremos, exerce uma influência na diversificação climática da Região Sul, muito mais através de sua ação sobre a temperatura do que sobre a precipitação pluviométrica.

Contudo, não obstante o inverno climático da Região Sul possuir em média, uma duração de quatro meses (pelo menos no Rio Grande do Sul e Santa Catarina) os meses de junho e julho são sensivelmente bem mais frios que os de maio e agosto, embora a mínima absoluta de determinados anos possa se verificar num destes dois últimos meses.

O caráter *acentuado* do inverno durante os meses de junho e julho se deve a dois motivos: 1.º estes meses são os mais representativos do *solstício de inverno*, cuja conseqüência climatológica nas zonas extratropicais se reveste de notável significância, pelo considerável aumento da duração das noites em detrimento das horas de radiação diurna e pela maior inclinação dos raios solares; 2.º pela maior participação da circulação atmosférica de origem circumpolar.

Entretanto, como acontece em todas as regiões extratropicais, o mês mais frio é aquele que sucede imediatamente ao do solstício de inverno ou seja, julho ⁴³.

O rebaixamento geral da temperatura neste mês, quer das máximas quer das mínimas diárias e, conseqüentemente, das médias diurnas, tornam a média térmica de julho não apenas a mais baixa do ano na Região Sul como, ainda, a mais baixa verificada nas mesmas latitudes e altitudes do globo.

Ora, sendo julho o mês mais frio em toda Região Sul, o exame do mapa de *média térmica deste mês* demonstra que apenas o vale do Paranapanema-Paraná e de parte de seus afluentes (norte e oeste do Paraná), o vale do Ribeira do Iguape (leste do Paraná) e o litoral do Paraná e Santa Catarina não possuem nenhum mês com temperatura inferior a 15,0°C ⁴⁴.

⁴³ Embora a duração média das noites e a inclinação dos raios solares sejam maiores em junho do que em julho, este último mês é geralmente o mais frio do ano porque além da duração média das noites e da inclinação dos raios solares serem muito pouco inferiores ao verificado em junho, quando chega o mês de julho o Sol, em sua marcha zenital está há mais tempo sobre o hemisfério oposto, do que durante o transcorrer do mês de junho.

⁴⁴ Esta isoterma mensal do mês mais frio é muito importante, uma vez que no critério bioclimático de Gaussen e Bagnouls (1953) ela assinala o limite entre o clima *termoxérico* (quente) e o *mesoxérico* (temperado).

A exemplo da temperatura média (Fig. 9) e das temperaturas do verão (Figs. 10, 11 e 12), a distribuição geográfica da temperatura durante o inverno é determinada pela maior ou menor influência marítima, pela variação da latitude e, sobretudo, pela desigualdade do relevo. Porém, o nível de importância de cada um destes fatores varia conforme a época do ano. Ao examinar a distribuição da temperatura no espaço geográfico da Região Sul, durante o verão, vimos que a maritimidade e a variação da latitude exercem um papel pouco importante, ficando à variação de altitude do relevo o único papel de grande importância dessa distribuição. Entretanto, no inverno, o papel do relevo já não é tão destacado, uma vez que a variação da latitude assume um papel também muito importante. Da mesma forma a maritimidade. A influência marítima que no verão atua no sentido de amenizar a temperatura, evitando maior calor, no inverno, sua ação, também amenizadora, evita maiores quedas de temperatura. Em outras palavras, o efeito da maritimidade no inverno é justamente oposto ao que se verifica no verão: enquanto no verão a temperatura tende a declinar para o litoral, no inverno, tende a declinar em direção ao interior.

Por esses motivos a isoterma de 15,0C do mês de julho (Fig. 13) segue as seguintes cotas altimétricas: no norte do Paraná segue as curvas altimétricas entre 600 e 500 metros de leste para oeste; no extremo oeste do Paraná oscila entre 350 e 200 metros de norte para sul; no litoral aparece entre 500 a 400 metros na fronteira com São Paulo, decai para 400 a 300 metros na fronteira com Santa Catarina e chega ao nível do mar antes de alcançar a fronteira do Rio Grande do Sul. Daí se depreende que quase todo território regional do sul do Brasil possui, pelo menos, um mês com temperatura média inferior a 15,0°C.

Outra isoterma muito importante, representativa da média do mês mais frio (julho) é a de 13,0°C. A importância desta isoterma decorre não apenas envolver uma grande parte do Planalto Meridional, mas também porque ela constitui o mais importante limite térmico da floresta de Araucária que domina este planalto⁴⁵. Esta isoterma acompanha, aproximadamente, as seguintes cotas altimétricas: no Paraná, 800 metros no litoral e entre 1.000 a 700 m no interior; em Santa Catarina, 800 a 600 m no litoral e entre 800 a 700 m no interior; no Rio Grande do Sul, 600 a 500 m no litoral e 500 a 400 m no interior.

Esta isoterma reaparece no extremo sul da Região, compreendendo quase toda região da Campanha Gaúcha, em altitudes que vão de 400-300 metros ao nível do mar.

No interior desta vasta área envolvida pela isoterma de 13,0°C, os locais ou áreas situadas nos níveis mais elevados do planalto são envolvidos pela isoterma de 10,0°C. No Paraná e norte de Santa Catarina aparece entre 1.300 e 1.200 m, descendo a 1.200-1.000 m nas superfícies de Vacaria-Lajes-São Joaquim. Na superfície de São Joaquim, o Morro

⁴⁵ Esta floresta de coníferas atribuída a um paleoclima mais frio, parece ter no clima atual seu fator de conservação.

MÉDIA TÉRMICA DE JULHO

MÊS MAIS FRIO - (°C)

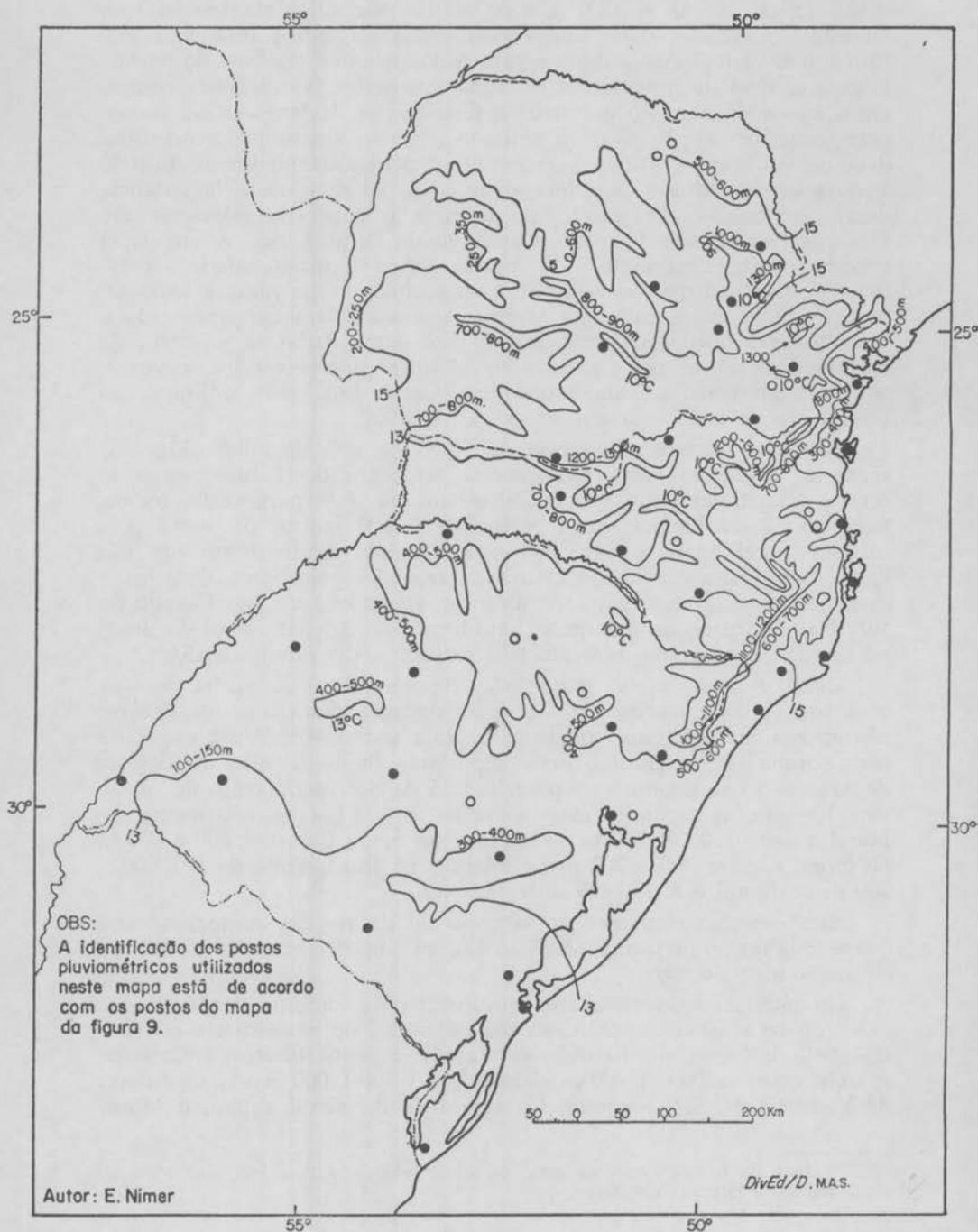


FIG. 13

da Igreja, situado a 1.808 m, apresenta no mês frio a temperatura média de 7,3°C (estimativa).

Daí decorre que apenas 15,27% do território regional do sul do Brasil (Vale do Paranapanema-Paraná, Vale do Ribeira do Iguape e o litoral do Paraná e Santa Catarina) não possuem no mês de julho temperatura média inferior a 15,0°C, oscilando entre 18,0 a 15,0°C, enquanto em 81,69% a média varia de 15,0 a 10,0°C. Os restantes 3,04% possuem temperatura inferior a 10,0°C. Daí se conclui que *o inverno é acentuado, pelo menos, nas superfícies do planalto cuja temperatura média de julho é inferior a 15,0°C, chegando a ser relativamente rigoroso nos locais ou áreas cuja temperatura média de julho é inferior a 10,0°C.*

Esta característica hibernal, com temperatura média mantida em níveis relativamente baixos, decorre de um abaixamento geral da temperatura. Com efeito, durante o inverno (junho e julho, notadamente) as máximas diárias só muito raramente atingem a faixa de 30 a 32°C e, mesmo assim, apenas nos grandes vales e no litoral. De fato, o inverno na Região Sul possui máximas diárias que nas superfícies baixas oscilam, mais freqüentemente, entre 24 a 20°C no Paraná, entre 22 a 20°C em Santa Catarina e entre 20 a 18°C no Rio Grande do Sul, enquanto na maior parte do planalto estas temperaturas oscilam, mais freqüentemente, dentro da faixa de 20 a 16°C, e até menos nas superfícies de Palmas, São Joaquim e outros locais mais restritos.

No inverno, ao mesmo tempo que as máximas diárias declinam sensivelmente, as mínimas, freqüentemente, descem a níveis muito baixos. Para se ter idéia de como é comum a ocorrência de mínimas diárias muito baixas, teceremos a seguir algumas considerações a respeito da *média das mínimas*, da ocorrência de *noites frias e geadas* e da *precipitação de neve*.

Sobre a *média das mínimas diárias*, sua distribuição no espaço geográfico do sul do Brasil acha-se representada na figura 14. Através desta *figura* verificamos que durante o inverno a média das mínimas diárias superior a 10,0°C ocupa uma pequena parcela do território regional: litoral, norte do Paraná e Vale do rio Uruguai. Ainda mais restritas são as áreas nas quais a média das mínimas é superior a 12,0°C: pequeno trecho do vale do Paranapanema e ao longo do litoral regional, mesmo assim, apenas em junho e agosto, uma vez que em julho a isoterma de 12,0°C aparece apenas no litoral do Paraná e Santa Catarina.

Como se depreende, índices relativamente baixos verificam-se até mesmo nas superfícies quase ao nível do mar, não bastante a forte influência moderada do mar (baixadas litorâneas). No interior, sob menor influência marítima, os índices são ainda bem inferiores, sendo tanto menores quanto maior a altitude do lugar. Na maior parte do Planalto Meridional predominam, em junho e agosto, índices de 8 a 6°C, decaindo para valores abaixo de 6°C nas áreas ou locais mais elevados desse Planalto, como é o caso das superfícies de Vacaria-Lajes-São Joaquim e de Palmas, enquanto em julho, seu mês mais frio, os índices médios das mínimas diárias de 8 a 6°C se expandem por quase todo o planalto e toda a Cam-

MÉDIA DAS MÍNIMAS DIÁRIAS

-INVERNO- (°C)

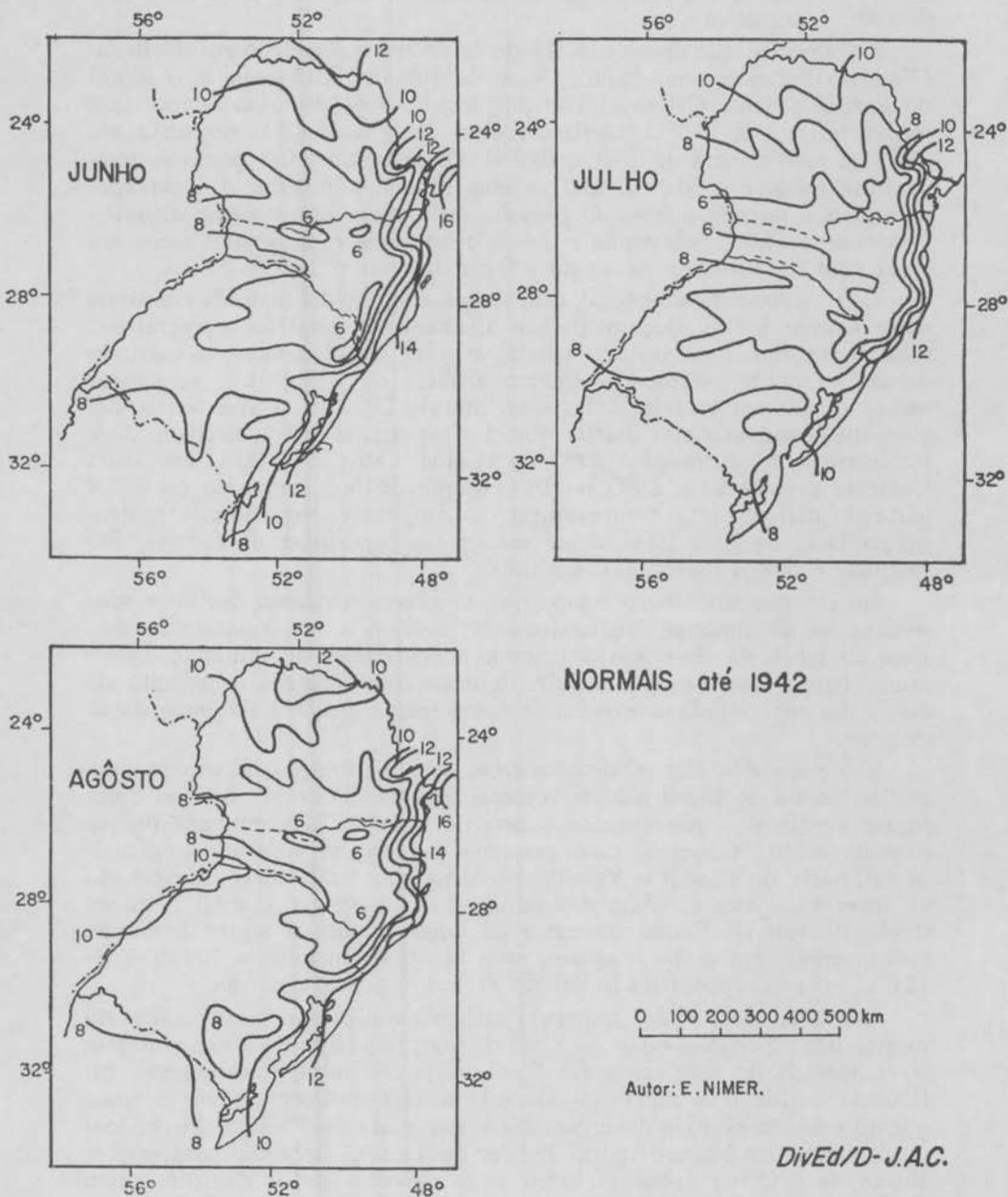


FIG.14

panha Gaúcha, ficando grande parte desse planalto com média das mínimas inferior a 6°C.

Estes índices de média das mínimas diárias no inverno pressupõem, por si só, que nesta estação as grandes quedas do termômetro na Região Sul é um fato não apenas característico mas sobretudo, muito comum. Com efeito, durante o inverno, freqüentemente o termômetro desce próximo a 0°C e, não raras vezes, cai a valores negativos, ou seja, abaixo de 0°C.

Em que tipo de tempo ocorrem mais freqüentemente as mínimas diárias mais baixas? Na Região, como em quase todo o território brasileiro, as maiores descidas do termômetro se verificam após a passagem de uma *frente fria* de origem circumpolar (*correntes perturbadas de S*), quando então a Região fica sob a ação direta do *anticiclone polar*⁴⁶.

O fenômeno se processa mais ou menos do seguinte modo: ao transpor a cordilheira dos Andes, na zona pré-frontal produz-se uma forte advecção do ar tropical do *anticiclone subtropical* do Atlântico Sul. Esta situação produz bom tempo sob regime de subsidência deste anticiclone, a pressão se eleva, intensificam-se os ventos do quadrante norte (principalmente de NE) seguidos por um brusco e geral aquecimento (aquecimento pré-frontal). Com a chegada da *frente* sobre o lugar, a pressão cai, o céu torna-se completamente encoberto por nuvens de convecção dinâmica (*cúmulos e cúmulo-nimbos*), acompanhadas de trovoadas, ventos fracas a moderados (5 a 10 nós, geralmente) e chuvas mais ou menos pesadas. Imediatamente, após a passagem da *frente*, a pressão torna a subir levemente, a temperatura cai sob o vento frio que passa a soprar do quadrante sul, a chuva frontal termina, logo substituída por chuvas finas e leves, por vezes intermitentes e nevoeiro (primeira situação pós-frontal)⁴⁷. Com céu ainda encoberto e presença do ar polar resultam fracas amplitudes térmicas diurnas, com máxima baixa e mínima ainda não muito baixa e umidade relativa em torno de 95% (ou até mais). Com a continuidade do avanço da frente, e conseqüente domínio do *anticiclone polar*, diminui a turbulência anterior, o ar torna-se seco e o céu limpo, quando então a intensa radiação noturna faz o termômetro descer ao seu

⁴⁶ Nas latitudes próximas do equador nem sempre as mínimas mais baixas se verificam nestas situações, uma vez que a *frente polar* só raramente atinge essas latitudes.

⁴⁷ As chuvas finas e intermitentes ocorrem imediatamente após a passagem da *frente* (na superfície) sobre o lugar. Os ventos que acompanham tais chuvas são denominados pela população regional de *minuano*. Tais ventos sopram geralmente com velocidade fraca a moderada, podendo atingir até 20 nós. Determinam tipos de tempo muito desagradáveis em virtude de seu alto índice de umidade relativa e pela queda de temperatura que eles provocam, principalmente no inverno, quando chegam a estar possuídos de temperatura inferior a 10°C. Quando o *minuano* conserva a temperatura de 2 a 3°C acima de zero ele recebe a denominação popular de *geadas de vento*. Trata-se de um nome impróprio, uma vez que não se pode formar geada em temperaturas positivas, porém esta denominação designa os efeitos danosos produzidos nos cafezais pelos ventos polares frios e cortantes, de SE a SW, principalmente durante o período de formação do fruto (A. Serra - 1957).

nível mais baixo. Geralmente, nesse nível mínimo o termômetro não se mantém por mais de 2 dias, não só pela absorção do *anticiclone polar* por parte do *anticiclone subtropical*, como ainda porque à sua retaguarda a *massa polar* é sugada para o sul, atraída por nova frontogênese na Argentina (avanço de nova *frente fria*). A fraca ou inexistente nebulosidade concorre também para isso, uma vez que facilita o aquecimento solar que acaba com o fenômeno, retornando os ventos do quadrante norte do *anticiclone subtropical* com inversão térmica superior, continuando a estabilidade e tempo ensolarado, mas, agora, com temperatura em ascensão. Trata-se de novo aquecimento pré-frontal, prenunciando a chegada de nova *frente polar*.

Durante determinado ciclo de invasão de ar polar, iniciado com a chegada de *frente fria* e terminado com o retorno do ar tropical, como o que acabamos de descrever, vimos que as mínimas diárias mais baixas são registradas sob o domínio direto da *alta polar* com tempo bom e umidade relativa baixa. Nessas situações as noites são muito frias, uma vez que cessando a irradiação solar, a radiação noturna é fortemente ativada pela segura do ar. É nessas noites que se registram as mínimas mais baixas referidas, cujo nível se verifica, geralmente, pouco antes do sol nascer (no verão) ou poucos minutos depois do nascimento (no inverno).

No inverno, durante essas noites, não raras vezes o termômetro desce abaixo de 0°C. A figura 15, relativa à *ocorrência média de noites frias*⁴⁸, demonstra este fato.

A observação deste mapa nos leva a salientar os seguintes fatos: 1.º) somente o norte do Paraná, a baixada litorânea e a depressão central do Rio Grande do Sul não possuem sequer 1 dia de noite fria em média durante o ano; 2.º) o efeito da *continentalidade* no rebaixamento das mínimas diárias é muito flagrante, uma vez que, enquanto a baixada litorânea não possui sequer uma noite fria, os vales dos rios Paraná e Uruguai possuem um importante índice de ocorrência de noites frias; 3.º) a *latitude* é outro fator muito importante, pois que, nas vastas superfícies do Rio Grande do Sul, próximas ao nível do mar, a inexistência de uma noite fria sequer se verifica apenas no litoral (efeito moderador do mar) e na Depressão Central (efeito do aquecimento diabático de compressão); 4.º) finalmente o *relevo*. Este fator, através da variação de altitude é responsável pela maior ocorrência de *noites frias* sobre o planalto, no qual, as superfícies mais elevadas apresentam mais de 15 ocorrências diárias de *noite fria* durante o ano.

Tais ocorrências se verificam quase que exclusivamente nos meses de inverno (junho, julho, agosto), sobretudo em julho. Entretanto, nas

⁴⁸ A expressão *noite fria* que aqui empregamos possui uma conotação especificamente climatológica, designando as noites em que o termômetro desceu ao nível de 0°C ou abaixo deste.

OCORRÊNCIA MÉDIA DE NOITES FRIAS DURANTE O ANO
- NOITE FRIA $\geq 0^{\circ}\text{C}$ -

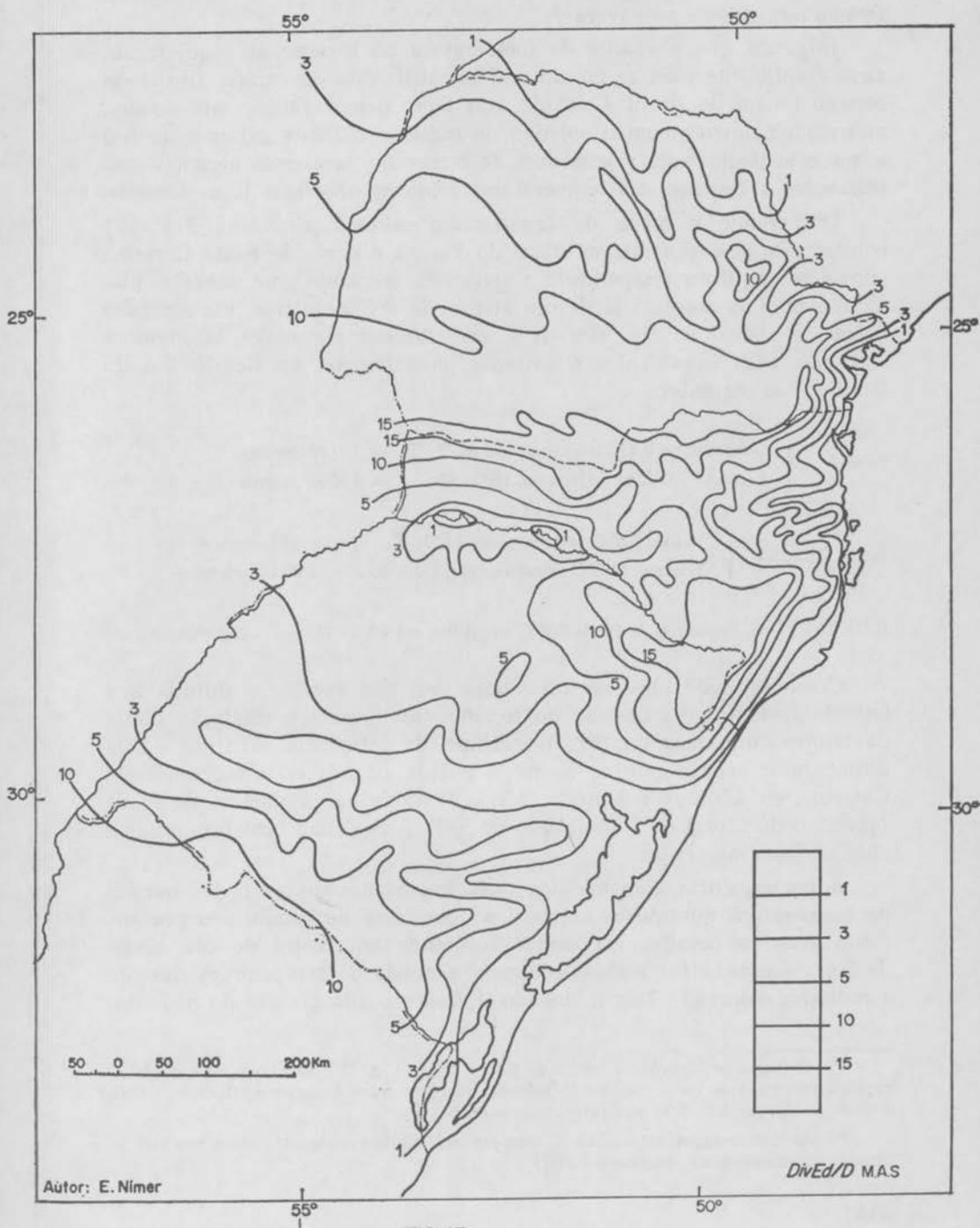


FIG. 15

superfícies elevadas do planalto a ocorrência de 0°C não é surpreendente mesmo no outono e primavera ⁴⁹.

Julgamos que a análise da temperatura no inverno até aqui focalizada é suficiente para se ter uma idéia satisfatória do caráter frio desta estação no sul do Brasil. Contudo, não tanto para enfatizar este caráter, mas principalmente com o objetivo de registrar o limite extremo de frio a que esta Região está sujeita durante o inverno, teceremos algumas considerações a respeito das temperaturas *mínimas absolutas* já registradas.

Observando o mapa de *temperatura mínima absoluta* (Fig. 16) constatamos que somente no litoral do Paraná e norte de Santa Catarina jamais se registrou temperatura negativa ⁵⁰, enquanto que sobre o planalto a mínima absoluta já desceu abaixo de 4°C negativos, nas altitudes baixas, e abaixo de 8°C negativos nas altitudes elevadas. As mínimas absolutas mais importantes registradas, oficialmente, na Região Sul do Brasil são as seguintes:

Paraná { Guarapuava 8,4°C negativos em 31/7/55 - 1.116 metros
Palmas 10,0°C negativos em 10/7/33 - 1.090 metros

Santa Catarina { Valões 9,8°C negativos em 14/7/47 - 777 metros
Xanxerê 11,6°C negativos em 25/6/45 - 791 metros

R. G. Sul { S. Francisco de Paula 6,5°C negativos em 20/7/53 - 912 metros

Como se pode observar mais uma vez, não apenas a altitude e a latitude facilitaram a descida do termômetro durante a oscilação diária da temperatura, mas também o declínio da influência marítima. Este último fator explica porque Xanxerê, cidade situada no oeste de Santa Catarina, em altitude e latitude inferiores às de São Francisco de Paula (próximo do litoral do Rio Grande do Sul) possui, não obstante, mínima absoluta bem mais baixa.

A consequência climatológica mais importante destas fortes quedas de temperatura durante as noites é a ocorrência de *geada*, isto porque, assim como o orvalho, ela ocorre sobretudo em noites de céu limpo de fraca umidade (as nuvens reduzem a queda de temperatura durante a radiação noturna). Tais noites são típicas sob alta pressão de poderoso

⁴⁹ O mapa de ocorrência média de *noites frias* (Fig. 15) não teve, na sua elaboração, a preocupação de se medir a influência do relevo sobre as mínimas diárias 0°C, a exemplo do que fora feito em outros mapas térmicos.

⁵⁰ As informações referentes à temperatura mínima absoluta compreendem as últimas quatro décadas anteriores a 1961.

MÍNIMA ABSOLUTA (°C)

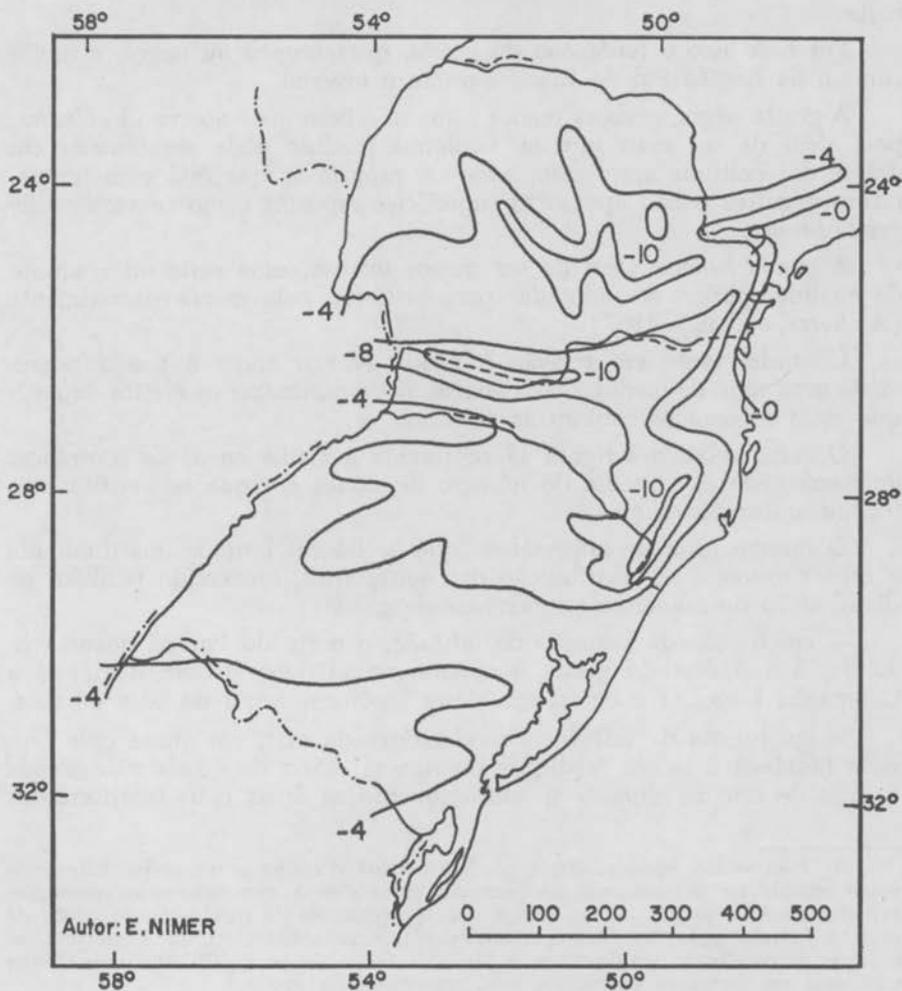


FIG- 16

DivEd/D-J.A.C.

anticiclone polar que, como vimos, sucede à passagem de uma *frente fria*⁵¹.

Além disso, para que haja geada durante a noite é fundamental que a temperatura durante o dia, ou mais precisamente durante as primeiras horas da noite, seja relativamente baixa; somente assim a radiação noturna pode tornar o *ponto de orvalho* abaixo de 0°C no decorrer dessa mesma noite.

Por tudo isso o fenômeno da geada, quer *branca* ou *negra*, é muito comum na Região Sul do Brasil durante o inverno.

A geada *negra*, embora menos comum, é bem mais nociva às culturas, pois além de ser mais intensa, nenhuma medida pode ser tomada em defesa das culturas neste caso, pois é o próprio ar que está com temperatura negativa e não apenas as superfícies expostas como se verifica na geada *branca*.

A geada *branca* além de ser menos intensa, uma série ou conjunto de medidas podem ser adotadas para evitá-las, pelo menos parcialmente (A. Serra, op. cit. — 1957).

Contudo, tanto em relação à geada *branca* como à geada *negra*, existe uma série de medidas cuja adoção pode minimizar os efeitos danosos que estes fenômenos causam às culturas.

O mapa relativo à figura 17 representa a *média anual de ocorrência de geada*, isto é, a média do número de noites em que se verifica este fenômeno durante o ano.

O mesmo grau de importância que os fatores latitude, maritimidade e relevo exercem na distribuição das *noites frias*, é exercido também na distribuição do número de ocorrência de *geada*:

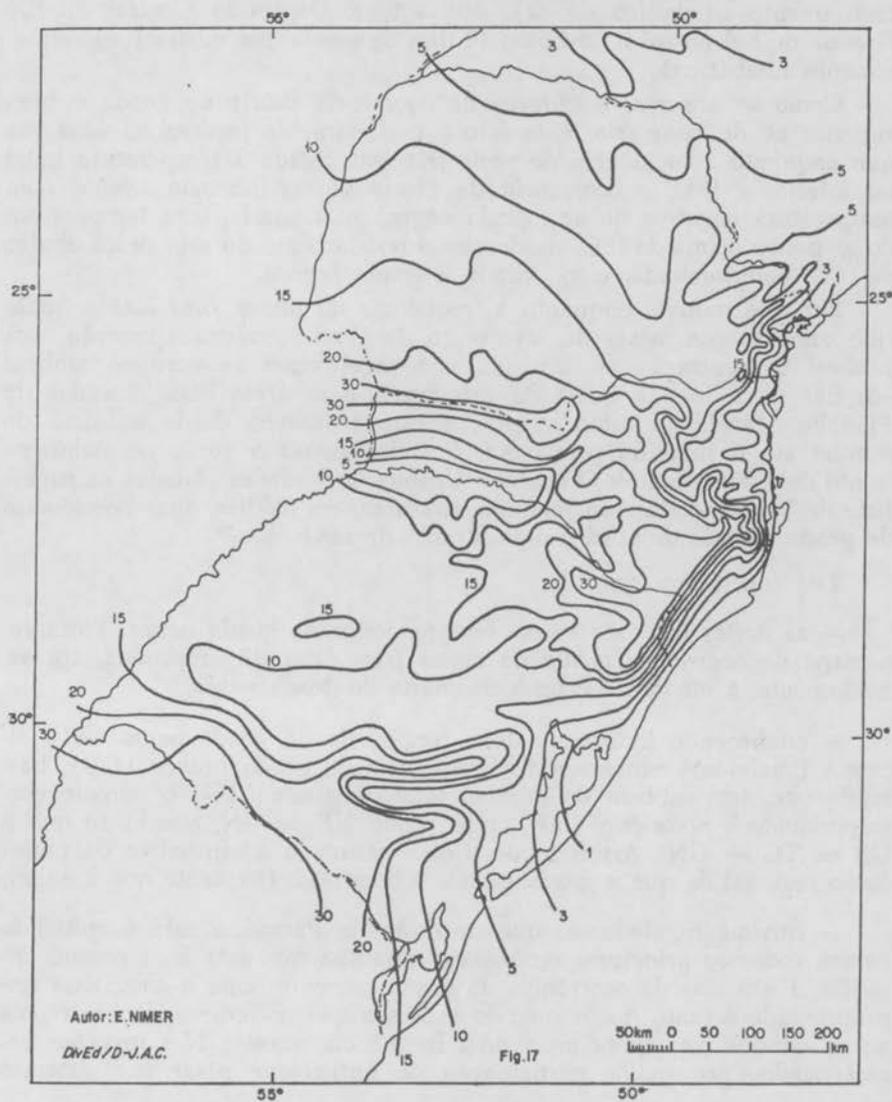
— em função da variação da *latitude*, o norte do Paraná possui, em média, 3 a 5 dias de geada, enquanto no extremo sul da Região (na Campanha Gaúcha) a ocorrência deste fenômeno varia de 20 a 30 dias;

— em função da influência moderadora do mar, em quase toda baía litorânea o índice médio de ocorrência diária de geada não excede a mais de um dia durante o ano, enquanto as áreas mais interiorizadas

⁵¹ Para melhor compreender a *geada* é necessário conhecer o *orvalho*. Este fenômeno consiste no aparecimento de pequenas gotas d'água que cobrem as superfícies expostas do solo, pedras, folhas, telhas, etc., provenientes da incidência do *ponto de orvalho* (condensação) na lâmina atmosférica inferior acima de 0°C. Entretanto, se o ponto de orvalho se verificar com a lâmina inferior abaixo de 0°C, o vapor d'água sublimará em pequenos cristais de gelo, constituindo a *geada*.

Há dois tipos de geada: *geada negra* e *geada branca*. Quando uma espessa camada de ar superficial alcançar seu ponto de orvalho abaixo de 0°C ocorre a *geada negra*, que faz congelar a água e os líquidos interiores das plantas, queimando folhas e talos. Desse modo, obstruídos os vasos, a seiva não pode subir e a árvore, ou arbusto, morre enegrecida. Se contudo, o ponto de orvalho do ar se mantiver acima de 0°C, mas as superfícies expostas caírem abaixo de 0°C, o vapor d'água de uma fina lâmina atmosférica em contato com o solo sublimará diretamente em cristais de gelo sem passar pela fase líquida do orvalho. Desse modo se verifica a *geada branca*.

OCORRÊNCIA MÉDIA DE GEADA
— NÚMERO DE VÊZES AO ANO —



situadas pouco acima do nível do mar, apresentam 5 a 10 dias de geada no norte do Paraná e 15 a 20 dias no sul do Rio Grande do Sul;

— o *relevo* em função da altitude e de suas irregularidades conduz a mais de 30 dias de geada nas superfícies mais elevadas do planalto, como é o caso das superfícies de Palmas e de Vacaria-Lajes-São Joaquim (pelo resfriamento adiabático do ar), enquanto a Depressão Central do Rio Grande do Sul possui no máximo 10 dias de geada, em média (pelo aquecimento adiabático).

Como se observa, o número de ocorrência diária de geada é bem superior ao de *noite fria*. Este fato é perfeitamente justificável uma vez que enquanto a incidência de *noite fria* está ligada à temperatura igual ou inferior a 0°C, a ocorrência de geada se verifica não apenas com temperatura negativa do ar (geada negra) mas, ainda, com temperatura do ar pouco acima de 0°C, desde que o resfriamento do solo desça abaixo de 0°C, determinando, como vimos, a geada *branca*.

Por este motivo, enquanto a frequência de *noites frias* incide quase que somente nos meses de inverno, a de geada, embora apresente uma notável concentração no inverno, não raras vezes se verifica também em fins do outono e início da primavera, e as áreas mais elevadas do Planalto Meridional estão sujeitas a este fenômeno desde o início do outono até o final da primavera, ficando apenas o verão normalmente isento dele. Por exemplo, Vacaria e Urubici, localidades situadas na superfície de Vacaria-Lajes-São Joaquim, possuem, em médias, duas ocorrências de geada no mês de abril e uma no mês de novembro⁵².

Daí concluímos que:

— as *noites frias* são quase sempre noites de geada *negra*. Portanto, o mapa de *ocorrência média de noites frias* (Fig. 15) reproduz, aproximadamente, a média de ocorrência diária de geada *negra*;

— conhecendo indiretamente a frequência de geada *negra* (GN), ficando igualmente conhecendo a frequência de geada *branca* (GB), bastando para isso subtrair do número *total* de geada (TG) o número correspondente à *noite fria* (NF), pois sendo $NF \cong GN$, conclui-se que $GB \cong TG - GN$. Assim sendo, fica confirmada a afirmativa da população regional de que a geada *branca* é bem mais freqüente que a *negra*;

— finalmente, deduz-se que no norte do Paraná o café é cultivado *contra todos os princípios ecológicos*, uma vez que esta área possui, em média, 1 a 3 dias de ocorrência de geada *negra* durante o ano. Essa impropriedade é tanto maior quando sabemos que os índices de ocorrência acima citados correspondem a uma frequência *normal*. Nos invernos caracterizados por maior participação de *anticiclone polar* nos sistemas

⁵² A incidência de geada no verão é raríssima. De 1923 a 1941, houve geada 2 vezes em dezembro, 2 vezes em fevereiro e 1 vez em janeiro, na localidade de Palmas, situada a 1.090 metros de altitude.

de circulação atmosférica do sul do Brasil, o norte do Paraná fica ainda muito mais sujeito a este fenômeno, dos mais graves para a lavoura cafeeira, fenômeno este que, como vimos, embora possa ser previsto, não pode ser evitado.

Para finalizar o estudo sobre a temperatura e outros fenômenos climáticos a ela diretamente ligados, teceremos, a seguir, algumas considerações sobre a *precipitação de neve*.

Embora na maior parte da Região Sul do Brasil este fenômeno seja muito raro, sua ocorrência não constitui nenhuma anormalidade. Com efeito, nos últimos 40 anos quase todas as localidades situadas acima de 800-600 m no Paraná, 600-400 m em Santa Catarina e 400-200 m no Rio Grande do Sul assistiram algumas precipitações de neve, por mais raras e pouco intensas que foram.

Como se observa, a ocorrência de nevada no sul do Brasil não está ligada apenas às latitudes médias, mas também à existência do Planalto Meridional. A importância deste planalto para a ocorrência de nevada nessa Região pode ser avaliada levando-se em conta que nas planícies dos pampas uruguaios e argentinos, situadas próximo ao nível do mar, o fenômeno de precipitação de neve é bem mais raro do que no Planalto Meridional do Brasil, embora aquelas planícies estejam situadas em latitudes bem mais elevadas. É bem verdade que na maior parte deste planalto não se verifica um dia de nevada, em média, durante o ano. Em determinado ano ocorre mais de 1 dia de nevada, e até mesmo 3 ou 4 dias, em contrapartida transcorrem vários anos consecutivos sem uma ocorrência sequer. Entretanto, nas superfícies mais elevadas deste planalto, quer no Rio Grande do Sul quer em Santa Catarina, a ocorrência de nevada durante o inverno, embora ainda não seja comum, não é contudo, uma raridade, havendo um dia de nevada, em média, para cada inverno.

Para melhor compreender a importância deste planalto na formação de nevada, torna-se necessário conhecer como esse fenômeno se processa no sul do Brasil: vimos que imediatamente após a passagem de uma *frente polar* sobre o lugar, as chuvas mais ou menos pesadas são seguidas por chuvas finas intermitentes e nevoeiro, sob ação de ventos frios denominados regionalmente de *minuano*. Quando tais *correntes perturbadas de S* atingem as planícies da Campanha Gaúcha e do vale do rio Uruguai com temperatura pouco acima de 0°C, para galgar o planalto elas perdem temperatura pelo gradiente adiabático de expansão, de modo que, ao alcançar as superfícies elevadas deste planalto, o ponto de orvalho cai abaixo de zero e, ao invés de chuva, estas *correntes perturbadas* provocam precipitação de neve. Esclarecemos, contudo, que para a *massa de ar polar* invasora estar possuída de temperatura pouco acima de 0°C antes de começar a galgar o Planalto Meridional, somente é possível nas ocasiões em que o *anticiclone polar* é mais poderoso dentre os mais poderosos que costumam invadir o território brasileiro durante o inverno.

Esta é a razão porque a superfície de Vacaria-Lajes-São Joaquim, situada no extremo sul deste planalto, justamente em seus níveis mais elevados, constitui a área onde o fenômeno de precipitação de neve

é mais importante. Nessa área a incidência de nevada não apenas é mais freqüente (3 dias de nevada, em média, por ano) como ainda mais intensa. Nas últimas décadas, numerosas vezes a nevada foi tão intensa que cobriu quase completamente as superfícies expostas do solo, da vegetação, dos telhados das casas e, nas estradas, o tráfego de veículos ficou impedido pelo acúmulo de neve, de até 50 cm aproximadamente. Entretanto, como a nevada nessas áreas é de pouca duração (1 dia ou no máximo 2 a 3 dias) ela não chega a formar gelo. Além disso, em virtude dela se verificar com temperatura negativa próxima de 0°C, logo que cessa de cair, a temperatura se eleva ligeiramente acima de 0°C, pondo-a imediatamente a derreter-se. Contudo se sua ocorrência for seguida por *noite fria* com calma e sem nebulosidade, a geada só permitirá o derretimento da neve no dia seguinte após o nascer do sol.

4 — O sul do Brasil é uma região de pouca diversificação climática, nela destaca-se o clima mesotérmico superúmido do tipo temperado⁵³

Pela sua posição entre as latitudes médias da zona subtropical, quase toda Região Sul do Brasil possui *clima temperado*. Este opõe-se aos climas tropicais pela circulação atmosférica freqüentemente perturbada pela passagem de *grandes descontinuidades* de origem circumpolar

⁵³ Antes de passarmos às diferentes categorias de climas tornam-se indispensáveis alguns esclarecimentos. A exemplo do que fizemos para outras *regiões geográficas* brasileiras, *não adotamos*, para esse fim, *nenhum critério classificatório tradicional*. Este comportamento permite ao climatologista selecionar os aspectos climáticos mais importantes, que fornecerão limites índices expressivos em determinada região, bem como, subsídios para melhor caracterização de seus climas. Desse modo, o climatologista não apenas foge dos enquadramentos pré-estabelecidos pelos critérios tradicionais, como ainda lhe é permitido utilizar parcialmente diversos critérios de diferentes autores, naquilo que lhe parece significativo. Por exemplo, no critério classificatório aplicado nessa pesquisa usamos do critério de Köppen a média de 18°C do mês mais frio como limite entre os climas *quentes* (> 18°C) e *subquentes* (< 18°C), embora o referido autor, como sabemos, utilizasse essa isoterma mensal como limite entre os climas *tropical* e *temperado*. Da mesma forma, utilizamos o critério de Gausson e Bagnouls (1953) no que diz respeito à determinação de mês seco, bem como as isotermas mensais de 15°C e 10°C do mês mais frio, como limite entre os climas *subquentes* (18 a 15°C), *mesotérmica branda* (15 a 10°C) e *mesotérmico médio* (10 a 0°C), embora com denominações diferentes daquelas usadas por esses autores.

Outros aspectos aqui abordados foram estabelecidos por nós em consonância com o *critério livre* para o qual selecionamos os aspectos e os índices que consideramos expressivos na climatologia da Região Sul. Assim é que a consideração de climas *superúmidos*, *úmidos*, *semi-úmidos*, *semi-áridos* e *desérticos*, com suas diversas variedades: *superúmido* (sem seca ou com subseca), *úmido* (com 1 a 2 ou 3 meses secos), *semi-úmidos* (com 4 a 5 meses secos), *semi-árido branda* (com 6 meses secos), *mediano* (com 7 a 8 meses secos), *forte* (com 9 a 10 meses secos), *muito forte* ou *subdesértico* (com 11 meses secos) e *desérticos* (com 12 meses secos), está baseada na relação existente entre esta seqüência e a vegetação natural no Brasil. No Brasil — com

(FP) em qualquer época do ano, sucedidas por ondas de frio do sistema anticiclônico móvel de origem polar. Essas constantes invasões em qualquer época do ano, determinando bruscas mudanças de tempo, constituem o traço climático unificador do sul do Brasil.

Com efeito, durante todo ano qualquer parte da Região Sul é constantemente submetida a mudanças de tempo, as quais, podem ser agrupadas em quatro tipos principais: a) *tempo estável com temperatura mediana a elevada*, sob domínio do *anticiclone subtropical* do Atlântico Sul com ventos do quadrante norte; b) este quadro é regularmente substituído por *tempo instável de chuvas mais ou menos pesadas* que acompanham a passagem de *frente fria* em fase de oclusão, com ventos geralmente fracos a moderados rodando em várias direções, sucedidos imediatamente por chuvas finas e intermitentes, forte umidade relativa e nevoeiro sob ação de ventos frios do quadrante sul (*correntes perturbadas de S*) que provocam rápido declínio de temperatura; c) finalmente retorna o *tempo estável*, mas agora, sob o domínio do *anticiclone móvel polar* que traz tempo ensolarado, umidade relativa muito baixa, aprofundamento do *termômetro*, calma e, por vezes, geada. Com o desaparecimento do *anticiclone polar*, este último tipo de tempo é substituído pelo primeiro acima descrito, recomeçando novo ciclo. Este ciclo somente é interrompido com a chegada de *linhas de instabilidade tropicais* (IT) que, como vimos, trata-se de outro sistema de circulação, originária da zona intertropical, as quais trazem, também, *tempo instável*, porém, com chuvas esparsas, mais ou menos pesadas, de forte concentração no tempo e no espaço, sem grande declínio de temperatura. Este tipo de tempo sucede quase sempre ao tempo estável e quente motivado pelo domínio do *anticiclone subtropical*. É mais comum no Paraná, mesmo assim, quase exclusivo do verão (*tempo instável de chuvas de verão*).

Portanto, *quase toda Região Sul do Brasil possui clima caracteristicamente do tipo temperado* pelo menor número de invasões de *frente fria* e menor participação de *anticiclone polar*, determinando sensível declínio de chuvas e aumento de temperatura no inverno; e ainda, pela maior concentração pluviométrica no verão, devido ao acréscimo de chuvas de IT, *somente o norte do Paraná possui clima tropical*.

exceção de algumas áreas da Região Sul — a ausência de seca está *sempre* relacionada às áreas florestais, a existência de 1 a 2 meses secos é *quase sempre* acompanhada de florestas, e as áreas de 3 meses secos estão relacionadas às áreas de transição onde, na *maioria das vezes*, aparecem florestas semidecíduas, enquanto que as áreas de 4 a 5 meses secos se relacionam, *quase sempre*, com o cerrado. Enquanto isso, as áreas com 6 ou mais meses secos estão relacionadas à caatinga, sendo que, geralmente, as áreas de 6 meses secos correspondem a uma caatinga predominantemente arbórea ou de transição; as de 7 a 8 meses secos, à caatinga predominantemente arbustiva; e a de mais de 9 meses, à caatinga herbácea, sendo tanto mais rala nas áreas de 11 meses secos.

A adoção deste critério permite ainda introduzir na *climatologia tradicional* de determinada região, conhecimentos relativos à *climatologia dinâmica* (climatologia moderna) sempre que for possível. Este último comportamento também norteou este estudo, dele derivando o conceito de *climas tropicais, temperados, etc.*

Destas condições resultam as características fundamentais dos climas da Região Sul do Brasil, cuja descrição e análise serão sucintamente salientadas a seguir.

Os fatores *estáticos*, pela simplicidade das formas do relevo da Região Sul e pelo seu balizamento na zona temperada, sem se estender muito para o sul e sem se afastar muito da orla marítima, não criam condições muito favoráveis à diversificação climática nesta Região. Desta maneira, *a tendência à uniformidade e unidade climáticas, determinada pelos fatores dinâmicos*, prevalecem sem notáveis interferências dos fatores *geográficos*, o que torna o *espaço geográfico da Região Sul do Brasil, de certa forma, homogênea e uniforme*.

Contudo, tanto a homogeneidade como a uniformidade climática desta Região não devem ser interpretada como absoluta, mas tão-somente em relação às demais regiões geográficas do Brasil. Mesmo sem recorrer a critérios da microclimatologia ou, até mesmo, preocupar-se profundamente com as diferenciações locais, a aplicação de um critério classificatório de caráter amplo, como é o objetivo desta *unidade* de trabalho, é o suficiente para se reconhecer que na Região Sul do Brasil existem algumas áreas, entre as quais as distinções climáticas são bastante notáveis. Além do que, pela leitura das *unidades II e III*, o leitor poderá reconhecer que no interior de cada variedade climática existem diferenciações cuja importância não devem passar despercebidas.

Como vimos, é muito importante a variação de temperatura na Região Sul, no tempo e no espaço, mormente se considerarmos a distribuição das máximas e das mínimas diárias. Da importância destas decorre uma notável diferenciação das médias mensais, também no tempo e no espaço. Por isso, cabe às variações térmicas o papel mais importante na diversificação climática nesta Região.

Quanto ao *comportamento térmico* devemos reconhecer pelo menos 3 categorias ou domínios climáticos: a de *clima subquente*, a de *clima mesotérmico brando* e de *clima mesotérmico médio* (Fig. 18).

Clima subquente — Neste clima nenhum mês apresenta temperatura média inferior a 15°C, oscilando o mês mais frio entre 18° e 15°C.

Compreende: o norte e oeste do Estado do Paraná, ou seja os vales dos rios Paranapanema e Paraná e seus afluentes, onde seu limite acompanha as seguintes curvas altimétricas: 250 a 350 m a oeste e 350 a 600 m ao norte; o vale do Ribeira do Iguape, abaixo de 500 m aproximadamente; e a estreita faixa litorânea, do Paraná ao Sul de Santa Catarina, limitada pela curva altimétrica de 500 a 400 m no Paraná e de 400 m até ao nível do mar em Santa Catarina⁵⁴. Perfaz 15,27% do território da Região Sul, assim distribuídos: 13,84% no Paraná e 1,43% em Santa Catarina.

⁵⁴ Para melhor precisão das áreas de ocorrência deste domínio climático considerado pela temperatura, recomendamos a observação da figura 13, na qual estão traçadas as isotermas de 15 e de 10°C, as quais limitam as principais categorias climáticas quanto à temperatura.

Nestas áreas, a grande freqüência de temperaturas elevadas no *verão* torna esta estação quente, com média de janeiro entre 26 e 24°C, enquanto que as raras ocorrências de mínimas diárias próximas a 0°C tornam o *inverno ameno*, com temperatura média do mês mais frio superior a 15°C. Daí decorre que estas áreas possuem a temperatura média anual mais elevada da Região Sul, superior a 20°C.

Tais condições, nestas áreas são devidas a um conjunto de fatores: latitudes próximas do trópico e altitudes próximas do nível do mar, para todas as áreas *subquentes*, e menor participação de massa polar na área subquente do norte do Paraná.

Apesar da identidade fundamental dessas áreas *subquentes*, é possível reconhecer entre elas certas diferenças importantes, quanto ao regime térmico anual: o oeste paranaense, em virtude da menor influência marítima, possui maior variação térmica anual, com verão mais quente (vide média das máximas — Fig. 11) e inverno mais frio (vide média das mínimas — Fig. 14), enquanto na área litorânea a diferença das condições térmicas entre o verão e o inverno é menos importante, em virtude da ação moderadora da forte influência do mar.

Entretanto, quer numa como noutras áreas, o inverno é ameno e esta é a característica geral mais importante, uma vez que dela resulta o clima subquente na Região Sul. Este clima, que tão bem exprime o caráter de transição entre o clima *tropical quente* das latitudes baixas do Brasil e o clima *temperado mesotérmico* das latitudes médias da Região Sul, domina grande parte da Região Sudeste do Brasil. Sua ocorrência na Região Sul nada mais é do que um prolongamento climático da Região Sudeste na Região Sul.

Clima mesotérmico brando — Excluindo as áreas *subquentes*, quase todo território restante da Região Sul está compreendido nos limites do clima *mesotérmico brando*. Este clima domina a maior parte do Rio Grande do Sul, abarcando 81,69% do espaço geográfico da Região Sul, assim distribuído: 21,24% no Paraná, 13,52% em Santa Catarina e 46,93% no Rio Grande do Sul.

Enquanto a altitude exerce um papel muito importante na ocorrência deste clima no Estado do Paraná, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul sua ocorrência se deve unicamente à posição destes Estados em latitudes subtropicais, constantemente sujeitas à invasão de *massas frias* de origem polar. Com efeito, enquanto no Paraná este clima aparece acima de altitudes não muito elevadas, e em Santa Catarina quase ao nível do mar, no Rio Grande do Sul seu aparecimento se verifica ao nível do mar.

O inverno, neste clima, é bastante sensível e possui pelo menos um mês com temperatura média inferior a 15°C. Entretanto, em função das variações de latitude e da altitude, principalmente deste último fator, no interior deste tipo climático existem importantes diferenciações no que diz respeito à temperatura, quer no verão, quer no inverno. Numa delas existe pelo menos um mês com temperatura média inferior a 15°C,

porém em nenhum mês ela está abaixo de 13°C. Estas áreas compreendem, aproximadamente, 60% do território mesotérmico brando, enquanto nos 40% restantes, todos os meses do inverno (ou pelo menos 2 meses) possuem temperatura média inferior a 15°C e, pelo menos um desses meses possui temperatura inferior a 13°C. O limite entre essas duas áreas é dado, pois, pela isoterma mensal de 13°C para o mês mais frio do ano.

Enquanto na *primeira área* as grandes descidas diárias do termômetro não são muito comuns, na *segunda área*, além delas serem bem mais freqüentes, não raras vezes o termômetro desce a níveis negativos durante o inverno. Conseqüentemente, enquanto na *primeira área* o índice médio de ocorrência de geada gira em torno de 15 dias ao ano, no máximo, na *segunda área*, este índice chega ao máximo de 30 dias aproximadamente.

Enquanto na *primeira área* o inverno, apesar de ser muito sensível, é *pouco vincado*, na *segunda área* esta estação é sem dúvida *acentuadamente fria*. Na *primeira*, o clima *mesotérmico*, além de possuir um *inverno pouco vincado*, seu *verão* é ainda *quente*, uma vez que nele, embora as máximas diárias e médias mensais sejam inferiores às do *clima subquente*, a média mensal de janeiro, seu mês mais quente, mantém-se acima de 22°C. Na *segunda área* as altitudes mais elevadas não permitem, geralmente, sequer um mês com temperatura média superior a 22°C, e suas máximas diárias mantêm-se em níveis relativamente baixos durante todo o verão e, só raramente, o termômetro sobe acima de 30°C.

Em suma, no clima *mesotérmico brando*, o inverno é muito sensível, entretanto *pouco vincado* na primeira área e *acentuado* na segunda. Contudo, são as temperaturas do verão que tornam essas duas áreas mais distintas. Esta estação, sendo *quente* na *primeira área* e *branda* na *segunda*, torna muito importante a amplitude térmica anual na *primeira área*, enquanto na segunda as altitudes relativamente elevadas, não permitindo temperaturas muito elevadas no verão, tornam a amplitude térmica de importância secundária.

Finalmente, chamamos atenção para o limite do *clima mesotérmico brando*: a isoterma de 15°C (limite entre os climas *subquente* e *mesotérmico brando*) se relaciona com a isoterma anual de 20°C. De fato, sobrepondo a figura 9 à 13, veremos que as cotas altimétricas por onde passam estas isotermas são aproximadamente as mesmas, na maioria das vezes.

Clima mesotérmico médio — Este clima aparece acima das cotas altimétricas de 1.300 metros no Paraná, entre 1.300 a 1.200 m no norte de Santa Catarina, entre 1.200 a 1.100 m no sul de Santa Catarina e entre 1.100 a 1.000 m no norte do Rio Grande do Sul. Compreende apenas 3,04% do território da Região, assim distribuídos: 0,33% no Paraná, 2,04% em Santa Catarina e 0,67% no Rio Grande do Sul.

Como se vê, apenas em Santa Catarina este tipo climático ocupa uma área importante, uma vez que dos 17.063 km² ocupados por este clima na Região Sul, 11.471 km² estão situados naquele estado.

Estando este tipo climático relacionado às cotas altimétricas mais elevadas da Região, compreende-se porque sua ocorrência se esparsa em numerosos pequenos locais montanhosos, geralmente despovoados, acima da superfície do planalto. Entretanto, duas áreas de ocorrência deste tipo climático merecem destaque pela sua extensão territorial e pelo povoamento nele existente. Trata-se da superfície da Chapada de Palmas e da Chapada de Vacaria-Lajes-São Joaquim.

Neste clima há, pelo menos, um mês com temperatura média inferior a 10°C. No sul do Brasil ele se caracteriza por possuir inverno acentuado, cujo frio é uma constante dia e noite, e verão cujo calor é praticamente ausente pelo efeito da altitude.

Resulta daí que em tais áreas a amplitude pluviométrica é menos importante do que as verificadas nas superfícies baixas da Região Sul. Resulta ainda que a temperatura média anual é muito baixa, situando-se entre 12 a 14°C nas superfícies de Palmas e de Vacaria-Lajes-São Joaquim. Mesmo assim, enquanto o verão, nestas áreas, caracteriza-se por temperaturas muito amenas, o inverno é caracterizado por constante e acentuado frio. Com efeito, a média do mês mais quente (janeiro) oscila em torno de 20°C, a média das máximas diárias em torno de 26°C, e a máxima absoluta jamais ultrapassou 34°C. No inverno, entretanto, o termômetro cai diariamente a níveis próximos de 0°C. Por este motivo a média das mínimas diárias mantém-se abaixo de 6°C durante todo o inverno; o número de noites frias é de 10 a 15 ocorrências no Paraná e 15 a 20 em Santa Catarina e Rio Grande do Sul; e a nevada, embora não seja um fenômeno muito comum, não constitui raridade como acontece nas áreas de clima *mesotérmico brando*. Decorre daí que o inverno, nestas áreas de *clima mesotérmico médio*, possui média térmica inferior a 10°C, pelo menos em julho, seu mês mais frio.

Outra característica do inverno nestas áreas mesotérmicas de caráter médio reside no fato de que esta estação costuma extravasar o trimestre junho-julho-agosto e se impor de abril a outubro. Por este motivo são muito grandes os índices de frequência de geada durante o ano, elevando-se próximo a 40 dias de ocorrência.

Entretanto, levando-se em conta o regime de umidade ou, mais especificamente, a *existência ou inexistência de seca* e o *regime de duração dos períodos secos*, reconhecemos que estes domínios climáticos compreendem 2 tipos: clima *úmido* e clima *superúmido*. Estes, por sua vez, compreendem 3 variedades: *úmido com 1 a 2 meses secos*, *superúmido com subseca* e *superúmido sem seca*.

Cerca de 88,53% do sul do Brasil possui *clima superúmido* sem sequer um *mês seco*, normalmente. Compreende a totalidade territorial dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e 67,62% do Estado do Paraná. A grande extensão ocupada por este tipo climático, onde normalmente não se verifica nem mesmo uma tendência à existência de

uma estação seca, constitui uma das características que mais contribuem para a unidade climática desta Região.

A ausência de seca climática nesta vasta área se deve não apenas à existência de elevados totais pluviométricos em cada mês, mas também à notável frequência de dias de chuva em todos os meses. Essa notável frequência de chuvas é uma decorrência da notável regularidade semanal de invasão de *correntes perturbadas de S*. Por isso todo este tipo climático está relacionado com o *clima temperado*, e quase todo ele é *mesotérmico*.

Enquanto quase 90% da Região Sul possuem clima *superúmido sem um mês sequer seco*, apenas uma diminuta área do noroeste do Estado do Paraná (7,51% do Estado do Paraná e 2,66% da Região Sul) possui, no seu regime de distribuição de chuvas durante o ano, um período seco. Entretanto, este período é tão curto (1 a 2 meses) que é forçoso falar em *estação seca*.

Sua incidência é decorrência da vinculação desta área ao *clima tropical semi-úmido* do Brasil Central, cujo regime anual de chuvas se caracteriza, sobretudo, por possuir notável concentração de chuvas de IT (*correntes perturbadas de W*) no verão, enquanto o inverno, pela ausência (ou quase) das mesmas — não compensado pelas raras invasões de *frente polar* (*correntes perturbadas de S*) — é fortemente marcado pela seca. Entretanto, no noroeste do Paraná, o período seco, além de ser, geralmente, muito curto, é de fraca intensidade, porque aí a ausência de chuvas de IT no inverno é parcialmente compensada pelas sucessivas invasões de FP, porém não o suficiente para evitar forte declínio de precipitações pluviométricas no inverno (junho e julho, principalmente) por causa do declínio de invasões de *frente polar* nesta área do interior norte do sul do Brasil (Fig. 3).

Daí resulta que o clima desta pequena área é *úmido com 1 a 2 meses secos* no inverno. Por isso mesmo, este tipo climático está totalmente compreendido no interior do *clima tropical subquente*.

Entre esta área de *clima úmido de 1 a 2 meses secos* e o clima *superúmido sem seca* aparece um *corredor*, onde o decréscimo de precipitação no inverno, embora seja marcante, não chega a definir um período seco bem caracterizado, porém o suficiente para tornar *subseca* esta estação. Assim como o clima *úmido de 1 a 2 meses secos*, o clima *superúmido com subseca* está totalmente vinculado ao *clima tropical subquente*.

Neste ponto queremos chamar atenção para o seguinte fato: enquanto no clima *úmido com um curto período seco* ou no *superúmido com subseca*, a altura total da precipitação média varia espacialmente muito pouco, de 1.100 a 1.600 mm, no interior da vasta área de clima *superúmido sem seca* a acumulada anual apresenta diferenças espaciais muito importantes, levando-se em conta que esta área está enquadrada

no mesmo tipo climático. Assim é que, enquanto quase todo o litoral das restingas gaúchas possui menos de 1.250 mm (S. Vitória do Palmar: 1.140 mm), no oeste de Santa Catarina a altura anual da precipitação ultrapassa 2.000 mm (Xanxerê: 2.390 mm). As razões desta variação já foram analisadas na *unidade II*.

Outro critério específico de classificação climática utilizado neste trabalho refere-se ao *ritmo ou marcha estacional da precipitação*.

Vimos (na *unidade II*) que em quase todo o território regional do sul do Brasil o ritmo estacional da precipitação se caracteriza pela distribuição quase equitativa. Entretanto, esta distribuição é equitativa apenas em termos de *normais*. Se observarmos a maneira pela qual a pluviosidade se apresenta ao longo de cada ano, verificaremos que nem sempre é equitativa. De fato, em certos anos existe importante concentração estacional, porém, ao contrário das regiões de clima *tropical e equatorial*, no sul do Brasil é praticamente impossível prever, pela climatologia, a época ou trimestre do ano em que as máximas ou mínimas concentrações irão se verificar. Esta distribuição *normalmente* equitativa, porém *sujeita a concentrações estacionais extremamente irregulares* em determinados anos é típica das regiões de clima temperado.

Entretanto, no Estado do Paraná o ritmo estacional de precipitação apresenta uma tendência de concentração máxima no verão, época geralmente no máximo pluviométrico mensal, enquanto no inverno há um sensível declínio de pluviometria, época, geralmente, do mínimo pluviométrico mensal. No sul deste Estado, esta tendência é pouco sensível, porém no norte e oeste ela se torna muito marcante, onde, então, o ritmo estacional apresenta característica mais tropical do que de clima temperado, apesar de aí prevalecer ainda o regime anual de chuvas bem distribuídas.

Neste ponto queremos lembrar que no interior dessa vasta área de clima cujo ritmo anual é tipicamente temperado, existem áreas cujo ritmo, embora ainda temperado, apresenta uma *tendência ao ritmo mediterrâneo*. De fato, à medida que avançamos para o extremo sul da Região, o ritmo estacional da precipitação vai se tornando cada vez mais sujeito à ocorrência de máxima no inverno e mínima no verão. Na metade oriental do Rio Grande do Sul esta tendência chega a emprestar ao clima dessa área duas faces distintas: na maioria dos anos as chuvas são bem distribuídas, caracterizando um *clima temperado*, porém em determinados anos o verão é pouco chuvoso e o inverno muito úmido, caracterizando um *clima mediterrâneo*.

Finalmente, *considerando em conjunto* os regimes térmico e pluviométrico, ou seja, *sobrepondo* a figura 13 (média térmica de julho — mês mais frio) à figura 6 (os 3 meses menos chuvosos, com determinação ou não de *estações secas* ou *subsecas*) e submetendo-as às condições da *marcha ou ritmo estacional da precipitação*; aos *sistemas de circulação atmos-*

férica; e às influências dos fatores geográficos representados, sobretudo pelo relevo, chegamos ao seguinte quadro climático na Região Sul:

DOMÍNIO CLIMÁTICO	SUBDOMÍNIO CLIMÁTICO	VARIEDADE CLIMÁTICA (1)	TIPO	
Subquente.....	Úmido	Com 1 a 2 meses secos	Tropical	
	Superúmido	Com subseca	Tropical	
	Superúmido	Sem seca	Temperado	
Mesotérmico {	Brando.....	Superúmido	Sem seca	Temperado
	Médio.....	Superúmido	Sem seca	Temperado

(1) Nas últimas páginas desta unidade IV aparecem alguns gráficos ombrotérmicos representativos de algumas das diversas variedades climáticas que compõem o quadro climático da Região Sul (Figs. 19-1 à 19-6).

CONCLUSÕES GERAIS

1) O sul do Brasil é uma região das mais uniformes e de maior grau de unidade climática. Sua uniformidade é expressa pelo predomínio do clima *mesotérmico, superúmido, sem estação seca*, e sua unidade pelo ritmo climático característico de regiões *temperadas*.

2) Tanto a uniformidade como a unidade são dadas pelos *fatores climáticos dinâmicos*, uma vez que o Sul do Brasil é uma região de passagem da *frente polar em frontogênese*, o que a torna constantemente sujeita a bruscas mudanças de tempo pelas sucessivas invasões de tais fenômenos *frontogenéticos*, em qualquer estação do ano. Os *fatores geográficos*, representados, sobretudo, por um relevo de formas simples, não criam grandes interferências àquelas características impostas pelos fatores dinâmicos.

3) O sul do Brasil é privilegiado pela altura e regime anual da precipitação pluviométrica, uma vez que constitui uma das regiões do mundo mais bem regadas por chuvas. Além de ser importante a acumulada anual, seu regime de distribuição estacional se faz *normalmente* de forma extraordinariamente equitativa na maior parte de seu território. Somente o norte e o oeste do Paraná constituem exceções. Aí o regime de chuva se liga ao ritmo tropical que determina um curto período seco ou subseco no inverno.

4) O caráter *temperado* do clima do sul do Brasil confere a esta Região uma importante *oscilação térmica* ao longo do ano: geralmente seu inverno é frio e seu verão quente. Apenas o norte do Paraná e o litoral do Paraná e Santa Catarina possuem inverno ameno, enquanto as superfícies elevadas do planalto possuem verão brando.

5) Em quase todo território regional existe pelo menos um mês com temperatura média inferior a 15°C e em quase 50% dele o mês mais frio desce abaixo da média de 13°C. Somente o norte do Paraná e a baixada litorânea não estão, normalmente, sujeitos a *temperaturas negativas* no inverno. Destas duas áreas apenas a baixada litorânea, de Porto Alegre para o norte, não possui mais de um dia de *geada*, em média, durante o ano, enquanto sobre o planalto a frequência deste fenômeno é extraordinária durante o inverno.

6) Em contrapartida, excluindo as superfícies mais elevadas do planalto, é comum a ocorrência de *forte calor durante o verão*, quando se registram temperaturas em torno de 40°C. Nessas áreas, o vale do Uruguai e a Depressão Central já registram as máximas diárias mais elevadas do Brasil, acima de 42°C.

7) Nas regiões tropicais do Brasil a variabilidade pluviométrica anual é uma característica climática das mais importantes. A Região Sul do Brasil, apesar de estar situada na zona temperada, seus *sistemas circulatórios estão sujeitos a grandes flutuações anuais* no que diz respeito aos índices de participação na circulação atmosférica regional. Conseqüentemente esta Região está sujeita, embora com menor frequência que as regiões tropicais, a *notáveis desvios pluviométricos* anuais, tanto no verão quanto no inverno. Por este motivo, esta Região está sujeita à *variabilidade de condições climáticas* muito distintas quando consideramos apenas a pluviosidade e umidade.

8) Entretanto, essa flutuação anual dos sistemas circulatórios não chega a influir na *variabilidade térmica* com a mesma importância que influi na *variabilidade pluviométrica*. Portanto, a Região Sul do Brasil, por estar situada nas latitudes baixas da zona temperada, não está sujeita aos notáveis desvios térmicos que caracterizam o verão e o inverno das regiões situadas nas altas latitudes da zona temperada.

9) Tanto nas regiões economicamente desenvolvidas como nas subdesenvolvidas, inúmeras são as relações do clima atual com os processos naturais e sociais. Na Região Sul do Brasil, ao contrário do que tem sido divulgado, estas relações são igualmente muito importantes. Em suas relações com os processos naturais não se pode deixar de reconhecer a participação do clima na elaboração do revestimento vegetal. A predominância de formações florestais está em perfeita concordância com o caráter úmido do clima regional. As distinções de composição e estrutura verificadas nessas formações florestais estão em consonância com a variação das condições térmicas ao longo de seu território. É sobretudo conhecido que ao longo da *floresta litorânea*, de estrutura e composição *tropicais*, numerosas espécies encontradas abundantemente ao norte tornam-se cada vez mais raras à medida que avançamos para o Sul, as quais vão sendo substituídas por espécies de clima que não se encontram ao norte. Em outras palavras, nas comunidades da floresta litorânea, as espécies de clima quente são cada vez menos numerosas à

medida que avançamos para o Sul, ao longo do clima subquente e superúmido que domina o litoral do Paraná e Santa Catarina. Trata-se de uma formação florestal de transição (*subquente*) entre o clima quente e o clima mesotérmico, vinculada à *floresta latifoliada perenifólia tropical do litoral e encosta*. As florestas que aparecem no interior ao longo dos vales do Paranapanema e do Paraná apresentam, igualmente, um caráter de transição entre a floresta tropical e a floresta subtropical, estando, pois, também em acordo com o caráter de transição térmico que caracteriza o clima *subquente* desta área. Além disso, o caráter de transição das florestas tropicais do interior não se verifica apenas no que diz respeito às condições térmicas, mas também quanto às condições de umidade. Como vimos, estas áreas de clima subquente do interior possuem clima menos úmido que o do litoral: enquanto o clima subquente do litoral é *superúmido, sem seca*, o clima subquente do interior é *úmido com 1 a 2 meses secos ou superúmido com subseca no inverno*. Em concordância com o declínio de umidade destes vales, nele as formações florestais possuem características de condições ecológicas menos úmidas, tais como a subcaducifólia estacional. No interior desta área, o noroeste do Paraná apresenta um tipo de floresta reconhecidamente diferente por suas árvores, geralmente de troncos delgados, porte baixo (10 a 15 metros) e bem mais caducifólia. Tal diferença tem sido atribuída à presença de solos derivados de arenito, entretanto é evidente que tais diferenças estão em acordo com a presença de clima que, embora ainda úmido, possui curto período seco no inverno, de 1 a 2 meses. Outra formação vegetal em acordo com o clima atual é a *floresta subcaducifólia subtropical*. Esta floresta encontra-se relacionada visivelmente com o clima *mesotérmico brando superúmido* com subseca ou sem seca, de inverno frio, porém pouco vincado e verão quente. Finalmente a *floresta de araucária*, caracterizada por elevada densidade de *pinheiros do Paraná*. Esta formação se enquadra, também, no interior dos limites do clima *mesotérmico superúmido* sem seca, porém *em facies mais frias*: domina as áreas, onde, geralmente, existe pelo menos um mês com temperatura média inferior a 13°C; o verão, na maior parte de sua área de ocorrência, é brando e o inverno acentuadamente frio, com maior ocorrência de mínimas abaixo de zero graus Celsius (noite fria), elevado índice de frequência de geadas e maior incidência de nevada.

Como vemos, somente a ocorrência de formações campestres, tais como os *campos limpos* dos *Pampas* e dos *Campos Gerais*, estão em discordância com as condições climáticas atuais. Esta discordância tem sido interpretada pelos biogeógrafos como sendo uma remanescente de climas pretéritos acentuadamente secos, pelo menos durante um longo período estacional, ocorrido no início da *era quaternária*.

Sobre o condicionamento das atividades humanas, a influência do clima é tão importante quanto na Região Nordeste do Brasil. Entretanto este tema, pela sua vastidão, escapa aos objetivos deste estudo. Todavia chamamos atenção que à dualidade de clima tropical subquente e de clima temperado mesotérmico, se devem as plantações tipicamente tropicais

FIG-19-1 JATAIZINHO
Clima SUBQUENTE SUPERÚMIDO, com subseca no inverno; inverno ameno, verão quente Tipo TROPICAL.

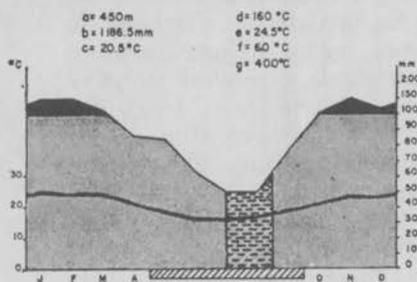


FIG-19-2 LAGUNA (S.C.)
Clima SUBQUENTE SUPERÚMIDO, sem seca, inverno ameno; verão quente; Tipo TEMPERADO.

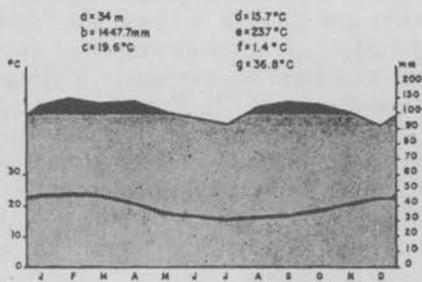


FIG-19-3 ALEGRETE (RS)
Clima MESOTÉRMICO BRANDO SUPERÚMIDO, sem seca; inverno acentuadamente frio, verão quente Tipo TEMPERADO.

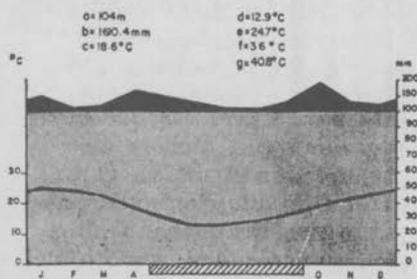


FIG-19-4 PORTO ALEGRE
Clima MESOTÉRMICO BRANDO SUPERÚMIDO, sem seca; inverno frio; verão quente. Tipo TEMPERADO (com tendência Mediterrânea).

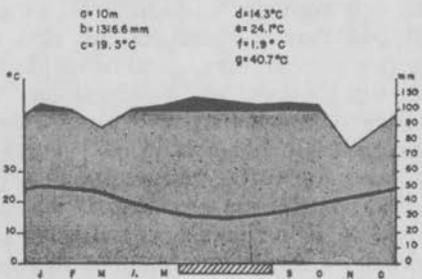


FIG-19-5 CURITIBA
Clima MESOTÉRMICO BRANDO SUPERÚMIDO, sem seca; inverno acentuadamente frio, verão brando. Tipo TEMPERADO.

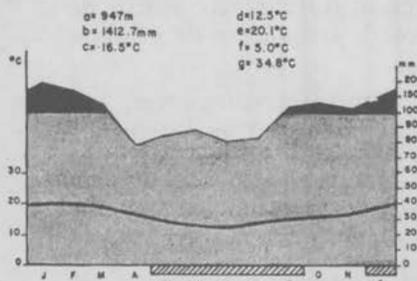
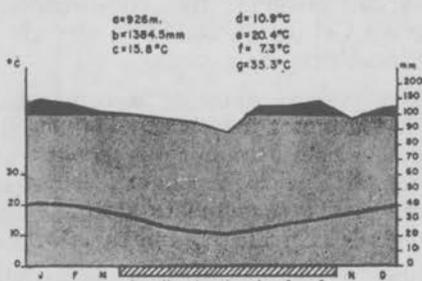


FIG-19-6 LAGES
Clima MESOTÉRMICO BRANDO (quase Mes. MÉDIO) SUPERÚMIDO, sem seca; inverno acentuadamente frio, verão brando. Tipo TEMPERADO.



a = ALTITUDE DO POSTO
b = ALTURA MÉDIA DE PRECIPITAÇÃO ANUAL
c = TEMPERATURA MÉDIA DO ANO
d = MÉDIA DO MÊS MAIS FRIO
e = MÉDIA DO MÊS MAIS QUENTE
f = MÍNIMA ABSOLUTA
g = MÁXIMA ABSOLUTA

— CURVA DAS MÉDIAS MENSIS DA TEMPERATURA
— CURVA DAS MÉDIAS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO

PERÍODO ÚMIDO { ALTURA DA PRECIPITAÇÃO > 100 mm
ALTURA DA PRECIPITAÇÃO < 100 mm
PERÍODO SUBSECO
MÊS COM MÍNIMA ABSOLUTA ABAIXO DE 0°C

que aparecem nas áreas de clima *tropical subquente*, tais como o café e a cana-de-açúcar, e as plantações típicas de regiões de clima *temperado mesotérmico*, como a vinha, o trigo e outros cereais, além de frutas ditas de climas temperados.

Sobre a cultura do café, apesar do norte do Paraná constituir a área produtora mais importante do Brasil, seu cultivo nesta área está além dos limites que as condições climáticas permitem recomendar. Certamente os lucros auferidos compensam os riscos de queda de rendimento provocada pelas intensas geadas em determinados anos.

19) O domínio de clima *temperado mesotérmico* sem seca estacional em quase todo o território regional carece de aproveitamento mais racional. Achamos que deveria ser incentivado o cultivo de plantas típicas de regiões de clima temperado, principalmente nas áreas de inverno acentuado e verão brando. Essas áreas poderiam estar orientadas no sentido da expansão da triticultura. A tendência *mediterrânea* do clima na metade oriental do Rio Grande do Sul seria melhor explorada com o cultivo de plantas típicas da região mediterrânea da Europa. Nelas reside a cultura da vinha, de grande valor comercial, entretanto achamos que a da oliveira deveria ser incrementada, o que traria, certamente, grande economia para a nação, uma vez que asseguraria, no mínimo, rendimento suficiente para o alto consumo nacional de azeitona e azeite.

BIBLIOGRAFIA

- GAUSSEN, H. e BAGNOULS, F. — *Saison Seche et Indice Xerothermique*, pp. 47, Faculté de Sciences — Toulouse. 1953.
- MONTEIRO, Carlos Augusto F. — *A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil*, pp. 79, Universidade de São Paulo. 1953.
- NIMER, Edmon — Circulação Atmosférica do Brasil — Contribuição ao Estudo da Climatologia Dinâmica do Brasil — *Revista Brasileira de Geografia*, ano XXVIII, n.º 3, pp. 232-250 — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1966.
- . Análise Dinâmica da Precipitação Pluviométrica na Região Serrana do Sudeste do Brasil — Especialmente na Serra das Araras. — Publicado na *Revista Brasileira de Geografia* — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1971.
- . Clima das Regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil — Publicado na 2.ª edição da *Série Geografia do Brasil* — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1971.
- , PINHEIRO FILHO, Arthur A. e AMADOR, Elmo da Silva — Análise da Precipitação na Região do Cariri Cearense — Contribuição ao Estudo da Climatologia Dinâmica do Nordeste do Brasil — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano 33, n.º 1, IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1971.
- PEDELABORDE, Pierre — *Introduction a L'étude Scientifique du Climat*, pp. 150, Les cours de Sorbonne — Paris. 1967.

- RIEHL, Hebert — *Tropical Meteorology*, pp. 392, New York. 1954.
- SERRA, Adalberto — Previsão da Geada — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XIX, n.º 4, pp. 43-66, IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1957.
- — Chuvas de Primavera no Brasil — Chuvas de Verão no Brasil — Chuvas de Outono no Brasil — Chuvas de Inverno no Brasil — pp. 24, Departamento de Meteorologia do Ministério da Agricultura — Rio de Janeiro. 1960.
- — O Princípio de Simetria — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, pp. 377-439, IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1962.
- — Anos Secos e Chuvosos no Rio Grande do Sul — *Boletim Geográfico*, n.º 212, Ano 28, IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1969.
- WALTER, H. e LIETH, H. — Klimadiagram — Weltatlas, Veb Gustav Fischer Verlag, Jena. 1960.
- WRIGHT, H. L. *Quart. J. Roy Meteorological Society*, 66:66 — London. 1940.

Climatologia da Região Sudeste *

INTRODUÇÃO

Ao estudar a climatologia regional do Sudeste brasileiro o primeiro fato que observamos se refere à sua notável diversificação. Enquanto o Nordeste constitui a Região de maior variação climática, levando-se em conta a distribuição quantitativa da chuva, a marcha estacional da precipitação e o regime de duração e época do período seco, o Sudeste representa a Região de maior diversificação climática, considerando-se o regime de temperatura.

Isto não deve significar que no Sudeste exista homogeneidade no que se refere à distribuição espacial da umidade. Neste particular, esta Região só é menos diversificada que a Região Nordeste. Disto resulta que a climatologia do Sudeste é tão complexa quanto a da Região Nordeste. Por isso, para a compreensão dos processos climatológicos dessa Região, torna-se necessário um prévio conhecimento de seus diversos fatores, alguns de *ordem estática*, outros de *natureza dinâmica*. Todos atuam simultaneamente em constante interação, porém, para facilitar sua compreensão, nós o examinaremos, de início, separadamente.

FATORES ESTÁTICOS (As condições geográficas)

a) *A Posição* — Dois fatos importantes devem ser destacados: a posição latitudinal e a posição na borda ocidental do oceano Atlântico. A Região Sudeste está situada entre os paralelos de 14° a 25° sul, resultando daí que quase todas suas terras estão localizadas na zona tropical.

As latitudes médias (zona temperada) são submetidas a um ciclo de estações que, embora suas características estejam sujeitas à variabili-

* Com a colaboração dos Geógrafos Arthur Alves Pinheiro Filho, Elmo da Silva Amador e Mário Diniz de Araújo Neto. R. Bras. Geog., Rio de Janeiro, 34(1), jan./mar. 1972.

dade¹ de intensidade, podemos dizer que é regular e definido. Quando o Sol caminha em direção ao zênite, a primavera e o verão sucedem ao inverno; quando se afasta, o outono e o inverno sucedem ao verão. Este ritmo das estações, que tão bem caracteriza a vida nas latitudes médias, torna-se cada vez menos nítido em se aproximando do Equador. Enquanto na zona temperada o Sol nunca alcança o zênite, nas latitudes baixas (zona intertropical) o Sol atinge o zênite não somente uma, mas duas vezes por ano (Fig. 1).

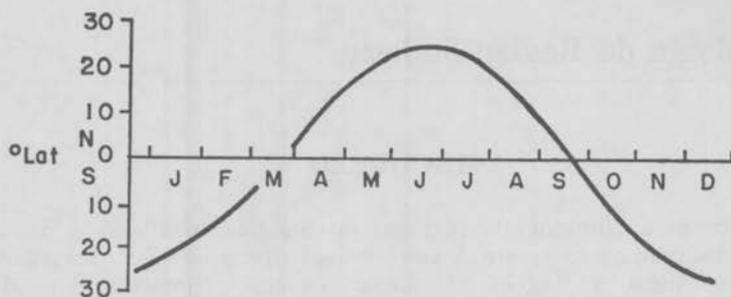


Fig.1 MARCHA ANUAL DA ALTURA ZENITAL DO SOL

Compreende-se, portanto, porque a Região é submetida à forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende essencialmente da altura do Sol sobre o horizonte, ou seja, do ângulo de incidência dos raios solares, sendo tanto mais intensa quanto menor o ângulo de incidência, variando a média deste ângulo na proporção inversa da latitude. Daí resulta que, na radiação direta do Sol, a quantidade de calor absorvida pelos níveis inferiores da atmosfera na Região Sudeste é de aproximadamente 0,39 a 0,37 cal/cm²/min. (ondas curtas) e 0,3 cal/cm²/min. (ondas longas) contra 0,13 e 0,3 das latitudes entre 60-90°, em média, por ano.

A radiação solar, por sua vez, cria melhores condições à evaporação, uma vez que no processo de evaporação é empregado calor, sendo tanto mais ativa quanto maior o calor disponível a ser empregado no seu processamento.

Outra pré-condição necessária à evaporação é a existência de superfícies líquidas. Ora, estando a Região Sudeste a leste do continente e possuindo litoral em toda sua extensão, fica evidente que ela possui uma superfície oceânica à disposição de intenso processo de evaporação e condensação.

As nuvens são formadas, na maioria das vezes, pela ascendência e resfriamento adiabático do ar. À medida que o ar é resfriado, a quan-

¹ Desvios anuais.

tidade de vapor d'água que ele pode conter diminui, de modo que o ar ascendente torna-se saturado, daí ocorrendo a condensação, porém não, necessariamente, chuvas.

Experiências de laboratório demonstram que a saturação não determina automaticamente a condensação. No valor d'água puro se produz condensação somente em supersaturação de, aproximadamente, 400%, variando com a temperatura. Mas na atmosfera o processo é muito facilitado pela presença de impurezas, chamadas *núcleos de condensação*. Portanto, o processo de condensação e precipitação não depende apenas da evaporação e vapor d'água, mas também de *núcleos de condensação*: 1.º) os cristais de gelo das nuvens; 2.º) os íons; 3.º) as partículas em suspensão.

Os íons são partículas muito pequenas, eletrizadas, provenientes da desagregação das moléculas. Destes, os mais importantes são os chamados *grossos íons* (agregados de moléculas, sobre os quais é fixado um pequeno íon) os quais determinam a condensação imediata a partir da saturação. São resultantes da ionização de origem telúrica e abundam nas baixas camadas da atmosfera urbana (Pedelaborde).

As *partículas em suspensão* são constituídas pelo *cloreto de sódio* (abundantes sobre os mares, principalmente das latitudes tropicais, e áreas continentais próximas às costas) e por *poeiras* (abundantes sobre as cidades). Tanto os grossos íons como as poeiras e o cloreto de sódio têm um papel muito importante na formação principalmente de nuvens baixas, notadamente sobre as regiões litorâneas, onde o cloreto de sódio faz crescer a quantidade de chuvas, e a ionização, resultante da pulverização das finas gotículas das vagas, exerce ação no mesmo sentido. De uma análise da visibilidade e da umidade das Ilhas Britânicas, Wright em 1939 concluiu que os núcleos de condensação dominante sobre aquelas ilhas são derivados do sal marinho.

Aos *cristais de gelo*, entretanto, cabem a maior importância na formação de nuvens. Os cristais de gelo ativando a condensação e a precipitação de chuva, explicam porque a *convecção dinâmica* é o principal fator das precipitações. Além disso, somente a ascensão dinâmica é capaz de determinar as formações de nuvens muito espessas que conservam cristais de gelo em seus cumes. Nessas nuvens, os movimentos combinados de ascensão e descensão de colunas de ar asseguram o contacto dos cristais de gelo em seus cumes com toda a massa de nuvens. Com efeito, as precipitações mais pesadas ocorrem quando uma ascensão brutal coloca a *supersaturação*² existente nas altas camadas desprovidas de poeira e grossos íons, em contacto com os cristais de gelo, isto é, quando o cume dos *cúmulos* e *cúmulo-nimbos* atinge a zona dos cirros.

Ora, a posição marítima da Região Sudeste, aliada à sua urbanização, determinam uma forte e constante concentração desses núcleos,

² Diz-se que o ar está supersaturado quando ele possui mais de 100% de umidade relativa.

de condensação nas camadas inferiores da atmosfera, contribuindo, assim, para o acréscimo de chuvas em seu território, sempre que essa região é atingida por *frentes frias* e outros fenômenos de ascendência dinâmica.

b) *Topografia acidentada* — O relevo da Região Sudeste oferece os maiores contrastes morfológicos do Brasil. Embora caracterizado por altas superfícies cristalinas e sedimentares, com predomínio de 500 a 800 m em São Paulo e 500 a 1.200 m em Minas Gerais, entre estas aparecem vales amplos e muito rebaixados como o do São Francisco, Jequitinhonha, Doce, Paraíba do Sul, Paranaíba, Grande e Paraná. Sobre aquelas superfícies erguem-se numerosas *serras* onde são comuns os níveis de 1.200 a 1.800 m como no Espinhaço, Mantiqueira e Serra do Mar, cujos pontos culminantes estão acima de 2.700 m na Mantiqueira, e 2.200 m na Serra do Mar, contrastando violentamente com as amplas baixadas litorâneas do Espírito Santo e Rio de Janeiro.

Este caráter de sua topografia favorece as precipitações, uma vez que ela atua no sentido de aumentar a *turbulência* do ar pela *ascendência orográfica*, notadamente durante a passagem de *correntes perturbadas*³.

FATORES DINÂMICOS

O conhecimento das influências dos fatores estáticos ou geográficos que atuam sobre o clima de determinada região, por mais completos que sejam, não é suficiente para a compreensão de seu clima. Este não pode ser compreendido e analisado sem o concurso do mecanismo atmosférico, seu *fator genético*, objeto de pesquisa da *Meteorologia Sinótica*. Até mesmo os demais fatores tais como o relevo, a latitude, a continentalidade ou maritimidade, nesta incluindo as correntes marítimas, etc., agem sobre o clima de determinada região em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica. Por isso dedicaremos, a seguir, uma unidade de estudo à circulação atmosférica que atua sobre a Região Sudeste do Brasil.

Sistemas de Circulação Atmosférica do Sudeste do Brasil e suas Influências sobre as condições de tempo — Durante todo ano, nas regiões tropicais do Brasil, à exceção do oeste da Amazônia, sopram frequentemente ventos de E a NE oriundos das *altas pressões* subtropicais ou seja, do *anticiclone semifixo do Atlântico Sul*, ou ventos de componente variável de ocasionais núcleos de *alta* do inferior.

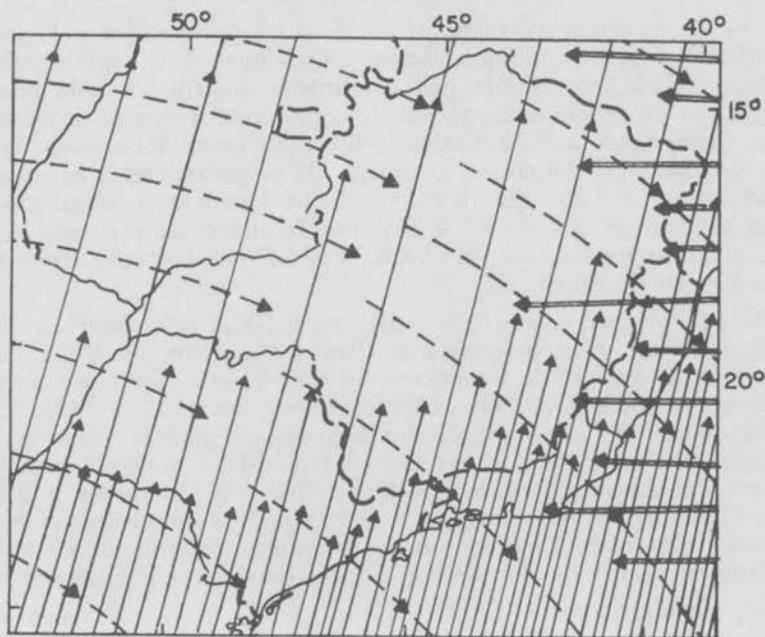
Esta massa de ar tropical (*anticiclone do Atlântico*) possui temperaturas mais ou menos elevadas, fornecidas pela intensa radiação solar e

³ A ascendência orográfica é dada aos relevos que obrigam o ar a se elevar e conseqüentemente perder temperatura segundo o *gradiente térmico adiabático de expansão*, ou seja 1°C por 100 m, portanto, 0,4°C a mais que o gradiente térmico real, que é de 0,6°C por 100 m. As fortes precipitações à barlavento das cristas são dadas por este mecanismo. Enquanto isso, na vertente à sotavento o processo é justamente o oposto, ar se aquece na descida segundo o *gradiente adiabático de compressão*, na mesma proporção, constituindo o fenômeno conhecido por efeito de Föhn.

telúrica das latitudes tropicais, e forte umidade específica fornecida pela intensa evaporação marítima.

Entretanto, em virtude de sua constante subsidência superior e conseqüente inversão de temperatura, sua umidade é limitada à camada superficial, o que lhe dá um caráter de homogeneidade e estabilidade, não obstante ser este por vários motivos⁴ menos acentuado sobre o território brasileiro.

SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA PERTURBADA NA REGIÃO SUDESTE



- SISTEMA DE CIRC. PERTURBADA DE S (FP)
- - -→ SISTEMA DE CIRC. PERTURBADA DE W (JT)
- SISTEMA DE CIRC. PERTURBADA DE E (EW)

DivEd/D-J.A.C.

Fig.2

0 100 200 300 400 500 km

⁴ No setor oriental do *anticiclone*, ou seja, na costa da África, a inversão térmica está geralmente a 500 m acima do nível do mar. Porém, no setor ocidental desta *alta*, o aquecimento do continente, a corrente marítima (quente) que tangencia o litoral do Brasil, o obstáculo imposto pela encosta do Planalto Brasileiro e, provavelmente, outros motivos por nós desconhecidos produzem no ar superficial um ligeiro movimento ascendente que eleva a inversão térmica para acima de 1.500 m. Conseqüentemente, a umidade absorvida do oceano penetra até grandes alturas, tornando o setor ocidental da *massa tropical marítima* mais sujeita à instabilidade do que o setor oriental.

Contudo, apesar da inversão térmica superior se encontrar mais elevada no setor ocidental do *anticiclone subtropical*, o domínio deste anticiclone mantém a estabilidade do tempo. Praticamente, esta estabilidade, com tempo ensolarado, somente cessa com a chegada de *correntes perturbadas*⁵.

Essas correntes de circulação perturbada, responsáveis por instabilidade e bruscas mudanças de tempo, geralmente acompanhadas de chuvas, na Região Sudeste, compreendem 3 sistemas principais, a saber: *Sistema de correntes perturbadas do Sul*, *Sistema de correntes perturbadas de Oeste* e *Sistema de correntes perturbadas de Leste*⁶.

1 — As *correntes perturbadas do S* são representadas pela invasão de *anticiclone polar*. A fonte desses anticiclones é a região polar de superfície gelada, constituída pelo continente antártico e pela banquisa fixa. De sua superfície anticiclônica divergem ventos que se dirigem para a zona depressiónaria subantártica, originando nessa zona ocupada pelo *pack* e outros gelos flutuantes, as massas de ar polar. Dessa zona partem os *anticiclones polares* que periodicamente invadem o continente sul-americano com ventos de W a SW nas latitudes altas e médias, mas adquirindo, freqüentemente, a direção S a SE nas latitudes tropicais da Região Sudeste do Brasil.

De sua origem e trajetória (SW para NE), até chegar a Região Sudeste, derivam suas propriedades. Em sua origem, estes anticiclones possuem forte inversão de temperatura e o ar é muito seco, frio e estável. Porém, em sua trajetória, ele absorve calor e umidade colhidos da superfície quente do mar, aumentados à proporção que ele caminha para o trópico. De sorte que, já nas latitudes médias, a inversão desaparece e o ar polar marítimo torna-se instável. Com esta estrutura e propriedades o *anticiclone polar* invade o continente sul-americano entre dois centros de *alta*, o do Pacífico e o do Atlântico, segundo duas trajetórias diferentes: uma a oeste dos Andes, outra a leste dessa cordilheira.

Em virtude da maior pressão sobre o Pacífico do que sobre o continente, a primeira trajetória é pouco freqüentada. Entretanto, no in-

⁵ Esclarecemos, contudo, que a orografia nas regiões tropicais apresenta maior significância climática, principalmente no que afeta a nebulosidade e a precipitação. Ao longo do rebordo oriental do Brasil, a encosta das altas superfícies do interior, não apenas concorre no sentido de aumentar a pluviosidade durante as situações de descontinuidade dinâmicas, como ainda provoca, por vezes, pela sua forte umidade específica, algumas precipitações no seio da *massa tropical* sob regime de inversão superior, quando os alísios sopram com velocidade acima do normal, ou seja, superior a 5 nós/h. (1 nó = 1.852 m/h). Neste caso, a ascendência dinâmica provocada pelo obstáculo montanhoso é, às vezes, suficiente para provocar algumas precipitações. Entretanto, tais chuvas, além de pouco freqüentes, são de copiosidade pouco significativa.

⁶ A passagem da FP é acompanhada de trovoadas, granizos ocasionais, chuvas, ventos moderados a fortes do quadrante oeste rondando para o sul. Alivia significativamente as condições de temperatura e conforto ambiental durante a estação quente, condições que perduram por alguns dias até que retorne à Região o fluxo de ar tropical.

verno a *alta polar* possuindo, geralmente, maior energia, percorre regularmente esta trajetória, entre a *alta* do Pacífico e a Cordilheira dos Andes. Nesta situação a FP estende-se da região subpolar ao trópico com orientação NNW-SSE. Com essa orientação ela transpõe os Andes. Ao transpor essa cordilheira o setor setentrional da FP sofre FL (frontólise, isto é, dissipa-se) em contacto com a convergência da *baixa* do interior, enquanto que seu setor meridional avança para NE ou para E até se perder no oceano Atlântico, após atingir a Região Sudeste, ao mesmo tempo que o *anticiclone do Atlântico* abandona o continente e se refugia no Atlântico ⁷.

Nessas circunstâncias, as precipitações pluviométricas são pouco expressivas por vários motivos: 1) o ar quente da *massa tropical marítima*, em ascensão dinâmica sobre a rampa frontal da FP possui pouca umidade específica por se tratar de inverno; 2) o *anticiclone polar*, por seu trajeto continental, após transpor os Andes, possui também pouca umidade, e tende a se estabilizar pela base, em virtude do contacto com a superfície continental intensamente resfriada pela radiação noturna.

A segunda trajetória é bem mais freqüentada no verão ⁸. É ela a principal responsável pela abundante precipitação na Região Sudeste e pelos aguaceiros de grande concentração/hora que, nesta época do ano, ocorrem com muita freqüência nas áreas serranas e suas proximidades. Seu desenvolvimento assim se processa: no verão, em virtude do maior aquecimento do hemisfério Austral, há um declínio geral da pressão, principalmente sobre o continente. A FP, nesta época, geralmente com menos energia, raramente consegue percorrer a trajetória do Pacífico e galgar a cordilheira andina nas latitudes médias, transpondo-a pelo extremo sul do continente, com orientação NNW-SSE. Ao transpor os Andes, a FP sofre um ligeiro estacionamento, durante o qual ela adquire orientação NW-SE. Neste sentido ela avança para NE. Ao alcançar a região do Chaco o centro de *baixa* do interior, nesta época bastante aprofundado, impede, geralmente, sua progressão pelo interior. Aí, em contacto com a convergência do centro de *baixa*, a FP entra em FL ou recua como *frente quente* (WF). Enquanto isso, o *anticiclone polar*, que caminhava

⁷ Observamos que o *verão* a que nos referimos não corresponde apenas ao trimestre de dez.-jan.-fev. mas extensivo ao semestre out.-nov.-dez.-jan.-fev.-mar., período em que há, na Região Sudeste do Brasil, uma acentuada elevação das temperaturas médias e máximas diárias e intensificação das precipitações abundantes determinadas pela maior freqüência de *frentes polares* de trajetória marítima e de linhas de IT. Esclarecemos, contudo, que os meses de dez.-jan.-fev. são os mais representativos dessa estação.

⁸ A descrição do comportamento sinótico da FP, ao atingir a Região Sudeste no *verão*, com seus diversos estágios, resultaram de pesquisas realizadas pelo autor, relativas aos meses de out.-nov.-dez.-jan.-fev.-mar., de 1950 (*verão* muito chuvoso) e de 1954 (*verão* pouco chuvoso), além dos meses de dezembro de 1966 e janeiro de 1967 (meses de *verão* excessivamente chuvoso). Maiores detalhes a respeito de tais desdobramentos dessas *correntes perturbadas* de origem subpolar serão encontrados no estudo sobre a Análise Dinâmica da Precipitação Pluviométrica na Região Serrana do Sudeste do Brasil — Especialmente na Serra das Araras — *Revista Brasileira de Geografia* — Ano 33, n.º 3, 1971 — Fundação IBGE — de autoria de E. Nimer.

sobre o continente na altura do Uruguai, é desviado para o litoral do Brasil, mantendo a *frente fria* (KF) em progressão para NE pela rota marítima atingindo, na maioria das vezes, apenas as áreas continentais do litoral ou próximas a ele.

Ao atingir a Região Sudeste, a FP não possui, na maioria das vezes, energia suficiente para mantê-la em constante FG (*frontogênese*, isto é, avanço), estabelecendo-se daí o equilíbrio dinâmico entre a *alta* do *Atlântico Sul* e *alta polar*. Nesta situação, condicionada pela maré barométrica a FP permanece semi-estacionária sobre a Região Sudeste durante 2 a 3 dias, após o que ela pode evoluir por diferentes estágios, desde sua dissipação até sucessivos avanços e recuos acompanhados de chuvas diárias que podem durar mais de 10 dias, para finalmente se dissipar com o desaparecimento da *alta polar*⁹.

Tais sistemas de circulação acompanhados de instabilidades pré-frontais e pós-frontais constituem as *Correntes perturbadas do S.* O semi-estacionamento da FP e suas oscilações que acabamos de descrever, tornam tais *correntes perturbadas* mais frequentes na Região Sudeste do que na Região Sul, embora provenham, como vimos, do sul ou sudoeste do país¹⁰.

Destes aspectos da circulação atmosférica do Sudeste do Brasil, especialmente no *verão*, deriva a unidade climática desta Região, em termos de Meteorologia Sinótica: *o Sudeste do Brasil é uma região sobre a qual o choque entre o sistema de circulação do anticiclone móvel polar e o sistema de circulação do anticiclone subtropical semifixo do Atlântico sul, se dá frequentemente em equilíbrio dinâmico.*

⁹ Os sistemas de correntes perturbadas que aqui esquematizamos (Fig. 2) foram baseados em observações diretas por nós realizadas em cartas sinóticas elaboradas pelo Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura e na leitura sobre diversos trabalhos realizados por Adalberto Serra, dentre os quais destacamos:

a) *Chuvas de Primavera no Brasil, Chuvas de Verão no Brasil, Chuvas de Outono no Brasil, Chuvas de Inverno no Brasil*, Serviço de Meteorologia (atual Instituto Nacional de Meteorologia do MA), 1960, pág. 244 — Rio de Janeiro.

b) O Princípio de Simetria, *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, pp. 377-439, 1962, CNG-IBGE, Rio de Janeiro.

Na fig. 2, o maior adensamento de linhas ou setas significa maior frequência de determinado sistema.

Para maiores informações recomendamos a leitura dos artigos do autor publicados no *Atlas Nacional* do IBGE sob o título *Circulação Atmosférica* e na *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXVIII, n.º 3, pp. 232-250, CNG-IBGE, Rio de Janeiro, 1966, sob o título *Circulação Atmosférica do Brasil — Contribuição ao Estudo da Climatologia do Brasil*.

¹⁰ Esclarecemos que as áreas da Região Sudeste mais atingidas por essas oscilações frontais situam-se entre o paralelo de 20 a 24º sul, sendo mais sujeitas as áreas litorâneas.

2 — *As correntes perturbadas de W* — O sistema de instabilidade de W decorre do seguinte: de meados da primavera a meados do outono a Região Sudeste é regularmente invadida por ventos de W a NW, trazidos por *linhas de instabilidade tropicais* (IT)¹¹. Trata-se de alongadas depressões barométricas induzidas em pequenas dorsais de altas¹². No seio de um *linha de IT o ar*, em convergência dinâmica, acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas, por vezes granizo e ventos moderados a fortes com rajadas que atingem 60 a 90 km/hora. Tais fenômenos são comuns e regulares no interior do Brasil, especialmente no verão, quando há um decréscimo geral da pressão motivado pelo forte aquecimento do interior do continente. Sua origem parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na *frente polar* ao contato com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações formam-se, ao norte da FP, uma ou mais IT sobre o continente. Após formadas, elas se deslocam com extrema mobilidade até 60 km/hora, embora possam permanecer estacionárias. À medida que a FP caminha para o Equador, as IT se deslocam para E, ou mais comumente para SE, anunciando, com nuvens pesadas e geralmente chuvas tipicamente tropicais, a chegada da FP com antecedência de 24 horas, a qual, no entanto, pode não chegar.

Tais chuvas se verificam, geralmente, no fim da tarde ou início da noite, quando, pelo forte aquecimento diurno, intensifica-se a radiação telúrica e, conseqüentemente, as correntes convectivas. Constituem as chamadas *chuvas de verão*, às quais o povo referindo-se com a expressão *dá e passa*, muito bem as caracteriza. De fato, ao contrário das chuvas *frontais* (provocadas pela ação direta das *frentes polares*) que costumam ser intermitentes durante dois, três ou mais dias, as *chuvas de verão* (chuvas de convergência) duram poucos minutos.

Sua incidência geral uma sucessão de tipos de tempo que podem ser descritos da seguinte maneira: pela manhã o céu aparece quase que inteiramente sem nuvens, mas com o forte aquecimento solar surgem rapidamente numerosos *cúmulos*, primeiramente sobre as *serras*, e com o correr da tarde enormes *cúmulo-nimbos* encobrem o céu em torno de 5/10 para, finalmente, com o cair da noite se tornar quase inteiramente encoberto por pesados *cúmulo-nimbos* sobre calmaria. Nessas si-

¹¹ Estes fenômenos têm recebido outras denominações por parte de diversos, autores, tais como: *calhas induzidas, frentes tropicais, ondas de oeste, etc.* O Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, órgão oficial brasileiro mais importante dedicado à pesquisa meteorológica, através de suas *cartas sinóticas* e de seus boletins diários de previsão do tempo, denomina este fenômeno de *linhas de instabilidades tropicais*. Por este motivo nós assim também o consideramos.

¹² A respeito dessas *altas* existe controvérsias: alguns autores consideram-nas pertencentes à *massa equatorial continental*, que tem seu centro de ação na Amazônia, enquanto outros consideram-nas vinculadas ao *anticiclone do Atlântico Sul*, constituindo, pois, massa de ar tropical.

tuações o calor sensível aumenta pelo efeito da calmaria, pela concentração de calor abaixo do baixo teto de nuvens, pela irradiação de calor liberado no processo de condensação e pelo aumento da umidade relativa. Finalmente dá-se a precipitação pluviométrica, a qual pode ser intensa ou não¹³. Depois de curta duração estas chuvas cessam inteiramente e, com uma leve brisa refrescante as nuvens vão desaparecendo, deixando largos espaços estrelados. Na manhã seguinte, a intensa radiação solar faz imediatamente retornar o forte aquecimento do dia anterior¹⁴.

A Região Sudeste está sob a trajetória mais freqüentada por tais depressões, formadas mais freqüentemente sobre Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais.

3 — *As correntes perturbadas de E — As ondas de este (EW)* constituem outro sistema de correntes perturbadas na Região Sudeste. Como seu nome indica, elas caminham de E para W. Este fenômeno não está suficientemente estudado para dele se ter uma idéia mais exata. Sabemos, no entanto, que são característicos dos litorais das regiões tropicais atingidos pelos alísios. A este respeito Riehl (1954) dedicou um capítulo de seu livro *Meteorologia Tropical*, baseado em pesquisas realizadas por Dunn no Mar das Caraíbas.

De qualquer forma, não há dúvida que tais fenômenos de perturbação ocorrem no seio dos *anticiclones tropicais* sob a forma de *ondas* que caminham para W, constituindo uma espécie de *pseudo-frentes*, sobre as quais desaparece a inversão térmica superior, o que permite a mistura do ar das duas camadas horizontais dos alísios e, conseqüentemente, chuvas mais ou menos abundantes anunciando sua passagem.

No Brasil tais fenômenos são por Serra (1948, 1953, 1954) relacionados com um reforço de ar polar nos alísios, com *anticiclone polar* de posição marítima. A este respeito escreve o referido autor: "Novas ondas de leste se formam principalmente nos dias em que a pressão cai a um mínimo, na zona equatorial, voltando a subir. Correspondem, portanto, à situação de chegada de KF ao trópico, em geral quando houver formação ciclônica (ondulações) no Rio de Janeiro. Os respectivos movimentos para oeste acompanham os avanços de SW da KF, sem ramo interior, e não ultrapassam o meridiano de 40° (oeste de Pernambuco)... Movem-se porém para leste, sob ação de uma KF que avança pelo interior até Mato Grosso e o centro de ação (*alta subtropical*) se afasta para o oceano".

¹³ As chuvas podem, até mesmo, ficar circunscritas apenas às serras e suas proximidades.

¹⁴ Esta sucessão de tempo que acabamos de descrever, acompanhando a chegada de *correntes perturbadas de W*, trazidas pelas IT, nem sempre se verifica exatamente com este ritmo. Interferências motivadas pela dinâmica geral da circulação costumam interromper este ciclo, como ainda torná-lo com características diferentes.

No Brasil este fenômeno somente assume importância do Rio Grande do Norte ao norte do Estado do Rio de Janeiro, sendo mais freqüente da Zona da Mata de Pernambuco à Zona Cacaueira da Bahia. Portanto, são muito restritas as áreas do Sudeste atingidas por essa descontinuidade, uma vez que as precipitações causadas pelo fenômeno diminuem bruscamente para oeste, e em Minas Gerais só raramente ultrapassam a serra do Espinhaço.

Este sistema de *correntes perturbadas* é mais freqüente no inverno, e secundariamente no outono, enquanto na primavera-verão se tornam raras.

1 — O SUDESTE É UMA REGIÃO DE TRANSIÇÃO ENTRE OS CLIMAS QUENTES DAS LATITUDES BAIXAS E OS CLIMAS MESOTÉRMICOS DE TIPO TEMPERADO DAS LATITUDES MÉDIAS

Nas latitudes baixas (zona tropical), o traço mais marcante do ritmo do clima é definido por duas estações: a chuvosa e a seca, ou aquela em que as precipitações são muito freqüentes e copiosas e aquela em que há um sensível declínio de chuvas. Nas latitudes médias (zonas temperadas), embora existam 4 estações mais ou menos definidas, dentre as quais uma de chuvas mais abundantes e outra com seca ou pouco chuvosa, o que mais define seu clima é a variação de temperatura durante o ano. A oposição entre as temperaturas do verão e do inverno constitui o fato climático mais importante. A variabilidade (desvios anuais) entre os verões mais ou menos quentes e os invernos mais ou menos rigorosos, importa sobre as atividades humanas mais do que a variabilidade pluviométrica.

Pela sua posição latitudinal (cortada pelo trópico) e em relação aos sistemas de circulação atmosférica (situada sob a trajetória preferida pelas *correntes perturbadas* de origem polar), a distinção entre as temperaturas máximas diárias registradas no verão e as mínimas no inverno é um fato climático que não se deve desprezar, mormente em suas áreas situadas ao sul do trópico. Este caráter se torna ainda mais importante quando se leva em conta a variabilidade térmica destas estações: anos há em que o verão é excessivamente quente e longo, enquanto em determinados anos o inverno é muito sentido, ao ponto de causar graves transtornos à economia rural. Entretanto, o caráter de transição climática da Região Sudeste se inclina mais para os climas tropicais do que para os temperados: a marcha estacional da precipitação, determinando uma estação muito chuvosa e outra seca, constitui sua característica mais importante.

Este caráter de transição aparece refletido em todos os aspectos de seu regime térmico e estes, por sua vez, exprimem a maior ou menor in-

fluência marítima do relevo, da latitude e dos sistemas de circulação atmosférica ¹⁵.

Temperatura média anual — A distribuição da *temperatura média do ano* (Fig. 3) nos apresenta duas áreas de índices elevados: o *interior* mais ocidental (Vale do São Francisco, Triângulo Mineiro e Vale do Paraná) e o *litoral*. No interior a influência da latitude permite uma sensível queda da temperatura de norte para sul: enquanto o norte de Minas Gerais possui 24°C, o limite de São Paulo-Paraná assinala 20°C. Ao longo do litoral, a forte influência marítima anula quase completamente a influên-

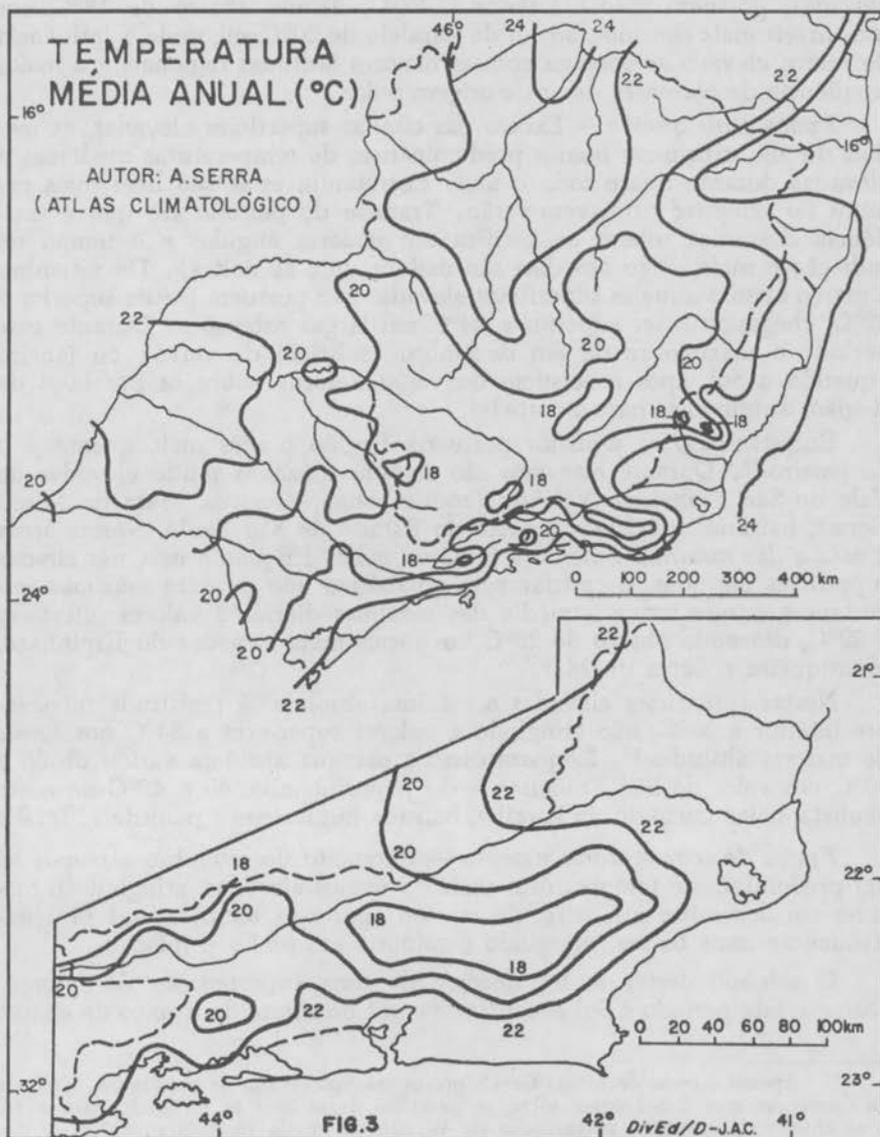
¹⁵ Neste ponto tornam-se necessários alguns esclarecimentos. Na unidade sobre o regime de temperatura não consta uma análise sobre a amplitude térmica anual pelos seguintes motivos: seria muito fácil para nós considerarmos a amplitude térmica anual como sendo a diferença entre a temperatura média do mês mais quente e a do mês mais frio, baseado em normais climatológicas, conforme vem sendo desde há muitos anos considerado por diversos autores em todo o mundo. Entretanto, este método tradicional, embora apresente resultados mais ou menos corretos no que diz respeito à tendência geral da distribuição deste fenômeno no espaço geográfico, não reflete nenhuma verdade acerca deste fenômeno. Os valores da amplitude encontrados através deste método são completamente falsos por dois motivos: 1.º) tanto na temperatura média do mês mais quente como na temperatura média do mês mais frio estão contidos todos os registros da temperatura durante 24 horas, até mesmo as máximas e as mínimas; 2.º) este método pretende encontrar a *normal* da amplitude, utilizando outras normais (das médias mensais), o que constitui um contra-senso. Sendo assim é fácil compreender que a amplitude térmica anual baseada nesse método é muito modesta em relação aos valores realmente verificados.

Se pretendemos estudar a real amplitude térmica anual de determinado lugar, temos que encontrar a diferença entre a média das máximas e das mínimas diárias de cada mês *para cada ano*, através de 30 anos mais ou menos. De posse desses valores, obteremos não apenas a verdadeira média da amplitude térmica *normal*, como, ainda, os valores mais frequentes e os mais raros.

Incorreção semelhante se verifica em relação à amplitude térmica diurna, cujo método tradicional considera este fenômeno uma resultante da diferença entre a média das máximas do mês mais quente e do mês mais frio (ambos valores *normais*) para a média da amplitude térmica diurna ao ano; e a diferença entre a média das máximas e das mínimas de cada mês (sempre baseado em *normais*) para a média da amplitude térmica diurna de cada mês.

Os valores da amplitude diurna encontrados através deste método são tão artificiais que não merecem maiores críticas. A única maneira que permite medir a média da amplitude térmica diurna consiste em medir a amplitude de *cada dia* (diferença entre a máxima e a mínima) e, a partir daí, obter a média da amplitude diurna de *cada mês e ano*. Somente então, com base nestes últimos valores, chegaremos a conhecer as *normais* deste fenômeno. Assim procedendo obtemos não apenas as verdadeiras *normais* da amplitude térmica diurna, anual e mensais, como ainda nos é permitido conhecer os índices de maior frequência e os mais raros, no que diz respeito às amplitudes diurnas de *cada ano* e de *cada mês em todos os anos*, conforme o método dinâmico da *climatologia moderna*.

A medição da amplitude térmica anual e diurna através deste método não foi ainda realizada no Brasil e o tempo necessário a sua execução não permitiu que tais estudos fossem incluídos na análise climatológica deste trabalho. Esperamos, contudo, assim proceder, baseados nas pesquisas a serem brevemente iniciadas com esta finalidade, no *Setor de Climatologia da Fundação IBGE*. Por ora estudaremos a temperatura através de novos enfoques que, embora não envolvendo todos os aspectos importantes do seu regime anual, nos dá uma idéia quase completa da real variação deste fenômeno inserido nas características climáticas da Região Sudeste.



cia da latitude: de norte para sul a variação é de apenas 2°C, isto é, de 24° a 22°C. Entre estas duas áreas, as superfícies do sul de Minas Gerais, as serras do Espinhaço, Mantiqueira e do Mar, graças às suas altitudes elevadas, possuem média inferior a 22°C, caindo abaixo de 18°C nos seus níveis mais elevados, ao sul do paralelo de 20°C sul, onde a influência do relevo elevado se conjuga com as maiores latitudes regionais e a maior frequência de correntes de ar de origem polar.

Época mais quente — Exceto nas citadas superfícies elevadas, as médias do ano exprimem bem a predominância de temperaturas medianas a elevadas durante quase todo o ano. Entretanto, estas são bem mais comuns no semestre primavera-verão. Trata-se do período em que a incidência dos raios solares se verifica em maiores ângulos e o tempo de radiação é mais longo (os dias são maiores que as noites). De setembro a março apenas aquelas superfícies elevadas não possuem média superior a 22°C, chegando a ser superior a 24°C em largas extensões. Durante esse período o máximo se dá em dezembro (solstício de verão) ou janeiro (quando o Sol, após o solstício de verão, retorna sobre os paralelos da Região, dirigindo-se para o norte)¹⁶.

Entretanto, para a maior parte da Região o mês mais quente é o de janeiro¹⁷. Durante este mês são comuns máximas muito elevadas no Vale do São Francisco, Vale do Jequitinhonha, Zona da Mata de Minas Gerais, baixadas litorâneas e oeste do Estado de São Paulo. Nessas áreas a *média das máximas* é de 30 a 32°C ou mais. Enquanto isso, nas citadas superfícies elevadas, o resfriamento adiabático não permite máximas importantes, o que reduz a média das máximas diárias a valores inferiores a 29°C, descendo abaixo de 26°C nos locais mais elevados do Espinhaço, Mantiqueira e Serra do Mar.

Nestas superfícies elevadas a máxima absoluta já registrada foi sempre inferior a 36°C, não atingindo a valores superiores a 34°C nos locais de maiores altitudes¹⁸. Enquanto isso a máxima absoluta variou de 38 a 40°C nos vales do São Francisco e do Jequitinhonha, 40 a 42°C no oeste paulista, baixo curso do rio Paraíba, baixada fluminense e paulista (Fig. 4).

Época de temperaturas amenas — Enquanto de setembro a março há um predomínio de temperaturas mais ou menos elevadas, atingindo o máximo em dezembro e janeiro, de maio a agosto as temperaturas são sensivelmente mais baixas, atingindo o mínimo em junho e julho.

O mínimo destes meses decorre de uma superposição de fatores. Durante este período o Sol encontra-se cerca do zênite do trópico de câncer

¹⁶ Apenas o oeste de Minas Gerais possui máximo no fim da primavera. Trata-se da época em que o Sol passa sobre os paralelos dessa área se dirigindo para o sul e as chuvas de *correntes perturbadas de W* não são ainda muito frequentes.

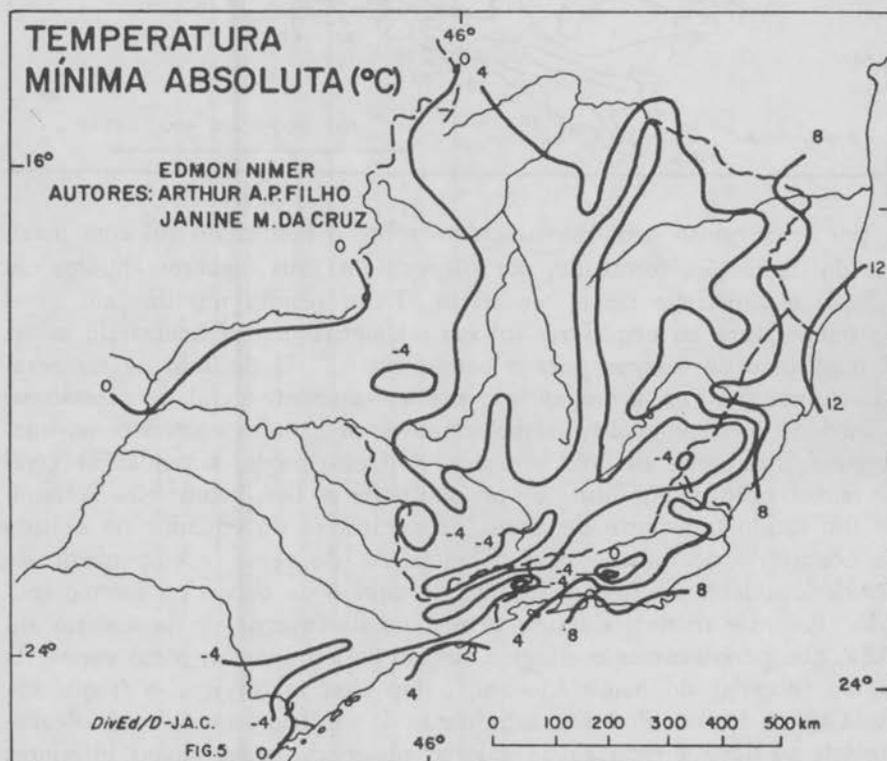
¹⁷ O mês de janeiro é ligeiramente mais quente que os de dezembro, fevereiro e março.

¹⁸ Estas máximas, como todas as informações sobre temperatura referem-se às *normais climatológicas* até 1942, do Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura.

da atmosfera durante a radiação direta do sol (menor ângulo de incidência dos raios solares) e da redução do tempo desta radiação (noites maiores que os dias) e da maior frequência de massas de ar frio de origem polar mais poderosa (*alta polar*) e *frente polar* (mais enérgica).

Da convergência destes fatores decorre que durante o inverno, na Região Sudeste, tornam-se raras as temperaturas elevadas em favor de temperaturas amenas e, até mesmo frias, nas superfícies elevadas. De fato, nesta época do ano apenas o litoral, e superfícies baixas, próximas a ele, dos Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, não registraram temperaturas inferiores a 8°C. Ao mesmo tempo, as serras do Espinhaço, Mantiqueira, do Mar (reforçadas pela influência da altitude) e as superfícies baixas do oeste paulista (influência da latitude e continentalidade) já registraram temperaturas de 0°C, declinando a 4°C negativos nos locais mais elevados da Mantiqueira e altiplanos do sul de Minas Gerais (Fig. 5).

Esclarecemos que durante o inverno não são raras as mínimas diárias próximas àquelas *mínimas absolutas*. A frequência média de ocor-



rências diárias de *geada* nestas áreas atestam estes fatos, uma vez que este fenômeno se dá com temperaturas negativas ou pouco acima de 0°C (Fig. 6). Largas extensões de Minas Gerais e São Paulo registram, em média, mais de 3 dias de ocorrência de *geada* durante o ano e mais de 10 dias nas superfícies elevadas da Mantiqueira. Nesta escarpa, Campos do Jordão (1.600 metros) e Alto Itatiaia (2.199 metros) acusam 46 a 56 dias, respectivamente. Desta ocorrência, quase 90% se verificam de maio a agosto. No Alto Itatiaia, por exemplo, das 56 ocorrências diárias, 48 se dão neste curto período.

As mais baixas mínimas diárias na Região Sudeste, como em quase todo o Brasil, se verificam após a passagem de uma *frente fria* de origem subpolar, sob a ação do *anticiclone polar*¹⁹. O fenômeno se processa mais ou menos do seguinte modo: ao transpor a cordilheira dos Andes, na zona pré-frontal produz-se uma forte advecção do ar tropical do *anticiclone do atlântico sul*. Esta situação produz bom tempo e aquecimento na Região Sudeste, sob a inversão deste *anticiclone subtropical*; a pressão se eleva e intensificam-se os ventos do quadrante norte (principalmente de NE). Com a chegada da *frente*, sobre o lugar, a pressão cai, o céu fica completamente encoberto por nuvens de convecção dinâmica (*cúmulos* e *cúmulo-nimbos*), acompanhados de trovoadas, ventos fracos a moderados (5 a 10 nós, geralmente) e chuvas *frontais* mais ou menos pesadas.

Imediatamente após a passagem da *frente* a pressão torna a subir, a temperatura cai sob o vento fresco que passa a soprar no quadrante sul, a chuva frontal termina, logo substituída por chuvas leves por vezes intermitentes e nevoeiros (situação pós-frontal). Com céu ainda encoberto e presença do ar polar, resultam em fracas amplitudes térmicas diurnas, com máxima baixa e mínima ainda elevada, e umidade relativa em torno de 95%. Com a continuidade do avanço da *frente* e conseqüentemente domínio do *anticiclone polar*, diminui a turbulência anterior, o ar torna-se seco e o céu limpo, quando então a intensa radiação noturna faz registrar as mínimas mais baixas da Região. Estas mínimas, contudo, não se mantêm por mais de 2 dias (na maioria das vezes), não só pela absorção do *anticiclone polar* por parte do *anticiclone subtropical*, como ainda porque, à sua retaguarda, a massa retorna para o sul, atraída por nova *frontogênese* na Argentina (avanço de nova *frente fria*) e a fraca nebulosidade permite o aquecimento solar que acaba com o fenômeno, retornando os ventos de N a E do *anticiclone subtropical* com inversão térmica superior, estabilidade, tempo ensolarado e temperatura em ascensão.

Se por um lado os índices médios de ocorrência de *geada* atestam a freqüência de temperatura próximas àqueles índices mínimos absolutos, por outro lado eles não sugerem a grande freqüência de temperaturas amenas e frias que caracterizam a maior parte da Região Sudeste no inverno. Estas são melhor expressas na distribuição da *média das míni-*

¹⁹ Nas latitudes equatoriais nem sempre as mínimas mais baixas se verificam nestas situações, uma vez que a *frente polar* só raramente atinge essas latitudes.

mas (Fig. 7). No norte de Minas Gerais, no litoral e na baixa encosta das superfícies elevadas, voltadas para o litoral, as altitudes baixas e a ação moderadora dos ventos marítimos tornam essas áreas as únicas cujas mínimas diárias de julho acusam médias superiores a 14°C. Enquanto isso, as superfícies elevadas do centro sul de Minas Gerais, do sul do Espírito Santo, do Rio de Janeiro e de São Paulo apresentam mínimas médias inferiores a 10°C. Nessas áreas os locais mais elevados apresentam cerca de 8 a 6°C, declinando no Alto Itatiaia e Campos do Jordão a 5,1 e 1,8°C, respectivamente.

Como se pode concluir, embora o afastamento das influências marítimas e o aumento da latitude exerçam papel importante no comportamento das temperaturas mínimas, na Região Sudeste o mais importante é assumido pelo relevo. Enquanto ao longo do litoral a média das mínimas varia de 18 a 16°C, do Espírito Santo a São Paulo, e de 12 a 10°C pelo interior, de Minas Gerais a S. Paulo, perfazendo uma variação de 2°C por latitude e de 6°C por continentalidade, as variações determinadas pelas diferenças altimétricas do relevo alcançam valores muito superiores àqueles: a diferença entre a média das mínimas de julho de Angra dos Reis (nível do mar) e Campos do Jordão (1.600 m) constitui um magnífico exemplo da notável influência orográfica sobre o clima na Região Sudeste. Não obstante estes locais estarem situados muito próximos entre si, a média das mínimas diárias do mês de julho é de 1,8°C em Campos do Jordão e 16,5° em Angra dos Reis.

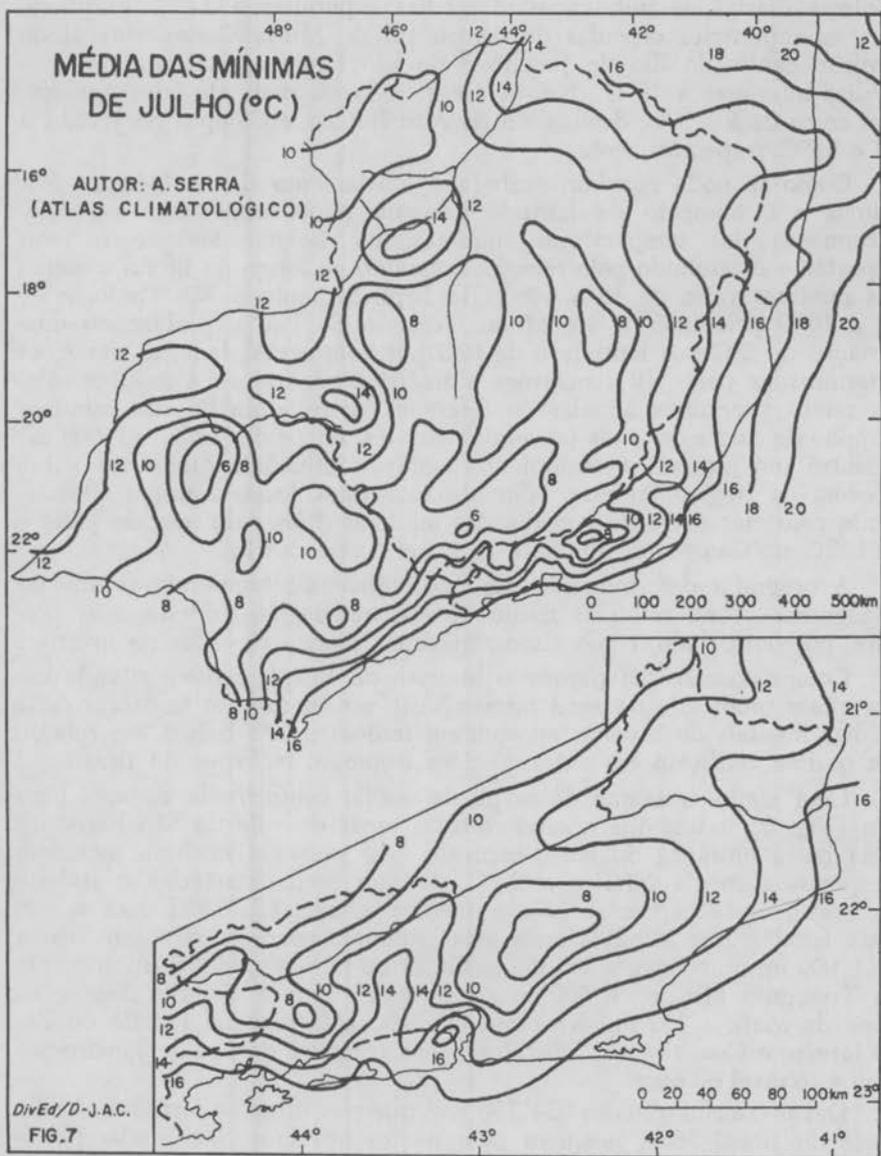
A orografia determinando um predomínio de temperaturas amenas e, algumas vezes, mínimas muito baixas, na Região Sudeste, não permite, por outro lado, como vimos, máximas diárias elevadas no inverno.

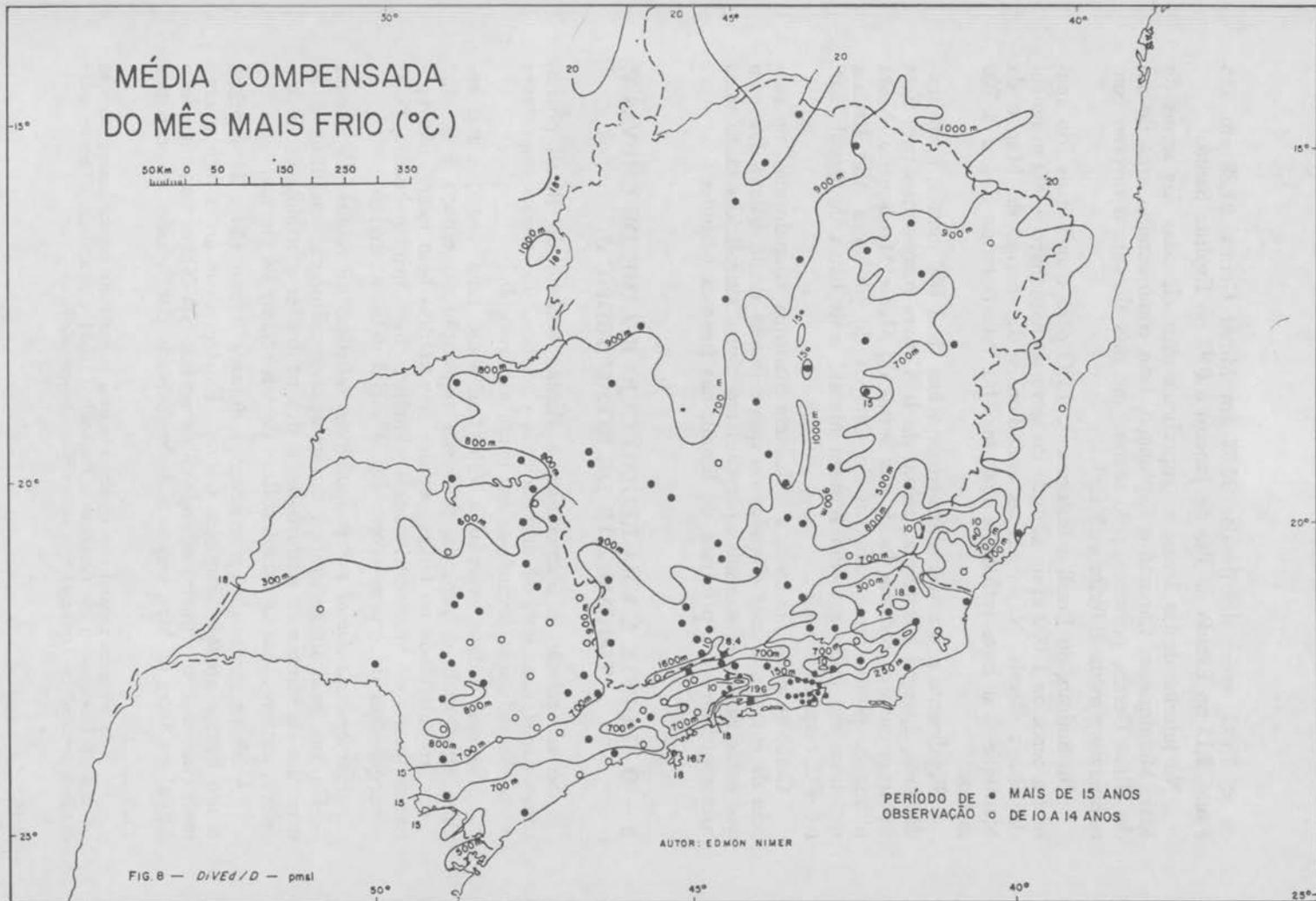
Compreende-se daí porque o Sudeste do Brasil, embora situado em sua quase totalidade na zona intertropical, possui extenso território cujas médias mensais do inverno apresentam índices muito baixos em relação aos que se verificam em outras regiões tropicais, inclusive do Brasil.

Com efeito, o exame do mapa de *média compensada do mês mais frio* (Fig. 8) indica que apenas restritas áreas do vale do São Francisco e da baixa litorânea do norte capixaba não possuem nenhum mês com temperatura média inferior a 20°C. O que bem caracteriza o sudeste do Brasil, neste particular, são as médias inferiores a 18°C para o mês mais frio²⁰. Em Minas Gerais esta isoterma aparece, ao norte, cerca de 1.000 m; no centro, a 700 m; na altura do paralelo de 20° sul, a 800 m no Triângulo Mineiro e 500 m na fronteira com o Espírito Santo; na Zona da Mata a 300 m. No oeste paulista, a 300 m; no Estado do Rio de Janeiro e Guanabara a 250-150 m; e na fronteira do Rio de Janeiro-São Paulo, ao nível do mar.

Daí se conclui que dos 924.750 km¹ que constituem o território do Sudeste do Brasil 56,5% possuem pelo menos um mês com média térmica

²⁰ Esta isoterma mensal é muito importante, uma vez que no critério classificatório de Koeppen ela limita os climas *tropicais quentes* (> 18°C) dos climas *mesotérmicos* (< 18°C).





ca $< 18^{\circ}\text{C}$, assim distribuída: 32,3% em Minas Gerais, 21,2% em São Paulo, 2,1% no Estado do Rio de Janeiro e 0,9% no Espírito Santo.

No interior destas áreas, as superfícies mais elevadas das serras do Mar, Mantiqueira, Caparaó e Espinhaço, bem como extensa área do sul de Minas Gerais, possuem, pelo menos, um mês durante o inverno com temperatura média inferior a 15°C ²¹.

No Sudeste do Brasil a isoterma de 15°C para o mês mais frio aparece a cerca de 1.000 m de altitude na serra do Espinhaço e 900 m no sul de Minas Gerais. Nas escarpas meridionais das Serras do Mar e da Mantiqueira a forte influência marítima faz esta isoterma descer a 700 metros.

Finalmente nos níveis altimétricos acima de 1.600 metros, aproximadamente, aparece a isoterma mensal de 10°C para o mês mais frio. Esta isoterma envolve restritos locais nas Serras do Mar e Mantiqueira. Nesta última os postos meteorológicos de Campos do Jordão e Alto Itatiaia registram em julho a média térmica mensal mais baixa do Brasil: $8,9^{\circ}$ e $8,4^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Como se pode observar, a influência marítima atuando mais no sentido de evitar máximas elevadas do que mínimas muito baixas, faz com que estas isotermas mensais apareçam em níveis altimétricos tanto mais baixos quanto mais próximos do litoral, nas mesmas latitudes.

2 — O SUDESTE É UMA REGIÃO CUJO REGIME DE CHUVAS É TÍPICAMENTE DE RITMO TROPICAL

Se em relação à temperatura a Região Sudeste do Brasil possui, como vimos, uma notável diferenciação climática, não menos importante é sua diversificação levando-se em conta a pluviosidade.

Daremos ênfase especial a este fenômeno, uma vez que nas regiões equatoriais e tropicais, pela sua repartição no espaço e no ano e sua irregularidade no tempo, assume importância bem maior, não apenas do ponto de vista estritamente climático, mas, principalmente, pelas conseqüências de ordem econômica e social delas advindas:

Pluviometria Anual e Principais características do Regime de chuvas — De sua posição geográfica em relação à influência marítima e às correntes de circulação perturbada, e dos contrastes morfológicos de seu relevo, advêm todas as características de seu regime de chuvas.

A altura média das precipitações durante o ano (Fig. 9) exprime muito bem a atuação daqueles fatores. Existem duas áreas nitidamente mais chuvosas: a primeira estende-se no sentido SW-NE acompanhando o litoral e a Serra do Mar, trajeto mais freqüentado por invasões de *correntes*

²¹ Esta isoterma mensal tem igualmente uma importância especial, uma vez que no critério bioclimático de Gaussen e Bagnouls (1953) ela assinala o limite entre o clima *termoxérico* (quente) e o *mesoxérico* (temperado).

ISOIETAS ANUAIS (mm)

80 Km 0 50 150 250 350

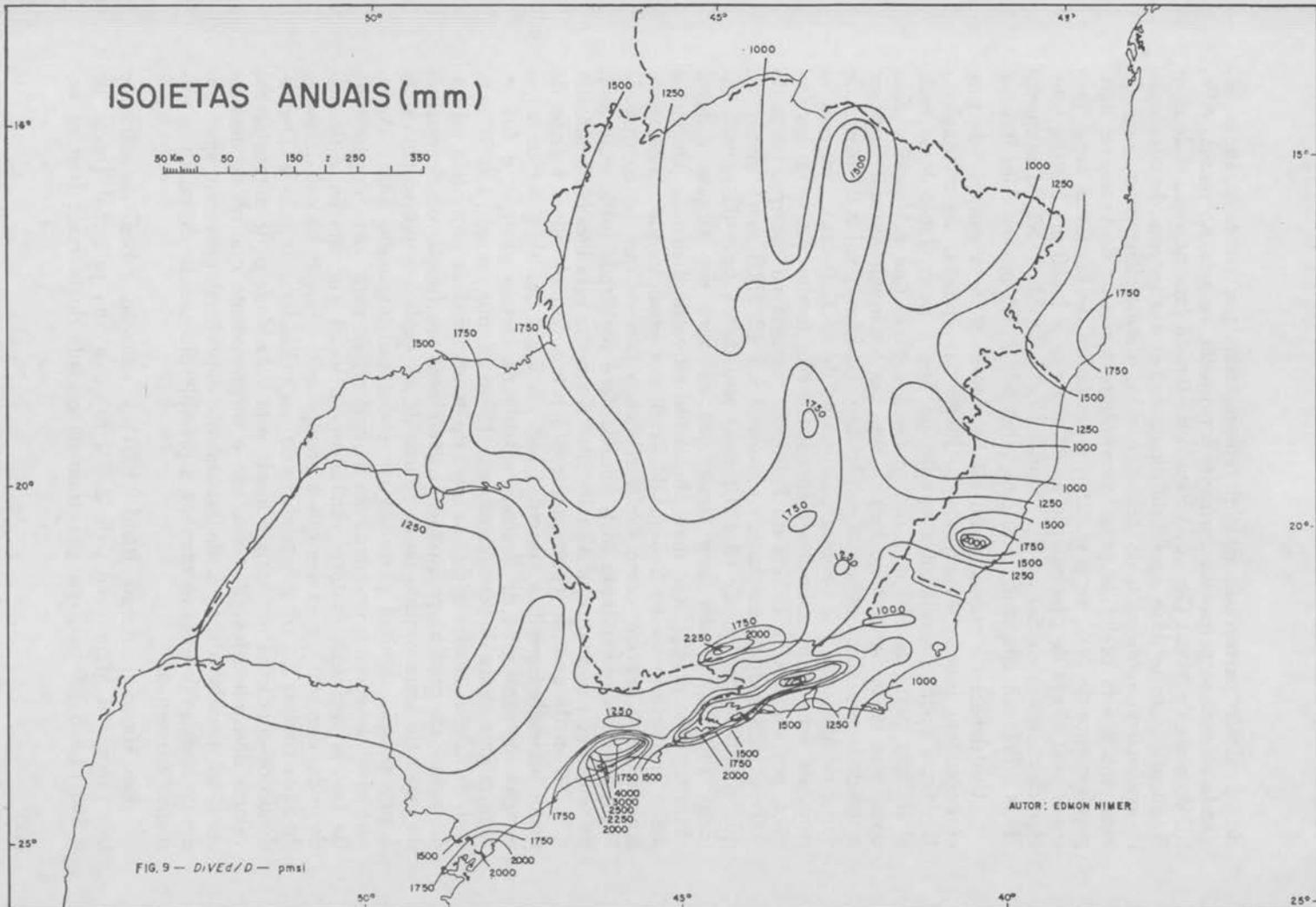


FIG. 9 - DiVED/D - pmsi

AUTOR: EDMON NIMER

de circulação perturbada de Sul representadas por *frente polar*; a segunda estende-se perpendicularmente à primeira, ou seja, no sentido NW-SE do oeste de Minas Gerais ao Estado do Rio de Janeiro, zona onde mais freqüentemente se dá o equilíbrio dinâmico entre o sistema de circulação do *anticiclone subtropical* do Atlântico sul e o *anticiclone polar*, além de estar sob a rota preferida pelas *correntes perturbadas* de oeste, ou mais precisamente de NW, representadas pelas *linhas de IT*. Estas áreas possuem uma altura de precipitação anual superior a 1.500 m. No seu interior destacam-se as Serras da Mantiqueira e do Mar. Na Mantiqueira estes índices ultrapassam 1.750 mm, atingindo 2.398 mm no Alto Itatiaia.

Um debate de grande vulto estabeleceu-se sobre a variação de precipitação em função da altitude ao longo das encostas de montanhas. Em certa época prevaleceu a opinião de que a precipitação fosse mais abundante perto de 900 m e diminuísse à medida que subíssemos. Esta opinião se fundamentava no fato de que perto daquela altitude decresce a umidade específica saturada e, portanto, também o valor da massa de vapor de água que pode conter uma coluna de ar. Entretanto, nas regiões tropicais, numerosos exemplos contradizem esta teoria. Na serra dos Órgãos, por exemplo, a cidade de Petrópolis, situada na escarpa, perto de 900 m (858 m), possui índice pluviométrico (2.272,9 mm) menor do que a cidade de Tinguá (2.430,0 mm) situada na base da mesma escarpa (135 m). Poderíamos supor que na serra dos Órgãos o nível altimétrico de precipitação mais abundante estivesse abaixo de 900 m e assim encontraríamos no Sudeste do Brasil um exemplo que corroborasse aquela teoria. Porém, como explicaríamos o fato de que na escarpa da Mantiqueira a precipitação mais abundante é registrada justamente num de seus níveis mais altos, o Alto Itatiaia? Enquanto esta localidade situada a 2.199 m de altitude (portanto, muito acima daquele nível teórico de maior umidade específica saturada) registra 2.238 mm de precipitação, a estação meteorológica de Resende situada na mesma escarpa, a 404 m, registra uma altura de precipitação anual bem inferior, ou seja, 1.623,9 mm. Sem dúvida, a existência de um nível de maior umidade específica saturada, acima do qual as precipitações decrescem em função do decréscimo de vapor de água contido numa coluna de ar, explica o motivo pelo qual a precipitação diminui perto do cume das cadeias muito altas. Porém esse nível deve variar grandemente de uma região para outra, dependendo de fatores regionais (fatores dinâmicos) e locais (orientação e declividade das encostas), uma vez que a precipitação é função não só da massa de água contida no ar, mas também de sua velocidade de subida. Dependendo de condições regionais e locais, esta velocidade pode aumentar até valores desconhecidos. Por isso, não é surpreendente que no decurso de anos, as medidas da água de escoamento superficial provaram que, em muitas cadeias de altas montanhas, a precipitação excedia de muito as primeiras estimativas.

Em Havaí, conforme Riehl (1954) a situação é bem definida: os três picos, em Mani (cerca de 2.500 m) e a ilha principal (cerca de 3.100 m e 3.700 m), que penetram na camada de inversão térmica su-

perior são áridos no cume, enquanto a isoietas de 8.000 mm tem seu centro situado a cerca de 900 mm de altitude. Entretanto, a precipitação máxima não se acha a 90 mm em toda ilha do Havái. Caminhando rumo ao sul, por exemplo, ao longo da curva de nível de 900 mm e partindo da zona de maior precipitação na parte leste, após um percurso de 30 km a precipitação cai dos 8.000 mm para 1.000 mm subindo, em seguida, rapidamente para 4.000 mm e recaindo a 1.000 mm na extremidade sul da ilha. Este exemplo demonstra como a variação de precipitação em função da altitude ao longo das encostas de montanhas é muito mais complexa do que se imaginava. Portanto, um método satisfatório de determinação de sua variação está por ser enunciado.

No Sudeste do Brasil, como de resto em todo o território brasileiro, não existe uma rede de estações meteorológicas estrategicamente localizadas, que nos permita o conhecimento destas variações. Não obstante, estando a inversão térmica situada normalmente acima de 1.500 m e sua rápida elevação, ou mesmo seu desaparecimento durante as situações de passagem de *corrente de circulação perturbada*, principalmente as de natureza frontogenética, não permite supor que as zonas altimétricas perto de 900 metros sejam os limites acima dos quais a precipitação diminua. Ao contrário, no Brasil, os poucos exemplos de que dispomos sobre esta questão indica que a precipitação é tanto maior quanto mais elevada a cota altimétrica das encostas e, quando acontece haver uma diminuição (como vimos comparando as estações meteorológicas de Tinguá e Petrópolis), esta é de gradiente muito pequeno. No entanto, é possível que, de um modo geral, somente a partir de 2.500 a 3.000 m exista um sensível declínio de precipitação, porém este declínio seria mais em decorrência dos fatores locais de convecção termodinâmica da coluna de ar do que da inversão térmica superior do *anticiclone subtropical*, uma vez que, como vimos na Unidade I, as chuvas sob regime de inversão superior, além de raras são pouco copiosas.

De qualquer forma é sem dúvida que as áreas mais serranas do Sudeste do Brasil, e suas proximidades, especialmente ao longo daquelas referidas trajetórias mais freqüentadas por *correntes perturbadas*, são as mais copiosas. As Serras do Mar e Mantiqueira destacam-se, dentre outras, não apenas por estarem sob as trajetórias preferidas pelas *frentes polares* e *linhas de IT*, mas também por sua orientação paralela ao litoral, no sentido WSW-ENE. Com esta orientação, as escarpas abruptas das referidas serras se opõem frontalmente às correntes de chuvas frontais de componente, geralmente de S a SE, representadas pelas descontinuidades polares.

Nenhuma outra serra do território nacional exerce tanta influência no sentido do acréscimo de precipitação quanto estas duas. Nas situações de chuvas generalizadas por toda a região, quase sempre os índices mais elevados se dão nas referidas serras ou proximidades. Muitas vezes, enquanto na Baixada Litorânea e no Vale do Paraíba as chuvas são insignificantes, e até mesmo inexistentes, em largos trechos dessas serras se verificam intensos aguaceiros.

A maneira pela qual estas serras atuam no sentido de aumentar as precipitações sobre elas já foi focalizada quando analisamos o papel da orografia na intensificação da turbulência do ar pela ascendência dinâmica provocada pelo obstáculo montanhoso. Acrescentamos apenas que em virtude de o maior número de precipitações (inclusive as mais abundantes) no centro sul da Região Sudeste estar ligado às instabilidades *frontais* e *pós-frontais* (correntes perturbadas de S), a Serra do Mar por ser, na maioria das vezes, a primeira a ser atingida pelas *correntes perturbadas* de origem subpolar, é mais pluviosa que a Serra da Mantiqueira. Nela está o local mais chuvoso do Brasil: em São Paulo, em torno de Paranapiacaba e Itapanhaú, localidades situadas no alto da serra em altitudes de 801 e 730 m, respectivamente, chove em média mais de 3.600 mm, atingindo o máximo brasileiro nesta última localidade com 4.457,8 mm.

Essas duas áreas de precipitação anual mais elevada constituiriam uma só, não fora a depressão do vale do Paraíba do Sul. A dessecação adiabática do ar neste vale o torna sensivelmente menos chuvoso do que as Serras do Mar e Mantiqueira: inferior a 1.500 mm. Aliás foram dessas duas áreas — exceto a região serrana do sul capixaba, e de Gameleira, situada no alto da serra do Espinhaço, no norte de Minas Gerais — no restante do território da Região Sudeste chove menos de 1.500 mm.

Quase todo o interior do território paulista apresenta índices de 1.000 a 1.250 mm. Aí, embora sejam freqüentes a invasão de *frente polar*, suas chuvas frontais são geralmente menos copiosas porque a referida descontinuidade, quando não entra em *frontólise*, no interior, se dirige imediatamente para NE, ficando esta área sob chuvas fracas *pós-frontais*, retornando rapidamente o tempo estável. Só raramente a FP estaciona sobre o interior paulista. Além disso, sua posição meridional torna menos freqüentes as chuvas de IT.

Da mesma forma, o centro norte e leste de Minas Gerais, o Espírito Santo e o norte do Estado do Rio recebem, em média, menos de 1.500 mm de chuva durante o ano. Nessas áreas as depressões do relevo (médio Vale do Rio São Francisco, médio vale do Rio Jequitinhonha, baixo e médio do Rio Doce) constituem as mais importantes áreas onde o índice médio de precipitação anual é inferior a 1.000 mm. No vale do Jequitinhonha a estação meteorológica localizada na cidade do mesmo nome apresenta apenas 853 mm, e no vale do Rio Doce, Governador Valadares acusa 852 mm. Tratam-se, pois, dos mais baixos índices de altura da precipitação anual na Região Sudeste. Essas áreas devem sua menor precipitação à sua posição a nordeste da Região Sudeste, onde menos freqüentemente chegam as *correntes perturbadas* de S, pois, como vimos, as descontinuidades polares vindo geralmente de SW, freqüentemente estacionam, dissipam-se ou recuam antes de atingir essas áreas. Além disso, as correntes perturbadas de E, representadas pelas EW praticamente só atingem o Espírito Santo, nordeste de Minas Gerais e o norte do Estado do Rio de Janeiro, mesmo assim só raramente, ficando as referidas áreas

na dependência principal das *correntes perturbadas* de W, representadas pelas *linhas de IT*.

Não obstante seu vasto território, a *marcha estacional* da precipitação na Região Sudeste compreende praticamente um único regime: o *máximo* pluviométrico se verifica no solstício de verão e o *mínimo* no solstício de inverno, semelhante, portanto, ao regime de chuvas do Brasil central. Isto significa que o *máximo* pertence à época em que os dias são mais longos que as noites, e o *mínimo* à época em que as noites são mais longas que os dias, tratando-se, portanto, de um regime estacional típico das regiões de *clima tropical*.

De fato, o centro-sul da Região Sudeste (sul de Minas Gerais e quase todo o território dos Estados do Rio de Janeiro e S. Paulo) o *máximo* se verifica geralmente em janeiro, enquanto no restante da Região ele se dá quase sempre em dezembro. É bem verdade que no Espírito Santo alguns postos pluviométricos apresentam o mês de novembro como o mais chuvoso, e do litoral do Estado do Rio de Janeiro ao sul de São Paulo alguns postos assinalam o *máximo* em fevereiro ou março. Notamos, contudo, que o *máximo* do solstício de verão é pouco acentuado, principalmente no setor oriental e meridional da Região e, em certos anos, a maior precipitação mensal pode ser registrada de outubro a março e até mesmo em abril ou maio, ou seja ao longo do *verão* climático que nos referimos na introdução. Durante este período pode ocorrer, em certos anos, até mais de um *máximo*.

De qualquer forma, o *máximo* geralmente se dá em dezembro ou janeiro, estando ele relacionado à soma de chuvas de IT e de FP, ou seja, da conjugação das *correntes de circulação perturbada* de W (típicas do verão) e das *correntes de circulação perturbada* de S.

Quanto à época do *mínimo* é ainda mais simples: em toda região ocorre em julho, sendo muito raros os postos pluviométricos que assinalam o mínimo em junho ou agosto. Este mínimo está relacionado à ausência quase completa de chuvas de IT, ficando a região na dependência quase que exclusiva das instabilidades *frontais* representadas pelas *correntes perturbadas* de S, cujas precipitações nesta época, pelos motivos assinalados na introdução, são, geralmente, pouco copiosas. Esclarecemos, contudo, que no norte do Estado do Rio de Janeiro e, sobretudo, no Espírito Santo, o decréscimo de chuvas *frontais*, nesta época, é quase completamente recompensado pelo acréscimo de chuvas de E trazidas pelas *ondas de este*.

Voltando aos índices pluviométricos, lembramos que na análise dos totais anuais, ressaltamos os contrastes especiais; enquanto algumas áreas possuem pluviometria de pouca significância, outras registram as maiores precipitações do Brasil. Outro fato de igual importância, relativo às precipitações sobre esta Região, reside na forma pela qual elas se *distribuem durante o ano*.

Por se tratar de uma região tropical, a repartição das precipitações do Sudeste do Brasil se caracteriza por sua *grande concentração em poucos meses*, somente inferior àquela que se verifica na Região Nor-

deste. Com efeito, na maior parte da Região Sudeste, do volume de águas precipitadas durante o ano, mais de 50%, em média, se concentram em 3 meses, atingindo 55 a 60% no Vale do São Francisco e serra do Espinhaço (Fig. 10). Entretanto, ao longo do litoral e do sul de São Paulo, a maior frequência de instabilidades trazidas pelas *correntes perturbadas* de S e E não permite importantes concentrações em termos de porcentagem: 40% a 35% no litoral paulista e capixaba, 35 a 30% ou 30 a 25% no litoral fluminense e carioca. Isto significa que naquelas áreas de maior concentração, precipita, em média, 600 a 1.000 mm no trimestre mais chuvoso, ultrapassando estes índices no setor meridional da serra do Espinhaço, na Serra da Mantiqueira e na Serra do Mar. Nesta última, em território paulista, a estação de Itapanhaú, com 1.500 mm, assinala o máximo brasileiro²².

A época de ocorrência destas concentrações máximas em 3 meses consecutivos se verifica em torno do máximo do solstício de verão. De um modo geral uma linha estendida no sentido NW-SE divide a Região Sudeste ao meio (Fig. 11): a NE desta linha o trimestre mais chuvoso corresponde a novembro-dezembro-janeiro; a SW desta linha os três meses consecutivos mais chuvosos estão relacionados a dezembro-janeiro-fevereiro. Entretanto, algumas áreas muito restritas apresentam um ligeiro desvio, dentre as quais destaca-se o litoral de São Paulo, cujo trimestre mais chuvoso corresponde a janeiro-fevereiro-março.

Desta forte concentração estacional resulta que em quase toda Região Sudeste o regime de precipitação se caracteriza, sobretudo, pela existência de uma estação muito chuvosa, na qual, não raras vezes, as precipitações são abundantes, enquanto que um período de duração variável se constitui em muito seco, cuja ocorrência de chuvas além de serem raras são geralmente pouco copiosas²³. Ao analisar a distribuição das chuvas, vimos que os setores meridional e oriental da Região são os mais bem regados por serem os mais atingidos por *correntes perturbadas* de S, representadas pela *frente polar* e pelas *correntes perturbadas* de E, representadas pelas *ondas de este*, ficando o interior da Região bem menos beneficiado por tais chuvas. Vimos ainda como a orografia interfere sobre aqueles fatores no sentido simétrico em alguns casos e assimétricos em outros.

Da mesma forma a duração média dos períodos secos está vinculada aos fatores dinâmicos da atmosfera, coincidindo, por isso, com a altura

²² No Sudeste brasileiro há uma tendência geral de simetria entre a concentração de chuvas expressas em porcentagem e em milímetro, o que não ocorre na Região Nordeste, onde a assimetria constitui a tônica geral, ou seja, nas áreas em que a concentração porcentual é maior, menor é a quantidade de água precipitada naqueles 3 meses.

²³ Esclarecemos que para a determinação de seca, adotamos o critério de Gaussen e Bagnouls (1953). Estes autores, com base em trabalhos de ecologia vegetal, consideram seco aquele mês cujo total das precipitações em milímetro é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em graus Celsius ($P \lesseqgtr 2T$). Para a determinação de subseca adotamos a fórmula $P \lesseqgtr 3T$ de Walter e Lieth (1960), aplicável aos locais que não possuem sequer 1 mês seco.

PORCENTAGEM DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA
EM 3 MESES CONSECUTIVOS

50Km 0 50 100 150 200 250 300 350

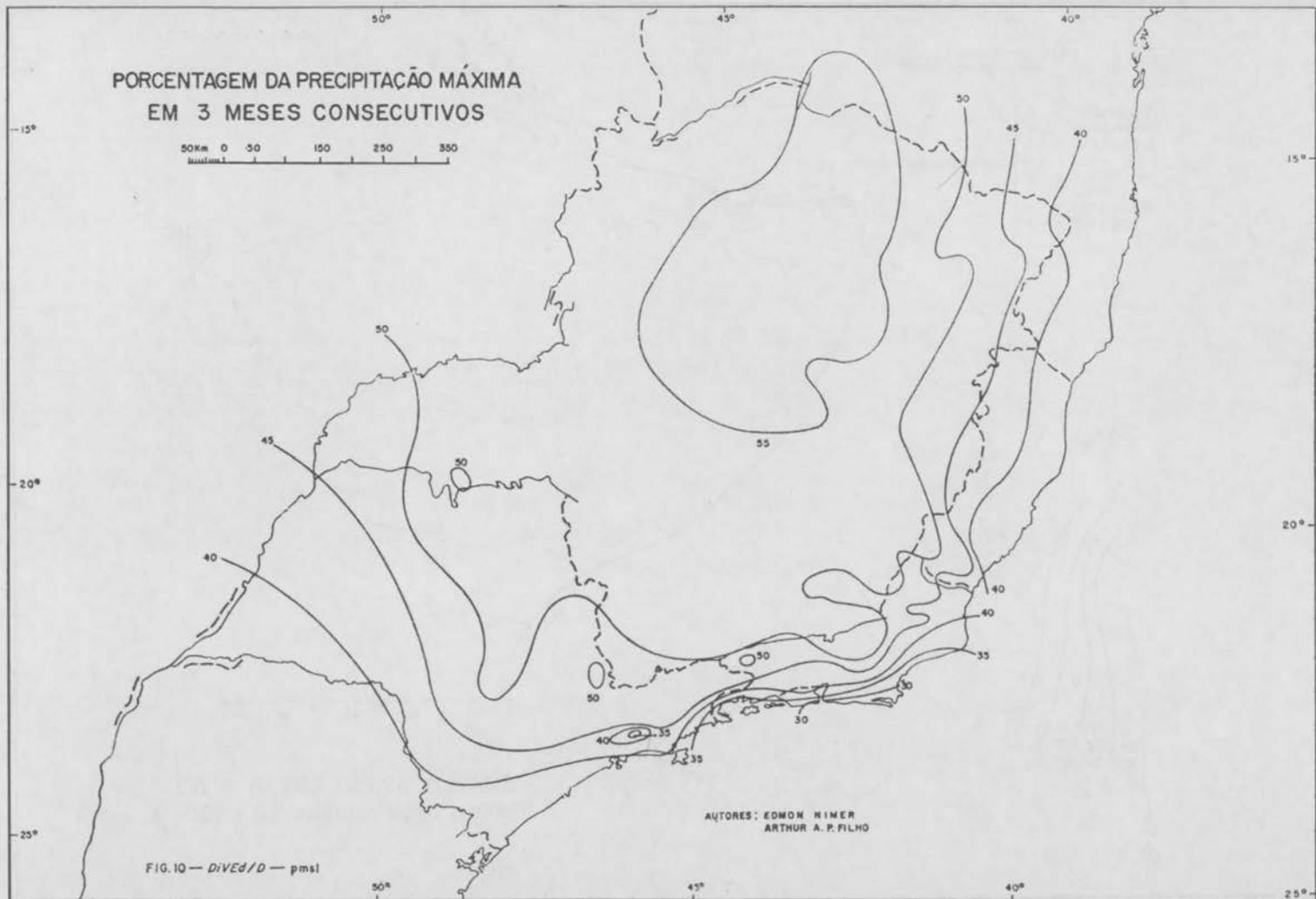
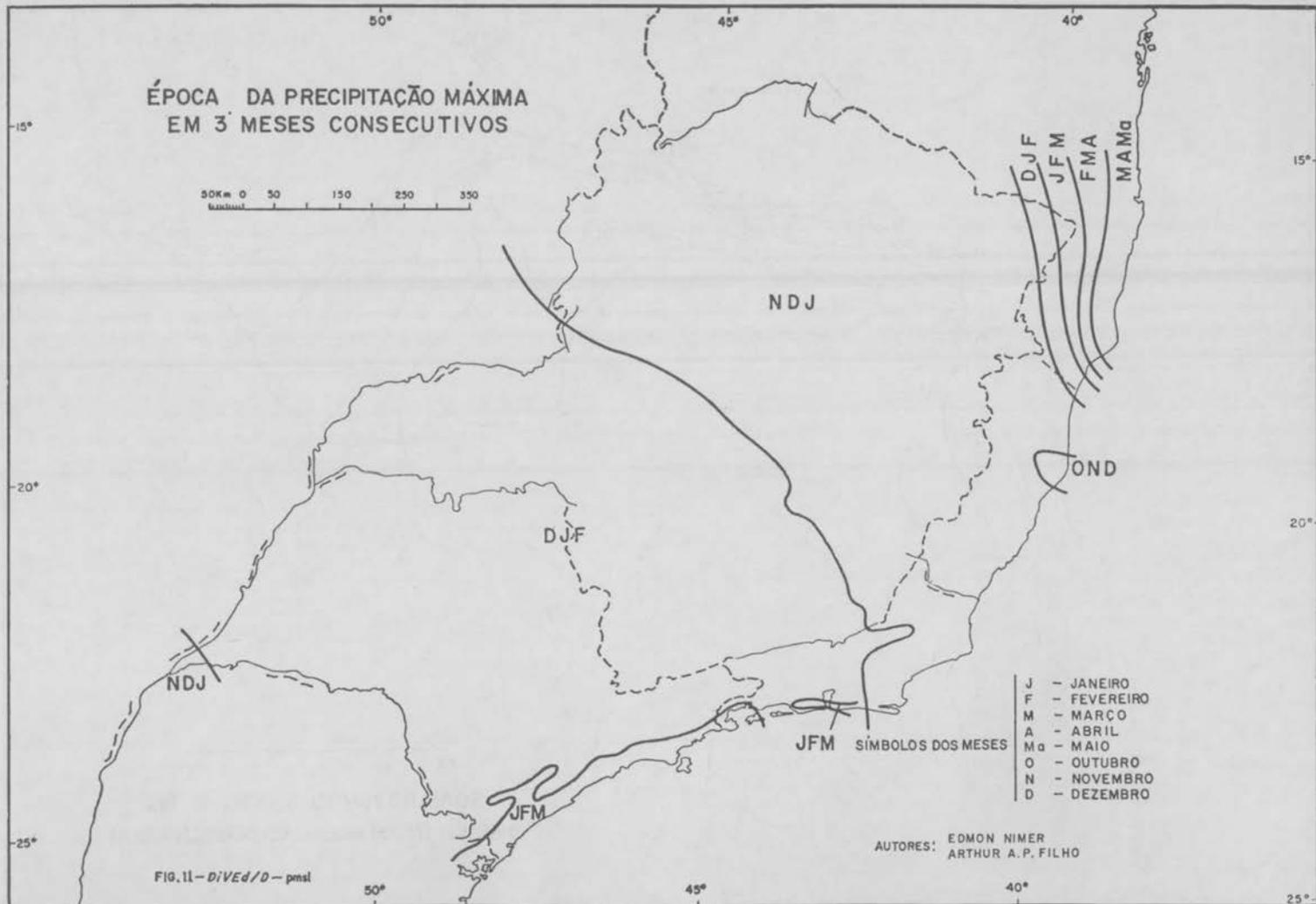


FIG. 10 — D_{iVED}/D — pmsl

AUTORES: EDMON NIMER
ARTHUR A. P. FILHO



das precipitações anuais. Em outras palavras, com algumas exceções, o comportamento das isarítimas de duração do período seco (Figura 12) repete o traçado das isoietas anuais (Fig. 9).

Caminhando do sul de São Paulo para o norte, e do litoral da região para oeste, passamos por áreas sem sequer um mês seco, até aquelas que possuem 6 meses. Este comportamento regional da seca é uma decorrência da posição dessas áreas em relação aos fatores dinâmicos da atmosfera e do maior ou menor grau de maritimidade (fatores regionais).

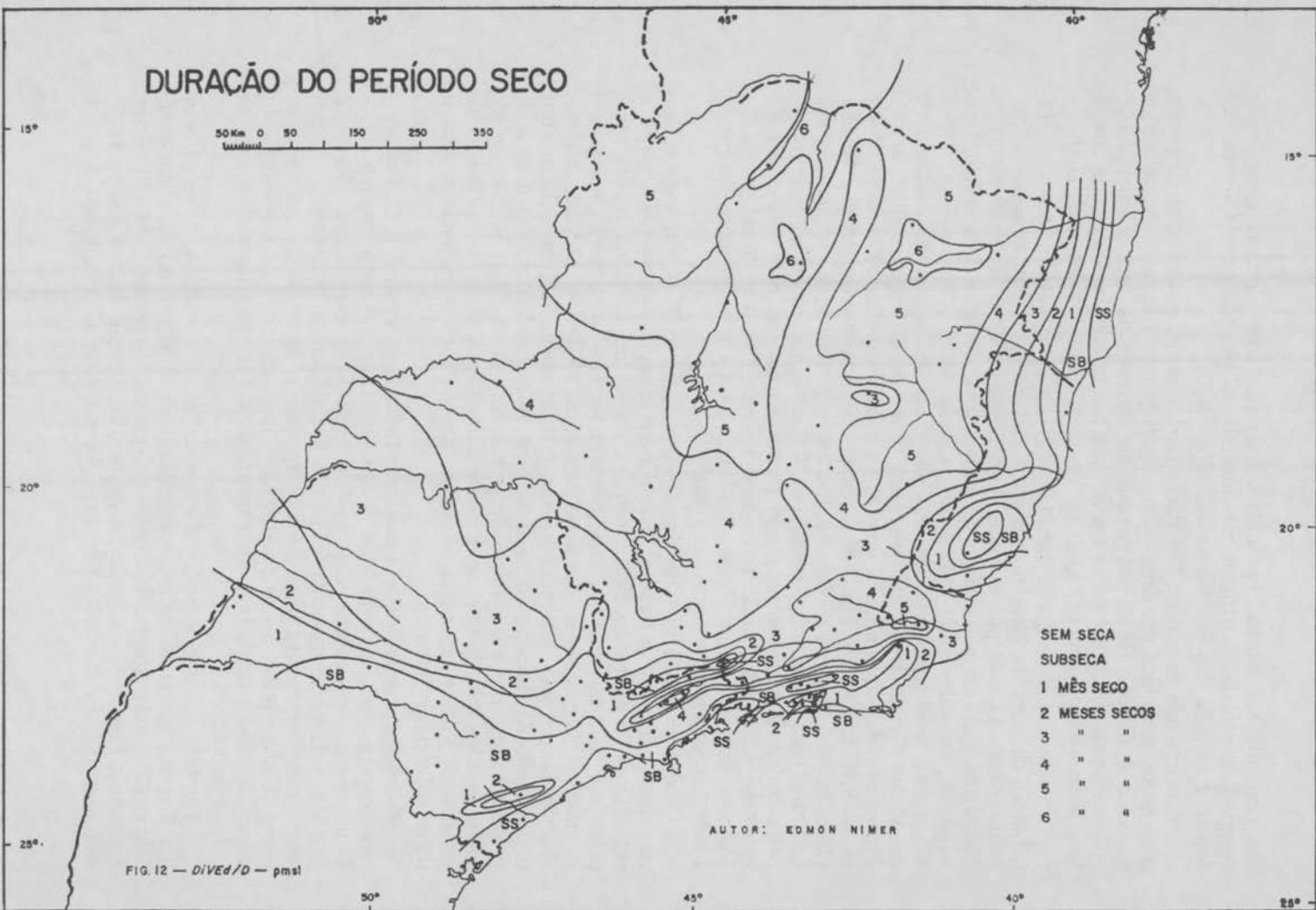
Entretanto, a orografia interferindo sob estes fatores, torna a distribuição da seca na Região bem mais complexa do que se supõe à primeira vista. As escarpas e serras, tornando as chuvas mais frequentes e abundantes, atuam no sentido de diminuir a duração do período seco, enquanto os vales mais profundos, agindo no sentido inverso, fazem o período seco mais prolongado. Os 5 meses secos do centro-norte de Minas Gerais transformam-se em 6 meses no médio Vale do São Francisco e do Jequitinhonha e no alto curso do rio Verde Grande (afluente do S. Francisco) e em 3 a 4 meses na serra do Espinhaço. No Espírito Santo, enquanto o Vale do Rio Doce possui de 1 a 4 meses secos, do litoral para o interior, a encosta do Caparaó, a barlavento das *correntes perturbadas* de sul e de este, não possui sequer um mês seco. Nos Estados do Rio e São Paulo, enquanto o Vale do Paraíba do Sul possui 3 a 5 meses secos, nas Serras do Mar e Mantiqueira a seca compreende apenas 1 mês, mesmo assim, em restritas áreas.

Quanto à época de ocorrência de tais secas (Fig. 13) esta reflete um caráter comum: a *tropicalidade*. Como sabemos, quase todo território regional do Sudeste do Brasil acha-se localizado na zona intertropical, possuindo, por isso mesmo, máximos pluviométricos no verão e mínimos no inverno. Com exceção das áreas meridionais e litorâneas, estes mínimos são tão baixos que determinam uma estação seca. É bem verdade que dependendo da duração do período seco, este pode extravasar o inverno, isto é, prolongar-se até o início da primavera, ou iniciar-se no fim do outono, ou ainda, iniciar-se no fim do outono e estender-se ao início da primavera. Porém, em qualquer destes casos, o aprofundamento da seca se dá no solstício de inverno.

Desvios Pluviométricos Anuais em Relação à Normal — O Sudeste é uma região cuja variabilidade da precipitação é muito importante — O mecanismo atmosférico nas regiões tropicais se caracteriza, sobretudo, por sua notável irregularidade, isto é, sua dinâmica está sujeita a apresentar comportamentos bem distintos quando comparada de um ano para outro. Disto resulta que as precipitações em cada ano estão, conseqüentemente, sujeitas a totais bem distintos, podendo se afastar grandemente dos valores normais.

Portanto, as desvantagens do regime anual de chuvas com seca de 4 a 5 meses nas áreas de clima semi-úmido e 6 meses nas de clima semi-árido, são ainda acentuadas pela sua grande irregularidade. No Brasil somente a Região Nordeste acusa desvios mais significativos que os verificados na Região Sudeste (Fig. 14). Com efeito, são diminutas as áreas

DURAÇÃO DO PERÍODO SECO



- SEM SECA
 SUBSECA
 1 MÊS SECO
 2 MESES SECOS
 3 " "
 4 " "
 5 " "
 6 " "

AUTOR: EDMON NIMER

FIG. 12 — D_{IVED}/D — pmsl

ÉPOCA DOS PERÍODOS SECOS

50 Km 0 50 150 250 350
Escala

AUTORES : EDMON NIMÉR
ARTHUR A. P. FILHO



REGIÃO SUDESTE

Identificação das estações climatológicas utilizadas nos mapas referentes às Figuras 8, 12, 13 e 16

A - MINAS GERAIS:

- 1 - Manga
- 2 - Gameleira
- 3 - Januária
- 4 - S. Francisco
- 5 - Salinas
- 6 - Jequitinhonha
- 7 - Araçuaí
- 8 - Grão-Mogol
- 9 - Montes Claros
- 10 - Pirapora
- 11 - Teófilo Otoni
- 12 - Itambacuri
- 13 - Itamarandiba
- 14 - João Pinheiro
- 15 - S. João Evangelista
- 16 - Diamantina
- 17 - Conc. do Mato Dentro
- 18 - Curvelo
- 19 - Patos de Minas
- 20 - Araguari
- 21 - Toribatú
- 22 - Caratinga
- 23 - Itabira
- 24 - Lagoa Santa
- 25 - Sete Lagoas
- 26 - Belo Horizonte
- 27 - Pitangui
- 28 - Bambuí
- 29 - Araxá
- 30 - Uberaba
- 31 - Frutal
- 32 - Ouro Preto
- 33 - Cach. do Campo
- 34 - Viçosa
- 35 - Ubá
- 36 - Santos Dumont
- 37 - Barbacena
- 38 - S. João Del Rei
- 39 - Lavras
- 40 - Bonsucesso
- 41 - Oliveira
- 42 - Muzambinho
- 43 - Leopoldina
- 44 - Mar de Espanha
- 45 - Juiz de Fora
- 46 - Passa Quatro
- 47 - Itajubá
- 48 - S. Lourenço
- 49 - Caxambú
- 50 - Cambuquira
- 51 - Três Corações
- 52 - Ouro Fino
- 53 - Poços de Caldas

B - ESPÍRITO SANTO:

- 1 - Conc. da Barra
- 2 - Farol do Rio Doce
- 3 - Vitória
- 4 - Guiomar
- 5 - Cach. do Itapemirim

C - RIO DE JANEIRO:

- 1 - Itaperuna
- 2 - Itabapoana
- 3 - Santo Antônio de Pádua
- 4 - S. Fidelis
- 5 - Campos
- 6 - St.ª Maria Madalena
- 7 - Carmo
- 8 - Nova Friburgo
- 9 - Cabo Frio
- 10 - Teresópolis
- 11 - Niterói
- 12 - Petrópolis
- 13 - Rio D'Ouro
- 14 - Xerém
- 15 - S. Pedro
- 16 - Vassouras
- 17 - Valença
- 18 - Pinheiral
- 19 - Monte Serrat
- 20 - Itatiaia
- 21 - Resende
- 22 - Angra dos Reis

D - MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO:

- 1 - Paquetá
- 2 - Ilha do Governador
- 3 - Praça XV
- 4 - Urca
- 5 - Penha
- 6 - Cascadura
- 7 - Bangu
- 8 - Santa Cruz
- 9 - Jardim Botânico

E - SÃO PAULO:

- 1 - Igarapava
- 2 - Franca
- 3 - S. Joaquim da Barra
- 4 - Bebedouro
- 5 - Sertãozinho
- 6 - S. Simão

F - SÃO PAULO:

- 7 - Presid. Epitácio
- 8 - Porto Tibiriçá
- 9 - Varpa
- 10 - Cafelândia
- 11 - Gavião Peixoto
- 12 - S. Carlos
- 13 - Águas de Prata
- 14 - Campos Novos
- 15 - Agudos
- 16 - Lençóis
- 17 - Jaú
- 18 - Brotas
- 19 - Araras
- 20 - S. Manuel
- 21 - Botucatu
- 22 - Avaré
- 23 - Piracicaba
- 24 - Amparo
- 25 - Cach. da Graça
- 26 - Campinas
- 27 - Bragança Paulista
- 28 - Itararé
- 29 - Itapeva
- 30 - Itapetininga
- 31 - Sorocaba
- 32 - Jundiá
- 33 - S. Roque
- 34 - Parque do Estado
- 35 - S. Paulo
- 36 - Cananéia
- 37 - Iguape
- 38 - Juquiá
- 39 - Itanhaém
- 40 - Santos
- 41 - Alto da Serra
- 42 - Itapanhaú
- 43 - Casa Grande
- 44 - São Sebastião
- 45 - Salesópolis
- 46 - Jacareí
- 47 - Paraibuna
- 48 - Bairro Alto
- 49 - Ubatuba
- 50 - Natividade da Serra
- 51 - Jambeiro
- 52 - S. José dos Campos
- 53 - Taubaté
- 54 - Pindamonhangaba
- 55 - Cunha
- 56 - Guaratinguetá
- 57 - Campos do Jordão
- 58 - Piquete
- 59 - S. José do Barreiro
- 60 - Alto Baciaína
- 61 - Bananal

que apresentam desvios médios (positivos ou negativos) em relação à *normal*, inferior a 15%.

Comparando o mapa de desvio pluviométrico médio (Fig. 14) com o mapa de isoietas anuais (Fig. 9), constatamos que, de um modo geral, o desvio é tanto maior quanto menor a altura da precipitação anual. Os desvios médios inferiores a 15% se dão nas Serras do Mar e Mantiqueira e num estreito corredor que se estende de NW-SE, do sudeste de Goiás ao Estado do Rio, interrompido apenas no vale do rio Paraíba.

A sudoeste deste corredor o desvio chega a ser superior a 25% no oeste paulista, e a nordeste, em Minas Gerais e Espírito Santo, chega a atingir 25 a 30% no vale de Jequitinhonha, 25 a 35% no vale do São Francisco e de 30 a 50% no vale do rio Doce.

Entretanto, por se tratar de desvios médios, sua importância reside apenas no fato deles indicarem a tendência da variabilidade: as áreas de maiores desvios médios são aquelas sujeitas, em determinados anos, a maiores desvios efetivos, e estes costumam ser muito superiores aos indicados pelos desvios médios. Em certos anos a Região Sudeste recebe uma quantidade de chuvas de cerca do dobro da *normal*, chegando a atingir o triplo nas áreas semi-áridas. Em contrapartida, determinados anos acusam totais tão insignificantes que, em certas áreas do norte e nordeste da Região, mormente nas semi-áridas, as chuvas faltam quase que totalmente.

Outra característica dos desvios pluviométricos nessa Região é a sua extrema complexidade. Tomando por base o estudo dos desvios efetivos de 1914 a 1938, realizado pela Divisão de Águas do DNPM (1948), concluímos que no Sudeste brasileiro a distribuição dos desvios pluviométricos ocorre de diversas maneiras:

a) à exceção de restritos locais, toda a Região apresenta desvios positivos, como ocorreu em 1919, 1922, 1926, 1929, 1931 e 1937 (Fig. 15-A);

b) à exceção de restritos locais, toda a Região apresenta desvios negativos, como ocorreu em 1914, 1915, 1921, 1925, 1927 e 1934 (Fig. 15-B),

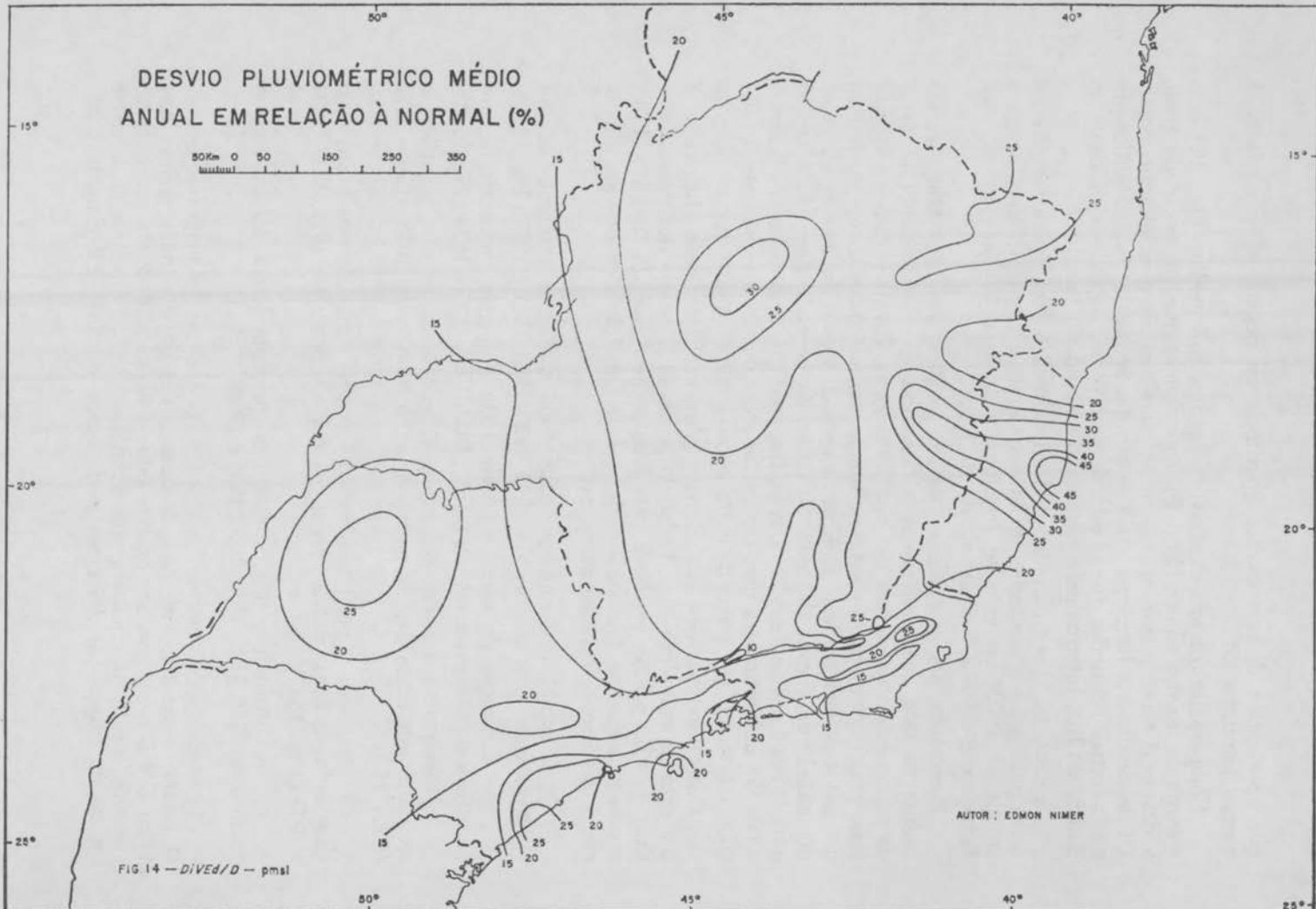
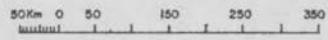
c) enquanto o setor nordeste da Região acusa desvios negativos, o setor sudoeste acusa desvios positivos, como ocorreu em 1923, 1928 e 1932 (Fig. 15-D).

d) enquanto o setor nordeste da Região acusa desvios positivos, o setor sudoeste acusa desvios negativos, como ocorreu em 1916, 1917, 1924 e 1933 (Fig. 15-C).

e) A distribuição dos desvios não apresenta forma definida, como ocorreu em 1918, 1920, 1930, 1935, 1936 e 1938.

Como se pode observar, os tipos A, B e E são os mais frequentes. O caráter assimétrico no comportamento dos desvios num mesmo ano (tipo C e D), se deve ao seguinte fato: a irregularidade da precipitação (desvios) na Região Sudeste está, sobretudo, ligada diretamente à maior ou menor atuação de *correntes perturbadas* de Sul (FP durante o se-

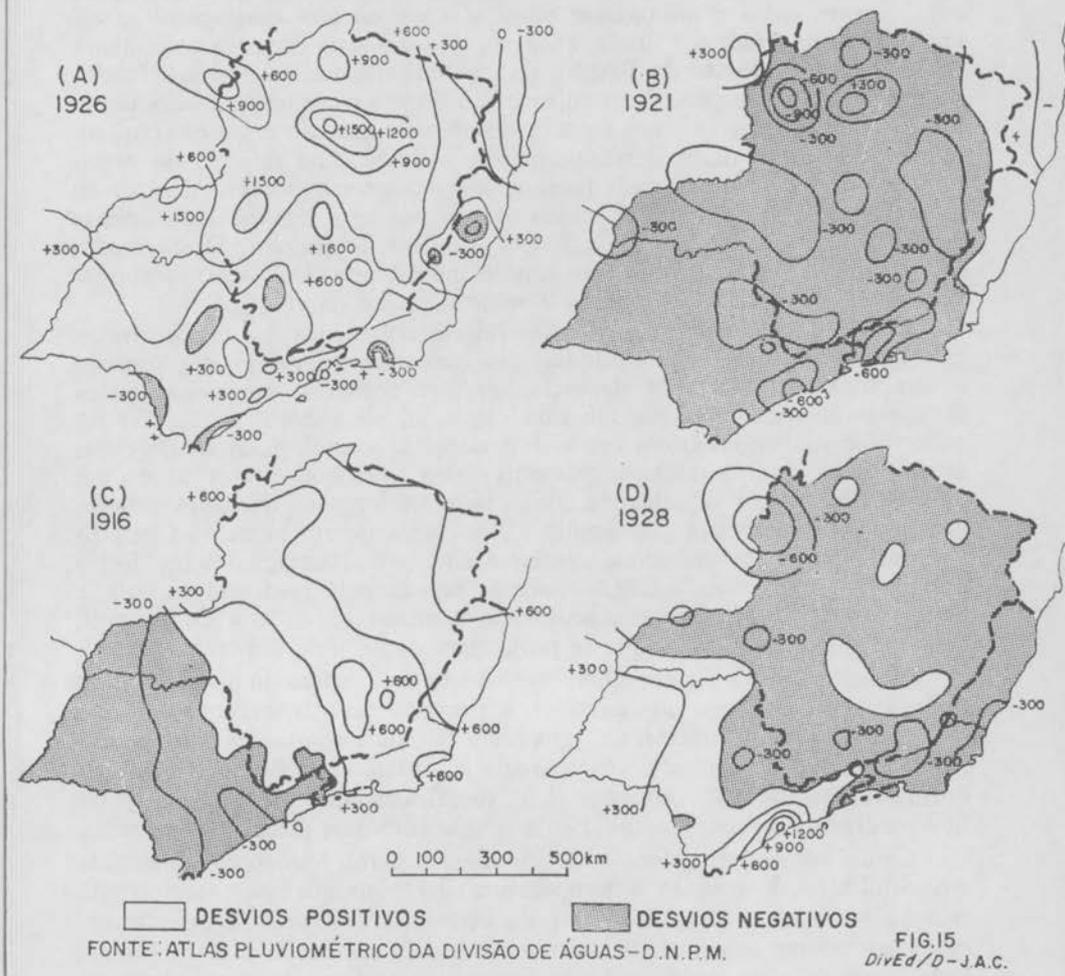
DESVIO PLUVIOMÉTRICO MÉDIO ANUAL EM RELAÇÃO À NORMAL (%)



AUTOR: EDMON NIMER

FIG 14 -- $D-VE/D$ -- pmsl

DESVIOS PLUVIOMÉTRICOS EFETIVOS



mestre chuvoso, geralmente, de outubro a março²⁴. Aqueles anos em que este semestre recebe precipitações abundantes são certamente os que se caracterizam por desvios positivos e alto índice de participação *de correntes perturbadas* de Sul no semestre chuvoso (1966-1967, por exemplo). O contrário se dá naqueles anos cujo semestre normalmente chuvoso acusa baixo índice de correntes perturbadas de Sul e desvios negativos. Como vimos, o Sudeste do Brasil está localizado sob a zona cujo choque entre o *anticiclone polar* e o *anticiclone subtropical se dá em equilíbrio dinâmico*. Esta zona de choque está mais precisamente sobre o setor sudoeste da Região, daí possuir um índice de participação de descontinuidade polar bem superior ao do setor nordeste. Sendo assim, é fácil compreender que nos anos cujo semestre chuvoso é pouco freqüentado por invasões desta descontinuidade, o decréscimo relativo de precipitações se faz de modo mais pronunciado no setor sudoeste. Além disso, as chuvas de EW do litoral, como vimos, possuem significância apenas do Espírito Santo ao norte do Estado do Rio de Janeiro. Deste modo, os anos que se caracterizam por grande intensidade de EW, suas chuvas vão beneficiar quase que apenas o setor nordeste da Região.

Outro elemento importante a considerar nos climas das regiões tropicais afeitas a grande variabilidade pluviométrica (desvios) diz respeito à estação seca. Nos anos de fortes desvios positivos, mormente quando a estação seca ou menos chuvosa (inverno, no Sudeste do Brasil) recebe índices pluviométricos muito superiores à *normal*, as áreas de curta estação seca (em termos de *normais*) não possuem, nestes anos, um mês seco sequer, e aquelas de seca muito prolongada têm esta estação grandemente encurtada. Ao contrário, nos anos de fortes desvios negativos, principalmente quando o semestre chuvoso acusa igualmente fortes desvios negativos, toda a Região Sudeste experimenta uma estação seca, e aquelas áreas de estação seca superior a 4 meses, em termos de *normais*, acusam, nesses anos, secas que se prolongam quase todo o ano²⁵.

Finalmente, devemos saber que não havendo periodicidade para os fortes desvios positivos ou negativos, a previsão de tais fenômenos torna-se indiscutivelmente necessária, pois além de sua importância para a economia regional do Sudeste, viria assegurar, igualmente, prognósticos para outras regiões do país. Isto por si só justificaria uma atenção por parte dos governos estaduais e federal e de nossas empresas públicas e privadas.

Como há na atmosfera uma circulação geral tendente a mantê-la em equilíbrio de pressão e temperatura, há conseqüentemente, estreita relação entre os diversos sistemas de circulação *perturbada* ou não, os quais se movem em perfeito sincronismo, cujo conhecimento, tendo em vista a previsão do tempo a longo prazo, é praticamente possível graças

²⁴ Este fato ficou demonstrado através da pesquisa realizada pelo autor, relativa à análise da precipitação na região serrana do Sudeste (1971).

²⁵ A existência de seca não implica necessariamente em ausência completa de chuvas. No Sudeste, somente em caso de raríssima exceção acontece um mês ficar com ausência completa de chuva. A consideração de seca refere-se à insuficiência ecológica de precipitação, segundo a fórmula $P < 2 T$ a que já nos referimos.

ao notável progresso da meteorologia sinótica nas últimas décadas e pela densa rede de postos de observação situados em locais estratégicos nos diversos continentes²⁶.

3 - O SUDESTE É UMA REGIÃO DE NOTÁVEL DIVERSIFICAÇÃO CLIMÁTICA²⁷

Por se tratar de uma região de topografia muito acidentada, com vasto litoral soprado quase constantemente pelos alísios de E e NE; e

²⁶ Com este fim o meteorologista A. Serra (1966) aplicou um método muito prático, utilizando apenas as estações meteorológicas do Brasil e Argentina, através do qual ficou demonstrado não apenas sua aplicabilidade para todo o Brasil como ainda traçou as diretrizes gerais para tal previsão. Naquela oportunidade o referido autor esclareceu que as previsões trimestrais obtidas conforme seu método, poderão ser muito melhoradas desde que se realize um estudo de correlações de temperatura e pressão baseado nas estações meteorológicas da rede mundial.

²⁷ Antes de passarmos às diferentes categorias de climas, tornam-se indispensáveis alguns esclarecimentos. A exemplo do que fizemos para outras regiões brasileiras, não adotamos para esse fim nenhum critério classificatório tradicional. Este comportamento permite ao climatologista selecionar os aspectos climáticos mais importantes, que fornecerão limites índices expressivos em determinada região, bem como, subsídios para melhor caracterização de seus climas. Deste modo, o climatologista não apenas foge dos enquadramentos pré-estabelecidos pelos critérios tradicionais como ainda lhe é permitido utilizar parcialmente diversos critérios de diferentes autores, naquilo que lhe parece significativo. Por exemplo, no critério classificatório aplicado nesta pesquisa usamos do critério Köppen a média de 18°C do mês mais frio como limite entre os climas *quentes* (> 18°C) e *subquentes* (< 18°C), embora o referido autor, como sabemos, utilizasse essa isoterma mensal como limite entre os climas *tropical* e *temperado*. Da mesma forma, utilizamos o critério de Gaussen e Bagnouls (1953) no que diz respeito à determinação de mês seco, bem como das isotermas mensais de 15°C e 10°C do mês mais frio, como limite entre os climas *subquentes* (18 a 15°C), *mesotérmico brando* (15 a 10°C) e *mesotérmico médio* (10 a 0°C), embora com denominações diferentes daquelas usadas por esses autores.

Outros aspectos aqui abordados foram estabelecidos por nós em consonância ao critério livre para o qual selecionamos os aspectos e os índices que consideramos expressivos na climatologia da Região Sudeste. Assim é que a consideração de climas *superúmidos*, *úmidos*, *semi-úmidos*, *semi-áridos* e *desérticos* com suas diversas variedades; *superúmido* (sem seca ou com subseca) *úmido* (com 1 a 2 ou 3 meses secos), *semi-úmido* (com 4 a 5 meses secos), *semi-árido brando* (com 6 meses secos), *mediano* (com 7 a 8 meses secos), *forte* (com 9 a 10 meses secos) *muito forte* (com 11 meses secos) e *desértico* (com 12 meses secos) está baseada na relação existente entre esta seqüência e a vegetação natural. No Brasil, exceto na Região Sul, a ausência de seca está *sempre* relacionada às áreas florestais, a existência de 1 a 2 meses secos é *quase sempre* acompanhada de florestas, e as áreas de 3 meses secos estão relacionadas às áreas de transição, onde na *maioria das vezes* aparecem florestas semi-decíduas, enquanto que as áreas de 4 a 5 meses secos se relacionam *quase sempre* com o cerrado. Enquanto isso, as áreas com 6 ou mais meses secos estão relacionadas à caatinga, sendo que, *geralmente*, as áreas de 6 meses secos correspondem a uma caatinga arbórea ou de transição; as de 7 a 8 meses secos, à caatinga arbustiva e a de mais de 8 meses, à caatinga herbácea, sendo mais rala nas áreas de 11 meses secos.

A adoção deste critério permite ainda introduzir na *climatologia tradicional* de determinada região, conhecimentos relativos à *climatologia dinâmica* (climatologia moderna) sempre que for possível. Este último comportamento também norteou este estudo, dele derivando o conceito de *climas tropicais e temperados*.

sobretudo, por se tratar de um território de importantes variações de latitude e longitude, localizado sob a trajetória preferida pelas *frentes polares* (correntes perturbadas de S), onde freqüentemente o sistema de circulação do *anticiclone polar* das altas latitudes e o sistema de circulação do *anticiclone do Atlântico Sul* das latitudes baixas se opõem em equilíbrio dinâmico, o Sudeste do Brasil possui uma notável diversificação de clima.

Como vimos, é muito importante a variação de temperaturas ao longo da Região Sudeste, mormente se considerarmos a distribuição das máximas e das mínimas diárias. Da freqüência e importância destas decorre uma notável diferenciação no que concerne às médias mensais.

Por isso, quanto ao comportamento térmico, devemos reconhecer pelo menos 4 categorias ou domínios climáticos: a de *clima quente*, a de *clima subquente*, a de *clima mesotérmico brando* e a de *clima mesotérmico médio* (Fig. 16).

Clima quente — Neste clima, todos os meses acusam média superior a 18,0°C. Dele faz parte cerca de 43,5% do território regional, assim distribuídos: 2,6% no Estado do Rio de Janeiro, 4,1% no Espírito Santo, 5,6% em São Paulo e 31,2% em Minas Gerais. Compreende as seguintes áreas: Vale do São Francisco e noroeste de Minas Gerais, abaixo de 900-700 metros; encosta oriental do Espinhaço, abaixo de 900 m ao norte e de 500 m ao sul; Zona da Mata de Minas Gerais e Espírito Santo, abaixo de 300 m; norte de São Paulo, abaixo de 600 m a leste e de 300 m a oeste, e Estado do Rio de Janeiro abaixo de 250-150 m²⁸.

Nessas áreas o inverno é ameno e a sensação de frio somente se verifica em forma de ondas espasmódicas por ocasião das invasões do *anticiclone polar*, e o verão climático é sempre quente e muito longo, de outubro a março ao sul e setembro a março ao norte, embora a máxima se verifique, normalmente, em dezembro ou janeiro (solstício de verão) na maior parte do seu território, com tendência de outubro, novembro ou dezembro no noroeste de Minas Gerais e Triângulo Mineiro.

Apesar da identidade fundamental dessas áreas *quentes*, é possível reconhecer, entre elas, certas diferenças importantes quanto ao regime térmico anual: nestas áreas o clima é mais quente nos vales do médio curso dos rios São Francisco e Jequitinhonha, bem como no litoral norte do Espírito Santo, onde nenhum mês apresenta temperatura média inferior a 20°C, a média das mínimas diárias de julho é superior a 16°C e a média do ano é de 24 a 26°C nos referidos vales e de 22 a 24°C no norte do Espírito Santo. Enquanto isso nas demais áreas a média do mês de julho é pouco superior a 18°C, a média das mínimas oscila entre 16 a 10°C e a média anual entre 24 a 20°C geralmente.

²⁸ Para melhor precisão das áreas de ocorrência deste domínio climático, considerado pela temperatura, recomendamos a observação da Fig. 8, na qual estão traçadas as isotermas mensais de 18,0°, 15,0° e 10,0°C, as quais limitam as categorias climáticas quanto à temperatura.

Clima subquente — Compreende as terras situadas imediatamente acima daquelas cotas altimétricas. Nele a menor frequência de temperaturas elevadas no verão e o predomínio de temperaturas amenas no inverno, na Região Sudeste, deve-se principalmente à influência da altitude. No entanto, a posição dessa Região ao longo da trajetória preferida pelas *correntes perturbadas* de origem subpolar torna também a influência da latitude muito importante, uma vez que este domínio climático desce ao nível do mar no litoral paulista. Este fato exprime muito bem o caráter de *transição climática* entre o clima *tropical quente* das latitudes baixas e o clima *temperado mesotérmico* das latitudes médias do Brasil, que caracteriza a Região Sul.

Essas áreas de *clima subquente* possuem pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18°C, o mês mais frio (junho ou julho) varia de 18 a 15°C, com média das mínimas diárias de 10 a 6°C, geralmente. A temperatura média anual é quase sempre inferior a 22°C, variando principalmente entre 20 a 18°C. Seu verão, embora não registre máximas diárias muito elevadas, é, no entanto, quente, uma vez que seu mês mais quente acusa média superior a 22°C, em quase todo seu domínio.

Clima mesotérmico brando — Compreende as superfícies mais elevadas do sul de Minas Gerais, da serra do Espinhaço, das *Serras do Mar* e *Mantiqueira*. Trata-se, pois, de um clima cujo predomínio de temperaturas amenas durante todo o ano (a média anual varia em torno de 19 a 18°C) são devidas principalmente à orografia. Com efeito, do centro de Minas Gerais ao extremo da Região Sudeste, este clima aparece acima das seguintes cotas altimétricas: 1.000 a 900 m no Espinhaço, 900 m no sul de Minas Gerais, 800 a 700 m no Caparaó, 700 m na escarpa da Mantiqueira e na Serra do Mar e 500 m em torno da Baía de Paranaguá.

Em quase todas estas áreas o verão é brando e seu mês mais quente acusa média inferior a 22°C, predominando entre 20 a 18°C. Entretanto o inverno é bastante sensível e possui pelo menos um mês com temperatura média inferior a 15°C, porém nunca descendo abaixo de 10°C. Em junho-julho, seus meses mais frios, são comuns mínimas diárias acerca de 0°C, motivo pelo qual a média das mínimas nestas áreas varia, nestes meses, em torno de 8 a 6°C. O fenômeno da geada é aí também muito comum, principalmente nas áreas menos sujeitas à influência marítima, como é o caso do sul de Minas Gerais e do extremo sul de São Paulo, cuja média de ocorrência de geada durante o ano varia, sobretudo, de 5 a 20 e de 5 a 10 dias respectivamente. Nestas áreas já se registrou mínima absoluta de 4°C abaixo de zero.

Clima mesotérmico médio — Este clima aparece acima das cotas altimétricas de 1.600 metros das *Serras do Mar*, *Caparaó* e *Mantiqueira*. Nestas restritas áreas o constante resfriamento adiabático do ar não permite calor nem mesmo no verão. Nelas jamais registrou-se temperatura superior a 30°C. A média dos meses mais *quentes* é inferior a 17°C e a média anual é, juntamente com as verificadas nos planaltos

de São Joaquim e de Palmas (no sul do Brasil), a mais baixa do Brasil, inferior a 14°C. Neste clima há pelo menos 1 mês com temperatura média inferior a 10°C.

Tomando por exemplo as estações meteorológicas de Campos do Jordão (1.600 m da altitude) e do Alto Itatiaia (1.199 m de altitude, esta situada em nível altimétrico mais alto do Brasil), verificamos o seguinte: em Campos do Jordão a média anual é de 13.6°C e em Alto Itatiaia é de 11.5°C. O mês mais *quente* (janeiro) apresenta os seguintes valores: média compensada de Campos do Jordão, 16.0°C, do Alto Itatiaia, 13.6°C; em Campos do Jordão registram médias compensadas inferiores a 15°C de abril a outubro, e em todos os meses no Alto Itatiaia; em Campos do Jordão os meses de junho-julho apresentam médias compensadas inferiores a 10°C, descendo a 8.9°C no mês de julho, enquanto no Alto Itatiaia a média compensada inferior a 10.0°C se dá de maio a agosto, descendo a 8.4°C em julho; em Campos do Jordão a média das mínimas diárias é inferior a 4.0°C durante o inverno, descendo a 1.8°C no solstício de julho, enquanto que no Alto Itatiaia o inverno possui média das mínimas diárias inferior a 6.0°C, descendo a 5.1°C no solstício de julho; em Campos do Jordão, de abril a outubro já foram registradas temperaturas mínimas inferiores a 0°C, tendo caído a 7.2°C abaixo de zero em 14/06/1948, enquanto que no Alto Itatiaia já se registraram mínimas abaixo de zero de maio a novembro, tendo caído a 6.0°C negativos em 2/7/1918. Nessas estações o número de dias de ocorrência de geada é o mais elevado do país: em média se verificam 46 dias de geada durante o ano em Campos do Jordão com 56 em Alto Itatiaia.

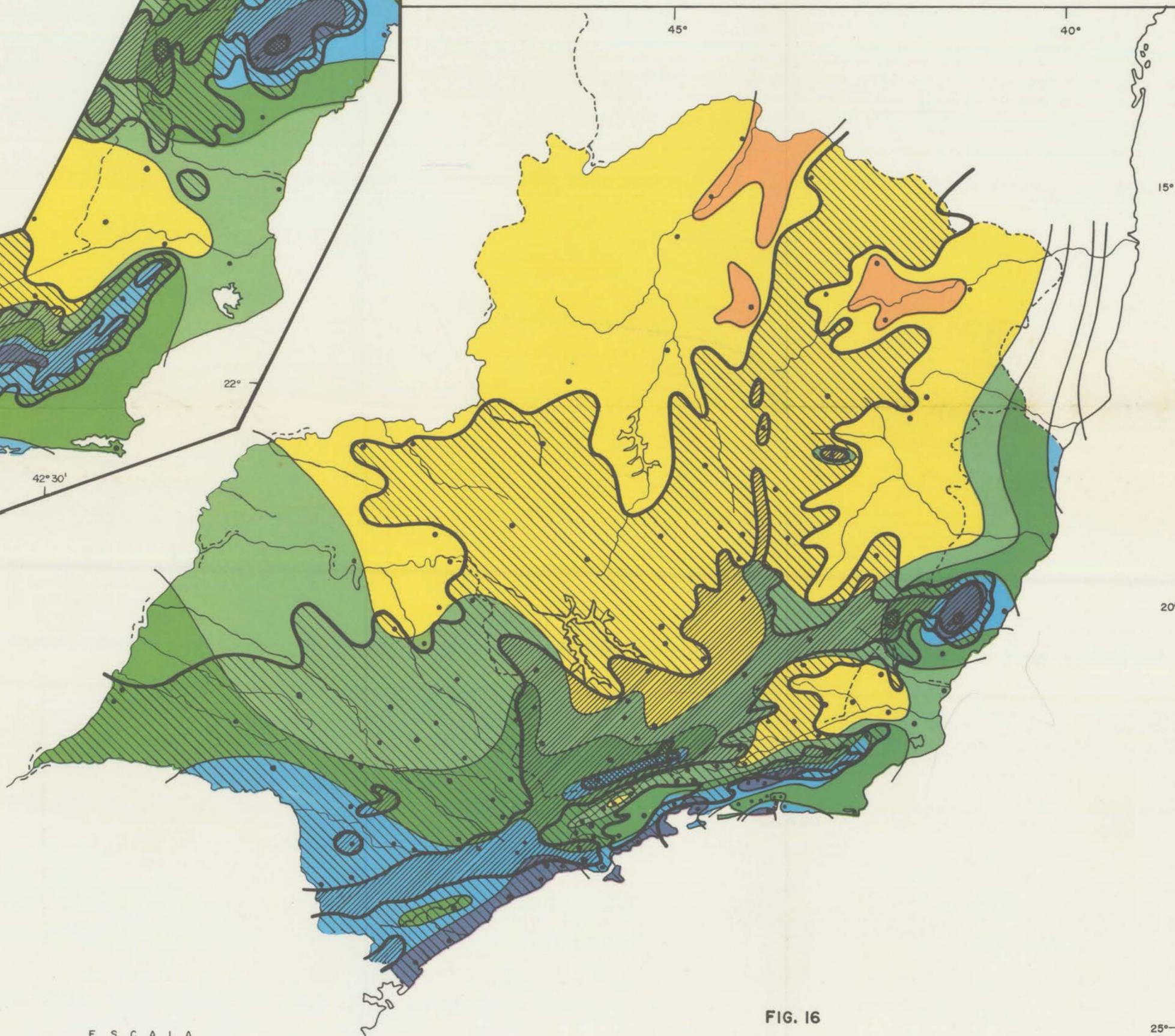
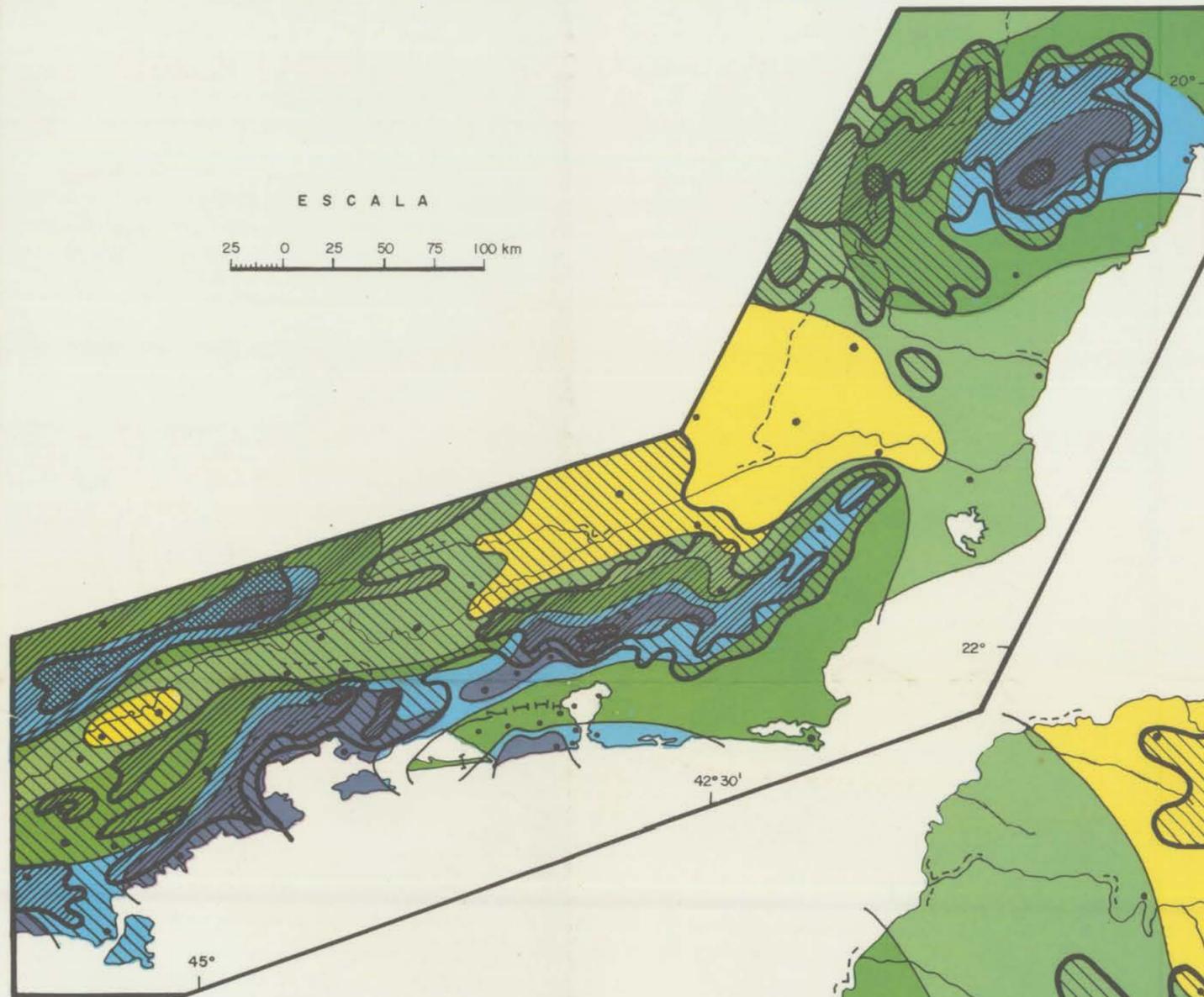
Daí se conclui que, em termos de condições médias anuais, estas áreas, ou mais precisamente estes locais, pelas suas elevadas altitudes, possuem o clima mais frio do Brasil²⁹.

Entretanto, levando-se em conta o regime pluviométrico (ou de umidade) ou mais especificamente a *existência ou inexistência de seca*, e o *regime de duração dos períodos secos*, verificamos que estes domínios climáticos aparecem em 4 tipos: *clima superúmido, clima úmido, clima semi-árido*. Estes por sua vez compreendem 6 variedades: *sem seca, com*

²⁹ Somente em termos de mínimas diárias no inverno o planalto de S. Catarina (Região Sul), ou mais precisamente as superfícies de Palmas, Lajes e São Joaquim têm registrado mínimas inferiores às de Campos do Jordão e Alto Itatiaia, porém, a ocorrência de mínimas em torno de 0°C é menos freqüente que naqueles locais: enquanto em Alto Itatiaia a média das mínimas diárias de julho é de 5.1°C, a estação de Palmas acusa no mesmo mês 4.8°C, esta a mais baixa da Região Sul. A nevada, outro elemento relacionado a temperaturas baixas, é também mais importante no sul do Brasil do que nesses locais elevados do Sudeste: enquanto este fenômeno nas superfícies de Lajes e São Joaquim ocorre 3 dias em média durante o ano, em Campos do Jordão e Alto Itatiaia atinge apenas a 0.5°, ou seja, 1 dia por 2 anos.

Nesta comparação excluímos o ponto mais elevado do planalto de S. Joaquim (SC) onde o Morro da Igreja com 1.808 m certamente apresenta condições bem mais rudes que as de Campos do Jordão e Alto Itatiaia, com muito maior incidência de geada e nevada. Porém, ao contrário dessas localidades, no Morro da Igreja não existe povoamento.

DIFERENCIAÇÕES CLIMÁTICAS



T R O P I C A L			
QUENTE	SUPER ÚMIDO	Sem Seca	MESOTÉRMICO BRANDO
	ÚMIDO	Com Subseca	
	De 1 a 2 Meses Secos	De 1 a 2 Meses Secos	
	De 3 Meses Secos	De 3 Meses Secos	
	De 4 a 5 Meses Secos	De 4 a 5 Meses Secos	
SUBQUENTE	SEMI ARIDO ÚMIDO	De 6 Meses Secos	MESOTÉRMICO MÉDIO
	SUPER ÚMIDO	Sem Seca	
	ÚMIDO	Com Subseca	
	De 1 a 2 Meses Secos	De 1 a 2 Meses Secos	
	De 3 Meses Secos	De 3 Meses Secos	
SEMI ÚMIDO	De 4 a 5 Meses Secos		

 Limites Climáticos quanto à temperatura
 Limites Climáticos quanto à umidade

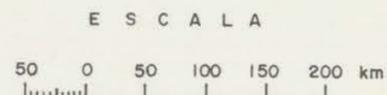


FIG. 16

subseca, com 1 a 2 meses, com 3 meses, com 4 a 5 meses e com 6 meses secos.

Cerca de 50% do território regional constitui domínio de clima *superúmido* e *úmido*, ou seja, todo o território dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo, além das terras meridionais de Minas Gerais. Neste conjunto territorial apenas o sul de São Paulo, a escarpa da Serra do Mar, os níveis mais elevados da Mantiqueira, a zona serrana do centro-sul capixaba e o litoral norte do Espírito Santo possuem *clima superúmido* (sem seca ou com subseca), ficando, pois, a maior parte com *clima úmido*, caracterizado por uma curta e pouco sensível estação seca no inverno (1 a 2 meses ou 3 meses secos).

Enquanto isso, a maior parte do Estado de Minas Gerais é dominada por *clima semi-úmido*, com estação seca bem caracterizada, atingindo em média 4 a 5 meses. Estas condições climáticas aparecem ainda no baixo e médio curso do rio Paraíba do Sul e na Zona da Mata de Minas Gerais, além de restrita área do alto curso daquele rio, em torno de Taubaté e Guaratinguetá.

No norte de Minas Gerais as depressões dos vales do São Francisco, do médio Jequitinhonha e de Montes Claros acusam *clima semi-árido brando*, com 6 meses secos³⁰.

Neste ponto chamamos atenção para o seguinte fato: no Sudeste do Brasil não há, na maioria das vezes, concordância entre a maior ou menor umidade do clima com a maior ou menor acumulada de precipitação ao longo do ano: enquanto o centro-oeste de Minas Gerais, não obstante possuir uma acumulada média superior a 1.250 mm, possui *clima semi-úmido* de 4 a 5 meses secos em média, quase todo o interior de S. Paulo, apesar de possuir uma acumulada inferior a 1.250 mm, tem, no entanto, *clima úmido* e *superúmido*. Nesta análise comparativa, somente o norte de Minas Gerais e litoral e serras dos Estados do Rio e São Paulo apresentam aquela concordância: no norte de Minas Gerais o clima mais seco (*semi-árido*) é justamente o de menor total pluviométrico (inferior a 1.000 mm); no litoral, do Estado do Rio de Janeiro ao extremo sul de São Paulo (baixada e Serra do Mar), o clima *superúmido* está relacionado com os maiores totais pluviométricos do Brasil, (1.500 a 4.000 mm aproximadamente).

Se, por um lado, levando-se em conta a temperatura e a precipitação, com ou sem regime de seca, verificamos uma diversificação climática sem igual em outra região brasileira, por outro lado considerando-se a *marcha estacional daquelas precipitações*, fica evidente a homogeneidade climática na Região Sudeste. De fato, o máximo pluviométrico para toda a Região se dá no solstício de verão, enquanto que o mínimo, determinando ou não a existência de seca, verifica-se no solstício de inverno, caracterizando, portanto, um ritmo climático tipicamente *tropical*, uma

³⁰ Para melhor precisão das áreas de ocorrência destas categorias climáticas considerada pela pluviosidade, recomendamos a observação da figura 12, na qual estão delimitadas as áreas de duração dos períodos secos.

vez que dos sistemas de *circulação atmosférica* na Região Sudeste predominam os de origem tropical³¹. Em outras palavras, esta homogeneidade se deve ao fato de que em toda a Região predominam ventos de E a NE (por vezes de N a NW) do *anticiclone subtropical* do Atlântico sul, os quais, somente desaparecem com a chegada de *correntes de circulação perturbada* trazidas pelos móveis *anticiclones polares* ou por *descontinuidades formadas no seio da própria massa de ar tropical* (IT e EW).

A diversificação climática é decorrente da maior ou menor frequência daquelas correntes e da influência dos fatores geográficos ou locais, dentre os quais, destaca-se o relevo.

Por sua vez, considerando em conjunto os regimes térmicos e pluviométricos, ou seja, sobrepondo as figuras 8 (média compensada do mês mais frio), 12 (duração dos períodos secos) e 13 (época dos períodos secos) às considerações da *marcha estacional* da precipitação e ao *sistema geral de circulação atmosférica*, verificamos o seguinte quadro climático na Região Sudeste:

DOMÍNIO CLIMÁTICO	SUBDOMÍNIOS CLIMÁTICOS	VARIEDADES CLIMÁTICAS (°)	TIPO
Quente.....	Superúmido	sem seca com subseca	Tropical
	Úmido	de 1 a 2 meses secos de 3 meses secos	
	Semi-árido	de 4 a 5 meses secos	
	Semi-árido brando	de 6 meses secos	
Subquente.....	Superúmido	sem seca com subseca	Tropical
	Úmido	de 1 a 2 meses secos de 3 meses secos	
	Semi-úmido	de 4 a 5 meses secos	
Mesotérmico Brando.....	Superúmido	sem seca com subseca	Tropical
	Úmido	de 1 a 2 meses secos de 3 meses secos	
	Semi-úmido	de 4 a 5 meses secos	
Mesotérmico Médio.....	Superúmido	sem seca com subseca	Tropical
	Úmido	de 1 a 2 meses secos	

(°) Nas últimas páginas desta unidade IV aparecem alguns gráficos *ombrotérmicos* representativos das diversas variedades climáticas que compõem o quadro climático da Região Sudeste (Figs. 17.1 a 17.15).

³¹ Muito embora a Região Sudeste, ou mais especificamente seu setor centro-meridional apresente um caráter de transição entre os climas *tropicais* e *temperados*, o caráter tropical é, sem dúvida, o mais marcante.

Neste ponto queremos chamar a atenção para os seguintes fatos:

1) Os climas mais úmidos (sem seca ou com subseca) estão localizados ao longo do litoral e do setor meridional de São Paulo, não apenas porque nessas áreas os totais pluviométricos anuais são os mais importantes³², mas principalmente pelo regime das precipitações: estas áreas são mais beneficiadas pelas chuvas da FPA durante todo o ano e pelas EW durante o outono-inverno. Fora destas áreas, apenas a Serra do Mar e a escarpa da Mantiqueira — Caparaó possuem clima tão úmido. Trata-se de áreas próximas ao litoral, onde a orografia concorre no sentido de aumentar a pluviosidade em qualquer estação do ano;

2) não obstante a existência de climas *superúmidos* e *úmidos*, o que mais caracteriza a Região Sudeste do Brasil é a presença de clima *semi-úmido* que, além de marcar com sua presença a maior parte de Minas Gerais, ainda extravasa para algumas áreas do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo;

3) o clima semi-árido do Brasil compreende a semi-aridez *branda* ou de *transição* (com 6 meses secos), a semi-aridez mediana (com 7 a 8 meses secos), *forte* (com 9 a 10 meses secos), *muito forte* (com 11 meses secos)³³. No Sudeste este clima aparece representado apenas na sua variedade de 6 meses secos. Não obstante, muito justamente, órgãos governamentais, como a *Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco* e o *Departamento de Obras Contra a Seca* estendem sua área de atuação ao norte da Região Sudeste.

CONCLUSÕES GERAIS

1) Apesar de sua notável diversificação climática, o Sudeste do Brasil constitui, inegavelmente, uma certa unidade climatológica, advinda do fato desta Região estar sob a zona onde mais freqüentemente o choque entre o sistema de *altas tropicais* e o de *altas polares* se dá em equilíbrio dinâmico. Desta circunstância decorre o caráter de transição na climatologia regional do Sudeste, o qual é expresso, principalmente, no seu regime térmico. De fato, o que mais caracteriza a Região Sudeste é o predomínio de clima *subquente*.

2) Interferindo sob o fator regional (mecanismo atmosférico), a orografia determina uma série de variedades climáticas, tanto no que se refere à temperatura quanto à precipitação. Nenhuma outra Região brasileira possui em seu território tanta diversificação climática.

³² O oeste de Minas Gerais e a serra do Espinhaço acusam igualmente totais muito elevados; não obstante, seu clima é semi-úmido.

³³ As comparações entre as condições climáticas da Região Sudeste com outras Regiões Geográficas do Brasil fundamentam-se nas pesquisas realizadas pelo autor, a serem publicadas na 2.^a edição da *Série Geografia do Brasil* — IBGE e na *Revista Brasileira de Geografia* (E. Nimer 1971).

3) O Sudeste é bem regado por chuvas, no entanto a distribuição deste fenômeno se faz de modo muito desigual ao longo do espaço regional e do ano. Enquanto a Serra do Mar em território paulista recebe, em média, mais de 4.500 mm durante o ano, sobre o vale do Rio Doce, no médio curso dos vales do Jequetinhonha e do São Francisco, e ainda no baixo curso do Rio Paraíba do Sul, caem apenas cerca de 900 mm de chuvas. Por outro lado, quer nas áreas de chuvas abundantes quer naquelas de totais pluviométricos inferiores, estes volumes de água são precipitados de modo muito desigual ao longo do ano: há uma notável concentração no verão, enquanto no inverno as precipitações, além de serem pouco freqüentes, são, geralmente, pouco copiosas.

Daí resulta que, quase toda Região possui, em média, pelo menos um mês seco, e a maior parte de seu território possui mais de 3 meses secos, chegando em alguns locais a atingir 6 meses.

4) Entretanto, a maior desvantagem de seu regime de chuvas não reside em sua distribuição média no espaço geográfico e no ano, mas no tempo, isto é, através dos anos. Com efeito, a irregularidade das precipitações, expressa em notáveis desvios anuais, constitui seu maior problema.

5) Sua notável diversificação climática desempenha, sem dúvida alguma, um papel dos mais importantes na diversificação que bem caracteriza a economia agrícola do Sudeste. Entretanto esta vantagem oferecida pela climatologia regional do Sudeste poderá ser melhor aproveitada, desde que a utilização do solo e do clima venha a ser realizada de forma cientificamente planejada.

Finalmente, seguem as seguintes observações:

a) ao contrário do clima denominado *mesotérmico*, o clima *quente* não possui no critério classificatório deste trabalho, diversas variedades. Isto não significa que no Brasil, e mesmo na Região Sudeste, este clima apareça sem variações espaciais que mereçam distinções. Muito ao contrário, estamos certos de que há necessidade de se reconhecer, pelo menos, três variedades de clima quente no território brasileiro (pelo menos duas na Região Sudeste), levando-se em conta o maior ou menor grau de temperatura. Entretanto, em virtude da modesta bibliografia a respeito das associações e comunidades vegetais das regiões de clima quente do Brasil, julgamo-nos sem condições de assim proceder, atualmente. Não obstante, com base em critérios estritamente climatológicos, pretendemos, futuramente, realizar essa tentativa, embora sem a suficiente base ecológica que para isso muito facilitaria;

b) os limites climáticos traçados na figura 16 não devem ser considerados definitivos pelos seguintes motivos:

1) *pela utilização de novos dados de informação meteorológica* — quanto maior o número de postos de informação meteorológica com idêntico e longo período de observação, tanto melhores serão os dados sobre

Fig. 17.9 - BAMBUÍ (MG) - Clima SUB-QUENTE SEMI-ÚMIDO - Com 4 meses Secos

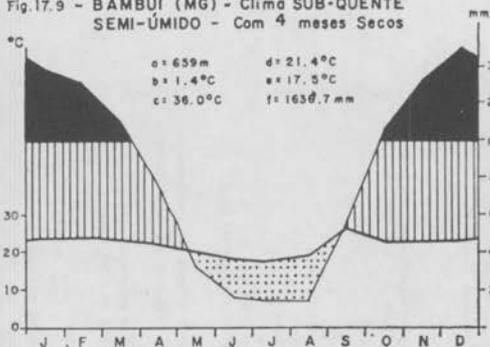


Fig. 17.10 - PETRÓPOLIS (RJ) - Clima MESOTÉRMICO BRANDO ÚMIDO - Sem Seca

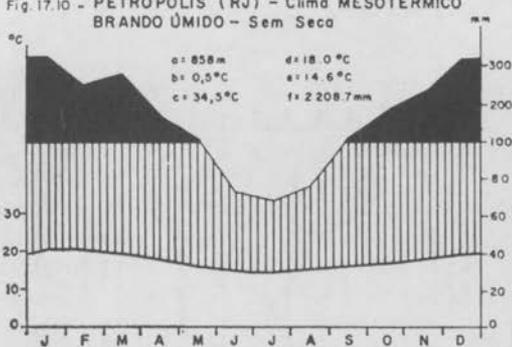


Fig. 17.11 - SÃO PAULO (SP) - Clima MESOTÉRMICO BRANDO ÚMIDO Com Sub-Seca

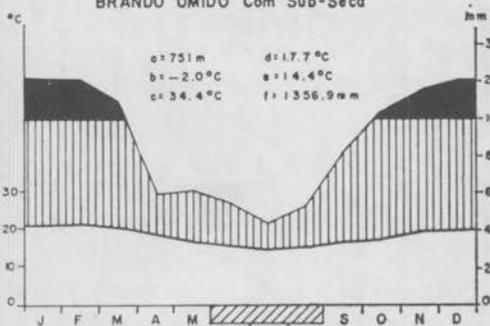


Fig. 17.12 - POÇOS DE CALDAS (MG) - Clima MESOTÉRMICO BRANDO SUB-ÚMIDO Com 2 meses Secos

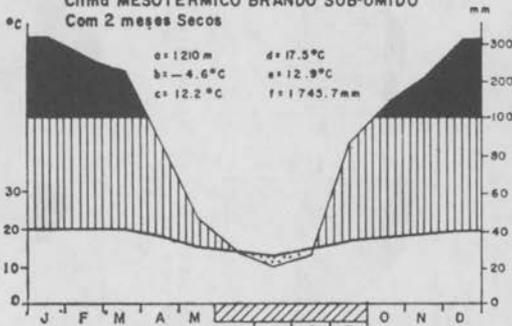


Fig. 17.13 - CACHOEIRA DO CAMPO (MG) - Clima MESOTÉRMICO BRANDO SEMI-ÚMIDO Com 4 meses Secos

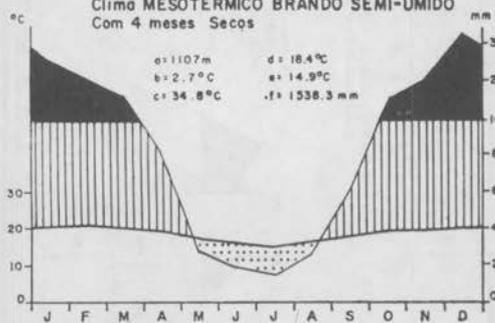


Fig. 17.14 - ALTO ITATIÁIA (RJ) - Clima MESOTÉRMICO MÉDIO ÚMIDO - Sem Seca

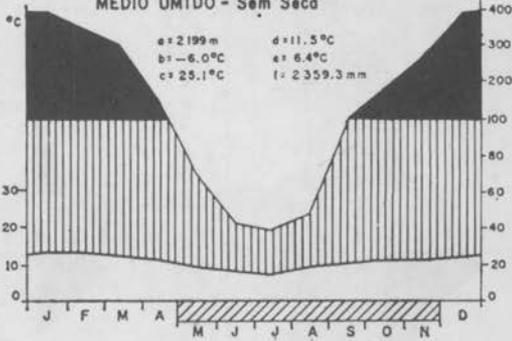
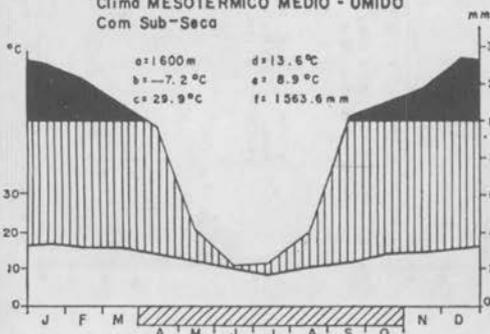


Fig. 17.15 - CAMPOS DO JORDÃO (SP) - Clima MESOTÉRMICO MÉDIO - ÚMIDO Com Sub-Seca



LEGENDA

- a = altitude do posto
- b = mínima absoluta
- c = máxima absoluta
- d = média do ano
- e = média do mês mais frio
- f = altura média da precipitação anual

— Curva das médias mensais da temperatura
 — Curva dos totais mensais da temperatura

Período úmido ■ altura da precipitação > 100mm
 ▨ altura da precipitação < 100mm

▤ Período seco ▥ Período sub-seco
 ▨ Mês com mínima absoluta abaixo de 0°C

os quais estarão as pesquisas assentadas e, por conseguinte, os limites climáticos estão tendentes a estar mais próximos da realidade;

2) *pela experiência e pelo tempo disponível à realização da pesquisa* — mesmo que o próprio autor deste trabalho venha a utilizar o mesmo método e os mesmos postos meteorológicos com os mesmos períodos de observação, ele não tem dúvida de que os limites climáticos poderão sofrer ligeiras modificações, principalmente no que diz respeito à altitude em que passam tais limites ao longo do espaço geográfico. Tudo irá depender de uma série de circunstâncias ligadas à sua experiência e ao tempo disponível para realização da pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- DIVISÃO DE ÁGUAS, DNPM, MME — Atlas Pluviométrico do Brasil, pp 25 — IBGE — Rio de Janeiro — 1948.
- GAUSSEN, H. e BAGNOULS, F. — *Saison Seche et Indice Xerothermique*, pp. 47, Faculté de Sciences — Toulouse, 1948.
- NIMER, Edmon — Circulação Atmosférica do Brasil — Contribuição ao Estudo da Climatologia Dinâmica do Brasil — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXVIII, n.º 3, pp. 232-250 — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro — 1966.
- — Análise Dinâmica da Precipitação Pluviométrica na Região Serrana do Sudeste do Brasil — Especialmente na Serra das Araras. — Publicado na *Revista Brasileira de Geografia* — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro — 1971.
- — Clima das Regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil. Publicado na 2.^a edição da Série Geográfica do Brasil — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro — ou Climatologia das Regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil — Introdução à Climatologia Dinâmica. — Publicados na *Revista Brasileira de Geografia* — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro — 1971 e 1972.
- PEDELABORDE, Pierre — *Introduction a L'etude Scientifique du Climat*, pp. 150, Les Cours de Sorbonne — Paris — 1967.
- RIEHL, Herbert — *Tropical Meteorology*, pp. 392, First Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc. — New York — 1954.
- SERRA, Adalberto — Previsão do Tempo — *Boletim Geográfico*, Ano VI, n.º 68, pp. 827-904, CNG-IBGE — Rio de Janeiro — 1948.
- — Circulação Superior — *Revista Brasileira de Geografia*, Anos XV e XVI, n.º 4 e 1, pp. 517-596 e 3-75, 1953 e 1954, CNG-IBGE — Rio de Janeiro.
- — *Chuvas de Primavera no Brasil — Chuvas de Verão no Brasil — Chuvas de Outono no Brasil — Chuvas de Inverno no Brasil* — pp. 244 — Serviço de Meteorologia (atual Instituto Nacional de Meteorologia), Ministério da Agricultura — Rio de Janeiro — 1960.
- — O Princípio de Simetria — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, pp. 377-439 — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro — 1962.
- WALTER, H. e LIETH, H. — *Klimadiagram — Weltatlas*, Veb Gustav Fischer Verlag, Jena — 1960.
- WRIGHT, H. L. — *Quart. J. Roy Meteorological Society*, 66 — London — 1940.

Climatologia da Região Nordeste °

INTRODUÇÃO

A enorme *extensão territorial* da Região Nordeste (1.540.827 km²), o *relevo* — constituído por amplas planícies (baixadas litorâneas), por vales baixos, geralmente inferiores a 500 m, entre superfícies que se alçam, muitas vezes, a cotas de 800 m na Borborema, Araripe, Ibiapaba e de 1.200 m na Diamantina — somados à *conjunção de diferentes sistemas* de circulação atmosférica, tornam a climatologia desta Região uma das mais complexas do mundo.

Esta complexidade não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas reflete-se em uma extraordinária variedade climática, do ponto de vista da pluviosidade, sem igual em outras Regiões brasileiras.

Entretanto, apesar dos dois primeiros fatores acima citados exercerem papéis importantes na climatologia da região Nordeste, sua complexidade decorre fundamentalmente de sua posição geográfica em relação aos diversos sistemas de circulação atmosférica. Até mesmo os demais fatores, tais como o relevo, a latitude, a continentalidade ou maritimidade, etc. agem sobre as condições climáticas em interação com os sistemas zonais e regionais de circulação atmosférica.

Por isso iniciaremos nosso estudo sobre as condições climáticas da Região Nordeste, focalizando a circulação atmosférica que atua sobre esta Região, à qual dedicaremos, a seguir, uma unidade de estudo.

Unidade I — A Região Nordeste do Brasil é o Ponto Final de Diversos Sistemas de Correntes Atmosféricas Perturbadas

Durante todo ano, nas regiões tropicais do Brasil, à exceção do oeste da Amazônia, sopram freqüentemente *ventos do quadrante E*, oriun-

° Com a colaboração dos Geógrafos Arthur Alves Pinheiro Filho, Elmo da Silva Amador e Mário Diniz de Araujo Neto. R. Bras. Geog., Rio de Janeiro, 34(2), abr./jun. 1972.

dos das altas pressões subtropicais, ou seja, do *anticiclone semifixo do Atlântico Sul*. Esta massa de ar tropical, de vorticidade anticiclônica, possui temperaturas mais ou menos elevadas, fornecidas pela intensa radiação solar e telúrica das latitudes tropicais e forte umidade específica fornecida pela intensa evaporação marítima.

Entretanto, em virtude de sua constante subsidência superior e conseqüente inversão de temperatura, sua umidade é limitada à camada superficial, o que lhe dá um caráter de homogeneidade e estabilidade. No setor oriental do anticiclone, isto é, na costa da África, a inversão térmica está geralmente a 500 m acima do nível do mar. Porém no setor ocidental desta *alta*, o aquecimento do continente, a corrente marítima (quente) que tangencia o litoral do Brasil, obstáculo imposto pela encosta do Planalto Brasileiro e provavelmente outros motivos por nós desconhecidos produzem no ar superficial um ligeiro movimento ascendente, que eleva a inversão térmica para acima de 1.500 m. Conseqüentemente, a umidade absorvida do oceano penetra até grandes alturas, tornando o setor ocidental da *massa tropical marítima* mais sujeito à instabilidade que o setor oriental. A inversão térmica, que está mais alta a oeste, eleva-se pouco a pouco para norte em direção à *convergência intertropical* (CIT) e para sudoeste em direção à *frente polar*, até desaparecer nestas descontinuidades.

Entretanto, apesar da inversão térmica superior se encontrar mais elevada no setor ocidental do *anticiclone subtropical*, o domínio deste anticiclone mantém a estabilidade do tempo. Praticamente esta estabilidade cessa com a chegada de correntes perturbadas¹.

Essas correntes de circulação perturbada responsáveis por instabilidade e chuvas na Região Nordeste, compreendem 4 sistemas a saber: *sistema de correntes perturbadas de sul*, *sistema de correntes perturbadas de norte*, *sistema de correntes perturbadas de este* e *sistema de correntes perturbadas de oeste*.

1) *As correntes perturbadas de S* são representadas por invasões de *frentes polares*. Estas descontinuidades oriundas do choque entre os ventos anticiclônicos da *massa polar* e *massa tropical* somente poucas vezes conseguem ultrapassar as vizinhanças do trópico de capricórnio durante a primavera e verão e quando consegue, o fazem ao longo das áreas litorâneas, raramente ultrapassando o paralelo de 15° lat. sul, aproximadamente, provocando chuvas frontais e pós-frontais ao longo do litoral e encosta do planalto até ao sul da Bahia.

¹ Esclarecemos, contudo, que a orografia nas regiões tropicais apresenta maior significância climática, principalmente no que afeta à nebulosidade e à precipitação. Ao longo do rebordo oriental do Brasil, a encosta do Planalto não apenas concorre no sentido de aumentar a pluviosidade durante as situações de descontinuidade dinâmica, como ainda provoca, por vezes, algumas precipitações no seio da *massa tropical*, mesmo sob regime de inversão superior, quando os alísios sopram com velocidade acima do normal. Neste caso a ascendência dinâmica provocada pelo obstáculo montanhoso é suficiente para provocar algumas precipitações, uma vez que a inversão se acha próxima a 2.000 m.

Ao contrário, no inverno, com mais freqüência a *frente polar* ultrapassava aquele paralelo, indo atingir o litoral pernambucano, enquanto o sertão permanece sob ação de *alta tropical* com tempo estável.²

2) *As correntes perturbadas de N* — são representadas pelo deslocamento da *convergência intertropical* (CIT). Esta descontinuidade é oriunda da convergência dos alísios dos dois hemisférios. Ao longo desta *depressão equatorial*, geralmente conhecida por *região de calmarias*, o ar em ascendência provoca chuvas e trovoadas, geralmente muito intensas.

Em média, durante o ano, esta depressão está situada mais perto de 5° N. de que do equador geográfico. Porém, em simetria com os centros de *altas* dos dois hemisférios, a CIT está constantemente oscilando segundo as componentes gerais N-S. Seus deslocamentos meridionais mais importantes se dão no verão-outono. Na Região Nordeste ela se faz sentir de modo importante a partir de meados do verão e atinge sua maior freqüência no outono (março-abril), quando alcança sua posição mais meridional. Pelas suas componentes N a NW, as áreas a noroeste da Região Nordeste são as mais atingidas por esta corrente perturbada. Nesses deslocamentos para o sul, a CIT chega a provocar chuvas até sobre os paralelos de 9 a 10° S, ou seja, nas imediações do *cotovelo* do rio São Francisco sobre a região do Raso da Catarina.

3) *As correntes perturbadas de E.* — Vimos que os alísios oriundos do *anticiclone tropical* do Atlântico Sul possuem uma inversão térmica superior. Esta inversão divide os alísios em duas camadas: a inferior, fresca e úmida, e a superior, quente e seca. Quanto mais baixa esta inversão mais estável é o tempo. Vimos também que no litoral do Nordeste esta inversão é mais alta, desaparecendo ao contacto com a *frente polar* (ao sul) e com a CIT (ao norte), Entretanto desaparece também em virtude de outros fenômenos dinâmicos denominados: *ondas de este* (EW) e *linhas de instabilidades tropicais* (IT).

As EW constituem outro sistema de correntes perturbadas na Região Nordeste. Como seu nome indica, elas caminham de E para W. Este fenômeno não está suficientemente estudado para se ter dele uma idéia mais exata. Sabemos, no entanto, que são característicos dos litorais da zona tropical, atingidos pelos alísios. A este respeito Reihl (1954) dedicou um capítulo de seu livro *Meteorologia Tropical*, baseado em pesquisas realizadas por Dunn no Mar das Caraíbas.

De qualquer forma, não há dúvida que tais fenômenos de perturbação ocorrem no seio dos *anticiclones tropicais* sob a forma de *pseudo-frentes*, sobre as quais desaparece a inversão térmica superior, o que permite a mistura de ar das duas camadas horizontais dos alísios e, conseqüentemente, chuvas mais ou menos abundantes anunciam sua passagem.

² A respeito da fonte de origem e transformação de estrutura e propriedade da *frente polar* ao longo de sua trajetória até alcançar a Região Nordeste, recomendamos a leitura dos artigos "Climatologia da Região Sudeste (e Sul) do Brasil", publicados na *Revista Brasileira de Geografia* (E. Nimer — 1971).

No Brasil tais fenômenos são por Serra (1948, 1953 e 1954) relacionados com um *reforço* de ar polar nos alísios de E e SE, com *anticiclone polar* de posição marítima. A este respeito escreve o referido autor: "Novas ondas de leste se formam principalmente nos dias em que a pressão cai ao mínimo na zona equatorial, voltando a subir. Correspondem portanto à situação de chegada de KF (Frente Fria) ao trópico, em geral quando houver formação ciclônica (ondulações) no Rio de Janeiro ... Os respectivos movimentos para oeste, acompanham os avanços SW-NE da KF sem ramo interior, e não ultrapassam o meridiano de 40° (oeste de Pernambuco) ... Movem-se porém para leste sob ação de uma KF que avança pelo interior até Mato Grosso, e o centro de ação (Alto Tropical) se afasta para o oceano".

No Brasil este fenômeno ocorre do Rio Grande do Norte ao norte do Estado do Rio de Janeiro, sendo mais freqüente na Zona da Mata de Pernambuco e Zona Cacaueira da Bahia.

As precipitações devidas a este fenômeno diminuem bruscamente para oeste, raramente ultrapassando as escarpas da Borborema e da Diamantina. Este sistema de circulação *perturbada* é mais freqüente no inverno e secundariamente no outono, enquanto na primavera-verão são muito menos freqüentes.

4) *As correntes perturbadas de W* – O sistema de instabilidade de W decorre do seguinte: entre o final da primavera e o início do outono, o interior do Brasil é freqüentemente submetido a ventos do W a NW trazidos por *linhas de instabilidades tropicais* (IT). Trata-se de alongadas depressões barométricas induzidas em dorsais de altas³.

No seio de uma *linha* de IT o ar em convergência acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas. Tais fenômenos são comuns no interior do Brasil, especialmente no verão. Sua origem parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na *frente polar atlântica* (FPA) ao contacto com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações, formam-se ao norte da FPA, uma ou mais IT sobre o continente, sobre as quais desaparece a inversão térmica superior. Após formadas, elas propagam-se para E à medida que a FPA caminha para o Equador, as IT se deslocam para E ou SE, anunciando com nuvens e geralmente chuvas tropicais do *tipo monçônico*⁴ a chegada da FPA com antecedência de 24 horas, a qual, no entanto, pode não chegar.

As IT que invadem a Região Nordeste do Brasil se formam sobre o Pará e Goiás na maioria das vezes. Daí elas se deslocam para E. Ao

³ A respeito dessas *altas* existem controvérsias: alguns autores consideram-nas pertencentes à *massa equatorial continental*, enquanto outros consideram-nas vinculadas ao *anticiclone do Atlântico sul*, constituindo pois, massa de ar tropical.

⁴ Consideramos do *tipo monçônico*, uma vez que tais chuvas acompanham um sistema de circulação que só adquire importância no verão (final da primavera ao início do outono). Porém, não se trata de um regime de monção, que se caracteriza por uma inversão geral das componentes dinâmicas de massas de ar, como acontece no sul da Ásia.

sul da Região, freqüentemente penetram sobre a Bahia indo se perder sobre o oceano, ao mesmo tempo que a *alta do Atlântico* recua para E. Entretanto, ao norte, raramente conseguem ultrapassar o Estado do Piauí, impedidas pela constante *alta tropical* sobre o interior da Região, nas baixas latitudes.

Outra área muito freqüentemente submetida a estas instabilidades é o litoral oriental da Região Nordeste. Aí, as *linhas* de IT raramente são resultantes de penetrações através do Maranhão, mas sim formadas sobre o próprio litoral.

Esclarecemos, contudo, que a freqüência de tais depressões induzidas na Região Nordeste é bem inferior às registradas no interior da Amazônia e nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste. Isto decorre do seguinte: embora no verão o *centro de ação do Atlântico Sul* esteja enfraquecido e recuado para E, sobre o oceano, e sua inversão térmica esteja muito elevada, sobre a Região Nordeste persiste uma *dorsal de alta*, suficientemente poderosa para dificultar ou impedir a invasão de W de tais correntes perturbadas.

Do que foi escrito sobre os sistemas de circulação responsáveis pela perturbação atmosférica e conseqüente instabilidade do tempo na Região Nordeste do Brasil, pode ser visualizado no esquema relativo à figura 1⁵.

Unidade II — A Região Nordeste Constitui um Domínio de Temperaturas Elevadas

O ritmo, até certo ponto, regular e definido das estações, tão bem caracterizado nas latitudes médias, torna-se cada vez menos nítido em se aproximando do Equador. Enquanto na zona temperada o Sol nunca

⁵ Os sistemas circulatórios que aqui esquematizamos foram baseados em observações diretas por nós realizadas em cartas sinóticas elaboradas pelo Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura e na leitura de diversos trabalhos realizados por Adalberto Serra, dentre os quais destacamos:

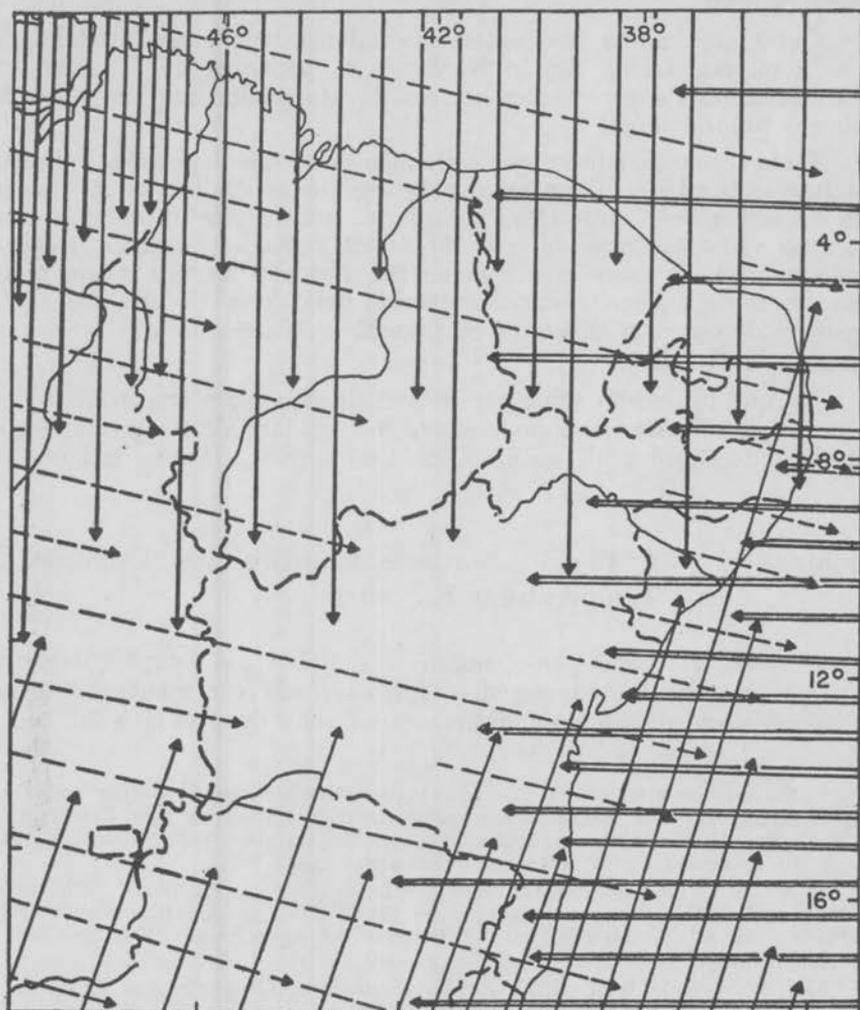
a) "Chuvas de Primavera no Brasil", "Chuvas de Verão no Brasil", "Chuvas de Outono no Brasil", "Chuvas de Inverno no Brasil", Serviço de Meteorologia (atual Instituto Nacional de Meteorologia), Ministério da Agricultura, 1960, pp. 244 — Rio de Janeiro;

b) "O Princípio de Simetria", *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, 1962, CNG — IBGE, pp. 377-439 — Rio de Janeiro.

Para maiores informações recomendamos a leitura dos artigos do autor, publicados no Atlas Nacional do Brasil, IBGE, sob o título "Circulação Atmosférica". e na *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXVII n.º 3, pp. 232/250, CNG — IBGE, Rio de Janeiro 1966, sob o título "Circulação Atmosférica do Brasil — Contribuição ao Estudo da Climatologia do Brasil".

Recomendamos, ainda, a leitura do artigo "Climatologia da Região Sul do Brasil", publicado na *Revista Brasileira de Geografia* 33, n.º 4 — IBGE em 1971. Nele o leitor encontrará maiores detalhes sobre o mecanismo geral da atmosfera que, direta ou indiretamente, afetam o quadro da circulação sobre a Região Nordeste.

SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA PERTURBADA NA REGIÃO NORDESTE



- > SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE S (FP)
- =====> SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE N (CIT)
- =====> SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE E (WE)
- - - - -> SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE W (IT)

0 100 300 500 Km

DivEd/D - J. A. C.

FIG. 1

alcança o zênite, nas latitudes baixas (zona intertropical) ele o atinge não somente uma, mas duas vezes por ano (Fig. 2).

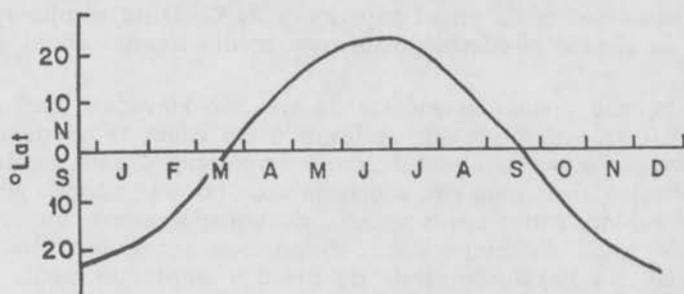


FIG. 2 — MARCHA ANUAL DA ALTURA ZENITAL DO SOL

Compreende-se portanto, porque a Região é submetida a forte radiação solar, uma vez que a intensidade deste fenômeno depende essencialmente da altura do Sol sobre o horizonte, ou seja, do ângulo de incidência dos raios solares, sendo tanto mais intensa quanto menor ele for e este varia na proporção inversa da latitude. Daí resulta que da radiação direta do Sol, a quantidade de calor absorvida pelos níveis inferiores da atmosfera na Região Nordeste é de 0,39 cal/cm²/min (ondas curtas) e 0,3 cal/cm²/min (ondas longas) contra 0,13 a 0,3 das latitudes entre 60° e 90°, em média, por ano.

Compreende-se, ainda, por que as *médias de suas temperaturas anuais* são das mais elevadas. Quase todas as regiões próximas ao equador geográfico possuem médias térmicas anuais entre 26 a 28°C. Nestas latitudes a Região Nordeste não constitui exceção, conforme mostra a figura 3. Em quase todo o vasto território regional, ao norte do paralelo de 13° sul, aproximadamente, apenas as áreas situadas acima de 250 a 200 metros de altitude possuem temperatura média anual inferior a 26°C. Entretanto, refletindo a influência moderadora dos alísios, o litoral oriental é menos quente, variando de 26 a 24°C, e até menos em Pernambuco e Alagoas. Portanto, excluindo o litoral oriental e as áreas situadas acima de 250 a 200 m, toda a área aquém do paralelo de 13° Sul possui temperatura anual entre 26 e 28°C em média.

Ora, como mais de 80% do território da Região Nordeste estão compreendidos nas latitudes inferiores a 13° Sul, concluímos que as superfícies elevadas (sedimentar e cristalina), do interior da Região, e a ação refrescante dos alísios, no litoral, impedem que a maior parte da Região Nordeste possua temperatura média anual superior a 26°C.

A influência dos alísios, conjugada ao fator altitude, faz da superfície elevada da Diamantina (acima de 700-800 m a leste e 900 a 950 m a oeste) e da Borborema (acima de 600-650 m a leste e 800 a 850 m a oeste) as áreas de temperatura mais amena da Região. Nessas áreas, os

locais situados acima de 1.000-1.100 m na Diamantina e 950-1.000 m na Borborema, registram médias anuais inferiores a 20°C.

Como se pode observar, entre a isoterma de 26°C e a de 22°C existe uma vasta área com média anual superior a 24°C. Disto resulta que a maior parte da Região Nordeste possui uma média térmica anual muito elevada.

Entretanto, não apenas as médias do ano são elevadas, mas as de qualquer mês, o que significa que se levando em conta as temperaturas médias, a *variação anual* não possui grande importância. Este caráter do seu regime térmico, mais uma vez, é determinado por sua posição geográfica. Como é sabido, à nos aproximarmos do equador menos importante é a *amplitude anual* da temperatura, chegando a ser *insignificante* na zona equatorial. Na Região Nordeste do Brasil a amplitude média varia de 5°C a menos de 2°C, do sul da Bahia ao litoral norte.

Como em todo o território brasileiro situado no hemisfério austral, os meses de junho e julho são, geralmente, os de temperaturas mais amenas. Estes meses são os mais representativos do inverno, época em que o Sol se encontra mais afastado do zênite e, por conseguinte, é menor a radiação. Em interação com esta circunstância, é também a época de maior frequência de invasões de *anticiclone* de origem *subpolar*, responsável pelo caráter hibernal na maior parte do território brasileiro.

Na Região Nordeste tais invasões, como vimos, se fazem com mais frequência ao longo das áreas litorâneas, decrescendo para norte.

O fenômeno se processa mais ou menos do seguinte modo: ao transpor a cordilheira dos Andes, na zona pré-frontal produz-se uma forte advecção do ar tropical. Esta situação produz bom tempo e aquecimento na Região Nordeste, sob a inversão anticiclônica do *centro de ação do Atlântico Sul*, a pressão se eleva e intensificam-se os ventos de SE, E e NE. Mais comumente no verão, a *frente fria* (KF), ao avançar para NE, sofre o efeito da intensa radiação sobre o continente, entrando, por isso mesmo, em *frontólise* (dissipa-se) sobre a região do Chaco, enquanto seu ramo oriental prossegue em *frontogênese* (avançando) sobre o oceano, atingindo o litoral. Porém, nesta época do ano, ela dificilmente alcança a Região Nordeste, ficando estacionada nas imediações do trópico. Com seu estacionamento ela se dissipa ou recua como *frente quente* (WF). Antes porém ela se ondula e, a partir destas ondulações, surgem no interior do Brasil *linhas* de IT que se deslocam para E atingindo frequentemente o Maranhão e Bahia, com instabilidade e pancadas ocasionais de chuvas acompanhadas de trovoadas. O mesmo fenômeno costuma ocorrer também ao longo do litoral oriental.

No inverno, entretanto, o *anticiclone polar* é geralmente mais poderoso e a KF consegue mais frequentemente atingir as latitudes da Região Nordeste; mesmo assim, ao longo do litoral oriental, só raramente estendendo-se pelo interior, abaixo das latitudes de 10 a 12°Sul. Com a chegada da *frente*, sobre o lugar o céu fica completamente encoberto por nuvens de convecção dinâmica (*cúmulos* e *cúmulo-nimbos*), acompanhadas de trovoadas, ventos fracos e moderados (5 a 10 nós, geralmente) e

45°

40°

35°

TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (°C)

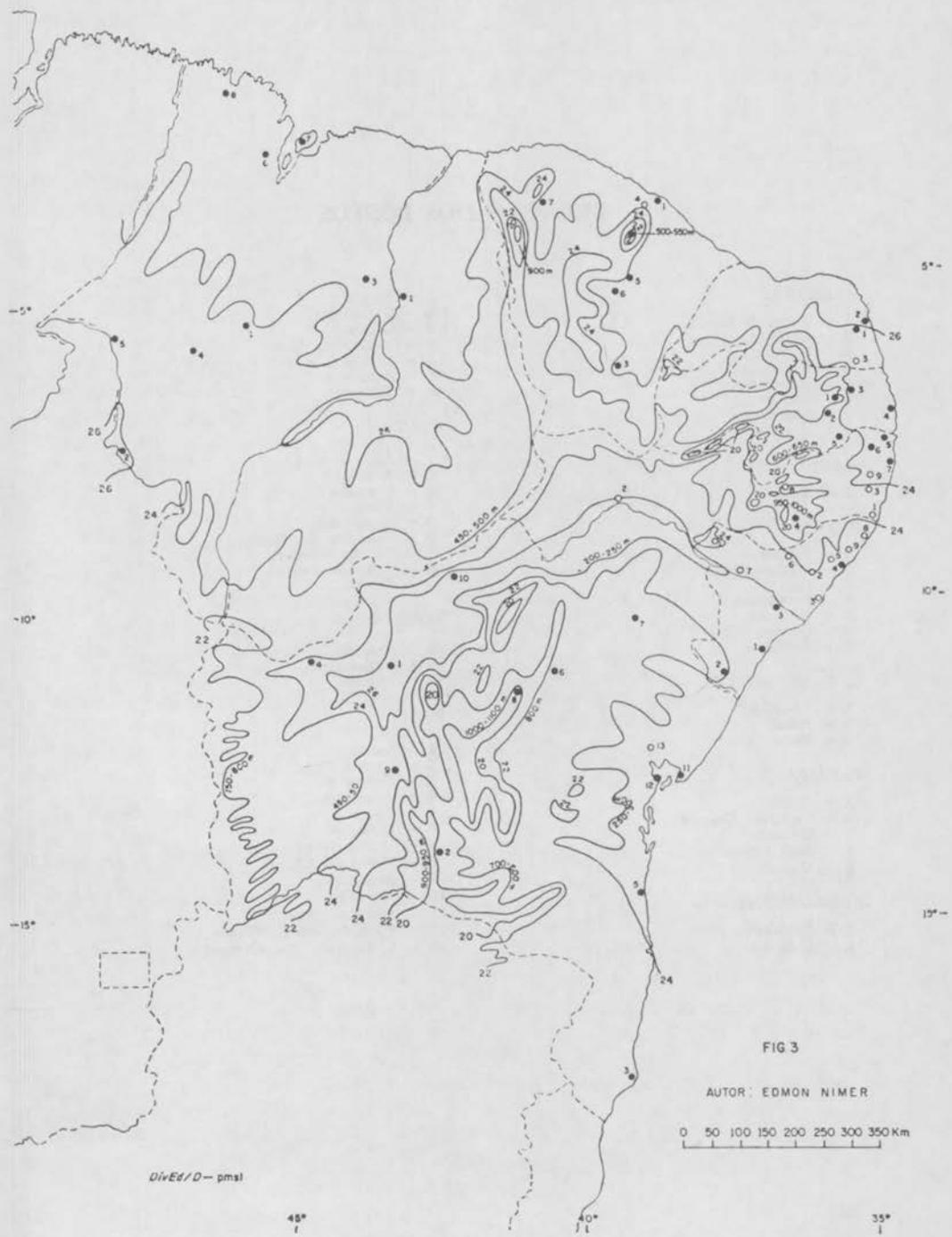
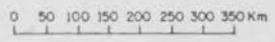


FIG 3

AUTOR: EDMON NIMER



DivEd/D - pmsl

45°

40°

35°

RELAÇÃO DOS POSTOS

MARANHÃO:

- 1 - Barra do Corda
- 2 - Carolina
- 3 - Caxias
- 4 - Grajaú
- 5 - Imperatriz
- 6 - São Bento
- 7 - São Luís
- 8 - Turiaçu

PIAUI:

- 1 - Teresina

CEARÁ:

- 1 - Fortaleza
- 2 - Guaramiranga
- 3 - Iguatu
- 4 - Porangaba
- 5 - Quixadá
- 6 - Quixeramobim
- 7 - Sobral

R. G. DO NORTE:

- 1 - Macalba
- 2 - Natal
- 3 - Nova Cruz

PARAIBA:

- 1 - Areia
- 2 - Campina Grande
- 3 - Guarabira
- 4 - João Pessoa
- 5 - Umbuzeiro

PERNAMBUCO:

- 1 - Barreiros
- 2 - Cabrobó

- 3 - Escada
- 4 - Garanhuns
- 5 - Goiana
- 6 - Nazaré da Mata
- 7 - Olinda (Recife)
- 8 - Pesqueira
- 9 - Tapacurá

ALAGOAS:

- 1 - Água Branca
- 2 - Anadia
- 3 - Coruripe
- 4 - Maceió
- 5 - Manguaba
- 6 - Palmeira dos Índios
- 7 - Pão de Açúcar
- 8 - Porto de Pedra
- 9 - Satuba

SERGIPE:

- 1 - Aracaju
- 2 - Itabaianinha
- 3 - Propriá

BAHIA:

- 1 - Barra
- 2 - Caetité
- 3 - Caravelas
- 4 - Ibipetuba
- 5 - Ilhéus
- 6 - Jacobina
- 7 - Monte Santo
- 8 - Morro do Chapéu
- 9 - Paratinga
- 10 - Remanso
- 11 - Salvador
- 12 - S. Francisco do Conde
- 13 - S. Gonçalo dos Campos

chuvas, estas pouco intensas, devido à pequena convergência para a frente, por serem fracos os ventos, e ainda porque o ar tropical em ascensão sobre a rampa frontal e o ar frio da *massa polar* possuem, nesta época do ano, menor umidade específica.

Com a passagem da *frente polar* sob o *anticiclone polar*, a pressão sobe, a temperatura cai sob o vento fresco que passa a soprar do sul, a chuva frontal termina, logo substituída por leve chuveiro ou nevoeiro (situação pós-frontal). Com céu ainda encoberto e a presença do ar polar, resultam fracas amplitudes térmicas diurnas, com máximas baixas e mínimas ainda elevadas e umidade relativa em torno de 95%. Com a continuidade do avanço do *anticiclone polar*, diminui a turbulência anterior, o céu torna-se limpo pela intensa radiação noturna e registram as mínimas diárias mais baixas da Região. Durante essas situações já foram registradas temperaturas em torno de 10°C nos níveis mais elevados do maciço da Borborema e de 1°C no maciço da Diamantina. Porém, mais comumente, não descem abaixo de 14°C e 11°C respectivamente, conforme demonstra a média das mínimas de julho de Garanhuns (14,6°C) e do Morro do Chapéu (11°C). Estas mínimas, contudo, não se mantêm por mais de 2 dias (na maioria das vezes) não só pela destruição do *anticiclone polar*, como ainda porque a massa de retorno à sua retaguarda e a fraca nebulosidade permitem o aquecimento solar que acaba com o fenômeno, retornando os ventos de SE a NE do *anticiclone subtropical* com inversão térmica superior, estabilidade, tempo ensolarado e aumento geral da temperatura.

A figura 4 indica a distribuição das mínimas absolutas. Este mapa demonstra com absoluta precisão a influência do relevo e da latitude na distribuição da temperatura. As mínimas mais elevadas estão relacionadas com o litoral e baixas encostas da superfície elevada do interior: no litoral norte o termômetro jamais desceu a níveis inferiores a 16°C, enquanto que no litoral oriental já foram registradas temperaturas de 16 a 12°C de norte para sul⁶. As mínimas mais importantes estão relacionadas às cotas altimétricas mais elevadas do maciço cristalino e das chapadas. Os níveis superiores a 800 m na Borborema já registraram mínimas inferiores a 10°C, enquanto nos níveis próximos de 1.000 m na Diamantina os termômetros já desceram a valores inferiores a 4°C.

A notável diferença entre as temperaturas registradas numa diferença de apenas 200 m entre a Borborema e a Diamantina, deve estar ligada ao fato de que estando a Diamantina numa posição mais meridional ela está sujeita a ficar sob a ação direta do *anticiclone polar* após o avanço para NE da *frente fria* (KF), enquanto que ao chegar a Bor-

⁶ As mínimas absolutas estudadas neste trabalho referem-se às *normais* climatológicas até 1942, do Depto. Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura. De 1942 a 1960 essas mínimas foram ultrapassadas apenas em poucos locais, mesmo assim muito ligeiramente, o que significa que o quadro geral da distribuição espacial das mínimas absolutas na Região Nordeste, referente à figura 4, manteve-se semelhante de 1942 a 1960.

45°

35°

MÉDIA COMPENSADA DO MÊS MAIS FRIO (°C)

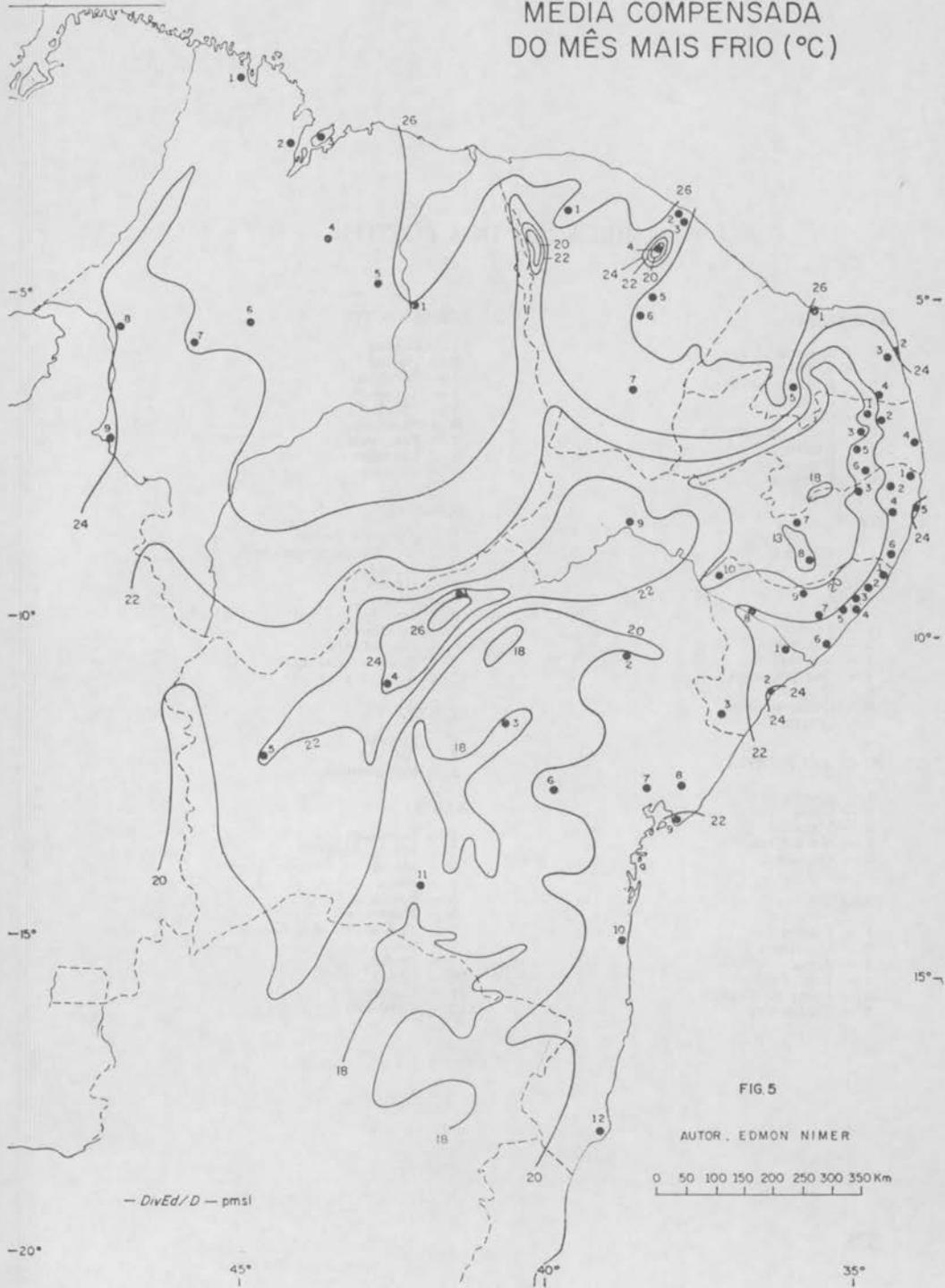


FIG. 5

AUTOR: EDMON NIMER

0 50 100 150 200 250 300 350 Km

- DivEd/D - pmsl

-20°

45°

35°

RELAÇÃO DOS POSTOS

MARANHÃO:

- 1 - Turiaçu
- 2 - S. Bento
- 3 - S. Luís
- 4 - Coroaá
- 5 - Caxias
- 6 - Barra do Corda
- 7 - Grajaú
- 8 - Imperatriz
- 9 - Carolina

PIAUI:

- 1 - Teresina

CEARÁ:

- 1 - Sobral
- 2 - Porangaba
- 3 - Mondubim
- 4 - Guarimiranga
- 5 - Quixadá
- 6 - Quixeramobim
- 7 - Iguatu

R. G. DO NORTE:

- 1 - Macau
- 2 - Natal
- 3 - Macalba
- 4 - Nova Cruz
- 5 - Cruzeta

PARAIBA:

- 1 - Bananeiras
- 2 - Guarabira
- 3 - Areia
- 4 - João Pessoa
- 5 - Campina Grande
- 6 - Umbuzeiro

PERNAMBUCO:

- 1 - Goiana
- 2 - Nazaré
- 3 - Surubim
- 4 - Tapacura
- 5 - Olinda
- 6 - Barreiros
- 7 - Pesqueira
- 8 - Garanhuns
- 9 - Cabroco

ALAGOAS:

- 1 - Porto de Pedras
- 2 - S. Luís do Quitunde
- 3 - Satuba
- 4 - Maceió
- 5 - Pilar
- 6 - Coruripe
- 7 - Anadia
- 8 - Pão de Açúcar
- 9 - Palmeira dos Índios
- 10 - Água Branca

SERGIPE:

- 1 - Propriá
- 2 - Aracaju
- 3 - Itabaianinha

BAHIA:

- 1 - Remanso
- 2 - Monte Santo
- 3 - Morro do Chapéu
- 4 - Barra
- 5 - Barreiras
- 6 - Itaberaba
- 7 - S. Gonçalo dos Campos
- 8 - Catu
- 9 - Ondina
- 10 - Ilhéus
- 11 - Caetitê
- 12 - Caravelas

borema, a KF está em dissipação, não havendo praticamente as situações de ar seco e frio que caracterizam as noites pós-frontais.

Embora, como vimos, as situações sinóticas de maiores quedas de temperatura durem pouco tempo e as invasões do *anticiclone polar* sejam pouco frequentes (mormente do centro da Bahia para o norte), a altitude da Borborema e da Diamantina, com encostas orientais abruptas e próximas ao litoral, submetidas constantemente à ação refrescante dos alísios de SE a NE do *anticiclone subtropical* do Atlântico Sul, asseguram a estas áreas médias térmicas muito baixas, não obstante as latitudes muito baixas dos lugares.

Estes fatores são tanto mais importantes no inverno quando a eles se junta a grande frequência de chuvas de *ondas de este* (EW) sucedidas por sensíveis quedas de temperatura, em função do gradiente adiabático seco, sofrido pelos alísios ao galgar tais encostas.

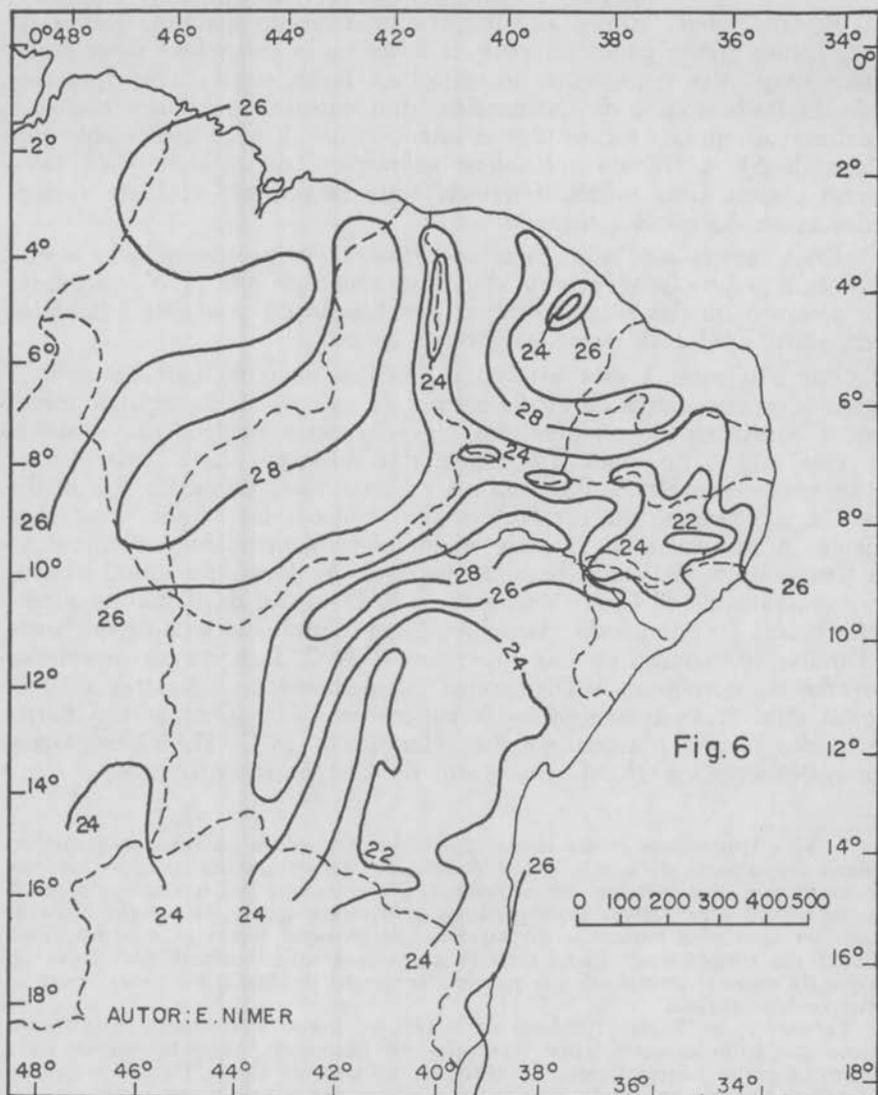
Por isso cabe a esta estação as médias mensais mais baixas⁷. A figura 5, representativa da *média mensal do mês mais frio*, exprime muito bem a constância de temperaturas elevadas nesta Região: não obstante ser este mês o de maior frequência das mínimas diárias mais baixas e de menor frequência das máximas diárias mais elevadas, sua média térmica mantém-se em níveis elevados, típicos das regiões de clima quente. A influência da latitude e do relevo comandam a distribuição da temperatura, de modo bastante sensível. Ao longo do litoral a temperatura varia de 26°C, no Maranhão, a 20°C, no sul da Bahia. As superfícies baixas do interior do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba apresentam médias superiores a 24°C. Somente as superfícies elevadas da Borborema e Diamantina possuem médias inferiores a 20°C. Nestas duas áreas apenas os locais superiores a 900 m, situados a barlavento dos alísios, possuem médias inferiores a 18°C, 17,8°C em Garanhuns-Borborema e 16,2°C em Morro do Chapéu-Diamantina).

⁷ Se a temperatura média mensal das latitudes próximas ao equador geográfico variasse estritamente de acordo com a posição do Sol, encontraríamos duas mínimas nos solstícios e duas máximas nos equinócios. No entanto, a nebulosidade e a precipitação entram como fatores de importância pelo menos igual. Na estação chuvosa, frequentes aguaceiros durante o dia mantêm relativamente baixas as máximas. Esta redução nas temperaturas máximas tende a tornar a média mensal mais baixa no apogeu da estação chuvosa do que na zona equatorial do Brasil que, como veremos, corresponde ao outono.

Entretanto, na Região Nordeste do Brasil, o inverno é a estação mais fresca, mesmo nas latitudes mais baixas (próximo do Equador). Somente um reduzido número de postos meteorológicos nas latitudes inferiores do Ceará, Piauí e Maranhão apresentam mínimas na estação mais chuvosa, mesmo assim estes postos registram uma segunda mínima, de igual importância, no solstício de inverno.

Esta pequena anomalia decorre do fato de que na América do Sul, durante o inverno, a invasão de ar polar do pólo sul se processa até as latitudes equatoriais, uma vez que o *equador meteorológico* (determinado pela posição da CIT) está em julho perto de 12° a 15°N. Entretanto esta anomalia não merece grande importância, uma vez que, embora nas latitudes equatoriais do Nordeste, a média mensal mais baixa do solstício de inverno é muito pouco inferior às médias mensais dos meses equinociais de outono, ficando, portanto, confirmada a importância da estação mais chuvosa no abaixamento da temperatura nas latitudes próximas ao equador geográfico.

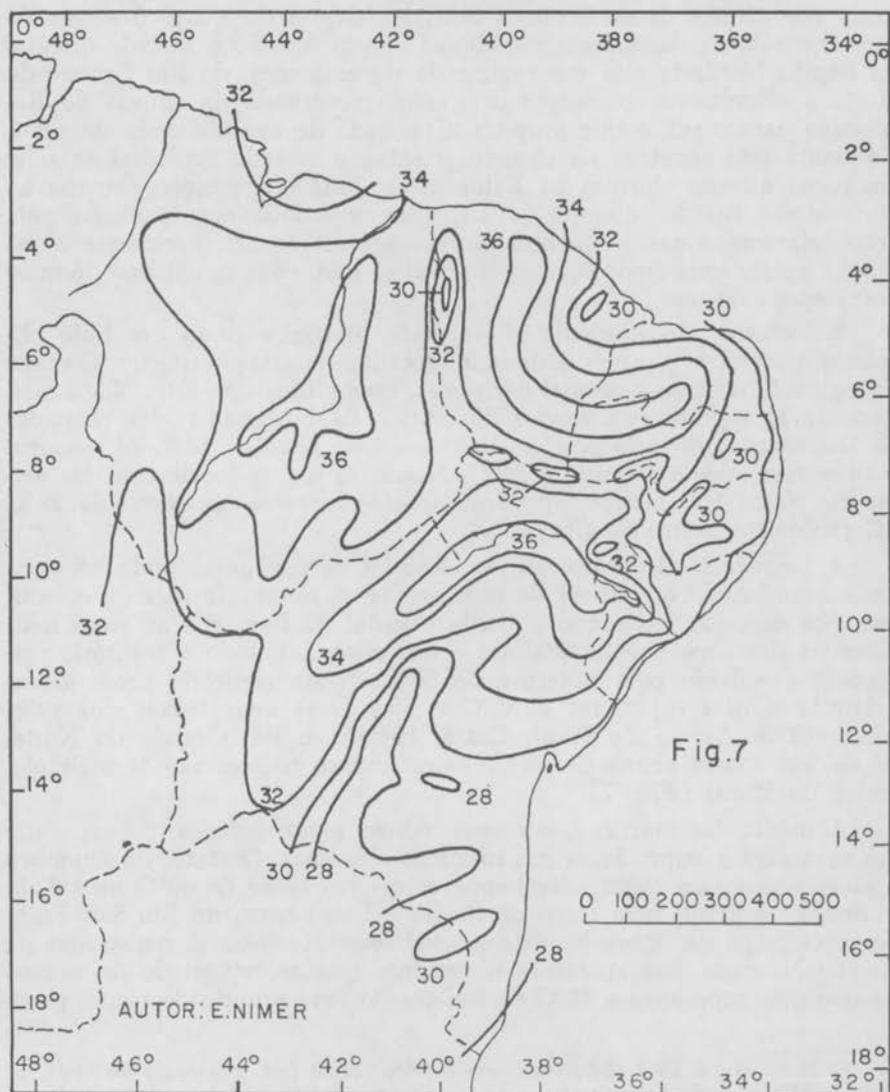
TEMPERATURA MÉDIA DE NOVEMBRO (°C)



De qualquer forma, a menor constância de temperaturas elevadas em favor das temperaturas amenas e das fortes quedas de temperatura pela radiação noturna, faz do inverno uma espécie de tregua do calor quase constante a que são submetidas as vastas áreas de altitudes baixas, principalmente as do interior, pouco beneficiadas pelo frescor dos alísios do Atlântico Sul.

De fato, durante os meses da primavera, verão e outono, grande parte do interior do Nordeste (excluindo a Borborema e Diamantina) e litoral setentrional mantêm-se com temperaturas médias superiores a 28°C. Neste longo período, mais ou menos quente, destacam-se, por suas temperaturas mais elevadas, os meses de outubro-novembro, na metade ocidental,

MÉDIA DAS MÁXIMAS-NOVEMBRO (°C)



e de janeiro-fevereiro, na metade oriental da Região. Isto é, a onda de maior calor passa pelo Piauí em meados da primavera (outubro) atingindo o litoral oriental em fins do verão (fevereiro).

A explicação para este fato é bastante evidente. Conforme a figura 2, durante a primavera o Sol passa pelos zênites de todas as latitudes do Nordeste se dirigindo para o trópico de Capricórnio, depois de permanecer 6 meses sobre o hemisfério Setentrional. Nesta ocasião quase toda Região Nordeste acha-se em regime de seca, porém a onda de maior calor atinge apenas a sua metade ocidental. Em fins do verão o Sol retorna aos zênites dessas mesmas latitudes depois de quase 6 meses de presença sobre o hemisfério meridional. Nesta ocasião a metade oriental da Região Nordeste está sob regime de rigorosa seca, do Rio Grande do Norte ao Recôncavo baiano, e decréscimo acentuado de chuvas do Recôncavo para o sul, o que propicia a chegada de elevada onda de calor. Enquanto isso acontece na metade oriental, a metade ocidental se acha em plena estação chuvosa na Bahia, e em início da estação chuvosa ao norte deste Estado, quando, então, a nebulosidade acompanhada pela ação refrescante das freqüentes chuvas subtrai consideravelmente a radiação solar, impedindo que toda Região apresente o máximo térmico nesta época do ano.

Entretanto, considerando o Nordeste brasileiro como um todo climático, novembro é o mês mais representativo da estação quente. O mapa da figura 6, relativo à *normal* deste mês, exemplifica este fato. Neste mês, somente as superfícies elevadas do maciço da Borborema, das chapadas da Diamantina, do Araripe e da Ibiapaba e da *serra de Baturité* possuem *temperatura média* inferior a 24°C. Nessas áreas, os locais situados acima de 800 a 900 metros, aproximadamente, descem em torno de 22°C (Garanhuns e Morro do Chapéu).

A freqüência de temperaturas elevadas nestes meses pode ser avaliada examinando os índices de *médias das máximas*. No mês de *novembro*, por exemplo, excluindo a borda oriental da Região e as áreas mais elevadas das superfícies cristalinas e das chapadas, todo o território restante é envolvido pela isoterma de 30°C. Nesse território predominam máximas diárias superiores a 32°C e, nas áreas mais baixas dos vales interiores do Sertão do Piauí, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, os valores sobem acima de 36°C. Estes últimos índices são os mais elevados do Brasil (Fig. 7).

A média das máximas, por seus índices muito levados, coloca ainda em evidência a importância das máximas absolutas. De fato, de setembro a janeiro já foram registradas temperaturas em torno de 40°C no sul do Maranhão e Piauí, bem como no médio e baixo curso do Rio São Francisco. O mapa da figura 8 relativo a *máximas absolutas* já registradas na Região Nordeste nos apresenta o seguinte quadro, vinculado ao núcleo de máximas superiores a 42°C do sudeste do Pará e norte de Goiás, parte

⁸ Normais até 1942 elaboradas pelo Serviço (atual Inst. Nacional) de Meteorologia do Ministério da Agricultura.

para E uma *língua* de máximas absolutas de 40°C, envolvendo todas as terras baixas do sul do Maranhão e Piauí, sem contudo atingir o Ceará. Outra área cujas máximas atingem esses valores compreende uma estreita faixa ao longo do rio São Francisco, de Penedo (Alagoas) a Barreiras (Bahia). Acreditamos, não fora a existência da superfície elevada, cristalina-sedimentar, do interior do Nordeste, ou mais precisamente do *Sertão* do Nordeste, toda esta região (exceção ao litoral oriental) teria máximas superiores a 40°C. De fato, acima da cota de 300 m, aproximadamente, as máximas registradas não excederam a 38°C, e acima de 800 m foi sempre inferior a 36°C. Outra área, cuja máxima nunca excedeu a 36°C, compreende o litoral oriental, apesar de que a primavera (estação zenital) e o verão nesta área constituem o período de menor frequência diária de chuvas. A ação refrescante dos constantes alísios de SE a E aí constitui o único fator moderador impedindo as máximas muito importantes.

Unidade III — O Nordeste é Uma Região de Insuficiência de Chuvas

Se em relação à temperatura, a Região Nordeste, excluindo a Borborema e a Diamantina, apresenta uma certa homogeneidade espacial e uma variação anual pouco significativa, o mesmo não acontece em relação à pluviosidade.

Daremos ênfase especial a este fenômeno, uma vez que no Nordeste as chuvas, pela sua repartição e irregularidade, assumem importância bem maior, não apenas do ponto-de-vista estritamente climático mas, principalmente, pelas conseqüências de ordem econômica e social delas advindas.

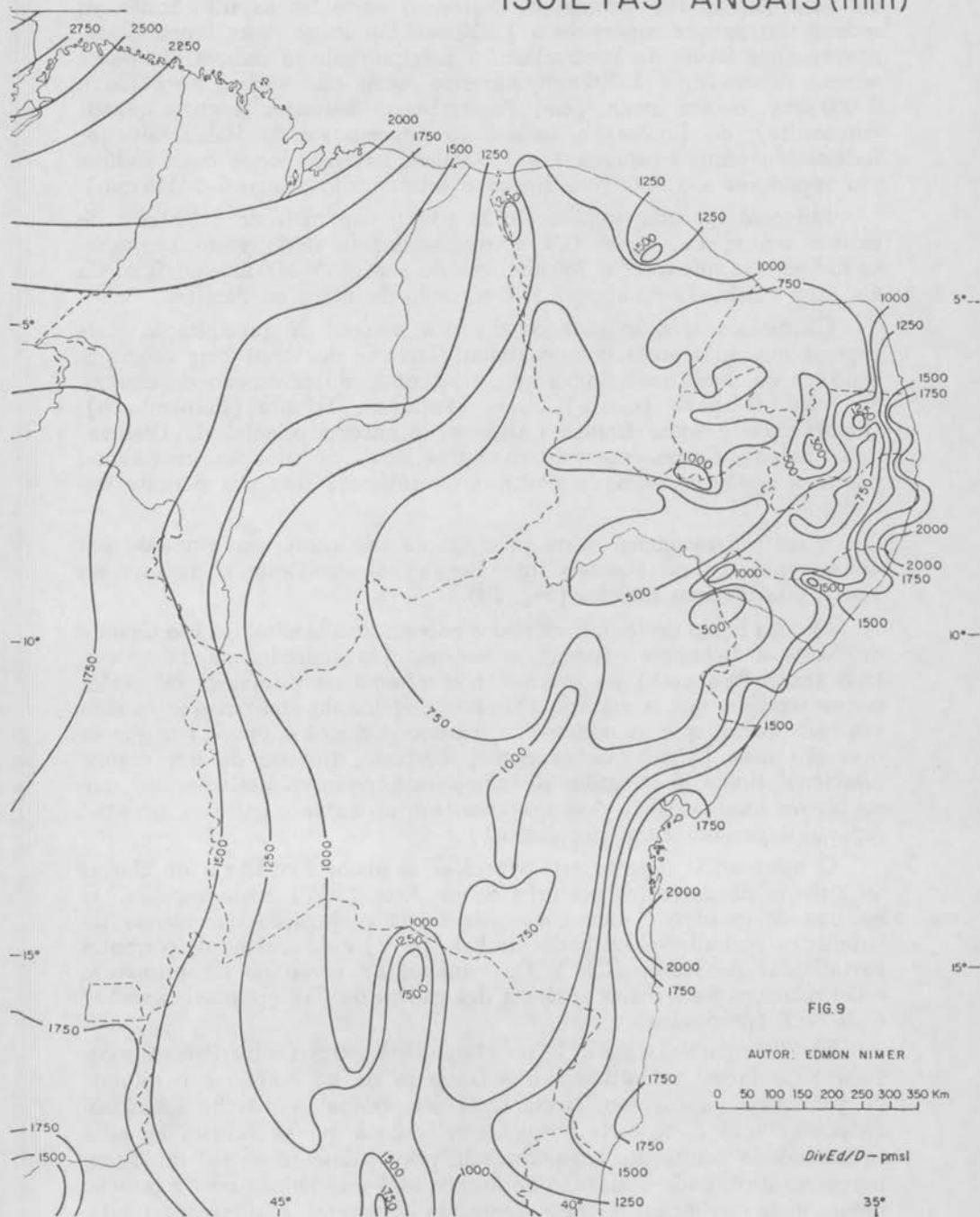
Como vimos, a Região Nordeste do Brasil constitui um *ponto final* de 4 sistemas de correntes atmosféricas cuja passagem é acompanhada de instabilidade e chuvas (Fig. 1). Desta posição advêm todas as características de seus regimes de chuvas.

Os totais pluviométricos nessa Região se distribuem nitidamente decrescendo da periferia para o interior, conforme se pode observar na figura 9. Esta tendência geral é conseqüência da orientação dos sistemas de *correntes perturbadas*, cuja frequência diminui para o interior do *Sertão*.

A *altura das precipitações durante o ano* exprime muito bem esta característica. O oeste da Região, mais sujeito às chuvas de convergência das correntes de W, é abrangido pela isoieta de 1.500 mm. Neste setor destaca-se o noroeste do Maranhão, onde é mais importante a soma de chuvas de W de IT e de N da CIT.

A leste da Região, o litoral oriental constitui outro setor periférico cujos totais anuais são igualmente muito significativos. Trata-se do setor mais sujeito às chuvas frontais de Sul e *pseudofrontais*

ISOIETAS ANUAIS (mm)



de leste. Aí, do Rio Grande do Norte ao norte do Espírito Santo, os índices são sempre superiores a 1.250 mm. Ao longo deste litoral destacam-se duas áreas: de Pernambuco a Sergipe onde os índices são quase sempre superiores a 1.500 mm, havendo locais que variam de 1.750 a 2.000 mm, e até mais (em Pernambuco, Barreiros registra 2.464 em média); do Recôncavo Baiano ao extremo sul da Bahia onde os índices são sempre superiores a 1.500 mm, havendo locais cujos índices são superiores a 1.750 (em Ilhéus o total médio atinge a 2.115 mm).

Em contrapartida, todo o *Sertão* não possui mais de 1.000 mm de chuvas em média, e em 50% aproximadamente deste vasto território, os índices são inferiores a 750 mm, caindo abaixo de 500 mm no Raso da Catarina (Bahia-Pernambuco) e Depressão de Patos na Paraíba.

Chamamos atenção para os diversos núcleos de precipitação mais copiosa que suas áreas circunvizinhas. Trata-se de locais cuja orografia concorre de modo mais importante no sentido do acréscimo de chuvas. São eles: Ibiapaba (Ceará), Areia (Paraíba), Triunfo (Pernambuco), Quebrangulo e Água Branca (Alagoas) e encosta oriental da Diamantina (Bahia). Certamente existem outros locais de situação semelhante, porém a ausência neles de postos meteorológicos não nos permite delimitá-los.

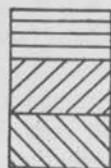
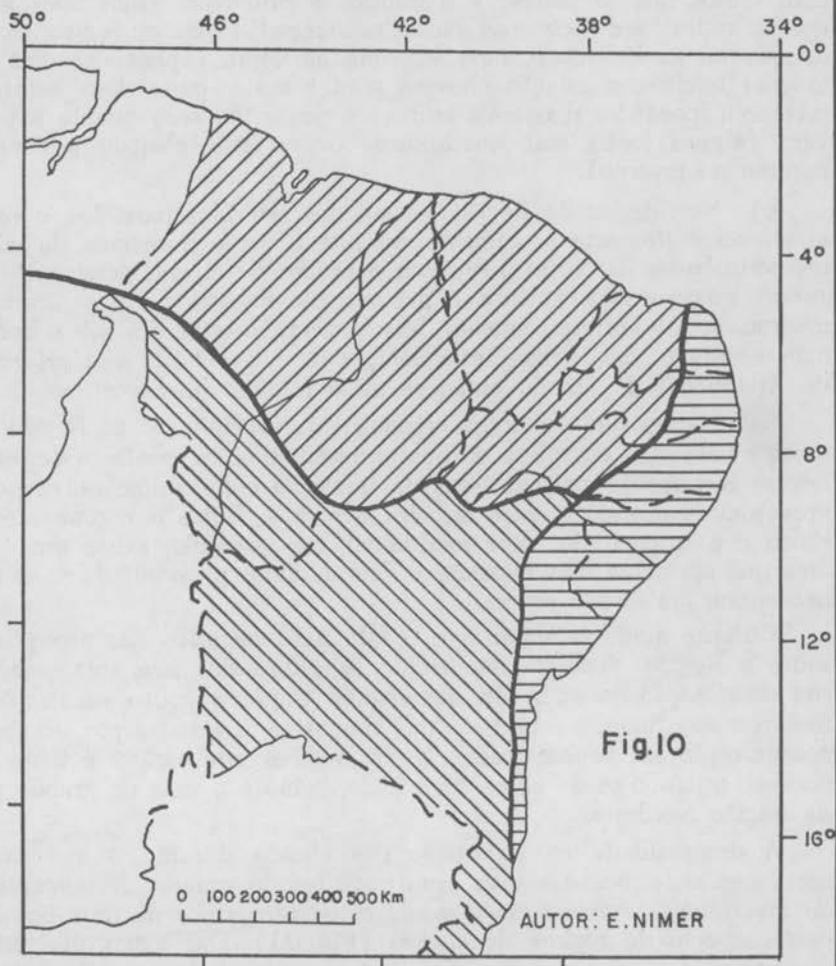
A *marcha estacional* dessa precipitação não compreende apenas um único regime como acontece nas Regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, mas diversos regimes (Fig. 10).

a) Ao longo do litoral oriental e encosta do Planalto, do Rio Grande do Norte a Belmonte (Bahia), o *máximo* pluviométrico se dá no outono (mais freqüente) ou inverno, e o *mínimo* na primavera ou verão, o que significa que o máximo pertence à época do ano em que os dias são mais curtos que as noites, e o mínimo pertence à época em que os dias são mais longos que as noites. Portanto, trata-se de um *regime estacional típico das regiões de clima mediterrâneo*. Esclareçemos que em alguns locais existem dois máximos: um no outono, outro no inverno, separados por um curto decréscimo.

O *máximo de inverno* está vinculado à maior freqüência de chuvas do sistema de correntes perturbadas de Este (EW) nesta estação. O *máximo de outubro* é uma consequência da conjugação das chuvas do sistema de correntes perturbadas de Este (EW) e do sistema de correntes perturbadas de Norte (CIT). Os *mínimos de verão* ou *de primavera* estão relacionados à maior ausência das chuvas de EW (primavera-verão) e da CIT (primavera).

b) Dos paralelos de 5°S (no Maranhão) a 9°S (entre Pernambuco-Bahia) ao litoral setentrional, o *máximo* se dá no outono e o mínimo na primavera ou inverno. Nesse setor setentrional a *marcha estacional* da precipitação é, de certa forma, semelhante à que se verifica na zona equatorial do continente sul-americano, principalmente ao sul do Equador geográfico, onde o máximo do outono está relacionado com a posição média mais meridional daquela *depressão equatorial*. A diferença funda-

MARCHA ESTACIONAL DA PRECIPITAÇÃO



REGIME MEDITERRÂNEO

REGIME TROPICAL
da Zona Equatorial

REGIME TROPICAL
do Brasil Central

[MÁXIMO NO OUTONO OU INVERNO
MÍNIMO NA PRIMAVERA OU VERÃO

[MÁXIMO NO OUTONO
MÍNIMO NA PRIMAVERA

[MÁXIMO NO VERÃO
MÍNIMO NO INVERNO

mental entre esse setor do Nordeste e a zona equatorial da Amazônia é mais em termos quantitativos que qualitativos. De fato, na Amazônia, principalmente sobre o Pará, a CIT se faz mais presente do que no Nordeste.

Neste setor setentrional, embora o máximo pertença ao outono (dias mais curtos que as noites) e o mínimo à primavera (dias mais longos que as noites) seu *regime estacional se assemelha mais ao regime tropical do que ao mediterrâneo*, uma vez que no verão (época dos dias mais longos) inicia-se a estação chuvosa para a maior parte deste setor, e o inverno (época dos dias mais curtos) é quase tão seco quanto a primavera (alguns locais mais meridionais desse setor chegam a acusar o mínimo no inverno).

c) No interior da Região, ao sul dos referidos paralelos, o *regime estacional é tipicamente tropical*: durante o verão o sistema de correntes perturbadas de oeste (IT), com pancadas de chuvas ocasionais, asseguram, quase exclusivamente, o máximo pluviométrico. Ao contrário, no inverno, com o enfraquecimento desse sistema, o setor fica sob o domínio mais constante dos ventos anticiclônicos de NE e E da *alta subtropical* do Atlântico Sul, quando então se dá o mínimo pluviométrico do ano.

Salientamos que a marcha estacional da precipitação na Região Nordeste é bem mais complexa do que apresentamos. No contacto desses três setores certamente existem áreas de transição cujo regime pluviométrico apresenta conjugações entre aqueles descritos. Entre o regime mediterrâneo e o tropical do setor meridional, por exemplo, existe uma vasta área que apresenta dois máximos e dois mínimos pluviométricos, os quais necessitam um estudo especial.

Cumpre ainda salientar que o fato mais negativo das precipitações sobre a Região Nordeste não reside na altura dos seus totais, mas na sua *distribuição anual*. Aliás, nas regiões tropicais pouco sujeitas às influências marítimas, a repartição das chuvas se caracteriza por sua *grande concentração em poucos meses*. Nestas regiões este caráter é tanto mais notável, tratando-se de clima semi-árido, como é o caso de grande parte da Região Nordeste.

A desigualdade na repartição das chuvas durante o ano assume nesta região feições das mais contrastantes do mundo. A *porcentagem da precipitação máxima em 3 meses consecutivos* nos dá uma boa idéia deste aspecto do regime de chuvas (Fig. 11). Das águas precipitadas durante o ano, apenas o litoral e encosta oriental da superfície elevada (Zona da Mata e Agreste) apresentam uma concentração média inferior a 50%. Fora destas áreas a concentração é sempre superior a 50%, atingindo ao norte dos paralelos de 5°Sul (no Maranhão) a 9°Sul (limite de Pernambuco-Bahia) a índices que variam de 55 a 70%.

A distribuição espacial da concentração média das precipitações no trimestre mais chuvoso está em estreita relação com a marcha estacional da precipitação e, conseqüentemente, com os sistemas de *correntes per-*

45°

40°

35°

PORCENTAGEM DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA EM 3 MESES CONSECUTIVOS

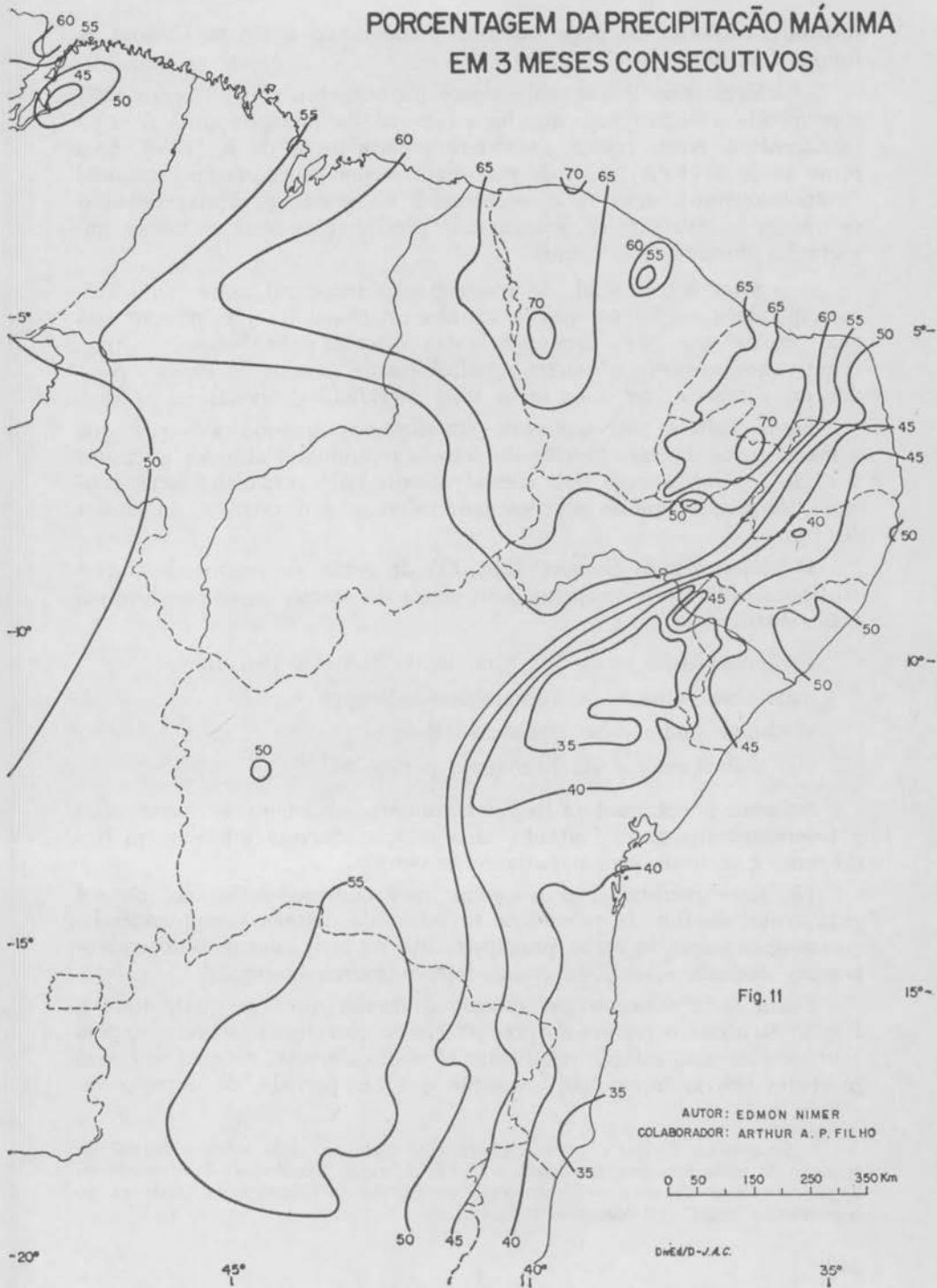


Fig. 11

15°

AUTOR: EDMON NIMER
COLABORADOR: ARTHUR A. P. FILHO

0 50 150 250 350 Km

DivEd/D-J.A.C.

35°

turbadas, conforme se pode observar comparando a figura 11 com as figuras 1 e 10:

— a larga faixa litorânea de menor concentração anual (menos 50%) corresponde à região cuja marcha estacional da precipitação é do tipo *mediterrâneo*. Nesta região, as correntes perturbadas de E (EW), bem como as de S (FPA) além de possuírem menor concentração estacional (outono-inverno), suas raras ocorrências no semestre primavera-verão se somam às *linhas de IT*, assegurando precipitações mais ou menos importantes durante todo o ano.

— o setor setentrional, de concentração trimestral entre 50 e 70%, corresponde à região na qual a marcha estacional da precipitação está quase exclusivamente na dependência das *correntes perturbadas* de N que, como vimos, somente adquirem significância de meados do verão a meados do outono e, em suas áreas mais meridionais, apenas no outono.

Esses índices são tão mais significativos quando sabemos que a maior parte do vasto *Sertão* do setor setentrional (latitudes inferiores a 10°Sul) possui apenas dois meses (março-abril) verdadeiramente chuvosos, enquanto aquelas percentagens referidas são relativas aos totais de 3 meses.⁹

O trimestre mais chuvoso (Fig. 12) da região de regime de chuvas do tipo *mediterrâneo* compreende os meses do outono ou outono-inverno, assim distribuídos:

abril-maio-junho — do Rio Grande do Norte a Pernambuco

maio-junho-julho — de Pernambuco a Sergipe

abril-maio-junho — no Recôncavo Baiano

março-abril-maio — do Recôncavo para o Sul.

No setor setentrional da Região o trimestre mais chuvoso corresponde a fevereiro-março-abril. Portanto, aí a estação chuvosa inicia-se em fins do verão e se torna mais importante no outono.

No setor meridional o trimestre mais chuvoso desloca-se, de sul para norte, do fim da primavera ao início do outono, compreendendo, portanto, os meses do verão, principalmente, ou seja: novembro-dezembro-janeiro, dezembro-janeiro-fevereiro, janeiro-fevereiro-março.

Desta forte concentração estacional resulta que em quase toda a Região Nordeste o regime de precipitação se caracteriza, sobretudo, pela existência de uma estação relativamente muito chuvosa, na qual se fazem presentes chuvas torrenciais, enquanto que um período, de duração va-

⁹ Se o leitor desejar obter o conhecimento mais profundo sobre o regime de precipitação nesta área, recomendamos a leitura do artigo "Análise da Precipitação na Região do Cariri Cearense — Contribuição ao Estudo da Climatologia Dinâmica do Nordeste do Brasil" (E Nimer — 1971).

riável, se constitui em muito seco, cujas chuvas, além de serem raras, são poucos copiosas.¹⁰

Temos visto como é de notável significância o papel da orografia no condicionamento climático da Região Nordeste, principalmente no que afeta a precipitação. Este fator, exercendo tanta importância sobre os totais pluviométricos, acaba por tornar a distribuição da *duração do período seco* muito complexa nesta Região. As saliências locais do relevo abreviam o período seco, enquanto as depressões o prolongam, mesmo tratando-se de topografia cujos acidentes não sejam muito importantes do ponto-de-vista morfológico: o posto pluviométrico de Água Branca, situado a 560 m na serra da Mata Grande (Alagoas) possui 2 meses secos, numa área de 6 a 8 meses; o posto de Triunfo, situado a 1.060 m na Borborema (Pernambuco) possui 3 meses secos, numa área de 7 meses secos; o posto de Guaramiranga, situado a 872 m na serra de Baturité (Ceará) não possui sequer 1 mês seco, quando sua área circunvizinha apresenta 7 meses secos. Em contrapartida, a depressão do Raso da Catarina registra 10 a 11 meses secos, quando suas áreas vizinhas possuem no máximo 8 meses; a depressão de Patos possui 9 a 11 meses secos, quando suas áreas vizinhas registram 7 a 8 meses secos. Estes são alguns exemplos que exprimem muito bem a importância da orografia nas precipitações sobre a Região Nordeste do Brasil.

Entretanto, estas e outras *interferências locais* não suprimem a tendência geral da distribuição da duração dos períodos secos na Região. A tendência geral deste fenômeno é bastante definida, e sua distribuição espacial repete, em linhas gerais, a repartição dos totais anuais de precipitação sobre o território regional (Fig. 9): *o período seco é mais prolongado da periferia para o interior do Sertão* (Fig. 13).

Na periferia ocidental a seca existe apenas 5 a 3 meses de sul para norte, ou seja, da Bahia ao Maranhão, sendo uma decorrência da presença mais prolongada de *correntes perturbadas de W* (IT) que, no oeste maranhense, se conjugam com a presença também mais prolongada, das *correntes perturbadas de N* (CIT).

Entretanto, a periferia oriental constitui a área mais úmida da Região. De fato, ao longo do litoral, apenas no Rio Grande do Norte e na foz do Rio São Francisco a seca existe até 24 meses. Fora destas restritas seções do litoral, a seca permanece no máximo 3 meses, sendo que, de Pernambuco ao Recôncavo Baiano, é muito curta (2 meses) ou mesmo inexistente em alguns locais. Porém, a maior extensão do território, cuja seca inexistente em termos de *normais*, cabe ao litoral baiano, do Recôncavo para o sul.

¹⁰ Esclarecemos que para a determinação de seca adotamos o critério de Gausson e Bagnouls (1953). Os referidos autores, com base em trabalhos de ecologia vegetal, consideram seco aquele mês cujo total das precipitações em milímetro é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em graus Celsius $P \leq 2T$. Para a determinação de subseca adotamos a fórmula $P \leq 3T$, de Walter e Lieth (1960), aplicável aos locais que não possuem sequer 1 mês seco.

ÉPOCAS DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA EM 3 MESES CONSECUTIVOS

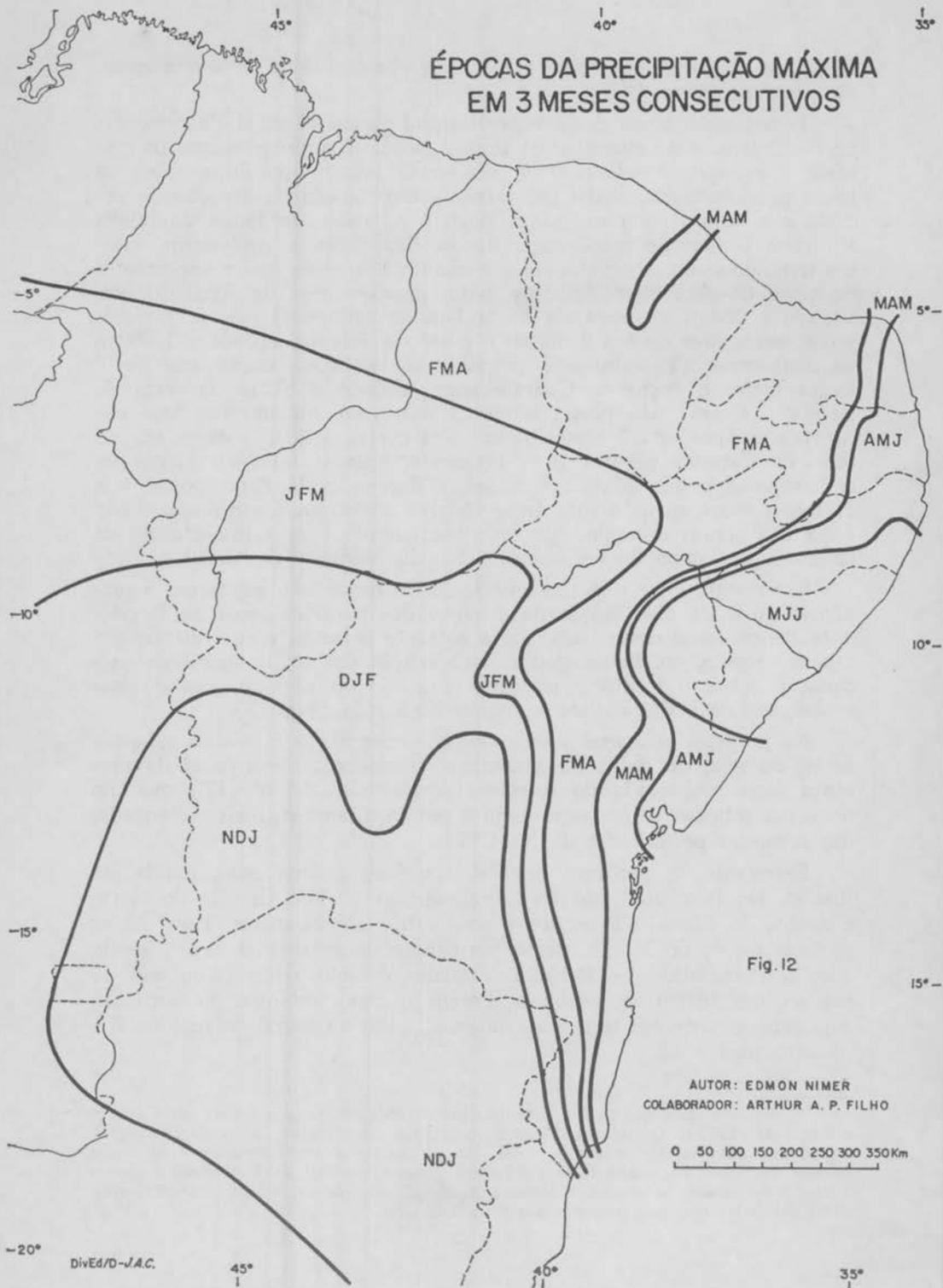


Fig. 12

AUTOR: EDMON NIMER
COLABORADOR: ARTHUR A. P. FILHO

0 50 100 150 200 250 300 350 Km

DURAÇÃO DOS PERÍODOS SECOS

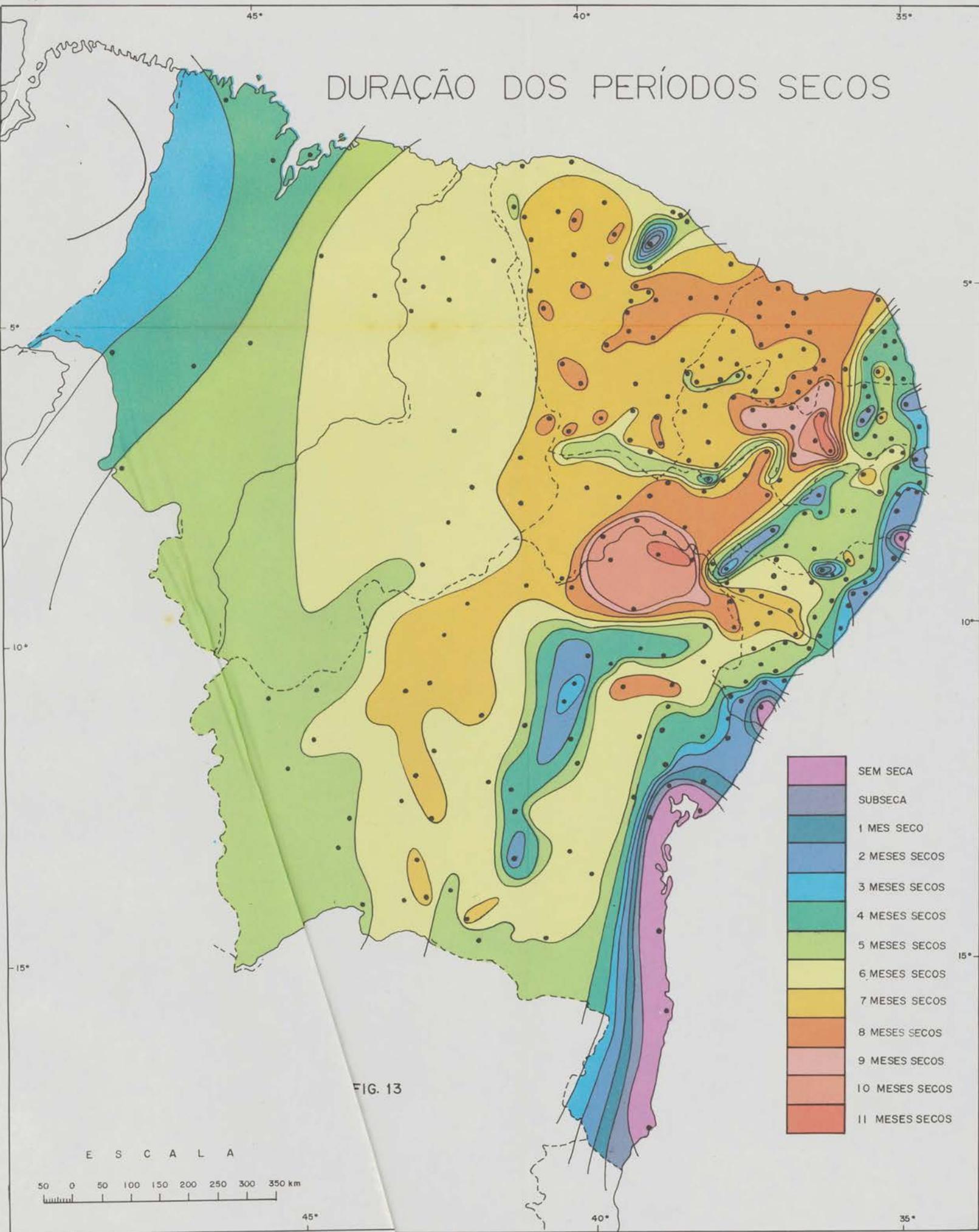


FIG. 13

Contudo, o que predomina sobre o território da Região Nordeste é uma seca que se prolonga no mínimo por 6 meses: caminhando das periferias oriental e ocidental para o interior do *Sertão* ela cresce em intensidade e duração, alcançando o máximo na Depressão de Patos (Paraíba) e no Raso da Catarina (Bahia-Pernambuco) com 10 a 11 meses. Estas duas áreas interioranas, como se pode observar na figura 13, estão mais próximos do litoral leste que do limite oeste da Região, porque o gradiente deste fenômeno é maior na periferia oriental.¹¹

Quanto à *época de ocorrência das secas*, cumpre-nos ressaltar que, à primeira investigação deste fenômeno no Brasil, verificamos que existe um traço comum: a *tropicalidade*. Com efeito, estando a maior parte do território brasileiro localizado na zona intertropical seu regime estacional de seca possui, por isso, um ritmo tropical, isto é, a seca se verifica no inverno, enquanto o verão constitui, normalmente, estação muito chuvosa. Entretanto no Nordeste a repartição estacional deste fenômeno é muito complexa. Uma investigação acurada deste aspecto do regime de chuvas nesta Região leva-nos a distinguir diversas e extensas áreas cujo regime é tropical, enquanto outras diferem inteiramente, ao lado de outras que apresentam caráter de transição.

Cada uma dessas áreas está submetida, com maior ou menor intensidade, a um sistema peculiar de circulação atmosférica regional (Fig. 14).

a) *Área de seca de Primavera-Verão* — Compreende o litoral e encosta oriental do Planalto, do Rio Grande do Norte ao Recôncavo Baiano,

Trata-se da única área do Brasil que apresenta seca no verão e inexistência da mesma no inverno. Esta característica decorre do fato desta área ficar sob o domínio dos constantes e estáveis alísios de E a SE do *anticiclone do Atlântico Sul*. Esta massa estável recua freqüentemente no outono para o oceano, quando a CIT desce para o hemisfério sul, propiciando chuvas, o que raramente acontece na primavera. No inverno, embora o *anticiclone subtropical* permaneça nesta área, IT e EW (estas também comuns no outono) seccionam essa massa, provocando chuvas no litoral oriental, cujos totais decrescem para o interior com forte gradiente até a serra da Borborema. Na primavera-verão as EW são raras e a CIT permanece no hemisfério Norte, razão pela qual o período seco compreende este período, e o chuvoso, outono-inverno.

Observamos, contudo, que esta área não apresenta muita homogeneidade. Sua denominação poderia nos dar a impressão de que em toda sua extensão ocorre seca na primavera-verão, porém isso não acontece. Como o período seco, sob influência da continentalidade, tende a aumentar do litoral para o interior; como o relevo, embora de altitudes modestas, constitui fator muito importante; e ainda devido à sua extensão latitu-

¹¹ Certamente existem outros locais com 11 meses secos em média, no alto curso dos rios Vaza Barris, Itapecuru, Jacuípe e Paraguaçu (Bahia). Entretanto, a ausência de informações meteorológicas satisfatórias destes locais não nos permitiu delimitá-las.

dinal, a época de ocorrência e duração do período seco sofre ligeiras variações espaciais, o que empresta a esta área diversas feições.

Em sua maior parte a seca é de primavera-verão, daí a denominação da área — chegando a se estender ao outono no vale do São Francisco. Porém, do litoral do Rio Grande do Norte ao Sul de Alagoas, somente a primavera registra período seco, o qual se estende, quando muito, ao início do verão. Da mesma forma em Água Branca (extremo ocidental de Alagoas), na alta encosta da Borborema, o período seco abrange apenas a primavera. De Aracaju para o sul, acompanhando o litoral e contornando o Recôncavo Baiano, a seca é de verão.

Trata-se de uma área pertencente ao já conhecido setor oriental do Nordeste cuja marcha estacional da precipitação é do *ritmo mediterrâneo*.

b) *Área de Seca de Inverno-Primavera* — Estende-se de E-W, da chapa de Ibiapaba ao rio Grajaú, e de norte para sul, do litoral à *serra Dois Irmãos* (limite Piauí-Bahia).

O regime desta área reflete a *conjugação do regime tropical* de seca de inverno e máximo de chuva no verão do Brasil Central (com chuvas de W de IT) e do *regime equatorial* de mínimo na primavera e máximo de chuvas no outono, da zona equatorial sul-americana.

Trata-se, portanto, da área ocidental do setor setentrional cuja marcha estacional da precipitação, embora apresente seca nos dias longos do ano e forte umidade nos dias curtos, seu regime anual de chuvas mais se assemelha ao ritmo tropical, pelos motivos já analisados. A oeste do rio Grajaú a seca é de primavera, estendendo-se apenas ao início do inverno.

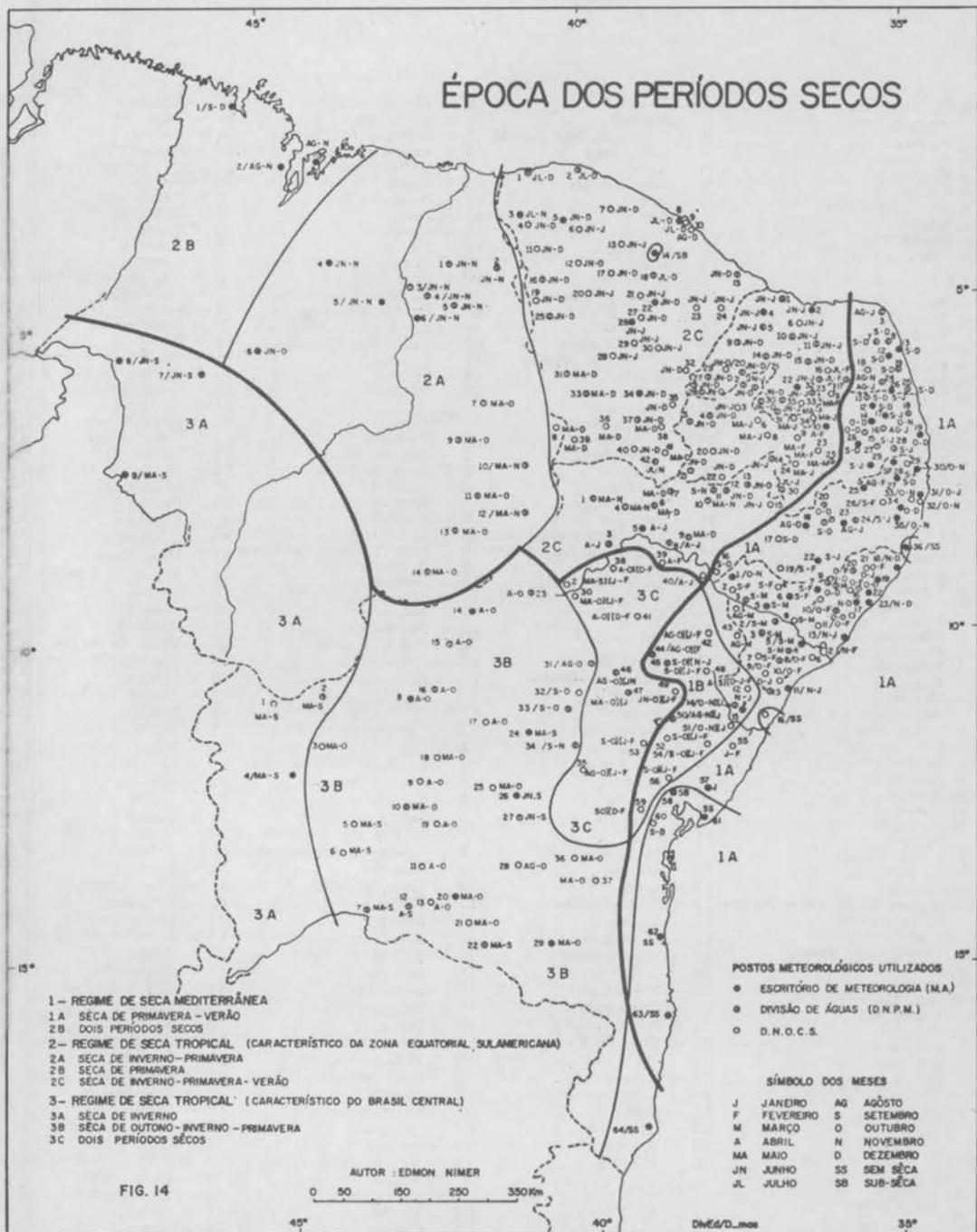
c) *Área de Seca de Inverno-Primavera-Verão* — Estende-se da Ibiapaba à serra da Borborema no sentido E-W, e do litoral ao *cotovelo* do rio São Francisco, no sentido N-S.

O regime de seca desta área resulta da conjugação da seca de inverno do Brasil Central (ritmo tropical por excelência), da seca de primavera da zona equatorial sul-americana e da seca de verão do litoral oriental (ritmo mediterrâneo).

Esta área também não é homogênea. Em sua maior parte a seca é de inverno-primavera-verão, porém, a continentalidade, o relevo e a posição em relação às outras áreas, imprimem interferências nas tendências gerais tornando o período seco maior ou menor e, conseqüentemente, modificando a época de sua ocorrência. Por exemplo, na Chapada do Araripe a seca se dá apenas no inverno-primavera, enquanto na Depressão de Patos apenas o outono se constitui em relação chuvosa.

Trata-se da área oriental do setor setentrional cuja marcha estacional da precipitação, embora apresente seca nos dias longos e forte umidade nos dias curtos do ano, seu regime anual de chuva mais se assemelha ao ritmo tropical, pelos motivos já analisados.

d) *Área de Seca de Outono-Inverno-Primavera* — Prolonga-se de N-S da *serra Dois Irmãos* ao norte de Minas Gerais. É limitada, a leste pela área de dois períodos secos do nordeste baiano e por aquela sem período seco do litoral, e a oeste, pelos chapadões do Brasil Central.



RELAÇÃO DOS POSTOS

MARANHÃO:

- 1 - Turiçuá
- 2 - S. Bento
- 3 - S. Luís
- 4 - Coroatá
- 5 - Caxias
- 6 - Barra do Corda
- 7 - Grajaú
- 8 - Imperatriz
- 9 - Carolina

PIAUI:

- 1 - Barras
- 2 - Pedro II
- 3 - União
- 4 - Livramento
- 5 - Campo Maior
- 6 - Teresina
- 7 - Valença do Piauí
- 8 - Pio IX
- 9 - Oeiras
- 10 - Jaicós
- 11 - Simplicio Mendes
- 12 - Paulistana
- 13 - São João do Piauí
- 14 - São Raimundo Nonato

CEARÁ:

- 1 - Camocim
- 2 - Acaraú
- 3 - Viçosa do Ceará
- 4 - Tianguá
- 5 - Sobral
- 6 - Araguaçu
- 7 - Itapipoca
- 8 - Porangaba
- 9 - Fortaleza
- 10 - Mondubim
- 11 - Guaraciaba do Norte
- 12 - S. Quitéria
- 13 - Gal. Sampaio
- 14 - Guaramiranga
- 15 - Aracati
- 16 - Ipueriras
- 17 - Itatira
- 18 - C. Prado
- 19 - Biapaba
- 20 - Mons. Tabosa
- 21 - D. Maurício
- 22 - Quixadá
- 23 - Boqueirão da Pedra Branca
- 24 - Morada Nova
- 25 - Crateús
- 26 - Prudente de Morais
- 27 - Quixeramobim
- 28 - Mombaça
- 29 - Sen. Pompeu
- 30 - Solonópole
- 31 - Tauá
- 32 - Pereiro
- 33 - Arneiroz
- 34 - Iguatu
- 35 - Umari
- 36 - Açaré
- 37 - V. Alegre
- 38 - Aurora
- 39 - C. Sales
- 40 - Crato
- 41 - Milagres
- 42 - Brejo Santo

R. G. DO NORTE:

- 1 - Areia Branca
- 2 - Macau

- 3 - Touros
- 4 - Moçoró
- 5 - Gov. Dix Sept Rosado
- 6 - Carnaubais
- 7 - Taipu
- 8 - Ceará Mirim
- 9 - Apodi
- 10 - Açu
- 11 - Angicos
- 12 - Macaíba
- 13 - Natal
- 14 - A. Severo
- 15 - Sant. de Matos
- 16 - Cerro Corá
- 17 - Santa Cruz
- 18 - Serra Caiada
- 19 - S. José do Mipibu
- 20 - Martins
- 21 - Patu
- 22 - Cruzeta
- 23 - Currais Novos
- 24 - S. Antônio
- 25 - Canguaretama
- 26 - N. Cruz
- 27 - S. Miguel
- 28 - Luís Gomes
- 29 - Pau dos Ferros
- 30 - Serra Negra do Norte
- 31 - S. José do Sabugi
- 32 - Acari
- 33 - Jardim do Seridó
- 34 - Parelhas
- 35 - Caicó

PARAÍBA:

- 1 - Brejo da Cruz
- 2 - Catolé do Rocha
- 3 - Pombal
- 4 - Souza
- 5 - Cajazeiras
- 6 - Malta
- 7 - Sta. Luzia
- 8 - Patos
- 9 - Paterda
- 10 - Soledade
- 11 - Picuí
- 12 - Bananeiras
- 13 - Araruna
- 14 - Areia
- 15 - Alagoas Nova
- 16 - Mulungu
- 17 - Guarabira
- 18 - Mamananguape
- 19 - J. Pessoa
- 20 - Itaboraia
- 21 - Conceição
- 22 - Princ. Isabel
- 23 - S. J. do Cariri
- 24 - Sta. Luzia do Sabugi
- 25 - Cabaceiras
- 26 - Campina Grande
- 27 - Ingá
- 28 - Itabaiana
- 29 - Umbuzeiro
- 30 - Monteiro

ALAGOAS:

- 1 - Água Branca
- 2 - Delmiro Gouveia
- 3 - Piranhas
- 4 - Santana do Ipanema

- 5 - Pão de Açúcar
- 6 - Sertãozinho
- 7 - Palmeira dos Índios
- 8 - Traipu
- 9 - Quebrangulo
- 10 - Anadia
- 11 - Junqueira
- 12 - Fenedo
- 13 - Coruripe
- 14 - Viçosa
- 15 - Atalaia
- 16 - Pilar
- 17 - S. Miguel dos Campos
- 18 - Pto. de Pedras
- 19 - São Luís do Quitunde
- 20 - União dos Palmares
- 21 - Uruçu
- 22 - Satuba
- 23 - Maceió

SERGIPE:

- 1 - Corituba
- 2 - Pto. da Folha
- 3 - Boca da Mata
- 4 - Aquidabã
- 5 - Propriá
- 6 - Pacatuba
- 7 - Frei Paulo
- 8 - Nossa Senhora das Dores
- 9 - Itabaiana
- 10 - Laranjeiras
- 11 - Aracaju
- 12 - Lagarto
- 13 - Itaporanga
- 14 - Tobias Barreto
- 15 - Itabaianinha
- 16 - Estância

PERNAMBUCO:

- 1 - Ouricuri
- 2 - Petrolina
- 3 - S. Maria da Boa Vista
- 4 - Parnamirim
- 5 - Cabrobó
- 6 - Salgueiro
- 7 - S. José do Belmonte
- 8 - Belém do S. Francisco
- 9 - Floresta
- 10 - Serra Talhada
- 11 - Triunfo
- 12 - Flores
- 13 - Afogados da Ingazeira
- 14 - S. José do Egito
- 15 - Sertânia
- 16 - Taracatu
- 17 - Buíque
- 18 - Pesqueira
- 19 - Aguas Belas
- 20 - Madre de Deus
- 21 - Bom Jardim
- 22 - Garanhuns
- 23 - São Caetano
- 24 - Caruaru
- 25 - Surubim
- 26 - Vitória de S. Antão
- 27 - Nazaré
- 28 - Timbaúba
- 29 - També
- 30 - Goiana
- 31 - Olinda
- 32 - Recife

- 33 - Jaboatão
- 34 - Tapacará
- 35 - Escada
- 36 - Barreiros

BAHIA:

- 1 - Itajú
- 2 - Ibipetuba
- 3 - Taguá
- 4 - Barreiras
- 5 - Santana
- 6 - Sta. Maria da Vitória
- 7 - Carinhanha
- 8 - Barra
- 9 - Oliveira dos Brejinhos
- 10 - Paratinga
- 11 - Riacho de Santana
- 12 - Palmas de Monte Alto
- 13 - Guanambi
- 14 - Remanso
- 15 - Pilão Arcado
- 16 - Xique-Xique
- 17 - Irecê
- 18 - Brotas de Macaúbas
- 19 - Macaúbas
- 20 - Caetitê
- 21 - Caculé
- 22 - Condeúba
- 23 - Casa Nova
- 24 - Morro do Chapéu
- 25 - Seabra
- 26 - Lençóis
- 27 - Andaraí
- 28 - Barra da Estiva
- 29 - Vit. da Conquista
- 30 - Juazeiro
- 31 - Senhor do Bonfim
- 32 - Saúde
- 33 - Jacobina
- 34 - Mundo Novo
- 35 - Marajuba
- 36 - Maracás
- 37 - Jequié
- 38 - Curaçá
- 39 - Chorrochó
- 40 - Glória
- 41 - Unaú
- 42 - Jeremoabo
- 43 - Vitorana
- 44 - Monte Santo
- 45 - Euclides da Cunha
- 46 - Itabá
- 47 - Queimadas
- 48 - Cícero Dantas
- 49 - Tucano
- 50 - Araci
- 51 - Rio Real
- 52 - Serrinha
- 53 - Riacho do Jacuípe
- 54 - Inhambupe
- 55 - Esplanada
- 56 - Feira de Santana
- 57 - Catu
- 58 - S. Gonçalo dos Campos
- 59 - Castro Alves
- 60 - S. Antônio de Jesus
- 61 - Salvador
- 62 - Ilhéus
- 63 - Belmonte
- 64 - Caravelas

A principal característica desta área é a sua grande diversificação. Estas são motivadas principalmente pelo relevo: nas superfícies elevadas e serras a maior pluviosidade encurta o período seco e conseqüentemente sua época de ocorrência; ao contrário, o encaixamento dos vales faz com que estes fiquem semiprotégidos das chuvas.

Nas partes mais baixas do vale do São Francisco a seca compreende o outono-inverno-primavera, de norte a sul até próximo ao limite de Minas Gerais. Daí para o sul, a primavera torna-se menos seca, o mesmo se verificando no alto curso do rio Jequitinhonha. Já o vale do alto curso do rio de Contas permite um período seco mais longo, semelhante ao do vale do São Francisco. Ao contrário, no Espinhaço, Diamantina e Conquista a seca é sensivelmente mais curta.

Apesar destas diferentes feições, a presença da seca no outono e no inverno e do máximo de chuva no verão assegura a esta área características próprias: em toda a área o verão é úmido e o outono é total ou parcialmente seco, excetuando-se a Diamantina e uma estreita faixa próxima ao litoral superúmido. Sobre a Diamantina a seca é de inverno, estendendo-se à primavera para se tornar apenas de primavera em sua vertente leste, o mesmo acontecendo nas áreas próximas ao litoral.

Este traço comum está relacionado à posição desta área em relação aos diversos sistemas de *correntes perturbadas*. A presença de seca no inverno-primavera e a ausência no verão decorre do fato desta área ser efetivamente atingida pelas chuvas de W (IT) apenas no verão, sofrendo assim um atraso em relação ao Brasil central. A ocorrência de seca no outono é devida à conjugação de três fatores: afastamento para oeste das *correntes perturbadas* de W (IT) ao findar o verão; decréscimo de *correntes perturbadas* de E (EW) que diminuem rapidamente do litoral para o interior; e a ausência de chuvas trazidas pelas *correntes perturbadas* de N (CIT), cujo limite meridional corresponde à serra Dois Irmãos.

e) *Área de Dois Períodos Secos* — Corresponde ao nordeste da Bahia, constituído pelas terras do Raso da Catarina e das bacias dos rios Vasa Barris, Itapicuru, Paraguaçu, excluindo o baixo curso.

Como já sabemos, a Região Nordeste do Brasil é uma vasta área periférica de diferentes sistemas de circulação perturbada. O nordeste baiano é justamente o núcleo desta área, o que lhe dá características próprias: dois períodos secos. Trata-se da maior área de transição — entre o ritmo de chuvas *mediterrâneo* e o ritmo de chuvas *tropical* — e pode ser dividida em dois setores: *oriental e ocidental*, cada um apresentando características próprias. Nestes setores a duração dos períodos secos varia conforme a posição do lugar no interior de sua área e em relação ao relevo. Entretanto, o que bem os distingue reside no fato de que o primeiro, com presença de seca no verão e ausência da mesma no inverno, indica que ele está mais vinculado ao regime de chuva do tipo *mediterrâneo*, enquanto que o segundo, com seca no verão e também no inverno (esta, mais intensa) está mais ligado ao regime de chuvas do tipo *tropical*.

Esclarecemos, ainda, que no sul dos Estados do Maranhão e Piauí e no oeste da Bahia o regime é tipicamente *tropical*, com seca no inverno, embora apresente traços da marcha estacional da precipitação da zona equatorial sul-americana, com seca iniciando-se, por vezes, na primavera e estendendo-se, por vezes, ao outono (Fig. 14).

Desvios Pluviométricos Anuais em Relação às Normais -- O mecanismo atmosférico nas regiões tropicais se caracteriza sobretudo por sua notável irregularidade, isto é, sua dinâmica está sujeita a apresentar comportamento bem distinto quando comparada de um ano para outro. Disto resulta que as precipitações em cada ano estão, conseqüentemente, sujeitas a totais bem distintos, podendo se afastar grandemente dos valores normais.

Este afastamento é ainda tanto maior tratando-se das regiões de clima semi-árido. A este respeito Thornthwaite (1941) assim se referiu: "Num deserto sabe-se o que esperar do clima e planeja-se de acordo. O mesmo é verdadeiro para as regiões úmidas. Os homens foram muito iludidos pelas regiões semi-áridas por que elas, às vezes, são úmidas, às vezes desertas, e às vezes um meio-termo entre os dois".

Portanto, as desvantagens do regime anual de chuvas com secas muito prolongadas em largas extensões da Região, são ainda acentuadas pela sua extrema irregularidade. Nenhuma outra região brasileira acusa desvios tão significativos como o Nordeste (Fig. 15). Com efeito, quase todo o território desta Região apresenta um desvio médio (positivo ou negativo) em relação à normal, superior a 25% e são bem maiores na área do polígono das secas. Nesta vasta área de clima semi-árido os desvios maiores estão geralmente relacionados ao setor setentrional da Região, cujo regime anual de precipitação depende quase que exclusivamente da chegada de *correntes perturbadas* de N. (CIT). Em algumas áreas deste setor o desvio médio chega a alcançar índices superiores a 50%, o que significa um dos mais *expressivos do mundo*.

Como se pode verificar, comparando o mapa da figura 15 aos das figuras 9, 11 e 13, os maiores desvios estão relacionados às áreas onde a altura anual da precipitação é menor; a concentração dos 3 meses consecutivos mais chuvosos é maior; e o período seco se prolonga, em média, por mais tempo.

Entretanto, por se tratar de desvios médios, sua importância reside apenas no fato deles indicarem a tendência da variabilidade: as áreas de maiores desvios médios são aquelas sujeitas, em determinado ano, a maiores desvios efetivos, e estes costumam ser extremante superiores aos indicados pelos desvios médios. Em certos anos quase toda Região Nordeste recebe uma quantidade de chuvas, cerca do dobro da normal, chegando a atingir o triplo na área semi-árida, como sucedeu, dentre outros, em 1912, 1917, 1924 e 1947. Trata-se dos *anos chuvosos* ou das *grandes enchentes*, embora sua população os considere anos de *bom inverno*. Em contrapartida, determinados anos acusam totais tão insignificantes que em certas áreas semi-áridas as chuvas faltam totalmente, como

DESVIO PLUVIOMÉTRICO MÉDIO ANUAL
EM RELAÇÃO À NORMAL (%)

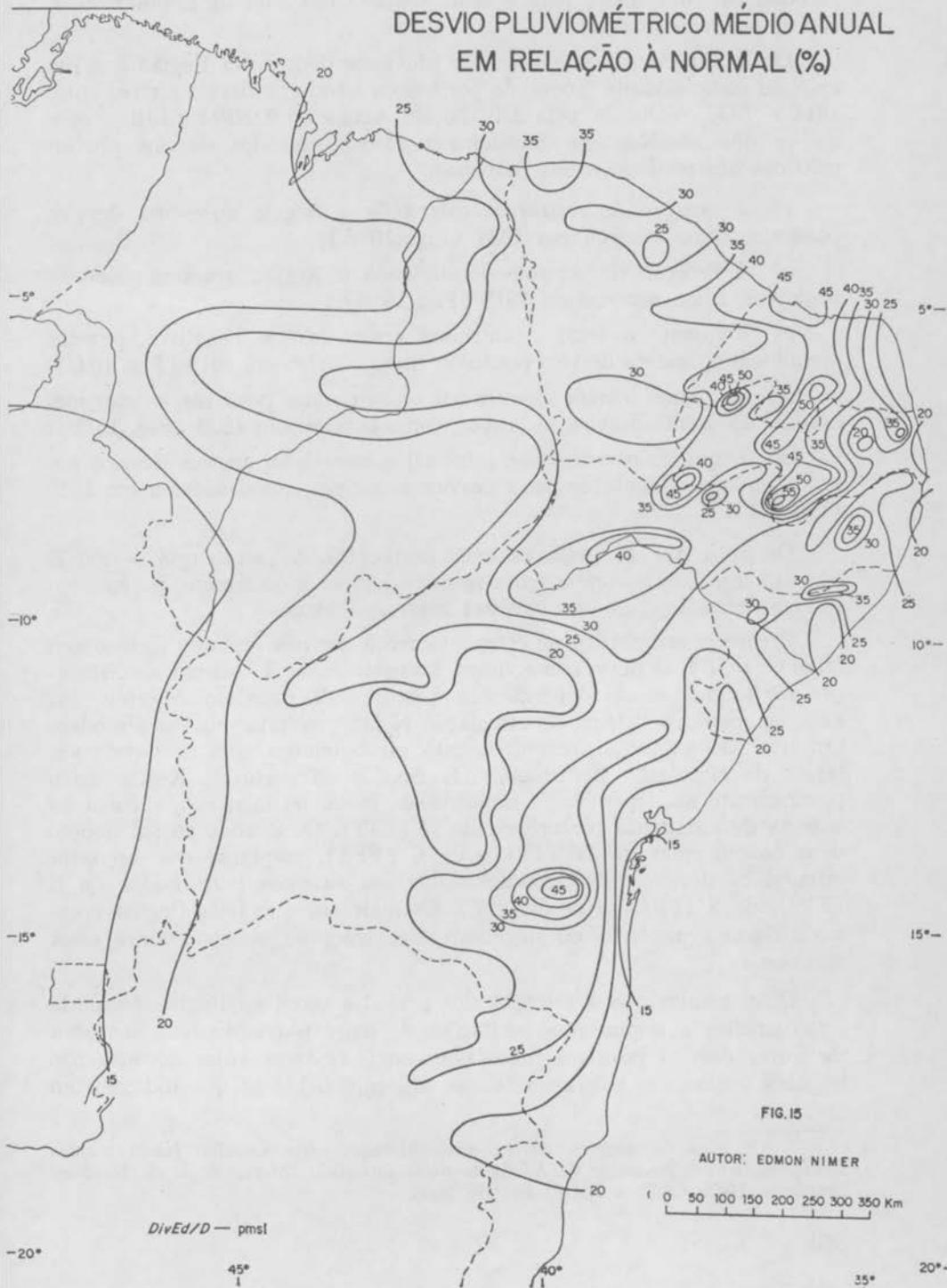


FIG. 15

AUTOR: EDMON NIMER

0 50 100 150 200 250 300 350 Km

DivEd/D - pmst

sucedeu em 1877, 1915, 1919 e 1932. Trata-se dos *anos de grandes secas*, isto é, um *mau inverno*.¹²

Outra característica dos desvios pluviométricos nessa Região é a sua extrema complexidade. Tomando por base o estudo do desvio efetivo entre 1914 a 1938, realizado pela Divisão de Águas do DNPM (1948), conclui-se que no Nordeste brasileiro a distribuição dos desvios pluviométricos ocorre de diversas maneiras:

- a) à exceção de restritos locais, toda a Região apresenta desvios positivos, como ocorreu em 1924 (Fig. 16 A);
- b) à exceção de restritos locais, toda a Região apresenta desvios negativos, como ocorreu em 1915 (Fig. 16 B);
- c) enquanto o setor setentrional acusa desvios negativos, o setor meridional apresenta desvios positivos, como ocorreu em 1919 (Fig. 16 C);
- d) enquanto o setor setentrional acusa desvios positivos, o setor meridional apresenta desvios negativos, como ocorreu em 1934 (Fig. 16 B);
- e) enquanto os setores setentrional e meridional acusam desvios positivos, o setor oriental registra desvios negativos, como ocorreu em 1919 (Fig. 16 E).

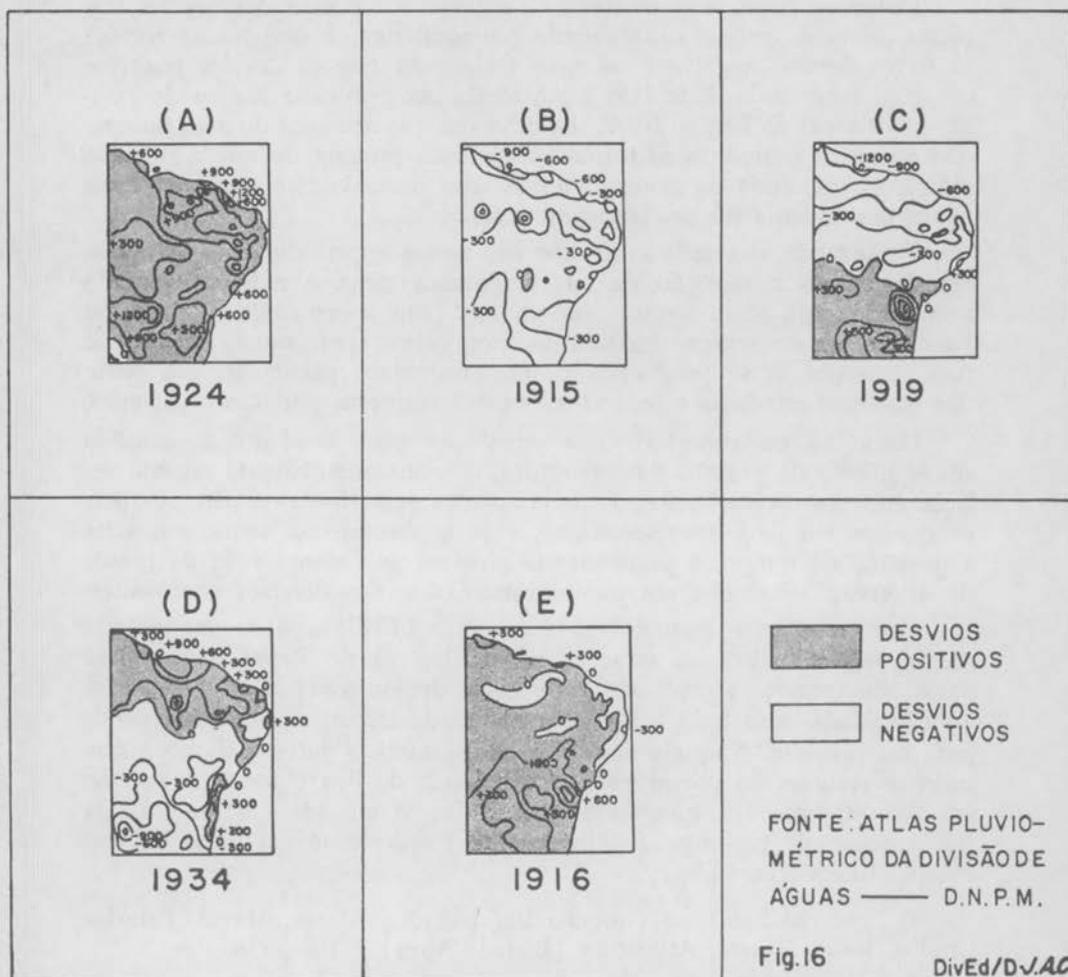
Os tipos A e B foram os mais freqüentes, enquanto que o tipo E é mais raro. Outras combinações menos freqüentes ocorreram, porém sem formas definidas, pela sua extrema heterogeneidade.

O caráter assimétrico no comportamento dos desvios num mesmo ano (tipo C, D, E), se deve, como vimos, à existência de 4 sistemas de circulação *perturbada* semi-independentes. Disto resulta que em determinados anos, enquanto o sistema de circulação N faz precipitar chuvas abundantes, isto não significa necessariamente uma simetria com os outros sistemas de circulação *perturbada*. Os desvios ao norte da Região estão praticamente na dependência exclusiva da maior ou menor freqüência do sistema de circulação *perturbada* de N (CIT). Os desvios ao sul dependem dos sistemas de W (IT) e de S (FPA), enquanto que no setor oriental os desvios estão condicionados aos *sistemas perturbados* de E (EW), de S (FPA) e de W (IT). Os anos em que toda Região apresenta desvios positivos ou negativos, decorrem da simetria entre esses sistemas.

Disto resulta que a duração dos períodos secos na Região Nordeste estão sujeitos a importantes oscilações da maré pluviométrica. Nos anos de fortes desvios positivos (*anos chuvosos*), as áreas cujas *normais* não indicam sequer um mês seco (clima superúmido) e as que indicam um

¹² Os anos de notáveis desvios exemplificados neste trabalho foram obtidos através da leitura do artigo de Adalberto Serra intitulado: *Meteorologia do Nordeste Brasileiro*. 1945, CNG - IBGE, Rio de Janeiro.

DESVIOS PLUVIOMÉTRICOS EFETIVOS



curto período seco (clima úmido) têm suas áreas de ocorrência bastante ampliadas, enquanto que as áreas de mais de 6 meses secos em média (clima semi-árido) têm suas áreas retringidas. O inverso dá-se nos anos cujos desvios negativos determinam os *anos de grandes secas*. Nestes anos as áreas cuja seca permanece em média mais de 6 meses, ampliam-se, enquanto aquelas que normalmente não acusam sequer um mês seco, podem registrar uma estação seca que pode durar vários meses.

Outro elemento importante a considerar nos climas das regiões tropicais, afeto à grande variabilidade pluviométrica, é que nestas regiões os fortes desvios negativos são mais freqüentes que os desvios positivos de igual magnitude. Este fato torna ainda mais precária a área do *polígono das secas* da Região Nordeste, uma vez que nos anos de *mau inverno* não apenas o período seco torna-se bem mais prolongado que a duração média, como ainda as poucas chuvas que normalmente ocorrem nessa época costumam ficar praticamente ausentes.

Finalizando, devemos saber que não havendo periodicidade na escassez de chuvas a previsão de tais fenômenos torna-se indiscutivelmente necessária, pois, além de sua importância para a economia regional do Nordeste, viria assegurar igualmente prognósticos para outras regiões do país. Isto por si só justificaria o interesse, neste particular, por parte dos governos estaduais e federal, de nossas empresas públicas e privadas.

Como há na atmosfera uma circulação geral tendente a mantê-la em equilíbrio de pressão e temperatura, há conseqüentemente estreita relação entre os diversos sistemas de *circulação perturbada* ou não, os quais se movem em perfeito sincronismo, cujo conhecimento, tendo em vista a previsão do tempo, é praticamente possível pela densa rede de postos de observação situados em pontos estratégicos nos diversos continentes.

Com este fim o meteorologista A. Serra (1945) aplicou um método muito prático utilizando estações meteorológicas do Brasil e de várias partes do mundo, através do qual ficou demonstrada não apenas sua aplicabilidade para todo o Brasil, como ainda traçou as diretrizes gerais para tal previsão. Naquela oportunidade o referido autor esclareceu que tudo se resume em prever com antecedência de 3 a 6 meses a pressão nos Açores, uma vez que, se a pressão for aí elevada em janeiro, ela trará seca mais prolongada e intensa no Nordeste se em julho do ano anterior forem observadas:

- a) pressão baixa na Groenlândia, Islândia, Alasca, Havaí, Estados Unidos, Índia, Samoa, Argentina (Buenos Aires) e Ilhas Órcadas;
- b) pressão alta em Zanzibar, Port Darwin e Capetown;
- c) temperatura baixa na Groenlândia e Japão;
- d) temperatura elevada no Havaí, Índia, Dacar, Samoa e Santa Helena.

Unidade IV — Principais Diferenciações Climáticas — Nordeste. Região de Clima Semi-Árido¹³

Como vimos, embora haja importantes variações de temperatura na Região Nordeste, considerando-se as máximas e as mínimas diárias, estas últimas, por não serem muito freqüentemente importantes, não chegam a criar importantes diferenciações climáticas ao longo do território desta Região. Por isso, *quanto ao comportamento térmico* devemos reconhecer apenas duas categorias ou tipos climáticos importantes: a de *clima quente* e a de *clima subquente*.

Mais de 95% do território regional do Nordeste brasileiro possuem *clima quente*, uma vez que *todos os meses acusam temperatura média*

¹³ Antes de passarmos às diferentes categorias de climas, tornam-se indispensáveis alguns esclarecimentos. A exemplo do que fizemos para outras Regiões brasileiras, não adotamos para esse fim nenhum critério classificatório tradicional. Este comportamento permite ao climatologista selecionar os aspectos climáticos mais importantes, estabelecendo limites, índices expressivos em determinada região. Deste modo, o climatologista não apenas foge dos enquadramentos pré-estabelecidos pelos critérios tradicionais, como ainda lhe é permitido utilizar parcialmente diversos critérios de diferentes autores naquilo que lhe parece significativo. Por exemplo no critério classificatório aplicado nesta pesquisa usamos do critério de Köppen a média de 18°C para o mês mais frio como limite entre os climas *quentes* (mais 18°C) e *subquente* (menos 18°C), embora o referido autor, como sabemos, utilizasse essa isoterma mensal como limite entre os climas *tropical* e *temperado*. Da mesma forma, utilizamos o critério de Gaussen e Bagnouls (1953) no que diz respeito à determinação de mês seco, bem como das isotermas mensais de 15°C e 10°C do mês mais frio, como limite entre os climas *subquentes* (18 a 15°C), *mesotérmico brando* (15 a 10°C) e *mesotérmico médio* (10 a 0°C), embora com denominações diferentes daquelas usadas por esses autores.

Os outros aspectos aqui abordados foram estabelecidos por nós em consonância com o *critério livre* para o qual selecionamos os aspectos e os índices que consideramos expressivos na climatologia da Região Norte. Assim é que a consideração de climas *superúmidos*, *úmidos*, *semi-úmidos*, *semi-áridos* e *desérticos*, com suas diversas variedades: *superúmido* (sem seca ou com subseca), *úmido* (com 1 a 2 ou 3 meses secos), *semi-úmido* (4 a 5 meses secos), *semi-árido brando* (com 6 meses secos) *mediano* (com 7 a 8 meses seco), *forte* (com 9 a 10 meses secos), *muito forte* (com 11 meses secos) e *desértico* (com 12 meses secos), está baseada na relação existente entre esta seqüência e a vegetação natural. No Brasil, (com exceção de algumas áreas da Região Sul), a ausência de seca está *sempre* relacionada às áreas florestais, a existência de 1 a 2 meses secos é *quase sempre* acompanhada de floresta, e as áreas de 3 meses secos estão relacionadas às áreas de transição, onde, na *maioria das vezes*, aparecem florestas semidecíduas, enquanto que as áreas de 4 a 5 meses secos se relacionam *quase sempre* com o cerrado. Enquanto isso, as áreas com 6 ou mais meses secos estão relacionadas à caatinga, sendo que, *geralmente*, as áreas de 6 meses secos correspondem a uma caatinga predominantemente arbórea ou de transição; as de 7 a 8 meses, à caatinga predominantemente arbustiva e a de mais de 9 meses, à caatinga herbácea, sendo mais rala nas áreas de 11 meses secos.

A adoção deste critério permite ainda introduzir na climatologia *tradicional* de determinada região, conhecimentos relativos à climatologia *dinâmica* (climatologia moderna) sempre que for possível. Este último comportamento também norteou este estudo. Dele deriva o conceito de climas *tropicais*, *temperados*, etc.

superior a 18°C, como se pode verificar no mapa da figura 5. Neste vasto território merecem destaque o setor setentrional, a Borborema, a Diamantina, Conquista e Espinhaço.

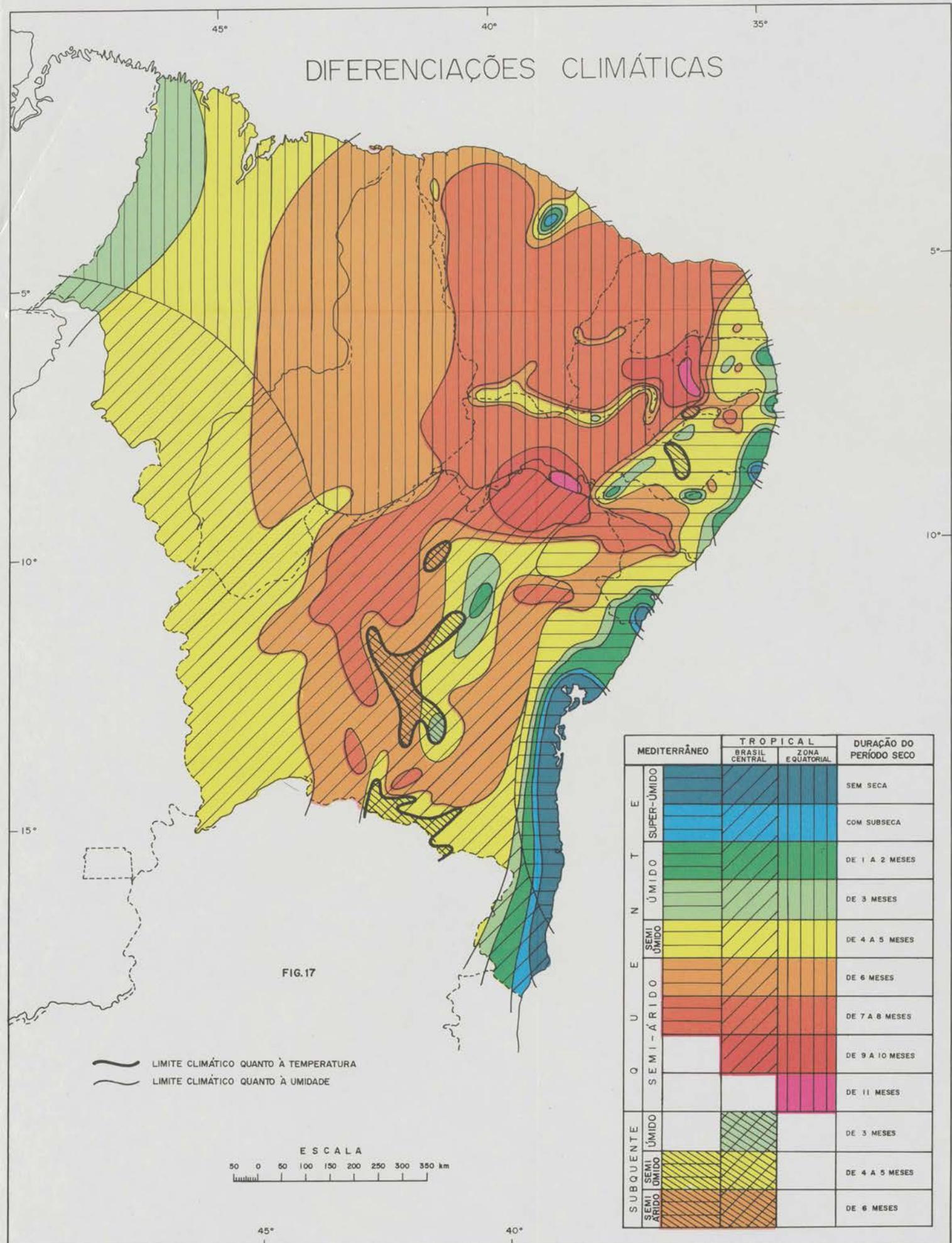
Excluindo as chapadas do sul do Maranhão e do Piauí, a chapada do Apodi e a serra de Baturité, o setor setentrional da Região constitui a área mais quente, onde o mês de temperaturas mais amenas possui média superior a 24°C, chegando a ser superior a 26°C em largos trechos do litoral, do Maranhão ao Rio Grande do Norte. Em todos os aspectos térmicos por nós analisados, como se pode verificar, os índices mais elevados pertencem a este setor. Apenas as máximas absolutas mais importantes não se registram ao longo do litoral setentrional, mas apenas no seu interior, onde o efeito da continentalidade determina, não raras vezes, máximas superiores a 40°C durante as radiações diurnas do período mais seco (primavera). Fora deste setor setentrional apenas uma área do vale do São Francisco, em torno de Remanso, Pilão Arcado e Xique-Xique, apresenta índices térmicos também muito elevados.

Em contrapartida, a Borborema, Diamantina, Conquista e Espinhaço constituem as áreas onde o clima, apesar de *quente*, possui, pelo menos, um mês com temperatura média inferior a 20,0°C. Nestas áreas os níveis superiores a 850-900 m possuem *pelo menos um mês*, no inverno, com temperatura média inferior a 18°C. Trata-se de locais onde a altitude conjugada à ação refrescante dos constantes alísios do anticiclone subtropical do Atlântico Sul e às significantes mínimas resultantes da radiação noturna após a passagem de frentes polares, acabam por fazer predominar, no inverno, tipos de tempo com temperaturas mais baixas, e não permitem que, no verão, temperaturas elevadas venham caracterizar as condições médias do tempo. Esses locais, por isso mesmo, possuem clima *subquente*.

No mapa da figura 5 aparecem cinco destes núcleos contornados pela isoterma de 18,0°C, onde, pelo menos em 1 mês, a temperatura média é inferior a 18,0°C. Entretanto, acreditamos que futuramente, com a instalação de novos postos meteorológicos e um estudo realizado com esta finalidade sob mapas hipsométricos de escalas grandes, outros núcleos semelhantes possam ser delimitados.

Levando-se em conta o regime de umidade ou, mais especificamente, a existência ou inexistência de seca, e o regime de duração dos períodos secos, fica evidente o reconhecimento de uma variedade climática sem igual em outra região brasileira. Tendo em vista estes aspectos ligados ao regime de chuvas, encontramos no Nordeste Brasileiro desde o clima *superúmido*, sem sequer 1 mês seco até o clima *quase desértico* com 11 meses secos, o que significa 4 modalidades climáticas: clima *super-úmido*, *úmido*, *semi-úmido* e *semi-árido*. Estes, por sua vez, compreendem 6 variedades: *sem seca*, *com subseca*, *com 1 a 2 meses secos*, *com 3 meses secos*, *com 4 a 5 meses secos*, *com 6 meses secos*, *com 7 a 8 meses secos*, *com 9 a 10 meses secos* e *com 11 meses secos*.

DIFERENCIAÇÕES CLIMÁTICAS



Cerca de 50% do território regional é constituído por climas *super-úmidos*, *úmidos* e *semi-úmidos*. Estas categorias climáticas estão localizadas ao longo do litoral e do setor ocidental. Este fato decorre não apenas porque nessas áreas os totais pluviométricos anuais são mais importantes, mas principalmente pelo regime das precipitações: o litoral é mais beneficiado, não apenas pelas chuvas de EW e FPA durante o outono-inverno, mais ainda, pelas chuvas de IT durante a primavera-verão. Fora destas áreas litorâneas, apenas pequenos núcleos possuem clima igualmente úmido. Trata-se de locais não muito distantes do litoral oriental (encosta da Diamantina) ou do litoral setentrional (serra de Baturité), onde a orografia concorre no sentido de aumentar a pluviosidade em qualquer estação do ano.

Não obstante a existência de climas superúmidos, úmidos e semi-úmidos, o que bem caracteriza a Região Nordeste do Brasil, é a presença de climas *semi-áridos*. De fato, os climas *semi-áridos* não apenas cobrem cerca de 50% de seu território, como ainda deve-se a eles o agravamento dos problemas econômicos e sociais que afligem desde longos anos, direta ou indiretamente, as populações desta Região. A criação de órgãos como a Cia. de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e do Departamento de Obras Contra a Seca atesta a preocupação que esses problemas têm causado ao governo nacional.

Mas a complexidade climática da Região Nordeste não cessa aí. Outro aspecto importante a se considerar na classificação climática diz respeito à *marcha estacional da precipitação* e aos sistemas de circulação atmosférica. Neste particular, como vimos, o Nordeste brasileiro é muito heterogêneo, podendo-se reconhecer nesta Região, pelo menos, 3 setores distintos, conforme mostra a figura 10: o *Setor Mediterrâneo*, com máximo no outono ou inverno [chuvas de *correntes perturbadas* de N (CIT), *correntes perturbadas* de E (EW) e *correntes perturbadas* de S (SP)] e mínimo na primavera ou verão. Pela *massa de ar* que aí domina e pela importância dos sistemas de *correntes perturbadas* atuantes, este setor tem um *clima tropical*, porém seu ritmo é muito semelhante ao do clima das regiões mediterrâneas da Europa e África, podendo, por isso, ser também denominado *clima mediterrâneo quente*; o *Setor tropical do Brasil Central*, com máximo no verão [chuvas de *correntes perturbadas* de W (IT) e de S (FP)] e mínimo no inverno. Seu *clima* é tipicamente *tropical*; e o *setor tropical da zona equatorial*, com máximo no outono [chuvas de *correntes perturbadas* N (CIT)] e mínimo na primavera ou inverno.

Considerando em conjunto os regimes térmicos e pluviométricos, ou seja, sobrepondo a figura 5 (média compensada do mês mais frio), à figura 13 (duração dos períodos secos), e à figura 10 (marcha ou ritmo estacional das precipitações) chegamos ao seguinte quadro climático na Região Nordeste (Fig. 17):

DOMÍNIOS CLIMÁTICOS	SUBDOMÍNIOS CLIMÁTICOS	VARIEDADES CLIMÁTICAS (e)	TIPO	
QUENTE.....	SUPER-ÚMIDO	Sem seca Com subseca	MEDITERRANEO	
	ÚMIDO	De 1 a 2 meses secos De 3 meses secos		
	SEMI-ÚMIDO	De 4 a 5 meses secos		
	SEMI-ÁRIDO	Brando de 6 meses secos Mediano de 7 a 8 meses secos		
	SUPER-ÚMIDO	Sem seca Com subseca	TROPICAL BRASIL-CENTRAL	
	ÚMIDO	De 1 a 2 meses secos De 3 meses secos		
	SEMI-ÚMIDO	De 4 a 5 meses secos		
	SEMI-ÁRIDO	Brando de 6 meses secos Mediano de 7 a 8 meses secos Forte de 9 a 10 meses secos		
	SUPER-ÚMIDO	Sem seca Com Subseca	TROPICAL ZONA EQUATORIAL	
	ÚMIDO	De 1 a 2 meses secos De 3 meses secos		
	SEMI-ÚMIDO	De 4 a 5 meses secos		
	SEMI-ÁRIDO	Brando de 6 meses secos Mediano de 7 a 8 meses secos Forte de 9 a 10 meses secos Muito Forte de 11 meses secos (Subdesértico)		
	SUBQUENTE.....	SEMI-ÚMIDO	De 4 a 5 meses secos	MEDITERRANEO
		SEMI-ÁRIDO	Brando de 6 meses secos	
ÚMIDO		De 3 meses secos	TROPICAL BRASIL-CENTRAL	
SEMI-ÚMIDO		De 4 a 5 meses secos		
SEMI-ÁRIDO		Brando de 6 meses secos		

(e) Acompanham este quadro climático 14 gráficos ombrotérmicos (Fig. 18.1 a 18.14) representativos dos regimes térmico e pluviométrico de algumas das 29 variedades climáticas que compõem a Região Nordeste.

Fig 18-1- SALVADOR (BA)-Clima QUENTE e SUPERÚMIDO Sem Sêca- do Tipo Mediterrâneo

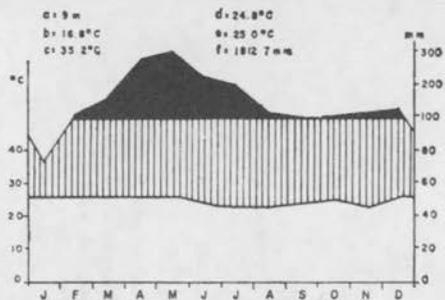


Fig 18-4- SERTÃOZINHO (AL)-Clima SEMI-ÁRIDO Com 6 meses Secos- do Tipo Mediterrâneo

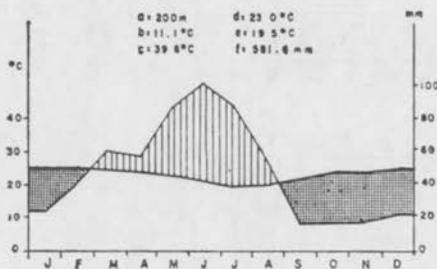


Fig 18-7- TERESINA (PI)-Clima QUENTE e SEMI-ÁRIDO Com 6 meses Secos- do Tipo Tropical da Zona Equatorial

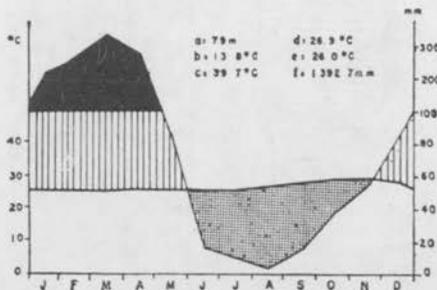


Fig.18-2- ESCADA (PE)-Clima QUENTE e ÚMIDO Com 2 meses Secos- do Tipo Mediterrâneo

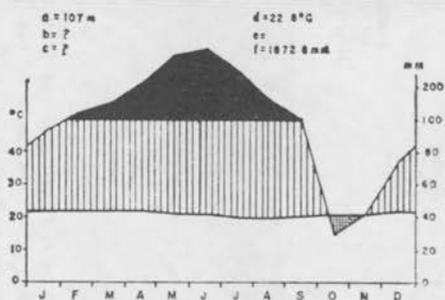


Fig 18-5- GUARAMIRANGA (CE)-Clima QUENTE e SUPER-ÚMIDO com Subseca- do Tipo Tropical da Zona Equatorial

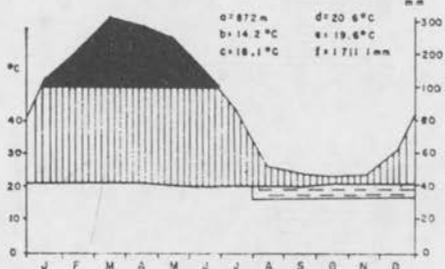


Fig 18-9- QUIXERAMOBIM (CE)-Clima QUENTE e SEMI-ÁRIDO -Com 7 meses Secos- do Tipo Tropical da Zona Equatorial

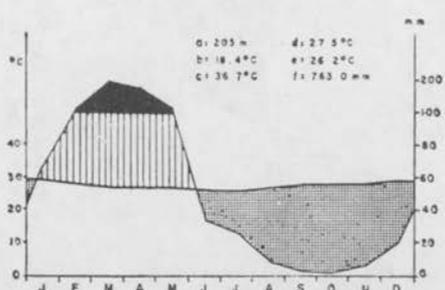


Fig 18-3- CAMPINA GRANDE (PB)-Clima QUENTE e SEMI-ÚMIDO - Com 4 meses Secos- do Tipo Mediterrâneo

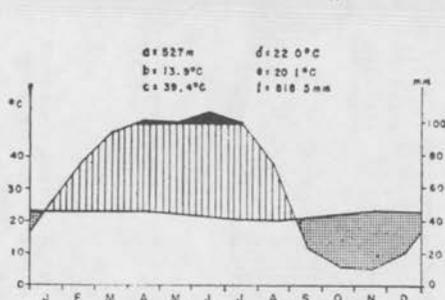
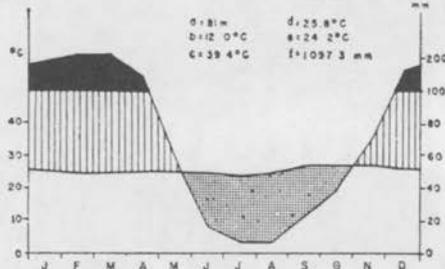


Fig 18-6- BARRA DO CORDA (MA)-Clima QUENTE e SEMI-ÚMIDO- Com 5 meses Secos- do Tipo Tropical da Zona Equatorial



a = altitude do posto
 b = mínima absoluta
 c = máxima absoluta
 d = média do ano
 e = média de mês mais frio
 f = altura média da precipitação anual

— Curvas das médias mensais da temperatura
 — Curvas dos totais mensais de precipitação

Período Úmido ■ altura da precipitação > 100 mm
 ▨ altura da precipitação < 100 mm

Período Seco ▩
 Mês com mínima absoluta < que 0°C ▤

Fig.18.9 - SOLEDADE (PB) - Clima QUENTE e SEMI-ÁRIDO
(Sub-desértico) Com 11 meses secos do Tipo
Tropical da Zona Equatorial

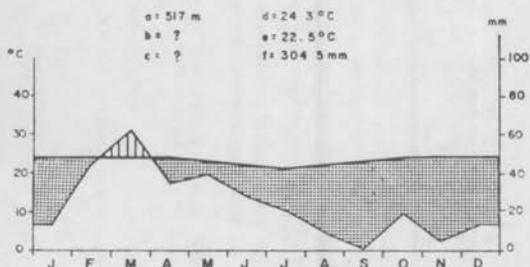


Fig.18.10 - JACOBINA (BA) - Clima QUENTE e ÚMIDO
Com 2 meses secos do Tipo Tropical do
Brasil Central

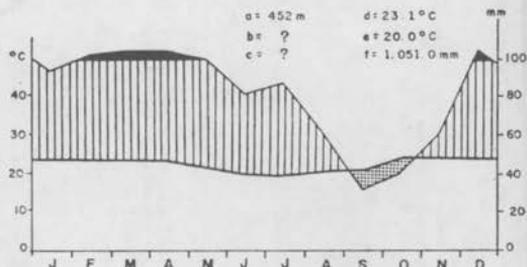


Fig.18.11 - BARREIRAS (BA) - Clima QUENTE e SEMI-ÚMIDO
Com 5 meses secos do Tipo Tropical do
Brasil Central

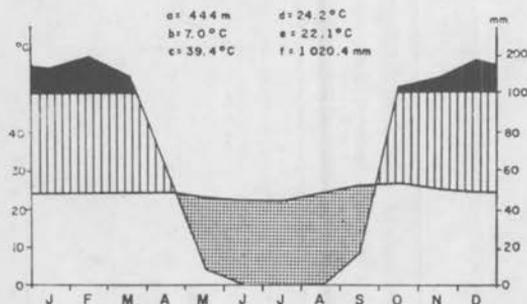


Fig.18.12 - BARRA (BA) - Clima QUENTE e SEMI-ÁRIDO
Com 7 meses secos do Tipo Tropical do
Brasil Central

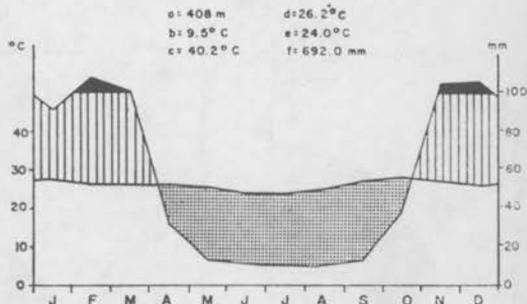


Fig.18.13 - GARANHUNS (PE) - Clima SUB-QUENTE e SEMI-ÚMIDO - Com 5 meses secos do Tipo Mediterrâneo

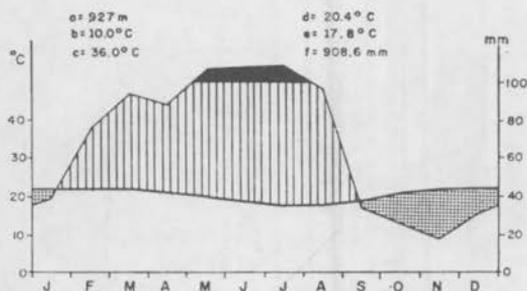
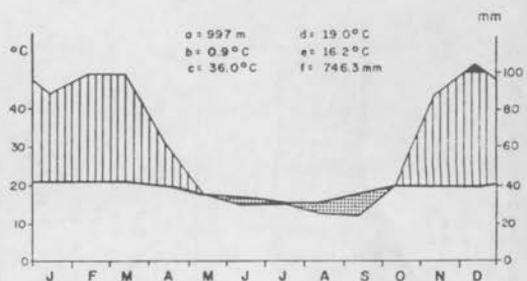


Fig.18.14 - MORRO DO CHAPÉU (BA) - Clima SUB-QUENTE
e SEMI-ÚMIDO - Com 5 meses secos do Tipo
Tropical do Brasil Central



— Curva das médias mensais de temperatura

a = altitude do posto
b = mínima absoluta
c = máxima absoluta
d = média do ano
e = média do mês mais frio
f = altura média da precipitação anual

— Curva dos totais mensais de precipitação

Período Úmido altura da precipitação > 100 mm
 altura da precipitação < 100 mm
 Período seco Período subseco
 Mês com mínima absoluta < 0°C

CONCLUSÕES GERAIS

Do que foi aqui estudado sobre a Climatologia da Região Nordeste é possível destacar algumas conclusões, umas de natureza estritamente climatológica, outras de ordem social.

1 – DE NATUREZA CLIMATOLÓGICA

a) Os climas semi-áridos do Nordeste não provêm, como alguns afirmam, do contacto de massas de ar com regime de chuvas não coincidentes durante todo o ano (tais regiões de contacto, ao contrário, possuem chuvas mais ou menos abundantes durante o ano, como é o caso da Região Sul do Brasil e da Amazônia), mas decorre de estar esta Região durante todo ano sob o domínio de uma *alta tropical* vinculada ao *anticiclone subtropical* do Atlântico Sul, ou sob o domínio direto deste grande *anticiclone semifixo*, o que torna a Região Nordeste uma área na qual os diversos sistemas de *correntes perturbadas* se dissipam ao se aproximar da divergência anticiclônica que domina sobre a Região Nordeste.

b) Levando em conta os totais de chuvas, a marcha estacional da precipitação e o regime de secas, poucas regiões no mundo possuem tanta diversificação climática quanto o Nordeste brasileiro. É bem verdade que uma parte importante desta Região se constitui em domínio de climas semi-áridos, porém, não é menos verdade que cerca de 50% do território regional possui climas que vão do semi-úmido ao superúmido, nos quais os períodos secos decrescem em duração de 5 a 1 mês apenas, e em algumas áreas não acusam, normalmente, sequer um mês seco.

2 – DE ORDEM SOCIAL

a) Pela sua notável diversificação climática, o Nordeste brasileiro pode perfeitamente vir a se constituir numa região de economia agrícola bastante diversificada. Tudo dependendo de uma utilização do solo e do clima de forma cientificamente planejada. Mesmo os domínios de clima semi-árido não deveriam se constituir, como tem sido há longos anos, em áreas de problemas insolúveis. Em sua maior parte estas áreas possuem uma estação chuvosa que se caracteriza por chuvas copiosas, cujas precipitações poderiam ser armazenadas em numerosas represas que viriam a ser construídas. É verdade que o regime anual de precipitação é muito irregular, isto é, o afastamento da precipitação efetiva em relação à média é dos maiores, porém o conhecimento de sua exata distorção e sua previsão, ambas perfeitamente possíveis, viriam minimizar seus efeitos.

b) Na Borborema, os locais de clima *subquente*, isto é, que possuem pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18.0°C, como é o caso de Garanhuns, certamente possuem condições climáticas propícias à cultura daquelas plantas de grande interesse comercial nos países mediterrâneos, tais como a vinha e a oliveira. Os ciclos vegetativos de tais plantas estão, como é do conhecimento geral, adaptados a um regime de precipitação caracterizado por uma estação chuvosa no inverno, enquanto que o verão é seco. Como vimos, o setor oriental da Região Nordeste possui regime pluviométrico com este ritmo, e as superfícies mais elevadas da Borborema, embora menos frias que as regiões mediterrâneas, possuem, não obstante, temperaturas amenas. Estas, combinadas à umidade do inverno e à secura do verão, determinam boas condições ecológicas à prática de tais lavouras.

c) Os problemas socioeconômicos gerados por sua estrutura fundiária, por suas relações de trabalho e de seus empreendimentos, nem sempre planejados de modo mais conveniente, não devem ser, como têm sido, imputados ao clima regional.

BIBLIOGRAFIA

- 1) DIVISÃO DE ÁGUAS, DNPM, MME — *Atlas Pluviométrico do Brasil*, pp. 25, IBGE — Rio de Janeiro. 1948.
- 2) GAUSSEN, H. e BAGNOULS, F. — *Saison Seche et Indice Xerothermique*, pp. 47, Faculté de Sciences, Toulouse. 1953.
- 3) NIMER, Edmon — Circulação Atmosférica do Brasil — Contribuição ao Estudo de Climatologia Dinâmica do Brasil — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXVIII, n.º 3, pp. 232/250 — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1966.
- 4) ————— — Climatologia das Regiões Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil — *Revista Brasileira de Geografia*, 1971 e 1972 — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1971.
- 5) PINHEIRO FILHO, A. A. e AMADOR, E. S. — Análise da Precipitação na Região do Cariri Cearense — Contribuição ao Estudo da Climatologia Dinâmica do Nordeste do Brasil — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano 33, n.º 1, IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1971.
- 6) PEDELABORDE, Pierre — *Introduction A L'étude Scientifique du Climat*, pp. 150, Les Cours de Sorbonne — Paris. 1967.
- 7) RIEHL, Herbert — *Tropical Meteorology*, pp. 322, First Edition, Mc Graw-Hill Book, Company, Inc. — New York. 1954.
- 8) SERRA, Adalberto — *Meteorologia do Nordeste Brasileiro*, pp. 120, IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1945.
- 9) ————— — Previsão do Tempo — *Boletim Geográfico*, Ano VI, n.º 68, pp. 827/904 — IBGE — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1948.
- 10) ————— — Circulação Superior — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XV e XVI, n.º 4 e 1, pp. 517/596 e 3/55 — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1953/54.

- 11) ----- - Chuvas de Primavera no Brasil - Chuvas de Verão no Brasil - Chuvas de Outono no Brasil - Chuvas de inverno no Brasil, pp. 244, Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura - Rio de Janeiro. 1960.
- 12) ----- - O Princípio de Simetria - *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, pp. 377/439 - IBG - Fundação IBGE - Rio de Janeiro. 1962.
- 13) ----- Previsões Trimestrais - *Boletim Geográfico*, Ano XXV, n.º 190, pp. 66/83 - IBG - Fundação IBGE - Rio de Janeiro. 1966.
- 14) THORNTHWAITE, C. W. - Climate and Man, *Yearbook of Agriculture* - New York. 1941.
- 15) WALTER, H. e LIETH, H. - Klimadiagram - Weltatlas, Veb Gustav Fischer Verlag, Jena. 1960.

Climatologia da Região Norte *

INTRODUÇÃO

Desde que o homem europeu descobriu a Amazônia, há mais de 400 anos, suas opiniões têm variado de um extremo a outro, ora louvando, ora condenando aquele vasto mundo de selvas e rios. Para muitos naturalistas do século XIX era o país das maravilhas da natureza, de notável variedade de fauna e flora sem igual em outra região do mundo. Para os barões da borracha dos dias do *boom* da aurora deste século ela foi uma fonte de riqueza, jorrando luxo e prazeres, enquanto que para os índios escravizados e nordestinos contratados daquela época, foi um inferno terreno, cuja permanência ali equivalia a condenação à morte.

Nas três últimas décadas deste século os homens têm chegado a Amazônia com uma bagagem de ciência e tecnologia, procurando debelar doenças, melhorar o transporte fluvial, aumentar a produção de alimentos e estabelecer plantações de borracha, juta e outras culturas industriais. Com este último objetivo nenhum esforço foi feito, e com tanto desapontamento, do que aquele de aumentar a colheita da borracha nativa, em princípios da década de 40, não obstante terem sido despejados nessa empresa milhões de dólares e comerciantes experimentados.

Naturalmente que dinheiro e comerciantes não bastam para fazer as fontes jorrarem água onde a seca tem sido perene. Queremos dizer que, capital e infra-estrutura comercial não são suficientes para transformar o *inferno amazônico* em um paraíso. Para que estes fatores do progresso produzam abundância de frutos, sua aplicação deve ser antecedida por conhecimento da realidade geográfica da Amazônia e nisto reside, a nosso ver, a principal causa dos seus empreendimentos desanimadores.

Para explicar tais fracassos muito já se escreveu, apontando como causas principais as desvantagens de seu quadro físico. Entretanto, somos

* Com a colaboração dos Geógrafos Ana Maria de P. Macedo Brandão e Arthur A. Pinheiro Filho. R. Bras. Geog., Rio de Janeiro, 34(3), jul./set. 1972.

de opinião que os principais motivos destes esforços infrutíferos residem muito menos nas desvantagens de seus fatores físicos do que de seus fatores sociais. Além disso, as desvantagens físicas que oprimem a Amazônia e outras áreas da América tropical decorrem mais do emprego de técnicas inadequadas à realidade geográfica das regiões úmidas e quentes do que desta realidade em si mesma. Soma-se a esta circunstância o fato de que dentre os elementos físicos que compõem a paisagem geográfica da Amazônia, o clima figura como um dos menos conhecidos.

Por isso esperamos que, neste obscuro quadro físico da Amazônia brasileira, este estudo climático constitua uma luz que, embora tênue, possa contribuir para as investigações desta região em uma etapa que ora se inicia.

A área por nós estudada sob a denominação de Região Norte compreende quase toda região amazônica, a maior extensão de floresta quente e úmida do Globo, que ocupa quase a metade do território brasileiro.

Este vasto território, juntamente com a Região Centro-Oeste, possui a mais deficiente rede de estações meteorológicas do Brasil. Neste fato residem as mais sérias dificuldades deste estudo. Com efeito, nesta enorme área, cujo desbravamento data do século XVII, mas cuja ocupação ainda hoje é muito escassa, a distribuição das estações meteorológicas é determinada pelo povoamento. Daí resulta uma rede com acúmulo de estações meteorológicas em certas áreas (nas margens do rio Amazonas e de alguns de seus principais afluentes) e escassez ou mesmo ausência absoluta em outras, como o leitor poderá observar através dos mapas que ilustram este estudo.

Entretanto, pela simplicidade de sua topografia — quase toda ela constituída por uma planura próxima ao nível do mar — e pelo estudo do seu mecanismo atmosférico, através de numerosos trabalhos publicados por diversos autores, e de análises de cartas sinóticas do tempo diário (elaboradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura), foi-nos possível contornar alguns dos problemas gerados por aquelas deficiências e obter um retrato do quadro climático da Região Norte que, embora sem atingir a profundidade que desejávamos, acreditamos ser satisfatório para os objetivos a que este trabalho se propõe.

1 — PRINCIPAIS SISTEMAS DA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA

O conhecimento da influência dos *fatores estáticos* ou *geográficos* que atuam sobre o clima da Região Norte do Brasil, por mais completo que seja, não basta para a compreensão de seu clima. Este não pode ser compreendido e analisado sem o concurso do mecanismo atmosférico, seu *fator genético* por excelência, objeto de estudo da *Meteorologia Sinótica*. Até mesmo a influência dos fatores estáticos, tais como relevo, latitude, continentalidade ou maritimidade, é exercida em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica.

Por isso iniciaremos este estudo com uma sucinta análise dos *principais sistemas de circulação atmosférica* que, por sua atuação direta, exercem um importante papel na variação de composições climáticas na Amazônica, no tempo e no espaço.

Através do setor oriental da Região Norte sopram, periodicamente, *ventos de E a NE do anticiclone subtropical semifixo do Atlântico Sul e do anticiclone subtropical semifixo dos Açores*. Em virtude de possuírem uma subsidência superior e conseqüente inversão de temperatura, tais ventos são acompanhados de *tempo estável*.

No setor ocidental predomina a *massa de ar equatorial (m Ec)*,¹ formada pela *convenção termodinâmica dos ventos de NE do anticiclone dos Açores e da convergência intertropical (CIT)*.

Esta massa de ar, pela forte umidade específica e ausência de subsidência superior está, freqüentemente, sujeita a *instabilidades causadoras de chuvas abundantes*.

No interior desta massa de ar, as chuvas são provocadas por depressões dinâmicas denominadas *linhas de instabilidades tropicais (IT)* induzidas em pequenas *dorsais*. No seio de uma linha de IT o ar em convergência acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas, por vezes granizo, e ventos moderados e fortes com rajadas que atingem 60 a 90 km/hora.

Tais fenômenos são comuns em todo o Brasil tropical, principalmente no seu interior, no período que se estende de meados da primavera a meados do outono, porém são mais freqüentes e regulares no verão (dezembro a fevereiro), quando há um decréscimo geral de pressão, motivado pelo forte aquecimento do interior do *continente*. Na Amazônia tais *correntes de perturbação* atmosférica são comuns durante todo ano ao sul do equador, porém bem mais constantes no verão.

Sua origem parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na *frente polar* ao contacto com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações formam-se, ao norte da *frente polar*, uma ou mais IT sobre o continente. Após formadas, elas se deslocam com extrema mobilidade até 60 km/hora, embora elas possam, por vezes, permanecer semi-estacionadas. À medida que a *frente polar* caminha para o equador, as IT se deslocam para E, ou mais comumente para SE, anunciando com nuvens *pesadas* e em geral chuvas tipicamente tropicais a chegada da FP, com antecedência de 24 horas, a qual, no entanto, pode não chegar principalmente às latitudes mais baixas.

Tais chuvas se verificam, geralmente, no fim da tarde ou início da noite, quando, pelo forte aquecimento diurno, intensificam-se a radiação

¹ Atribuimos à massa de ar predominante no oeste amazônico o termo *equatorial continental* mais pela falta de conhecimentos que se tem sobre o mecanismo atmosférico naquela região, do que pelo uso tradicional deste termo. Além disso, o termo *continental* é muito impróprio, uma vez que em se tratando de massas de ar, designa não apenas a região de origem, mas, sobretudo, a sua propriedade fundamental, ou seja, a pouca umidade específica. No oeste da Amazônia a atmosfera inferior possui, ao contrário, muita umidade.

telúrica e, conseqüentemente, as correntes convectivas. Ao contrário das chuvas *frontais* (provocadas pela ação direta das *frentes polares*) que costumam ser intermitentes durante todo dia (às vezes dois e raramente 3 dias), as chuvas de IT duram poucos minutos, raramente ultrapassando 1 hora, sob céu quase ou completamente encoberto por *pesados* e *grossos cúmulos-nimbos*.

O mais importante local de origem destas *correntes perturbadas*, na Amazônia, é o setor ocidental onde, após formadas, elas se deslocam comumente, para E ou SE, até o centro da Região. Outro local também muito importante situa-se sobre o Pará, daí se deslocando, em geral, até o Maranhão; porém, raramente, até o sertão do Nordeste.

Outro sistema de circulação muito importante vem do norte, e é representado pela invasão da CIT, zona de convergência dos ventos do *anticiclone dos Açores* e do *anticiclone do Atlântico Sul*. Tais correntes, responsáveis por aguaceiros, têm sua posição média sobre a hemisfério Norte, porém no inverno, outono e verão, especialmente no outono, elas descem com freqüência para o hemisfério Sul. Embora atinjam o extremo sul da região, a grande intensidade de sua freqüência é limitada ao setor norte da Região, sendo maior a nordeste, sobre o Amapá e norte do Pará. A exemplo das chuvas de IT, as da CIT são de notável concentração no tempo e no espaço, porém estas são, geralmente, mais intensas e *pesadas* do que aquelas.

Finalmente, o sistema de correntes perturbadas de S. Tais correntes são representadas pela invasão do *anticiclone polar* com sua descontinuidade frontal, denominada *frente polar*. A fonte desses anticiclones é a região polar de superfície gelada, constituída pelo continente antártico e pela banquisa fixa. De sua base anticiclônica divergem ventos que se dirigem para a zona depressionária subantártica, originado, nessa zona ocupada pelo *pack* e por outros gelos flutuantes, as *massas de ar polar*. Dessa zona partem os *anticiclones polares* que periodicamente invadem o continente sul-americano com vento de W a SW nas altas latitudes, mas adquirindo, com freqüência, a direção S a SE, em se aproximando do trópico sobre o território brasileiro.

De sua origem e trajetória (SW-NE) até chegar a Região Norte, derivam suas propriedades. Em sua origem, estes anticiclones possuem subsidência e forte inversão de temperatura e o ar é muito seco, frio e estável. Porém em sua trajetória ele absorve calor e umidade colhidos da superfície do mar, aumentados à medida que caminha para o equador, de sorte que, já nas latitudes médias a inversão desaparece e o ar polar marítimo torna-se instável. Com esta estrutura e propriedades o *anticiclone polar* invade o continente sul-americano, seguindo duas trajetórias diferentes: uma a oeste dos Andes, outra a leste dessa cordilheira, após transpô-la ao sul do Chile.

Com orientação NW-SE sua frente, ou descontinuidade frontal, invade a Região Norte com ventos do quadrante sul, provocando chuvas frontais acompanhadas de sensível queda de temperatura. Tais frentes atingem o Acre, Rondônia e sul do Amazonas, no inverno.

Nesta estação os anticiclones mais poderosos conseguem, embora muito raramente, empurrar sua superfície frontal para além do equador geográfico, na altura do Estado do Amazonas, provocando as chamadas *ondas de frio* ou *friagens*. Fora do inverno, mas principalmente no verão, o *anticiclone* polar dificilmente consegue empurrar sua frente além do Acre e Rondônia, em virtude do aprofundamento da *baixa* termodinâmica do *Chaco*, nesta época.

Deste mecanismo decorre, portanto, quatro sistemas de circulação atmosférica:

- a) Sistema de ventos de NE a E dos anticiclones subtropicais do Atlântico Sul e dos Açores — tempo estável.
- b) Sistema de ventos de W da mEc ou linha de IT — tempo instável.
- c) Sistema de ventos de N da CIT — tempo instável.
- d) Sistema de ventos de S do anticiclone ou frente polar — tempo instável.

Os três últimos constituem *correntes perturbadas*, sendo, portanto, responsáveis por instabilidades e chuvas (Fig. 1).

Chamamos atenção para a sobreposição dos *sistemas perturbados* no setor ocidental da região, ao norte do qual no outono e inverno se combinam as chuvas de N e W.²

2 — DOMÍNIO DE TEMPERATURAS ELEVADAS

Sendo caracterizada por uma vasta planura situada próxima ao nível do mar e cortada de um extremo a outro pelo paralelo do *equador*, a Região Norte possui clima quente.

Conforme pode ser observado na figura 2, apenas restritas áreas do sudoeste da Região (pela maior participação de massa polar) e áreas serranas da fronteira setentrional e da chapada dos Parecis, em Rondônia (pela altitude bem acima da planura regional) possuem *temperatura*

² As linhas ou *setas* que aparecem neste esquema representam as áreas onde a frequência daquelas *correntes perturbadas* são significativas. A maior densidade das linhas exprime maior frequência do fenómeno.

Esquematizamos estes sistemas circulatórios baseados em observações diretas realizadas em cartas sinóticas elaboradas pelo Departamento de Meteorologia do Ministério da Agricultura e na leitura sobre diversos trabalhos realizados por Adalberto Serra, dentre os quais destacamos:

a) "Chuvas de Primavera no Brasil", "Chuvas de Verão no Brasil", "Chuvas de Outono no Brasil", "Chuvas de Inverno no Brasil", Departamento de Meteorologia, Ministério da Agricultura, 1960, p. 244 — Rio de Janeiro.

b) "O Princípio de Simetria", *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, pp. 377-439, 1962 — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro.

Para maiores informações a respeito das massas de ar, da fonte de origem, transformação de estrutura e propriedades da *frente polar* ao longo de suas trajetórias até alcançar as baixas latitudes, bem como de outros sistemas de *circulação perturbada*, recomendamos a leitura dos artigos "Climatologia da Região Sul" e "Climatologia da Região Sudeste", — Introdução à Climatologia Dinâmica, *Revista Brasileira de Geografia*, 1971 e 1972, IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro.

SISTEMAS DE CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA PERTURBADA NA REGIÃO NORTE

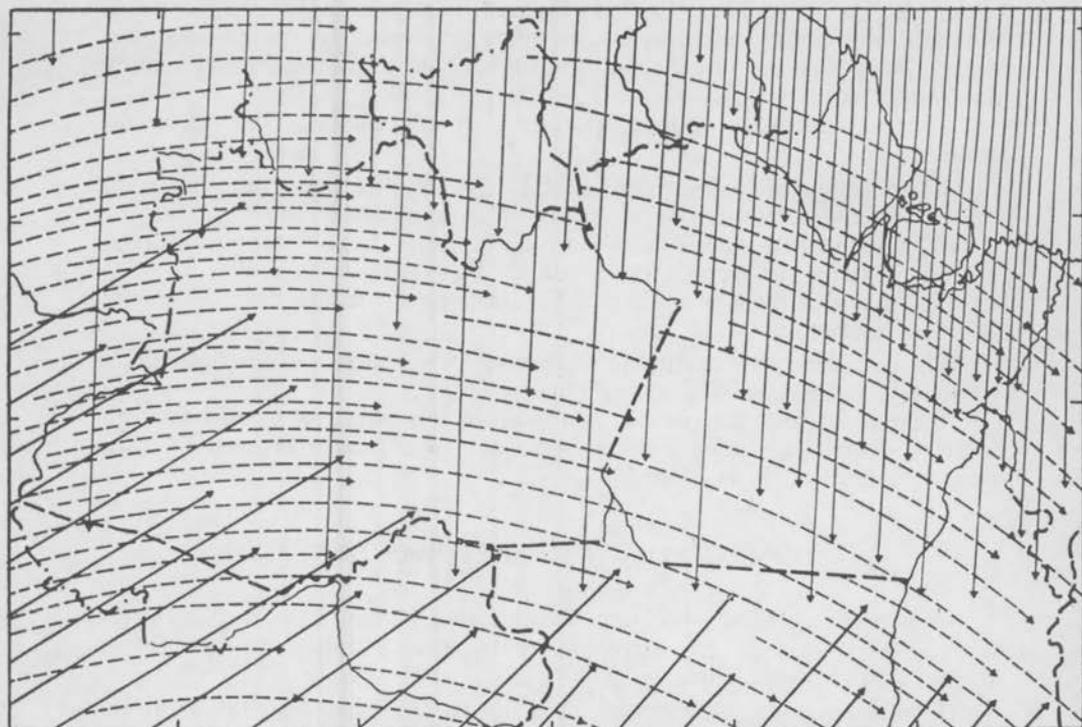


Fig.1
 - - - - -> SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE W (mEc)
 ———> SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE N (CIT)
 ———> SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE S (F P)

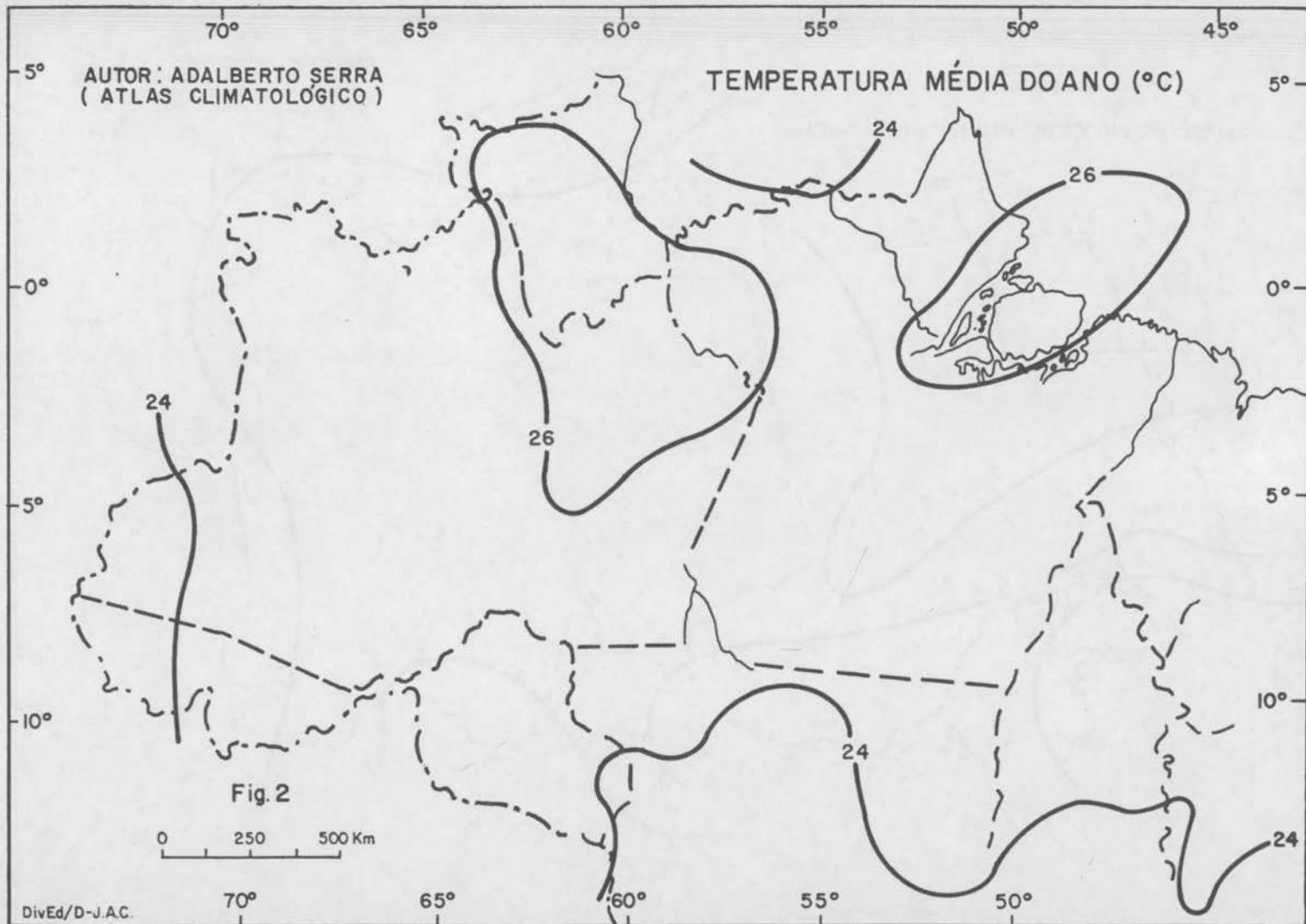
DivEd/D-J.A.C.

0 100 200 300 400 500 Km

média anual inferior a 24°C. Neste aspecto o que bem caracteriza esta Região são temperaturas que variam de 24 a 26°C, embora uma larga faixa ao longo do médio e baixo curso do rio Amazonas ultrapasse este último índice.

Entretanto, em virtude da forte *umidade* relativa que caracteriza esta Região (em torno de 80% duram todo ano) e da intensa *nebulosidade* (cobertura do céu em torno de 5/8), estes meses não registram *máximas diárias excessivas*. Somente na área compreendida entre a Zona do Médio Amazonas e o sudeste do Pará foram registradas temperaturas máximas de 40°C, estas ocorrendo nos meses de setembro e outubro, como mostra a figura 3.³

³ Os valores térmicos deste estudo são relativos às *normais* até 1942.



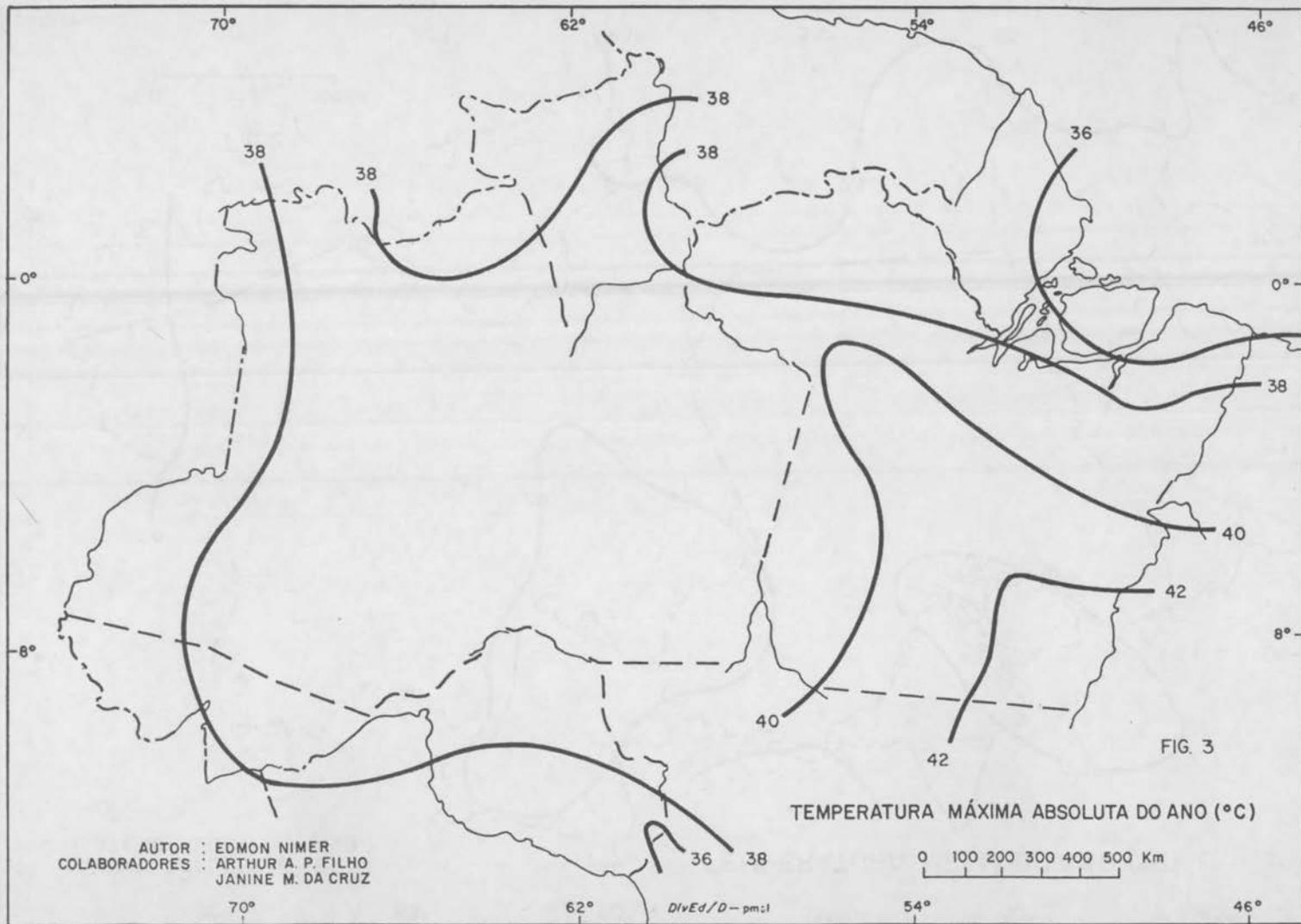
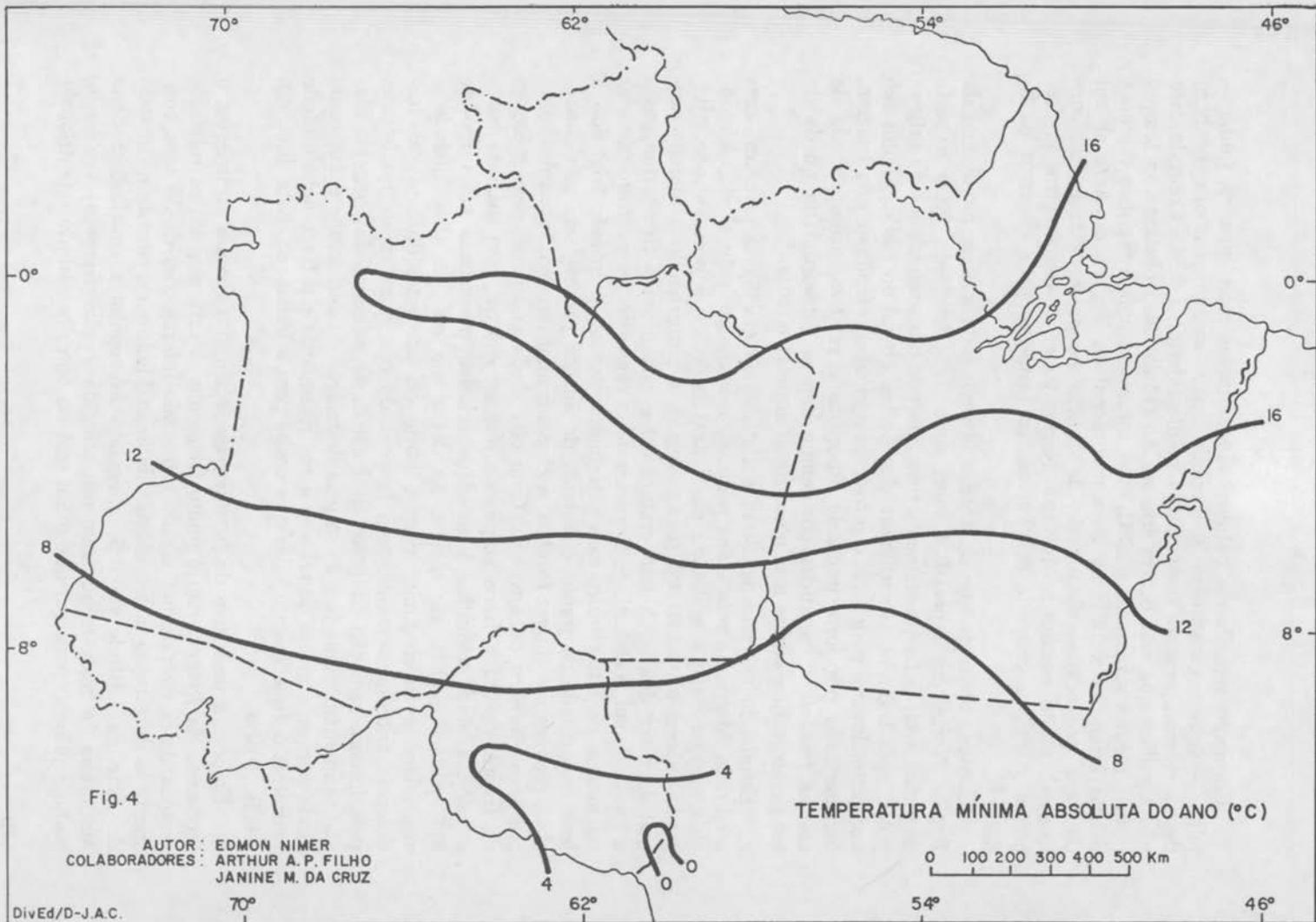


FIG. 3

TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA DO ANO (°C)

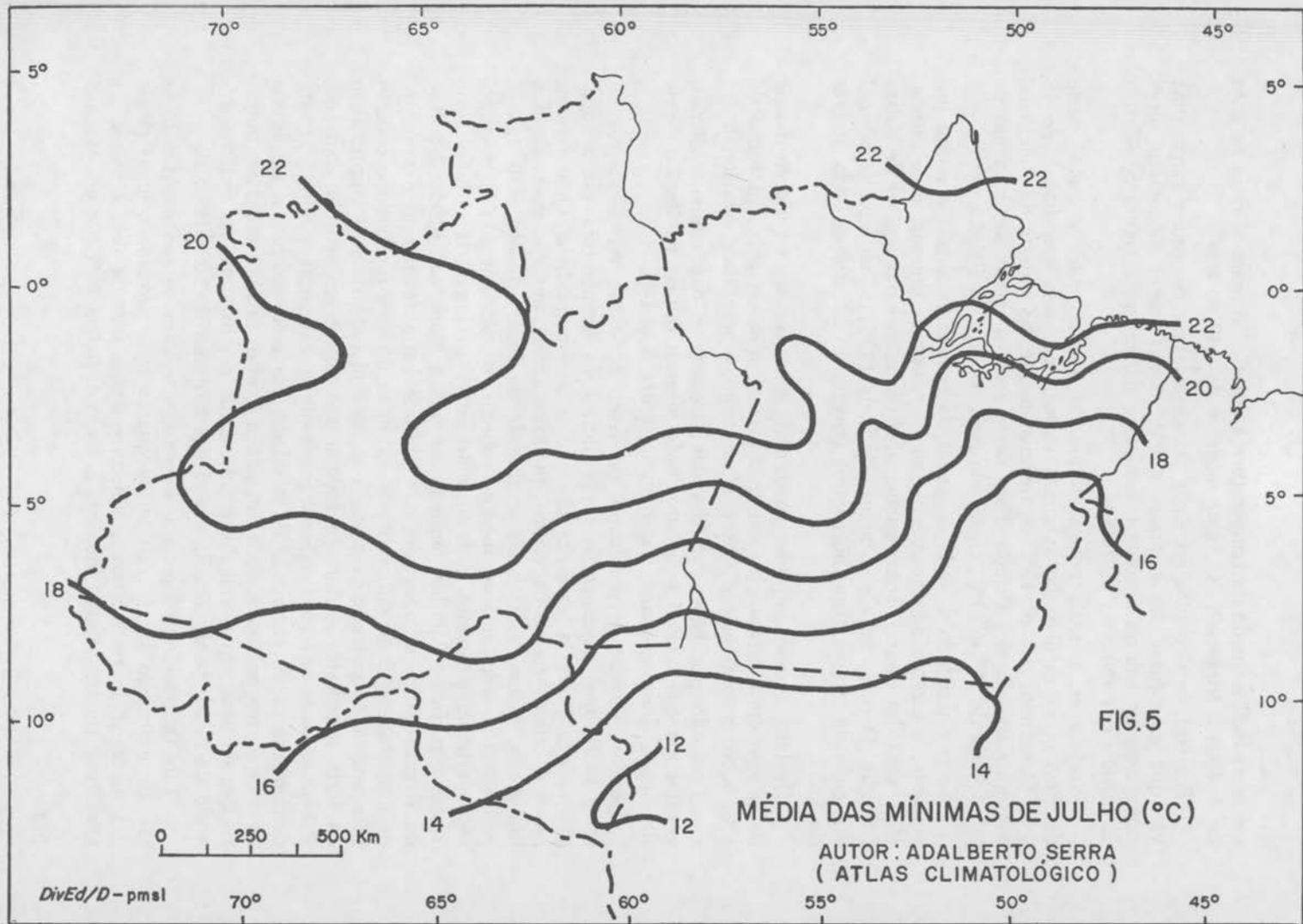


Enquanto setembro e outubro são os meses mais quentes, junho — julho — agosto constituem o período mais ameno, embora nenhum destes meses apresente temperatura média inferior a 22°C. Contudo, isto não significa que não ocorra frio na Amazônia. Não obstante as temperaturas médias superiores a 22°C, esses meses costumam registrar mínimas diárias inferiores a 12°C na zona meridional da Região, do Acre ao sul do Pará, por ocasião da invasão de *anticiclone polar* de trajetória continental, muito comum no inverno. Nestas zonas os termômetros já desceram a 0°C na chapada dos Parecis, conforme se pode observar na figura 4.

Convém observar que durante o inverno toda a zona meridional da Região Norte, em especial o setor sudoeste (Roraima, Acre e parte do Amazonas) é freqüentemente invadido por tais *anticiclones* de origem polar, após transpor a cordilheira dos Andes, ao sul do Chile. Alguns são excepcionalmente poderosos e provocam o chamado fenômeno da *friagem*, caracterizado por forte umidade específica e relativa, acompanhada de chuvas *frontais* e sucedidas por tempo bom e extraordinária queda de temperatura que atinge a mínima como aquelas citadas.

Estudando as *friagens*, Serra e Ratisbonna (1945) escreveram: com a entrada do grande *anticiclone polar*, de movimento lento, devido à reduzida energia de que é dotado nas baixas latitudes, a pressão sobe, atingindo valores elevadíssimos para a região, e perturbando a marcha normal da maré diurna. A temperatura cai e, sob o vento fresco que passa a soprar do sul, o céu atinge 10 partes de nuvens *estratos* e *estrato-cúmulos* ou mesmo de *alto-estrato*, caso seja muito elevada a invasão fria. Sob a lenta velocidade da *frente*, o sistema de nuvens persiste sem se desmanchar, provocando chuvas *frontais*. A chuva frontal termina, logo substituída por leve chuvisco ou nevoeiro. Com céu ainda encoberto pela presença da frente, resulta a fraca amplitude térmica diurna, com máxima baixa e mínima ainda elevada. A umidade relativa permanece em torno de 97%, podendo, aliás, ser menor. Só daí a um ou dois dias, quando o anticiclone avançou muito para o norte ou nordeste, diminui sua turbulência anterior, seguindo-se a limpeza do céu que produz finalmente, pela intensa radiação da noite, as baixíssimas mínimas da *friagem*. Elas não se mantêm, contudo, não só pela destruição do *anticiclone polar*, como ainda porque a massa de retorno à sua retaguarda e a fraca nebulosidade permitem o aquecimento solar que acaba com o fenômeno. Este dura, em média, 4 dias.

Embora a passagem de *frentes frias* seja muito comum no inverno, o fenômeno da *friagem* não é muito freqüente. A este respeito os referidos pesquisadores fizeram um estudo utilizando informações de 30 anos consecutivos da estação meteorológica de Sena Madureira, situada no Estado do Acre na latitude de 9°S, chegando às seguintes conclusões: Sena Madureira “é mais freqüentemente atingida (pelas *friagens*) em maio, junho e julho (época em que o Sol está no outro hemisfério setentrional)



e é mais fácil a queda da temperatura à noite". "Tornam-se raros os anos de 3, 4 ou 5 friagens". "O valor médio é de 2,4% ao ano".

Por isso, os declínios extremos de temperatura são muito raros, uma vez que as *médias das mínimas diárias* nesses meses são muito superiores àqueles valores absolutos, conforme demonstra a figura 5, relativa às *médias das mínimas de julho*.

Neste mês, o mais representativo do inverno para a maior parte da Região, as médias das mínimas variam, na zona meridional, de 18 a 14°C, embora seja de 12°C, aproximadamente, no sudeste de Rondônia, sobre a Chapada dos Parecis. Fora dessa zona, a média das mínimas de julho varia de 18° a 23°C, crescendo para o norte da Região.

Se por um lado a variação anual da temperatura não é muito importante, o mesmo não acontece com as *variações diurnas*. Este fato é, aliás, uma das características particulares dos climas das regiões de baixas latitudes. Decorre daí a constatação de Riehl (1954): "na faixa equatorial é o ciclo de temperatura diurna que governa os hábitos da vida através do ano".

De fato, embora latitudes equatoriais sobre o mar, a *variação diurna da temperatura permaneça*, em qualquer estação do ano, em torno de 1°C, sobre o continente ela excede, de muito, a amplitude estacional.

Tomando por base a média das máximas e das mínimas diárias, verificamos que a média da amplitude térmica diurna na Região Norte do Brasil, durante o ano, varia muito, entre 8 e 14°C.

Além da direção predominante do vento e de sua velocidade, os fatores locais que governam o curso diurno da temperatura são a topografia, a altitude, a natureza do solo e a nebulosidade. Quanto mais secos e calmos forem os ventos predominantes, quanto mais plana a topografia, quanto mais baixa a altitude do lugar, quanto mais raso e pedregoso o solo, quanto menos coberto e desprotegido por vegetação arbórea e quanto mais distante estiver o lugar da influência de vastas superfícies líquidas, tanto maior será a amplitude diária. No caso da Região Norte a topografia e a altitude baixa favorecem o aumento da amplitude diurna, entretanto, a natureza do solo profundo e coberto pela vegetação pujante da selva, e a notável rede de rios largos, além da forte nebulosidade durante todo o ano, agem em sentido contrário. É bem verdade que na Amazônia predominam calmarias, porém o ar está diariamente muito carregado de umidade. Por esses motivos a amplitude térmica diurna na Amazônia é um pouco inferior às registradas em outras regiões da zona equatorial do mundo, como por exemplo no sertão semi-árido do Nordeste do Brasil, abaixo das latitudes de 10 a 12° Sul.

Tais fatores frenadores da amplitude térmica diurna na Amazônia são, de um modo geral, mais ativos quanto mais próximo o lugar esteja das margens do rio Amazonas. Decorre daí o fato de que a média da amplitude térmica diurna, durante o ano, em Belém (9°C) e em Manaus

(8,7°C) é bem inferior à que se verifica em Sena Madureira, Estado do Acre 13,5°C.⁴

De qualquer forma, a oscilação térmica entre os dias e as noites na Região Norte do Brasil é de amplitude bem maior do que a oscilação estacional, principalmente quando verificamos a amplitude que é registrada nos dias que sucedem as chuvas *frontais* de inverno, quando o ar mais seco permite forte insolação diurna e intensa radiação noturna. Este fenômeno, aliás, concorre para a maior média da amplitude térmica diurna de Sena Madureira, local que, como vimos, está mais sujeito à invasão de *anticiclone polar*, por estar situado a sudoeste da Região Norte.⁵

⁴ Cumpre dizer que, em virtude da variação entre a temperatura do dia e da noite na zona de latitudes baixas ser muito sensível àqueles fatores acima citados, é natural esperar que este fenômeno se comporte de modo muito diferente no interior da Amazônia. Riehl (1954) diz que uma tão extrema variedade, mesmo dentro de pequenas distâncias, "ilustra o lugar importante que o clima local ocupa na meteorologia tropical".

⁵ Neste ponto tornam-se necessários alguns esclarecimentos. Neste trabalho não consta uma análise sobre a amplitude térmica anual pelos seguintes motivos: seria muito fácil para nós considerarmos a amplitude térmica anual como sendo a diferença entre a temperatura média do mês mais quente e do mês mais frio baseado em normais climatológicas conforme vem sendo, desde muitos anos, considerado por diversos autores em todo o mundo. Entretanto, este método tradicional, embora apresente resultados mais ou menos corretos no que diz respeito à tendência geral da distribuição deste fenômeno no espaço geográfico, não reflete nenhuma verdade sobre o mesmo. Os valores da amplitude encontrados através deste método são completamente falsos por dois motivos: 1.º tanto na temperatura média do mês mais quente como na temperatura média do mês mais frio estão contidos todos os registros da temperatura durante 24 horas, até mesmo as máximas e as mínimas. 2.º este método pretende encontrar a *normal* da amplitude utilizando outras normais (das médias mensais), o que constitui um contra-senso. Sendo assim é fácil compreender que a amplitude térmica anual baseada nesse método é muito modesta em relação aos valores realmente verificados.

Se pretendemos estudar a real amplitude térmica anual de determinado lugar, temos que encontrar a diferença entre a média das máximas e das mínimas diárias de cada mês para cada ano, através de 30 anos mais ou menos. De posse desses valores, obteremos não apenas a verdadeira média da amplitude térmica *normal*, como, ainda, os valores mais freqüentes e os mais raros.

Se procedermos desta maneira, certamente verificaremos que a amplitude térmica anual nas latitudes mais meridionais da Amazônia não é de tão pouca importância, notadamente no Acre e Rondônia onde, no inverno, é comum a chegada de frentes frias de origem subpolar.

Incorreção semelhante se verifica em relação à amplitude térmica diurna, cujo método tradicional considera este fenômeno uma resultante da diferença entre a média das máximas do mês mais quente e a média das mínimas do mês mais frio (ambos valores *normais*) para a média da amplitude térmica diurna ao ano; e a diferença entre a média das máximas e das mínimas de cada mês (sempre baseado em *normais*) para a média da amplitude térmica diurna de cada mês.

Os valores da amplitude diurna encontrados através deste método são tão artificiais que não merecem maiores críticas. A única maneira que permite medir a média da amplitude térmica diurna consiste em medir a amplitude de *cada dia* (diferença entre a máxima e a mínima) e, a partir daí, obter a média da amplitude diurna de *cada mês e ano*. Somente, então, com base nestes últimos valores, chegaremos a conhecer as *normais* deste fenômeno. Assim procedendo, obteremos não apenas as verdadeiras *normais* da amplitude térmica anual e mensais, como

3 – DOMÍNIO DE CHUVAS ABUNDANTES

Se em relação à temperatura, a Região Norte apresenta, como vimos, uma certa homogeneidade espacial e estacional, ou seja, pouca variedade térmica ao longo de seu território e uma variação estacional pouco significativa, o mesmo não acontece em relação à pluviosidade.

Em virtude dos sistemas de *circulação perturbada* que descrevemos, a Região Norte constitui o domínio climático mais chuvoso do Brasil, ou seja, o de maior total pluviométrico anual, conforme se pode observar na figura 6, relativa ao mapa de *isoietas anuais*. Este aspecto é mais importante no litoral do Amapá, na foz do rio Amazonas e no setor ocidental da Região, cuja pluviometria excede a 3.000 mm. Entre ambos, um *corredor* menos chuvoso, de orientação NW-SE, de Roraima a leste do Pará, passando pela zona do médio Amazonas, apresenta um total com cerca de 1.500 a 1.700 mm. As áreas mais pluviosas são justamente aquelas onde com mais frequência se dá a sobreposição das chuvas de W da mEc e de N da CIT. O citado *corredor* menos chuvoso corresponde à área onde são menos frequentes as chuvas desses dois sistemas de circulação.

Entretanto, essas precipitações não se repartem igualmente durante o ano. As médias da *amplitude pluviométrica anual* (diferença entre a pluviometria do mês mais chuvoso e do mês menos chuvoso) é das maiores do Brasil, sendo mais notável no sul entre os Estados do Amazonas e Pará (300 a 400 mm) e no litoral do Amapá e foz do rio Amazonas (500 a 660 mm). Estes últimos índices são os maiores do Brasil (Fig. 7). Apenas o setor noroeste do Estado do Amazonas possui amplitude insignificante (200 mm). Trata-se de área onde a circulação de oeste se mantém mais constante durante todo o ano.

Embora o *período chuvoso* na Região Norte seja representado pelos meses do verão-outono, ao norte dos paralelos de 2 a 5° Lat. Sul, o *máximo pluviométrico* geralmente se dá no outono e o *mínimo* na primavera. Este regime pluviométrico decorre do seguinte: no outono, além da incidência de chuvas de oeste de IT da mEc ser um pouco maior que no verão, estas chuvas se combinam com as chuvas de norte da CIT que, no outono, possuindo uma posição média mais meridional, atingem mais frequentemente as áreas setentrionais da Região Norte. Ao contrário, na primavera as *correntes perturbadas* de N (CIT) acham-se muito des-

ainda nos será permitido conhecer os índices de maior frequência e os mais raros, no que diz respeito às amplitudes de *cada ano* e de *cada mês em todos os anos*, conforme o método dinâmico da *climatologia moderna*.

A medição da amplitude térmica anual e diurna através deste método não foi ainda realizada no Brasil, e o tempo necessário à sua execução não permitiu que tais estudos fossem incluídos na análise climatológica deste trabalho. Contudo, esperamos assim proceder baseados nas pesquisas a serem brevemente iniciadas com esta finalidade, no *Setor de Climatologia da Fundação IBGE*. Por ora, estudamos a temperatura através de novos enfoques que, embora não invocando todos os aspectos importantes do seu regime anual, nos forneceu uma idéia quase completa da real variação deste fenômeno, inserido nas características climáticas da Região Norte.

locadas sobre o hemisfério norte e raramente descem ao hemisfério sul, ficando a Região Norte na dependência quase que exclusiva das chuvas de oeste de IT, que nesta época do ano começam a rarear ao norte daqueles paralelos.

Ao sul dos referidos paralelos o *máximo* pluviométrico se dá no *verão* e o *mínimo* no *inverno*. Este regime resulta do seguinte: durante o *verão*, enquanto diminui a incidência de chuvas de oeste ao norte daqueles paralelos, ao sul dos mesmos ela aumenta. Ao contrário, no *inverno*, a mEc estando deslocada para NW sobre a Colômbia, sua circulação de W propicia chuvas freqüentes apenas a oeste do Estado do Amazonas especialmente a noroeste. Sendo assim, o verão fica na dependência quase exclusiva das chuvas do sistema de circulação de N que, como vimos, possui forte declínio para o S, e das chuvas do sistema de circulação S das *frentes polares*, cujas invasões, além de serem pouco numerosas, acarretam chuvas geralmente pouco copiosas.

O Território de Roráima e o extremo setentrional do Estado do Amazonas constitui um caso a parte. Estando esta área localizada no hemisfério norte, seu regime de chuvas é justamente o inverso do que se verifica na zona meridional da Região Norte, ao sul daqueles referidos paralelos. O *máximo* pluviométrico se dá no *inverno* e o *mínimo* no *verão*. Entretanto, como se trata de áreas do hemisfério norte, essas estações correspondem ao *verão* e ao *inverno boreais*, respectivamente. A figura 8, relativa às *épocas do trimestre mais chuvoso*, fornece maiores detalhes a este respeito.

Desse ritmo estacional da precipitação resulta que apenas uma porção relativamente pequena do território da Região Norte do Brasil não possui sequer 1 mês seco. Trata-se do setor centro-ocidental da Região e do pequeno núcleo em torno de Belém, capital do Pará.

A inexistência de seca no setor centro-ocidental é uma decorrência de chuvas abundantes do sistema de W durante o verão, outono e primavera, e da associação destas com as chuvas do sistema de circulação N no outono e inverno, ao norte, e dos sistemas de W e S no inverno, ao sul. A inexistência de seca em Belém, incrustada numa área onde o período seco dura 1 a 2 meses decorre, exatamente, de influências locais, cujas causas estão ainda por serem pesquisadas.

Em torno destas áreas, sem seca, existe uma estreita faixa que, embora não apresentando um mês seco sequer, seu mínimo pluviométrico estacional é tão sensível a ponto de determinar uma estação subseca.⁶

Excluindo estas áreas, todo o restante do território regional possui, normalmente, um período caracteristicamente seco de pelo menos 1 mês.

⁶ Para a determinação de seca adotamos a fórmula $P \geq 2T$ de Gausson e Bagnouls (1953). Estes autores, com base em trabalhos de ecologia vegetal, consideram seco aquele mês em que o total das precipitações em milímetro, (P) é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em graus Celsius (T). Nas áreas que não possuem período seco, aplicamos a fórmula $P \geq 3T$, de Walter e Lieth (1960), determinante de estação subseco.

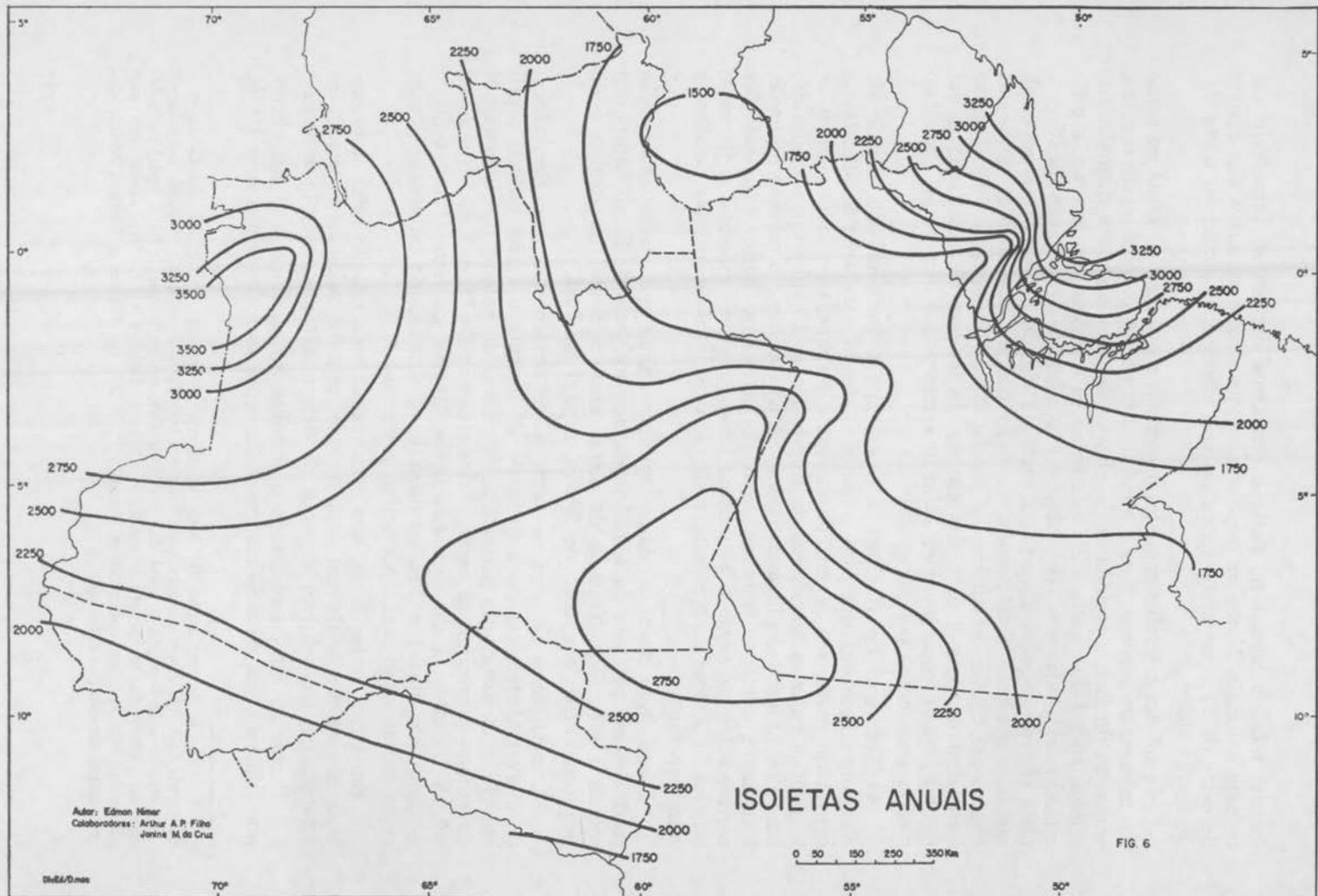
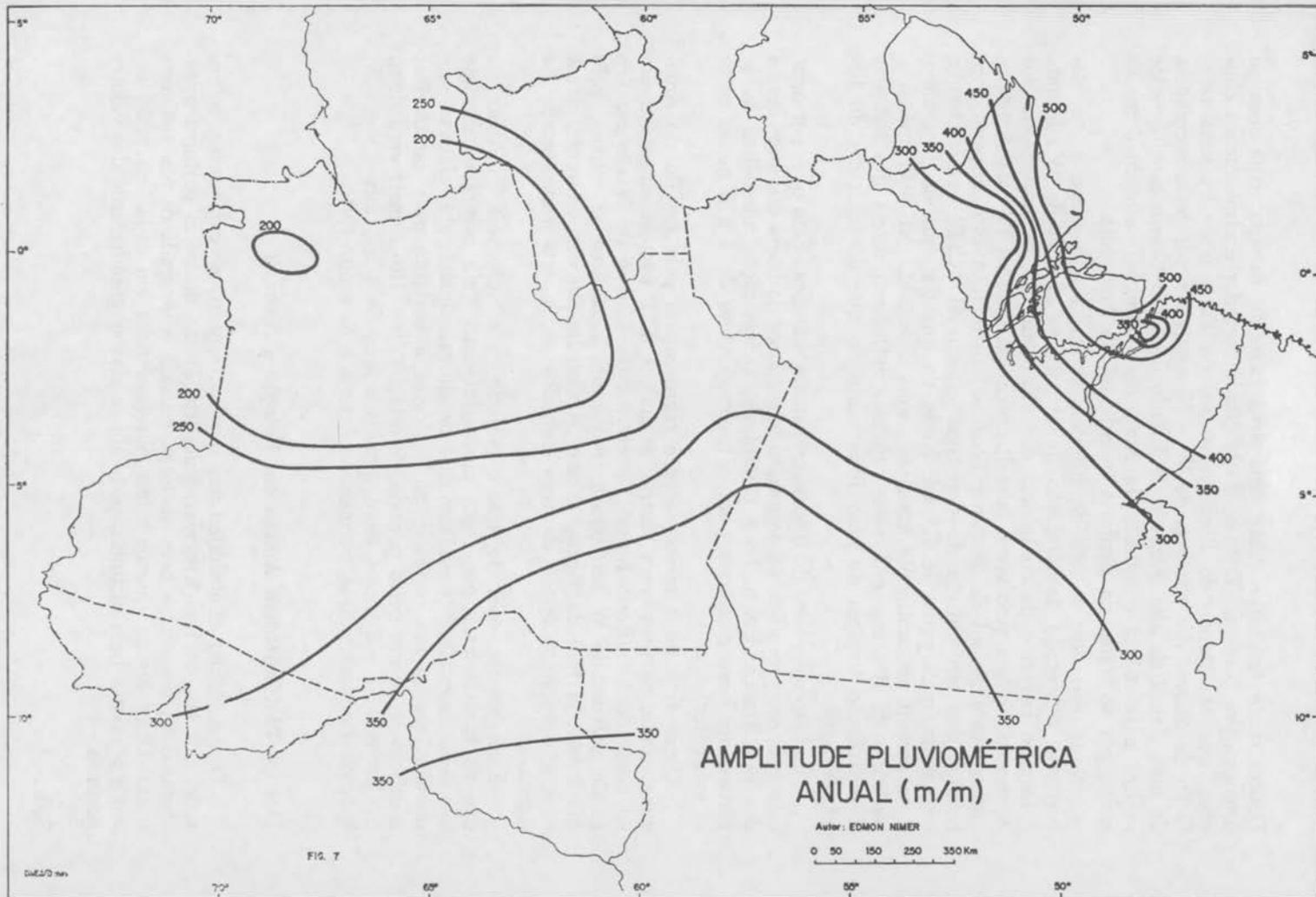


FIG. 6



Dentro deste território existe uma área bastante extensa, cuja seca se prolonga por 3 meses. Trata-se do já citado *corredor* central, menos chuvoso, que se estende de Roraima ao sul do Pará, onde há uma rarefação de chuvas dos sistemas de W e N, motivada por certa constância de uma *dorsal de alta*. Através do Estado de Mato Grosso este *corredor* se liga a Rondônia e sudeste do Acre, onde também ocorrem 3 meses secos, por se tratar da periferia meridional da Amazônia.

Neste *corredor*, o leste de Roraima possui 4 a 5 meses secos, decorrentes sobretudo da rarefação de chuvas do sistema de W, durante o inverno boreal e da constância dos alísios de NE do *anticiclone dos Açores*, durante a primavera boreal, época em que a CIT está mais frequentemente ao sul de Roraima (outono austral). A este respeito lembramos que em virtude da depressão equatorial (CIT) estar situada, em média, mais perto de 5.º lat. Norte do que do equador geográfico, e de possuir no continente americano uma orientação NE-SW, apenas o território de Roraima está mais sujeito à influência direta dos sistemas de circulação tropical do hemisfério norte do que dos sistemas do hemisfério sul.

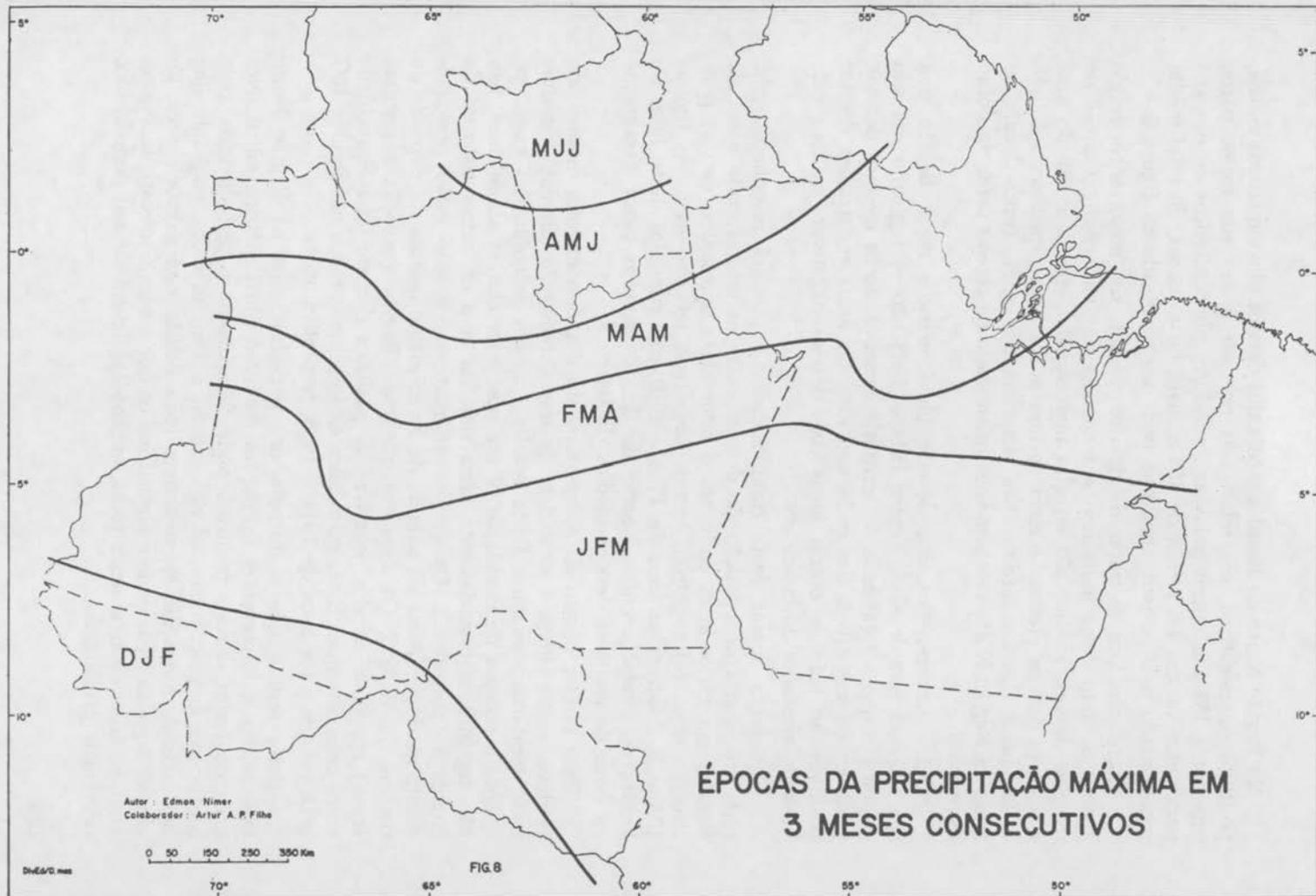
Ainda sobre o leste de Roraima, chamamos atenção para que, por estar esta área compreendida na depressão topográfica da bacia dos altos cursos dos rios Branco, Essequibo e Corantyne, a dessecação adiabática do ar certamente deve concorrer para o prolongamento de 4 a 5 meses secos aí existentes.

Outra área de 3 meses secos é representada pela foz do rio Amazonas onde, na primavera austral, estando a CIT frequentemente muito ao norte do hemisfério boreal, as chuvas do sistema de N são raras e as do sistema de W são pouco frequentes. Esta área se estende pelo Maranhão, já fora da Região Norte. A distribuição das diferentes áreas com a duração e época de seus períodos secos, está representada na figura 11.

Esclarecemos, contudo, que o período ou estação seca na Amazônia não se caracterizam por secas muito intensas. Pelo contrário, durante tais secas, normalmente ocorrem dias de chuva, algumas até relativamente intensas, porém sua insuficiência ecológica é bastante para caracterizar a existência de um curto período de estação seca. Isto é mais verdadeiro nas áreas de 1 a 2 meses secos, porém a área de 4 a 5 meses secos do leste de Roraima possui, normalmente, uma seca muito forte.

Desvios Pluviométricos Anuais em Relação a Normais

O mecanismo atmosférico nas regiões tropicais se caracteriza, sobretudo, por sua notável irregularidade, isto é, sua dinâmica costuma apresentar comportamentos bem distintos, quando comparada de um ano para outro. Disto resulta que os totais pluviométricos em cada ano estão sujeitos a valores bem distintos, podendo se afastar grandemente dos valores *normais*.



Na Região Norte do Brasil a média dos desvios pluviométricos anuais, positivos ou negativos, em relação às *normais* é, em sua maior parte, superior a 15%. Em outras palavras, os valores pluviométricos de um ano para outro variam em média de 15% a mais, ou a menos, do total médio representado pela normal, conforme pode ser verificado na figura 9.

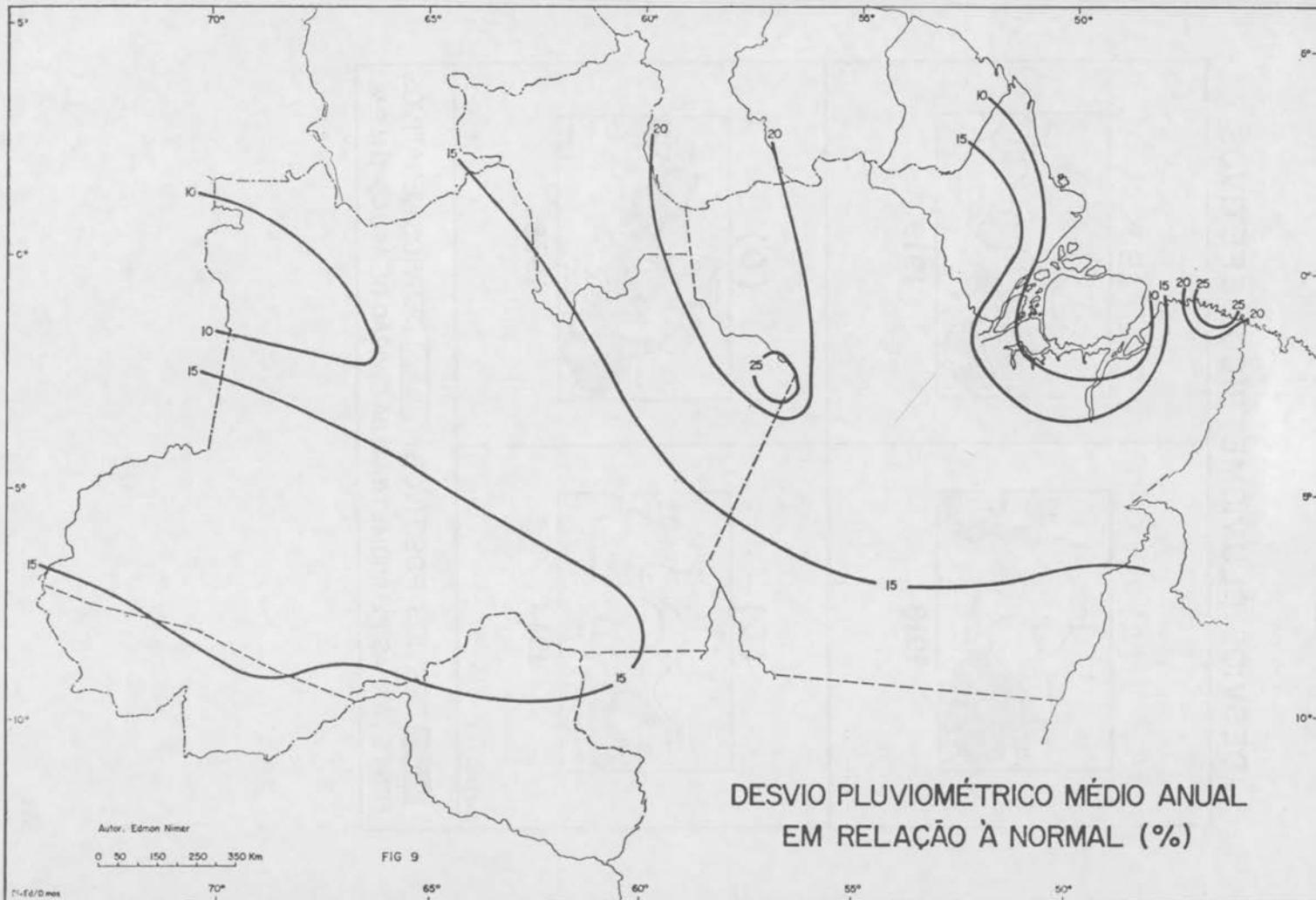
Entretanto, por se tratar de desvios médios, sua importância reside apenas no fato deles indicarem a tendência das variações: as áreas de maiores desvios médios são aquelas mais sujeitas, em determinado ano, a maiores desvios efetivos e estes costumam ser bem superiores aos indicados pelos desvios médios. Em determinados anos, certos locais ou áreas da Região Norte recebem uma quantidade de chuvas cerca do dobro da *normal*.

Outra característica dos desvios pluviométricos nessa Região é a sua extrema complexidade: entre 1914 e 1938 não se registrou um ano sequer em que a totalidade do território apresentasse os mesmos desvios, positivos ou negativos. Em cada ano extensas áreas registraram desvios positivos, ao lado de outras áreas com desvios negativos, muitas vezes bastante afastados do índice zero.

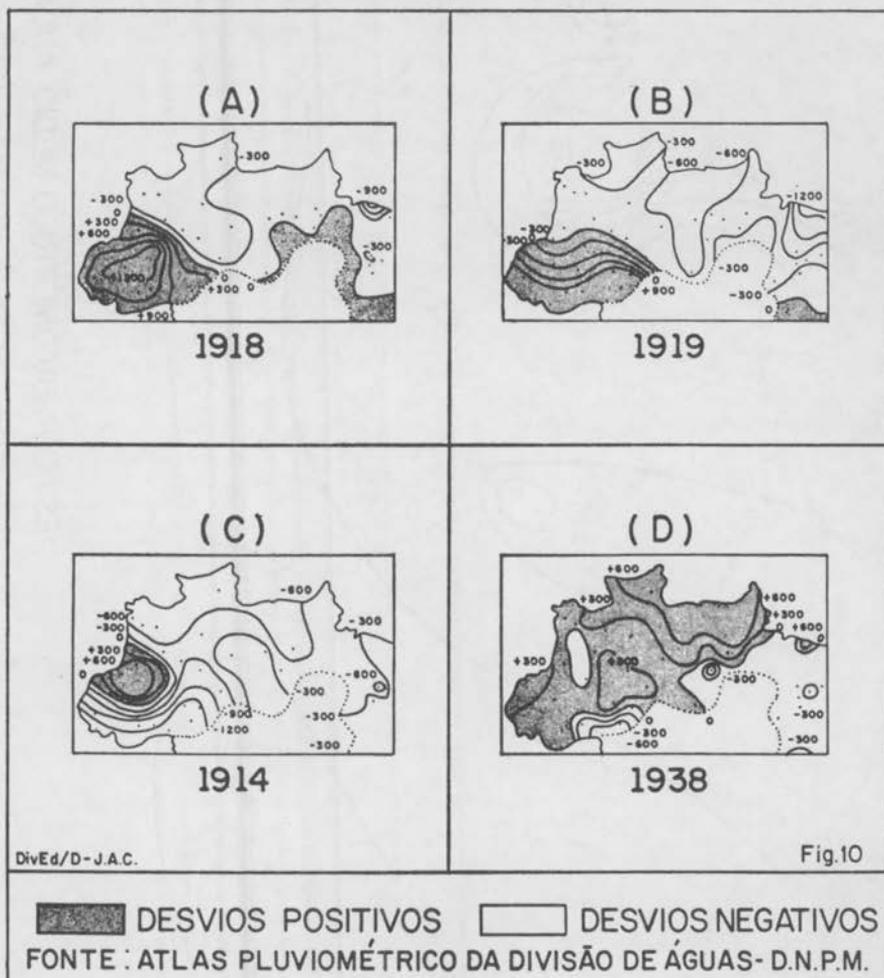
Entretanto apesar desta complexidade, é possível reconhecer uma certa frequência de oposição de desvios entre os setores norte e sul da Região: em vários anos, enquanto o setor norte apresentou desvios positivos, o setor sul registrou desvios negativos, ou vice-versa. As figuras 10A e B, relativas aos anos de 1918 e 1919, são exemplos deste fato. Os limites do contacto entre o setor de desvios opostos passa geralmente na faixa de menores desvios médios da figura 9.

Esse carácter oposto do comportamento dos desvios num mesmo ano se deve, como vimos, à existência de três sistemas de circulação *perturbada* semi-independentes. Disto resulta que em determinados anos, enquanto o sistema de circulação N faz precipitar chuvas abundantes, isto não significa, necessariamente, uma simetria com os outros sistemas de circulação perturbada. Os desvios ao norte da Região estão principalmente na dependência do sistema de N, enquanto que ao sul depende do sistema de W e S. Os anos em que toda Região (excção a restritas áreas) apresenta desvios negativos ou positivos decorre da reciprocidade entre esses sistemas. Esses raros anos estão representados nas figuras 10C e D, relativos aos anos de 1914 e 1938, respectivamente.

Disto resulta que a duração dos períodos secos na Região Norte está sujeita a importantes flutuações da maré pluviométrica anual. Nos anos de fortes desvios positivos pode desaparecer o período seco, pelo menos nas áreas cuja *normal* não excede a 3 meses secos, enquanto que nos anos de fortes desvios negativos toda Região está sujeita à seca, inclusive aquelas áreas onde a *normal* indica que a seca é inexistente. Nestes anos, as áreas de três meses secos, em média, devem ter seu período seco bem mais prolongado.



DESVIOS PLUVIOMÉTRICOS EFETIVOS



4 – PRINCIPAIS DIFERENCIAÇÕES CLIMÁTICAS

Levando-se em conta o *regime de temperatura*, toda Região Norte possui *clima quente*, uma vez que todos os meses se mantêm com temperatura média superior a 22°C. É bem verdade que as áreas meridionais dessa Região, especialmente o sudoeste, costumam registrar bruscos e fortes declínios de temperatura no inverno, após a invasão de poderoso *anticiclone polar*. Porém, em virtude das constantes temperaturas elevadas, estas situações, tão raras, não chegam a afetar de modo significativo as médias mensais ao ponto de determinar um novo domínio climático.⁷

Entretanto, levando-se em conta o *regime de umidade* ou, mais especificamente, a *existência ou inexistência de seca* e o *regime de duração dos períodos secos*, verificamos que este domínio de *clima quente* possui áreas bem diferenciadas que determinam 3 fácies ou subdomínios climá-

⁷ Antes de passarmos às diferentes categorias de climas da Região Norte, tornam-se indispensáveis alguns esclarecimentos. Não adotamos para esse fim nenhum critério classificatório tradicional. Este comportamento permite ao climatologista selecionar os aspectos climáticos mais importantes, estabelecendo limites índices expressivos em determinada região. Deste modo, o climatologista não apenas foge dos enquadramentos pré-estabelecidos pelos critérios tradicionais, como ainda pode utilizar parcialmente diversos critérios de diferentes autores, naquilo que lhe parece significativo. Por exemplo, no critério classificatório aplicado nesta pesquisa usamos do critério Köppen a média de 18°C para o mês mais frio como limite entre os climas *quentes* (mais 18°C) e *subquentes* (menos 18°C), embora o referido autor, como sabemos, utilizasse essa isoterma mensal como limite entre os climas *tropical e temperado*. Da mesma forma, utilizamos o critério de Gaussen e Bagnouls (1953) no que diz respeito à determinação de mês seco, bem como das isothermas mensais de 15 e 10°C do mês mais frio como limite entre os climas *subquentes* (18 a 15°C), *mesotérmico brando* (15 a 10°C) e *mesotérmico médio* (10 a 0°C), embora com denominações diferentes daquelas utilizadas por esses autores.

Os outros aspectos aqui abordados foram estabelecidos por nós em consonância com o *critério livre* para o qual selecionamos os aspectos e os índices que consideramos expressivos na climatologia da Região Norte. Assim é que a consideração de climas *superúmidos, úmidos, semi-úmidos, semi-áridos e desérticos*, com suas diversas variedades: *superúmido* (sem seca ou com subseca), *úmido* (com 1 a 2 ou 3 meses secos), *semi-úmido* (com 4 a 5 meses secos), *semi-árido brando* (com 6 meses secos), *mediano* (com 7 a 8 meses secos), *forte* (com 9 a 10 meses secos), *muito forte* ou *subdesértico* (com 11 meses secos) e *desértico* (com 12 meses secos), está baseada na relação existente entre esta seqüência e a vegetação natural. No Brasil (com exceção de algumas áreas da Região Sul), a ausência de seca está sempre relacionada às áreas florestais; a existência de 1 a 2 meses secos é *quase sempre* acompanhada de florestas, e as áreas de 3 meses secos estão relacionadas às áreas de transição onde, na maioria das vezes, aparecem florestas semidecíduas, enquanto que as áreas de 4 a 5 meses secos se relacionam *quase sempre* com o cerrado. Enquanto isso, as áreas com 6 ou mais meses secos estão relacionadas à caatinga, sendo que, geralmente, as áreas de 6 meses secos correspondem a uma caatinga predominantemente arbórea ou de transição, as de 7 a 8 meses à caatinga predominantemente arbustiva e a de mais de 9 meses, à caatinga herbácea, sendo mais rala nas áreas de 11 meses secos.

A adoção deste critério permite ainda introduzir na climatologia tradicional de determinada região, conhecimentos relativos à climatologia *dinâmica* (climatologia *moderna*) sempre que for possível. Este último comportamento também norteou este estudo. Dele deriva o conceito de climas *tropicais, temperados*, etc.

ticos: *superúmido* sem seca (área ocidental da Amazônia e Belém, capital do Pará); *superúmido* com subseca (periferia dessas áreas); *úmido* com 1 a 2 meses secos (maior parte do nordeste do Pará e do Amapá); *úmido* com 3 meses (amplo corredor que se estende de Roraima ao sul do Pará, além de Rondônia e leste do Acre), e *semi-úmido* com 4 a 5 meses secos (leste de Roraima).

Considerando a *marcha estacional de precipitação* e os *sistemas de circulação atmosférica* que lhes dão origem, verificamos que os climas *superúmidos* (sem seca ou com subseca) e os climas *úmidos* (com 1 a 2 ou 3 meses secos) são caracteristicamente *equatoriais*, embora estes últimos apresentem caráter transicional para tropical, tornando-se tipicamente *tropicais* na área de clima semi-úmido (com 4 a 5 meses secos). Verificamos ainda que no clima equatorial tanto no *superúmido* quanto no *úmido*, os paralelos de 2 a 5° sul dividem a Região Norte em duas zonas: ao sul o máximo pluviométrico se dá no verão e o mínimo no inverno (regime característico do Brasil Central); enquanto que ao norte o máximo se verifica no outono e o mínimo na primavera (regime característico da zona equatorial sul-americana).

Considerando em conjunto os regimes térmicos e pluviométricos, ou seja: a média compensada do mês mais frio; a existência ou não de seca; a duração dos períodos secos: a marcha estacional das precipitações e os sistemas de circulação atmosférica, chegamos ao seguinte quadro climático na Região Norte.⁸

DOMÍNIOS CLIMÁTICOS	SUBDOMÍNIOS CLIMÁTICOS	VARIEDADES CLIMÁTICAS (°)	TIPO
QUENTE.....	SUPERÚMIDO	Sem seca	Equatorial
		Com Subseca	
	ÚMIDO	De 1 a 2 meses secos	Tropical
		De 3 meses secos	
	SEMI-ÚMIDO	De 4 a 5 meses secos	

CONCLUSÕES

a) A Região Norte enquadrada na Amazônia é, juntamente com a Região Sul, a de maior homogeneidade e unidade climática do Brasil.

⁸ No mapa que se segue, referente à figura 12, estão identificados os postos meteorológicos utilizados no mapa *Diferenciações Climáticas* (Fig. 11). O número que aparece ao lado de cada posto refere-se à altitude em que está situado cada posto.

Nas últimas páginas desta unidade III aparecem alguns gráficos *ombrotérmicos* representativos das diversas variedades climáticas que compõem o quadro climático da Região Norte (Figs. 13-1 a 13-8).



Fig. 13-1 TARAQUÁ (AM) - Clima QUENTE e SUPERÚMIDO
Tipo Equatorial - Sem Seco com mínimo pluviométrico
na primavera

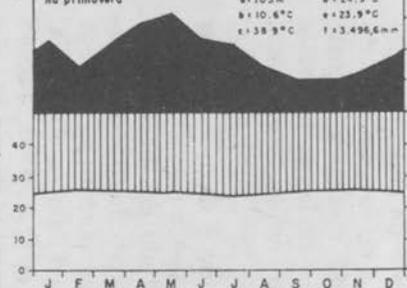


Fig. 13-2 TEFÉ (AM) - Clima QUENTE e SUPERÚMIDO
Tipo Equatorial - Sem Seco com mínimo pluviométrico
no inverno

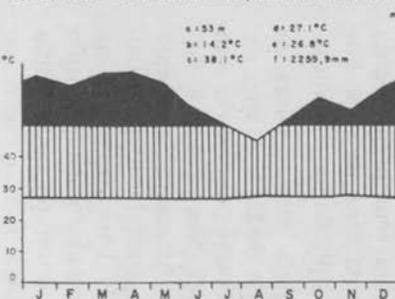


Fig. 13-3 MANICORÉ (AM) - Clima QUENTE e SUPERÚMIDO
Tipo Equatorial com Sub-Seco no inverno

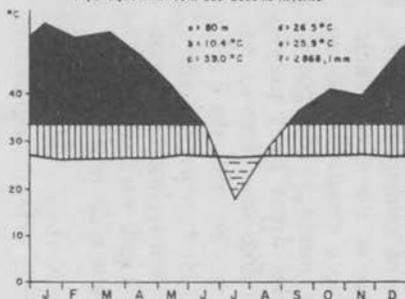


Fig. 13-4 MAUÉS (AM) - Clima QUENTE e ÚMIDO Tipo
Tropical - Com Seco de primavera (2 meses)

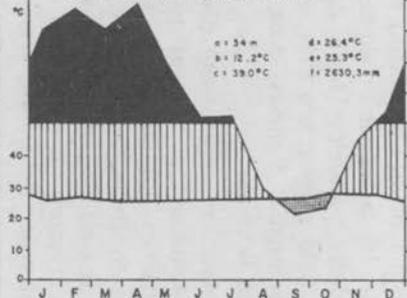


Fig. 13-5 ALTO TAPAJÓS (PA) - Clima QUENTE e ÚMIDO Tipo
Tropical - Com Seco de inverno (2 meses)

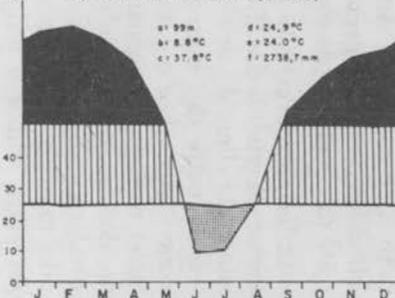


Fig. 13-6 SANTARÉM (PA) - Clima QUENTE e ÚMIDO Tipo
Tropical - Com Seco de primavera (3 meses)

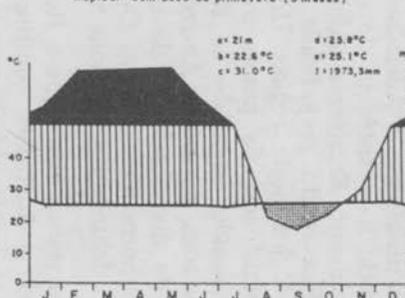


Fig. 13-7 CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA (PA) - Clima QUENTE e
ÚMIDO - Tipo Tropical - Com Seco de inverno (3 meses)

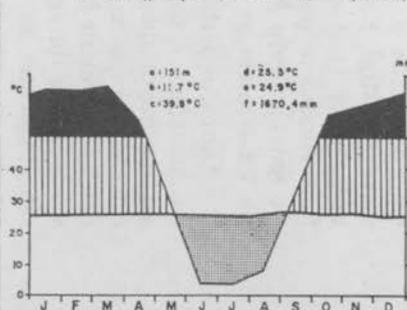
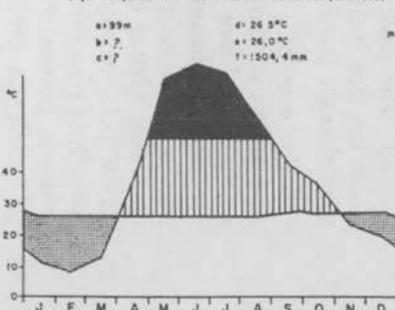


Fig. 13-8 BOA VISTA (RO) - Clima QUENTE e SEMI-ÚMIDO
Tipo Tropical - Com Seco de inverno Boreal (3 meses)



LEGENDA

Fig. 13

- a = altitude da passa
- b = mínima absoluta
- c = máxima absoluta
- d = média do ano
- e = média do mês mais frio
- f = altura média da precipitação anual

- Curva das médias mensais da temperatura
- Curva dos totais mensais de precipitação
- Período úmido altura da precipitação > 100mm
- altura da precipitação < 100mm
- Período seco
- Período sub-seco

b) Sua homogeneidade e unidade são mais evidentes em se tratando da distribuição da temperatura, porém, tratando-se de suas características hídricas, verificamos que a Amazônia possui numerosos *fácies* cuja distinção varia desde a inexistência de mês seco até a existência de 5 meses secos, normalmente. Entretanto a delimitação geográfica dessas variedades climáticas fica muito prejudicada pela rarefação de postos de observação meteorológica nesta região. Uma das áreas mais prejudicadas pela quase inexistência de postos meteorológicos refere-se ao citado *corredor* menos úmido estendido de Roraima ao sul do Pará, passando pela chamada zona do médio Amazonas. Neste *corredor* reconhecemos a existência de diversos locais de clima sensivelmente menos úmido com 4 a 5 meses normalmente secos. Outros locais ou áreas *semi-úmidas* seriam por certo delimitadas, não fora a ausência de postos.

c) Entretanto, não resta dúvida que a Região Norte do Brasil, embora não abarcando toda a Amazônia, constituía mais extensa região de *clima quente superúmido* ou *úmido* do mundo.

d) Por diversos motivos, o clima da Amazônia tem permanecido como um dos menos conhecidos. Isto tem gerado uma série de conceitos parcialmente incorretos e até mesmo falsos de suas propriedades climáticas.

Por exemplo, ao pretender encontrar uma analogia entre o clima da Amazônia e o clima *guineense* do critério classificatório de E. de Martonne, ao qual este autor denominou de clima do tipo equatorial (de acordo com conceitos tradicionais), reside parte dos motivos que têm levado à dispersão de imperfeições conceituais sobre o clima da Amazônia: enquanto na Guiné (bacia do Congo) o ritmo estacional da precipitação se caracteriza pela existência de dois máximos equinociais bem definidos, na Amazônia somente as latitudes muito próximas do equador possuem duplo máximo, porém o segundo máximo, além de ser muito pouco definido (a queda de precipitação entre ambos é insignificante), não ocorre no equinócio, enquanto na Guiné não há, a bem dizer, uma estação seca; em quase toda a Amazônia há um apreciado declínio de chuvas na primavera austral, nas latitudes próximas ao equador e no inverno nas latitudes mais afastadas desse paralelo. Deste declínio resulta que quase toda Amazônia possui, pelo menos, um mês *seco* e em largas extensões de seu território há em média, 3 meses secos, além do registro normal de 4 a 5 meses secos em Roraima.

Outro importante conceito amplamente divulgado é de que o clima da Amazônia é constantemente quente sem que suas temperaturas apresentem importantes variações durante o ano. O estudo da sucessão dos tipos de tempo, no entanto, indica nitidamente que este fato só é verdadeiro se se referir à planície ao longo do rio Amazonas, porém não é menos verdade que durante o inverno, em vasta área do sudoeste da Amazônia, são freqüentes as penetrações de *frentes frias* de origem polar, ocasião em que os termômetros descem brusca e sensivelmente, atingindo, não

muito raramente, nas situações de *friagens*, 18 a 14°C nas margens do rio Amazonas e descendo entre 14 a 10°C nos territórios do Acre, Rondônia e norte de Mato Grosso. Nestas áreas o termômetro já desceu a 4°C nas superfícies baixas e a 0°C nas superfícies elevadas da chapada dos Parecis. Estes fatos nos permitem dizer que o clima da Amazônia é quente durante quase todo ano, porém, no inverno há uma sensível diminuição da temperatura em largas extensões de seu território durante poucos dias.

A respeito ainda do clima da Amazônia muito já se discutiu e tem-se ainda discutido, através de livros, revistas e jornais de seriedade científica duvidosa, a respeito de sua possível *impropriedade* à civilização. Alegam alguns que a Amazônia, por ser região úmida e quente, tem um clima *insalubre*, opondo-se, por isso, ao estabelecimento de uma civilização progressista. Acontece que o clima da Flórida, progressista unidade dos EUA é também quente e úmido durante, pelo menos, a metade do ano. Quente e úmido é também o clima de largas extensões da África do Sul e Sudeste da Ásia, da Oceânia, da América Central e de outras regiões da América do Sul que, não obstante sua *insalubridade*, têm sido, desde há vários séculos, motivo de interesse de ocupação por parte de povos de regiões mais desenvolvidas. Se a Amazônia, por seu clima quente e úmido, fosse *imprópria* às sociedades progressistas, a ampla região litorânea do Brasil tropical, estendida da Paraíba ao Rio de Janeiro, por ser também, quente e úmida, não teria, igualmente, condições para abrigar a densa população que nela vive, com alguns dos centros urbanos mais importantes dentre os quais, Salvador e Rio de Janeiro, que já foram capitais nacionais. Além disso, o Estado de São Paulo, a mais importante unidade federada do Brasil, por sua população e desenvolvimento econômico, possui, também, clima úmido e, na maior parte do seu território, quase tão quente quanto a Amazônia, durante o verão climático que dura de 4 a 5 meses.

Portanto, a *impropriedade* do clima na Amazônia carece de fundamento científico.

BIBLIOGRAFIA

- 1) GAUSSEN, H. e BAGNOULS, F. — *Saison Seche et indice Xerothermique*, pp. 47, Faculté de Sciences, Toulouse. 1953.
- 2) NIMER, Edmon — *Climatologia das Regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil — Revista Brasileira de Geografia* — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1971.
- 3) RIEHL, Herbert — *Tropical Meteorology*, pp. 322, First Edition, Mc Graw-Hill Book, Company, Inc. — New York. 1954.
- 4) SERRA, Adalberto e RATISBONNA, L. — *As Ondas de Frio da Bacia Amazônia, Boletim Geográfico*, Ano III, n.º 26, pp. 172-207 — IBG — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1945.

- 5) SERRA, Adalberto — Chuvas de Primavera no Brasil — Chuvas de Verão no Brasil — Chuvas de Outono no Brasil — Chuvas de Inverno no Brasil, pp. 244, Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura — Rio de Janeiro. 1960.
- 6) SERRA, Adalberto — O Princípio de Simetria — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, pp. 337-439, IBG — Fundação IBGE. 1962.
- 7) WALTHER, H. LIEGTH, H. — Klimadiagram — *Weltatlas*, veb. Gustav Fisher, Verlag, Jena.

Climatologia da Região Centro-Oeste *

INTRODUÇÃO

Embora a Região *Centro-Oeste* não possua áreas serranas, a oposição entre suas vastas superfícies baixas (menos de 200m), as extensas chapadas sedimentares (entre 700 a 900 m e as elevadas superfícies cristalinas (de 900 a mais de 1.200 m de altitude) somadas a uma extensão latitudinal que suplanta a das demais regiões brasileiras (entre 5 e 22° lat. Sul), confere-lhe uma diversificação térmica ao longo de seu território, somente superada pela que se verifica na Região Sudeste do Brasil.

Enquanto estes dois fatores geográficos (relevo e latitude) levam à diversificação térmica, o mecanismo atmosférico, determinando uma marcha estacional de precipitação pluviométrica semelhante (máximo no verão e mínimo no inverno) atua no sentido de criar uma uniformidade regional.

Portanto, na Região Centro-Oeste, o *mecanismo atmosférico* (fator *dinâmico*) constitui o fator regional que assegura uma certa homogeneidade climática, enquanto que o *relevo*, através da variação da altitude e a *variação latitudinal*, levam à heterogeneidade.

Considerando-se que o *clima* é um fenômeno dinâmico, o conhecimento dos *fatores geográficos* ou *estáticos*, por mais completos que sejam, não é suficiente para a compreensão do clima. Este não pode ser compreendido e analisado sem o concurso dos *fatores dinâmicos* (mecanismo atmosférico), seu principal fator genético, objeto de estudo da *Meteorologia Sinótica*. Todos os fatores climáticos *estáticos* tais como o relevo, agem sobre o clima de determinada região em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica.

Por isso iniciamos os estudos das condições climáticas da Região Centro-Oeste pela análise dos diversos sistemas de circulação que atuam sobre essa região.

* Com a colaboração dos Geógrafos Arthur Alves Pinheiro Filho, Elmo da Silva Amador e Mário Dinis de Araújo Neto, *R. Bras. Geog.*, Rio de Janeiro, 34(4), out./dez. 1972.

Unidade I — Sistemas de Circulação Atmosférica no Centro-Oeste e suas Influências nas Condições de Tempo

Através do setor oriental da região sopram, durante todo ano, ventos geralmente de NE a E do *anticiclone subtropical* semifixo do Atlântico Sul, responsáveis por tempo estável, em virtude de sua subsidência superior e conseqüente inversão de temperatura, ou ventos variáveis, também estáveis das *pequenas dorsais ou altas* móveis, destacadas do citado *anticiclone subtropical*. Os primeiros são mais constantes no inverno, e os segundos são mais comuns no verão.

Esta situação de estabilidade, com tempo ensolarado, está freqüentemente sujeita a bruscas mudanças, acarretadas por diferentes sistemas de *circulação ou correntes perturbadas*, dentre os quais destacam-se três: ¹

- a) Sistema de *correntes perturbadas de oeste* — de *linhas de instabilidades tropicais* (IT);
- b) Sistema de *correntes perturbadas de norte* — da *convergência intertropical* (CIT);
- c) Sistema de *correntes perturbadas de Sul* — do *anticiclone polar e frente polar* (FP).

1 — O Sistema de *correntes perturbadas* de W decorre do seguinte: entre o final da primavera e o início do outono, a Região Centro-Oeste é constantemente invadida por ventos de W a NW trazidos por *linhas de instabilidade tropicais* (IT). Trata-se de alongadas depressões barométricas, induzidas em *pequenas dorsais ou altas*.² No seio de uma *linha* de IT o ar em convergência acarreta, geralmente, chuvas e trovoadas. Tais fenômenos são comuns no interior do Brasil, especialmente no verão. Sua origem parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na *frente polar atlântica* (FPA) ao contacto com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações formam-se ao norte da FPA uma ou mais IT sobre o continente. Após formadas, elas se propagam com extrema mobilidade. À medida que a FPA caminha para o Equador as IT se

¹ Os sistemas de *correntes perturbadas* que aqui esquematizamos (Fig. 1) foram baseados em observações realizadas pelo autor através de cartas sinóticas elaboradas pelo Departamento de Meteorologia do Ministério da Agricultura, bem como pela leitura de diversos trabalhos de Adalberto Serra, dentre os quais destacamos: "Chuvas de Primavera no Brasil", "Chuvas de Verão no Brasil", "Chuvas de Outono no Brasil" e "Chuvas de Inverno no Brasil" (1960) e "O Princípio de Simetria" (1962).

Recomendamos ainda a leitura dos artigos do autor, sob o título "Climatologia da Região do Brasil — Introdução à Climatologia Dinâmica", *Revista Brasileira de Geografia* — IBGE, ou no volume *Região Sul*, 2.^a edição da Série Geografia do Brasil — IBGE (1971), sob o título "clima". Em ambos, o leitor encontrará maiores detalhes sobre o mecanismo geral da atmosfera que, direta ou indiretamente, afeta o quadro da circulação sobre a Região Centro-Oeste.

² A respeito dessas *altas* existem controvérsias: alguns autores consideram-nas pertencentes à *massa equatorial continental*, enquanto outros consideram-nas vinculadas ao *anticiclone subtropical* do Atlântico Sul, constituindo-se pois, *massa de ar tropical*.

SISTEMA DE CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA PERTURBADA NA REGIÃO CENTRO-OESTE



- > SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE W (IT)
- > SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE N (CIT)
- > SISTEMA DE CIRCULAÇÃO PERTURBADA DE S (FP)

DivEd/D - J.A.C.

Fig.1

deslocam para E, ou mais comumente para SE, anunciando com nuvens e geralmente chuvas *tropicais* do tipo *monçônico*,³ a chegada da FPA com antecedência de 24 horas, a qual, no entanto, pode não chegar.

Portanto, o sistema de *circulação perturbada* de W representado pela passagem das referidas IT, cuja frequência caracteriza os tempos instáveis do verão na Região Centro-Oeste e cuja ação decresce para E, S e SE.

2 — O Sistema de *correntes perturbadas de N* acarreta as chuvas de *doldrum* da *convergência intertropical* (CIT). Estas *correntes perturbadas* chegam no verão, no outono e no inverno ao norte de Goiás e de Mato Grosso, com máximo de penetração no outono. Na primavera, estando a CIT situada bem ao norte do Equador Geográfico, praticamente não ocorrem chuvas de *doldrum* na Região Centro-Oeste.

3 — Finalmente, o sistema de *correntes perturbadas de S*, representado pela invasão de *anticiclone polar*. A penetração deste *anticiclone* na Região Centro-Oeste possui comportamento bem distinto conforme se trata do verão ou do inverno. Durante o verão, o aprofundamento e expansão do *centro de baixa do interior* do continente (nesta época situado mais frequentemente sobre a região do Chaco), dificulta ou impede a invasão de *anticiclone polar* (provocador de chuvas *frontais* e *pós-frontais*) ao norte da Região Centro-Oeste. Nesta época a FP, após transpor a Cordilheira dos Andes, em sua extremidade meridional, avança para NE, alcançando a Região Centro-Oeste pelo sul e sudeste de Mato Grosso. Aí, em contacto com a *baixa do Chaco*, a FPA entra em FL (*frontólise*, isto é, dissipa-se) ou recua como WF (*frente quente*), mantendo-se porém, em FG (*frontogênese*, isto é, em avanço) ao longo do litoral. Só raramente a FPA consegue vencer a barreira imposta pela *baixa do Chaco*. Deste modo, no verão, as chuvas *frontais* ficam praticamente ausentes, do centro ao norte da Região Centro-Oeste.

No inverno, o *anticiclone polar* invade com mais frequência a Região Centro-Oeste, uma vez que, nesta estação, sendo este anticiclone mais poderoso, ele consegue transpor a Cordilheira dos Andes nas latitudes médias, após caminhar sobre o oceano Pacífico. Nessas condições a *baixa do interior* abandona a região do Chaco e se refugia no Acre e Bolívia e a FP atinge o Estado de Mato Grosso com orientação NW-SE. Com esta orientação ela caminha para NE ou E, provocando, com sua passagem, chuvas *frontais* e *pós-frontais* em toda a região, durante 1 a 3 dias. Após sua passagem a região fica sob a ação do *anticiclone polar*, com céu limpo, pouca umidade específica e forte declínio de temperatura com a radiação noturna, durante, geralmente, 2 dias, após o que retornam

³ Consideramos do tipo *monçônico*, uma vez que tais chuvas acompanham um sistema de circulação que somente adquire importância no *verão* (do final da primavera ao início do outono), porém não se trata de um regime de monção, que se caracteriza por uma inversão dos componentes dinâmicos de massas de ar conforme se trate de verão ou de inverno, como acontece no sul da Ásia.

à Região os ventos estáveis e relativamente quentes do anticiclone *sub-tropical*.⁴

Deste modo concluímos que, embora o setor setentrional da Região Centro-Oeste seja atingido no verão, outono e inverno pelas chuvas de N da CIT, estas são tão pouco freqüentes que não chegam a ter um papel importante no regime térmico, nem mesmo no regime pluviométrico. Os sistemas de circulação que determinam as condições de tempo e de clima na Região Centro-Oeste são: o sistema de circulação estável do *anticiclone do Atlântico Sul*, o sistema de *correntes perturbadas de W a NW* das IT e o sistema de *correntes perturbadas de S a SW* da FPA, sucedida, geralmente, pelo *anticiclone polar*, com tempo bom, seco e temperaturas amenas e frias.⁵

Unidade II – Domínio de Temperaturas Elevadas na Primavera-Verão e Amenas no Inverno

Temperatura média anual – Decorrentes de uma série de fatores *geográficos* (posição continental, extensão latitudinal e relevo) e *dinâmicos* (sistemas de circulação atmosférica), o comportamento da temperatura na Região Centro-Oeste é muito variado. Este fato é logo constatado quando observamos a distribuição espacial da *temperatura média do ano* (Fig. 2).

A *continentalidade* da região, impedindo a interferência das influências marítimas, permite que a variação da latitude seja responsável pela temperatura cerca de 26°C no extremo norte e de 22°C no extremo sul da Região.

O relevo através da altitude faz com que as mais altas chapadas sedimentares e superfícies cristalinas do centro sul da região possuam temperatura média anual entre 22° a 20°C, descendo abaixo de 20°C nas imediações de Brasília, acima de 1.200 metros.

Outra área com temperatura média entre 22° a 20°C é constituída pela chapada sedimentar do Amambá, situada no extremo Sul da região, pouco acima de 500 m.

A conjugação do relevo com a latitude (maior inclinação média dos raios solares e maior participação de ar frio de origem polar), é responsável pelo decréscimo de temperatura nesta área.

Portanto, apesar de suas latitudes predominantemente tropicais, a Região Centro-Oeste apresenta uma importante variação de temperatura ao longo de seu espaço geográfico. Esta característica se deve à notável

⁴ Na figura 1 estão representados os principais sistemas de circulação perturbada. Nela, o aumento de densidade das "setas" significa maior freqüência do fenômeno.

⁵ A respeito da origem, trajetória e evolução da *frente* polar, recomendamos a leitura dos artigos "Climatologia da Região Sul" e "Climatologia da Região Sudeste" – Introdução à Climatologia Dinâmica (E. Nimer) – 1971.

TEMPERATURA MÉDIA DO ANO (°C)

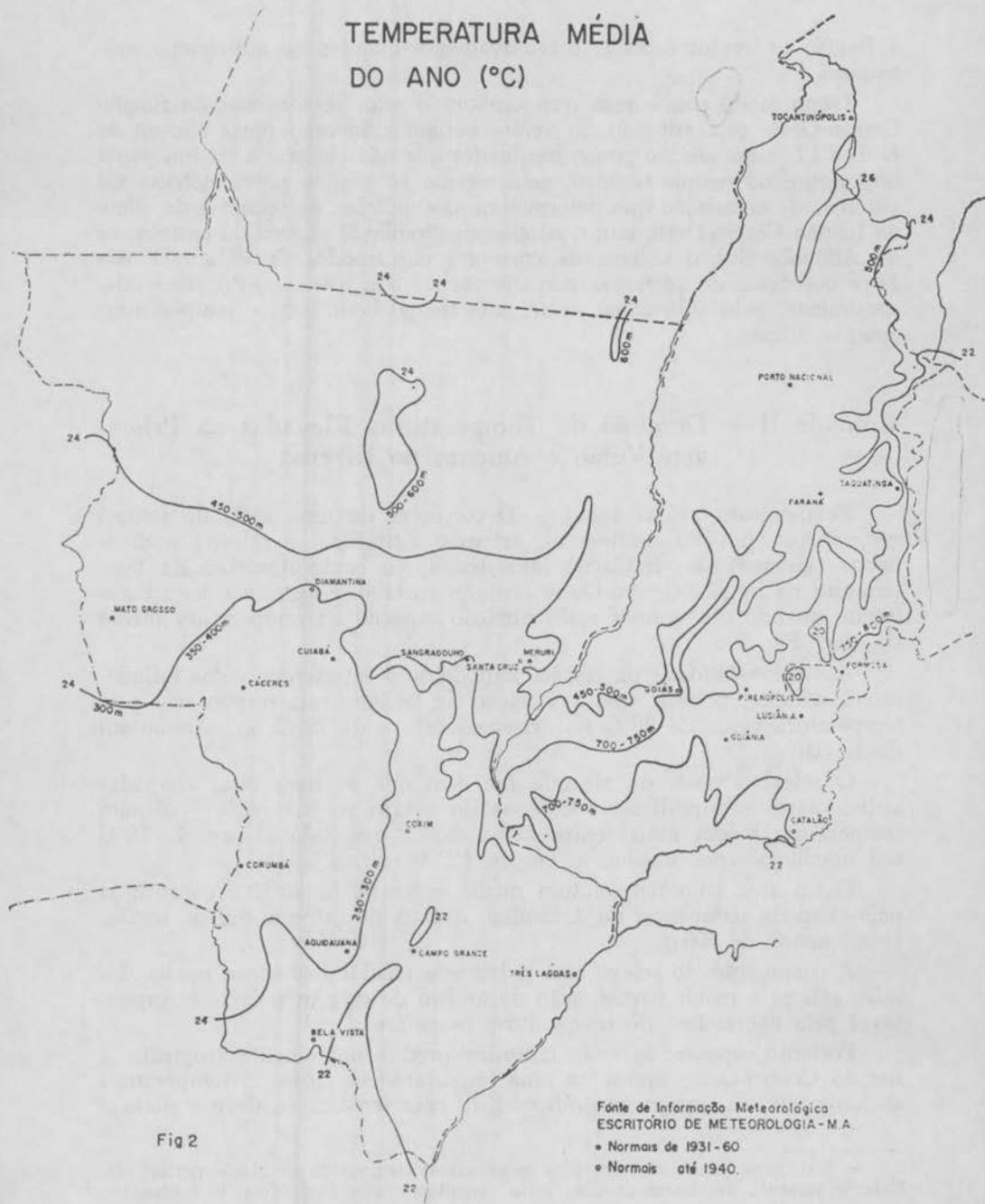


Fig 2

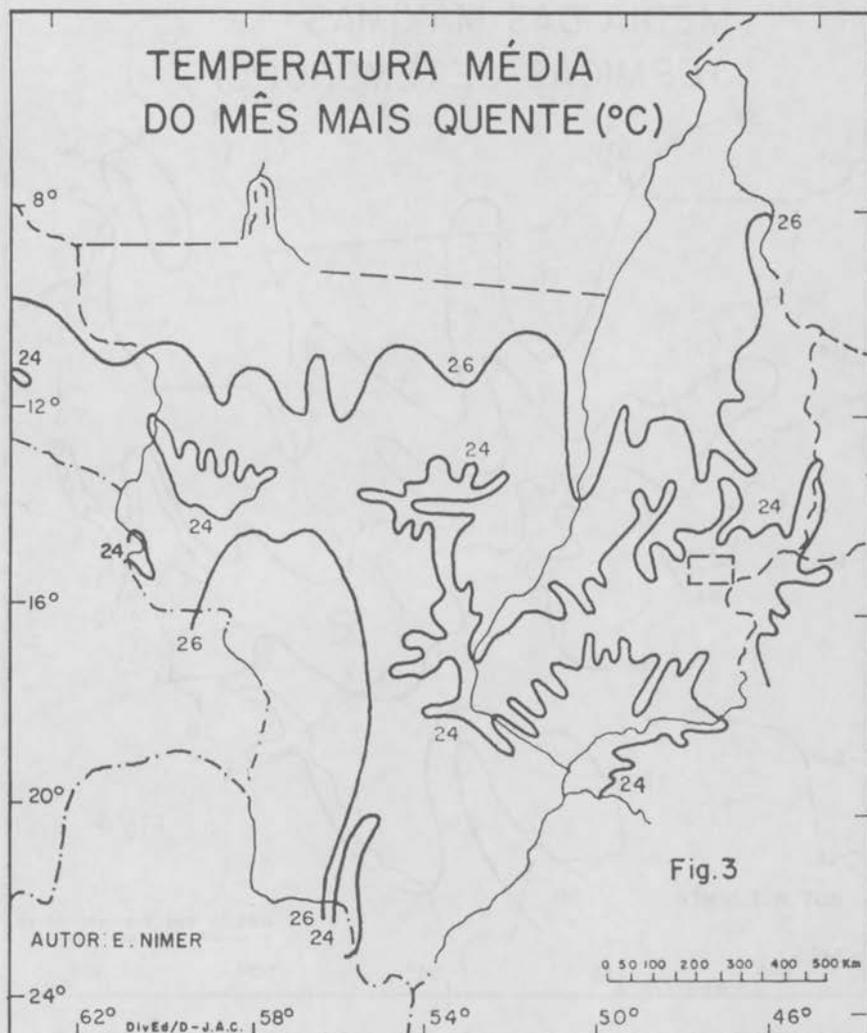
Fonte de Informação Meteorológica
 ESCRITÓRIO DE METEOROLOGIA - M.A.
 • Normas de 1931-60
 • Normas até 1940.

AUTOR: E. NIMER

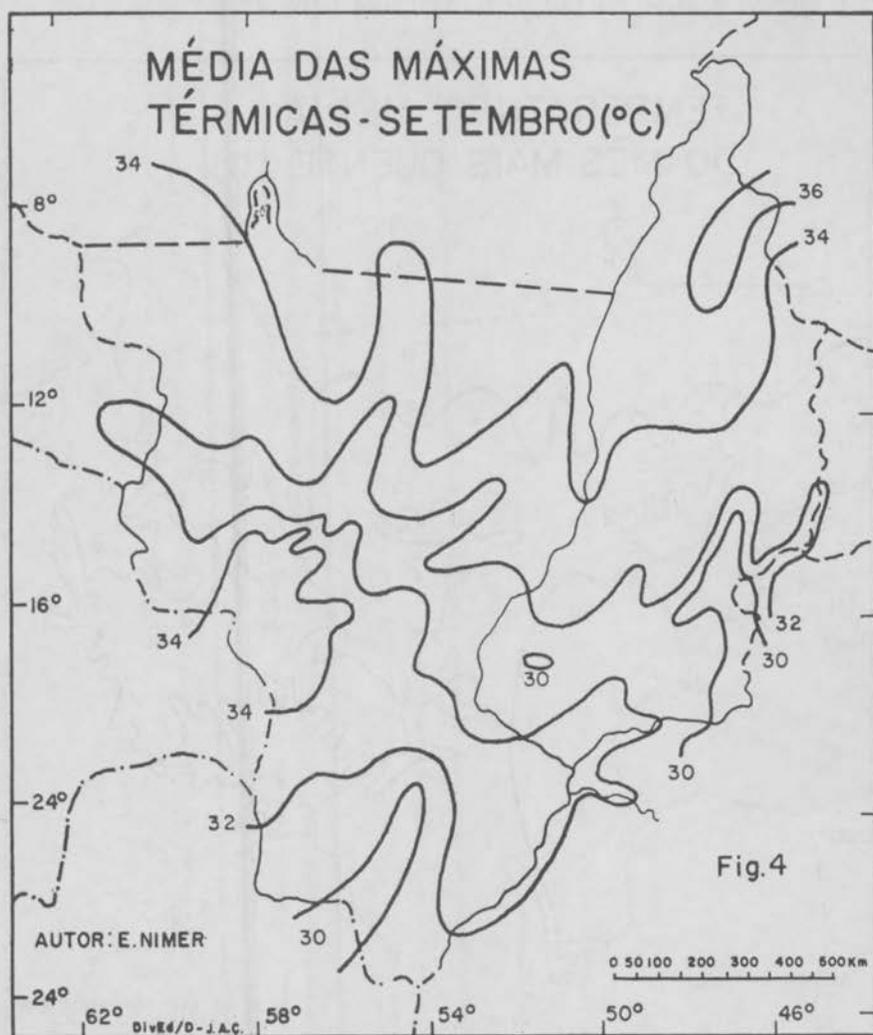


variação de latitude, à sua posição no interior do continente e às diferentes intensidades de participação do *anticiclone polar*.

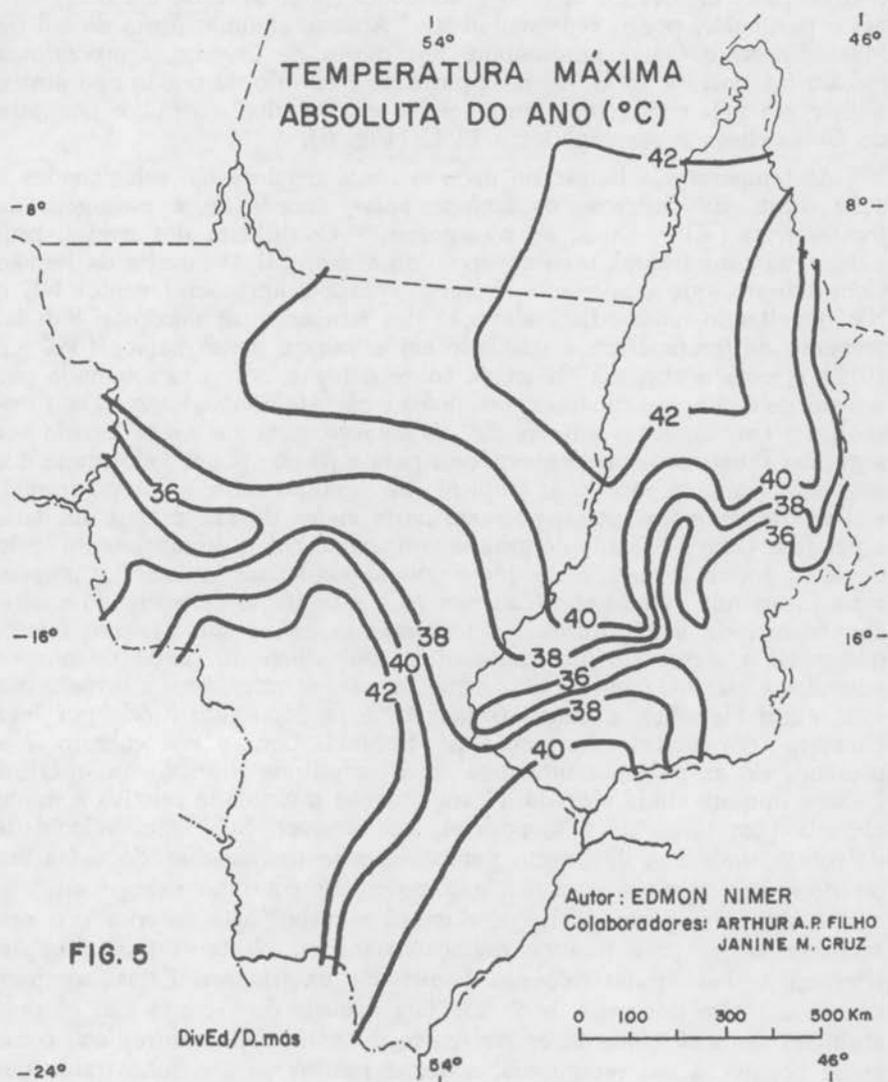
Primavera-Verão — época mais quente — Em função da variação de latitude e de posição em relação à passagem de correntes de ar frio de origem polar, durante o semestre primavera-verão, as temperaturas se mantêm quase que constantemente levadas, principalmente na primavera, ocasião em que o *Sol* passa pelos paralelos da região, dirigindo-se para o Sul, e a estação chuvosa ainda não se iniciou. Com efeito, o mês mais quente (setembro ou outubro em quase toda região) assinala média de 28° a 26° no norte; 26° a 24°C no centro e sul — nas superfícies baixas — e inferior a 24°C nas superfícies elevadas (Fig. 3).



Nestes meses, das superfícies elevadas do centro às superfícies baixas do norte da região, as médias das máximas variam de 32° a 36°C, sendo mais elevadas no norte de Goiás, onde são muito semelhantes às verificadas no Sertão da Região Nordeste do Brasil na sua época mais quente (Fig. 4). Das superfícies elevadas do centro às superfícies baixas do sul essa média varia de 32° a 30°C. Em contrapartida, nas superfícies elevadas do centro-sul da Região, essa média é inferior a 32°C, caindo pouco abaixo de 30°C nas mais elevadas altitudes do sul de Goiás e Mato Grosso, pelos motivos já analisados.



Excluindo as superfícies elevadas do centro-sul, as demais áreas da região já registraram nos meses de primavera, não raras vezes, máximas superiores a 40°C, tendo até superado 42°C no nordeste de Mato Grosso, Norte de Goiás e na planície do Pantanal Mato-grossense⁶ (Fig. 5).

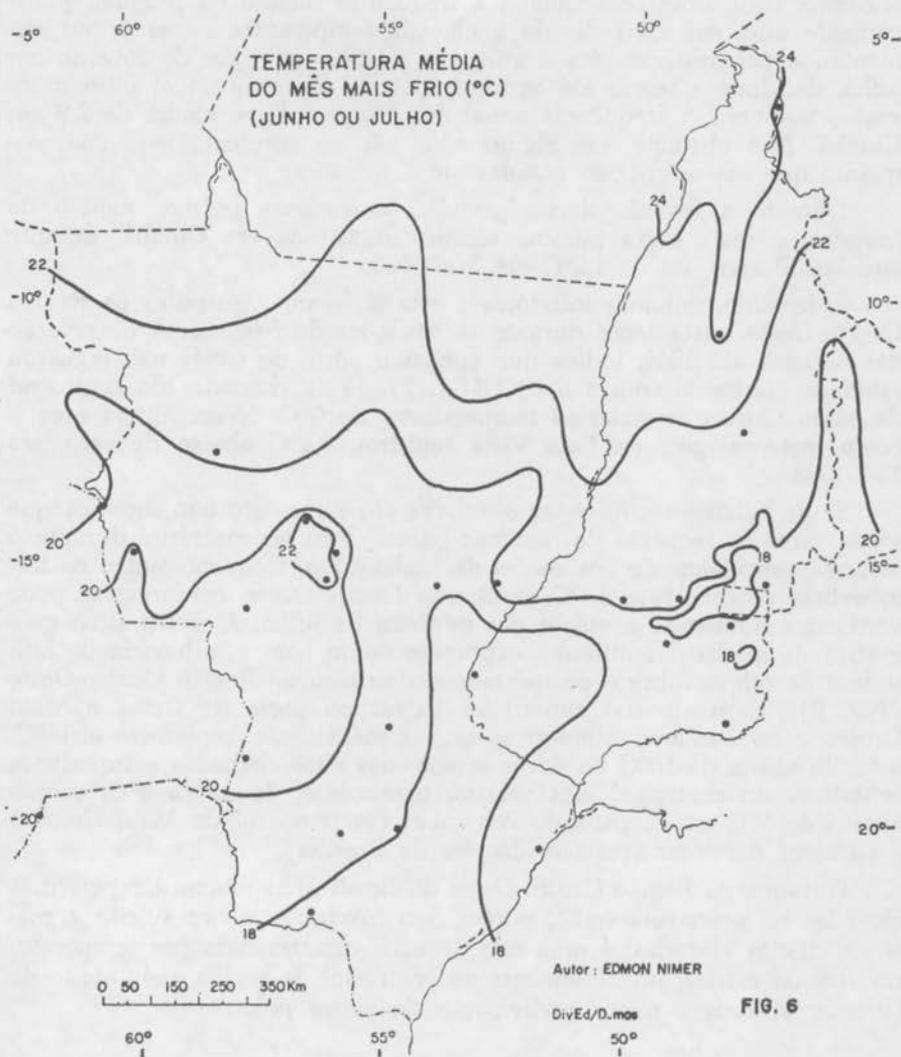


⁶ Estas máximas, como aliás quase todas as informações sobre temperaturas, referem-se às *normais climatológicas* até 1942, do Departamento de Meteorologia do Ministério da Agricultura.

Inverno — estação amena — Enquanto a primavera se constitui estação muito quente, no inverno, pela continentalidade da região e conseqüente secura do ar durante os tempos estáveis, registram-se freqüentemente temperaturas muito baixas nos meses de junho-julho. Porém, nestes meses, correm também temperaturas elevadas e, por esse motivo, as temperaturas médias do inverno (mormente tratando-se de normais) são, neste particular, pouco representativas.⁷ Apenas algumas áreas do sul de Mato Grosso e Goiás apresentam, nos meses de inverno, temperaturas médias inferiores a 18°C. A maior parte do território da região não possui sequer um mês cuja temperatura média seja inferior a 20°C, e no norte de Goiás chega a ser superior a 24°C (Fig. 6).

As temperaturas baixas do inverno nessa região estão relacionadas à ação direta de poderoso *anticiclone polar*, sucedendo à passagem de *frentes frias* (KF). Estas, ao transporem a Cordilheira dos Andes, produzem, na zona frontal, uma advecção do ar tropical. O interior da Região Centro-Oeste, que estava sob calmarias, passa a apresentar ventos NE e NW resultando na imediata elevação das temperaturas máximas. Sob tal aumento de temperatura a umidade cai a valores muito baixos (38% em 1916) e, com a chegada da frente sobre o lugar, o céu fica tomado por nuvens de convecção dinâmica (*cúmulos e cúmulo-nimbos*), ocorrendo trovoadas e chuvas. Estas últimas são, no entanto, pouco intensas devido aos seguintes fatos: pequena convergência para a *frente*; pouca velocidade dos ventos; e, ainda porque o ar tropical em ascensão sobre a rampa frontal, e o ar frio da massa polar, possuem nesta época do ano menos umidade específica. Com a entrada do grande *anticiclone polar*, de movimento lento devido à reduzida energia de que é dotado nas baixas latitudes, a pressão sobe (atingindo valores elevadíssimos para a região, e perturbando a marcha normal da maré diurna), a temperatura cai, e sob o vento fresco, que passa a soprar do quadrante sul, o céu atinge 10 partes de nuvens (*estratos e estratos cúmulos* ou mesmo de *altos estratos*, caso a invasão fria seja muito elevada), a chuva *frontal* termina, logo substituída por leve *chuvisco* com nevoeiro (situação pós-frontal). Com o céu coberto, e a presença do ar polar, resulta uma fraca amplitude diurna, com máxima baixa e mínima ainda elevada. Nessa situação a umidade relativa é muito elevada (em torno de 97%, podendo ser menor). Sob lenta velocidade da *frente*, o sistema de nuvens persiste sem se desmanchar. Só daí a um ou dois dias, quando o *anticiclone polar* em contínuo avanço em seu centro sobre ou perto do lugar, diminui a turbulência anterior e o céu torna-se limpo pela intensa radiação noturna. Nesta última situação ocorrem as baixíssimas mínimas registradas na *friagem*. Estas, contudo, não se mantêm por mais de 2 dias (na maioria das vezes) não só pela absorção do *anticiclone polar* por parte do *anticiclone subtropical*, como ainda porque, à sua retaguarda, a massa retorna para o sul, atraída por nova *frontogênese* na Argentina (avanço de nova *frente fria*) e a fraca

⁷ Em agosto, apesar deste mês pertencer ao inverno, predominam temperaturas elevadas, pelo menos no norte da região.



nebulosidade permite o aquecimento solar que acaba com o fenômeno, retornando os ventos de N e E do *anticiclone subtropical* com inversão térmica superior, estabilidade, tempo ensolarado e temperatura em elevação (Serra e Ratisbonna — 1945).

Contudo, esclarecemos que, embora a passagem de *frentes frias* seja muito comum no inverno, o fenômeno das *friagens* acima descrito não é muito freqüente. A este respeito os autores citados fizeram um estudo da estação meteorológica de Cuiabá, ao longo de 30 anos e chegaram às

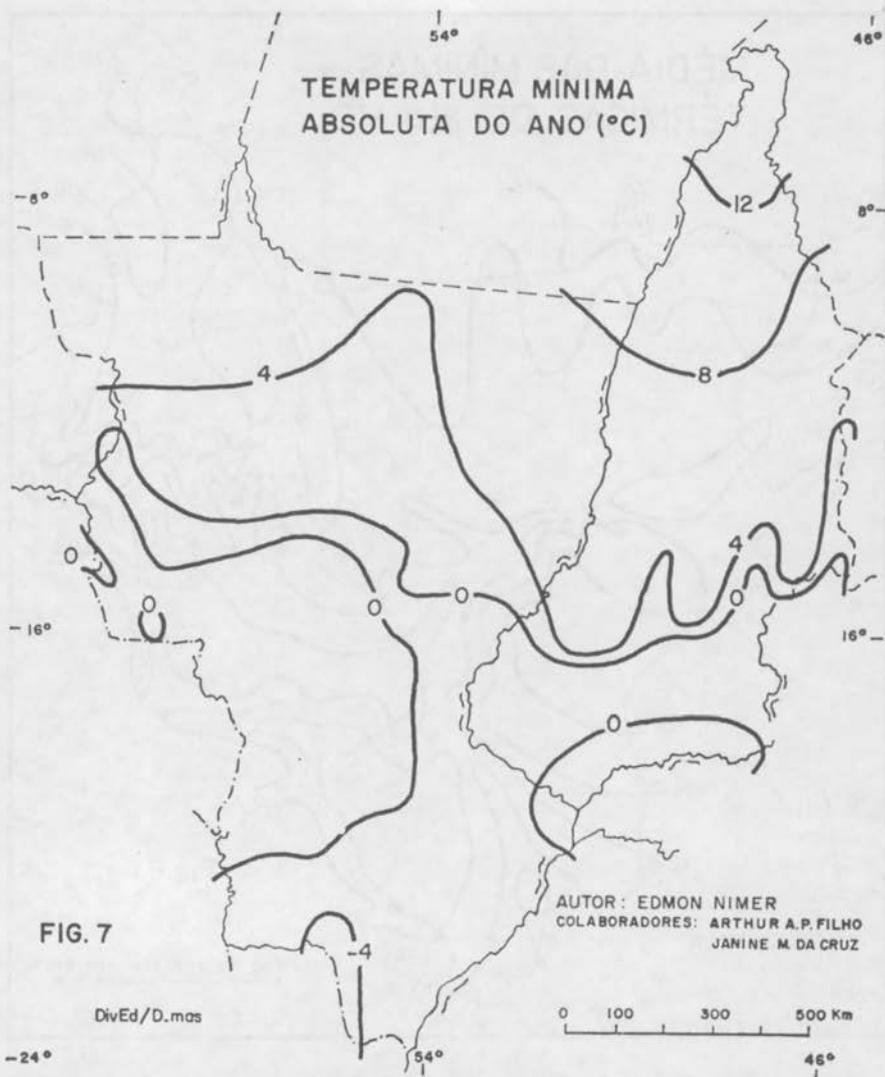
seguintes conclusões: em Cuiabá a frequência mensal da *friagem*, praticamente nula em abril devido à elevada temperatura reinante, vai aumentando progressivamente e atinge o máximo no rigor do inverno em julho, decaindo a seguir até outubro, quando se verificam as últimas invasões notáveis. A frequência anual das friagens é em média de 2,9 em Cuiabá. Não obstante, em alguns anos não se apresenta nenhuma, enquanto que em outros são notadas até 5 invasões.

Durante a invasão desses grandes *anticiclones polares*, motivo de *friagens*, a mais baixa mínima térmica registrada em Cuiabá, durante aqueles 30 anos, foi de 1,2°C em 22-6-1933.

Entretanto, mínimas inferiores a esta já foram registradas na Região Centro-Oeste, certamente durante as situações de *friagens*. A observação das *normais* até 1942, indica que apenas o norte de Goiás não registrou *mínimas* diárias inferiores a 8°C (fig. 7). Já as chapadas do centro-sul de Mato Grosso assinalaram temperaturas de 0°C. Nesta última área o posto meteorológico de Bela Vista registrou 6,4°C abaixo de zero, em 13-7-1933.

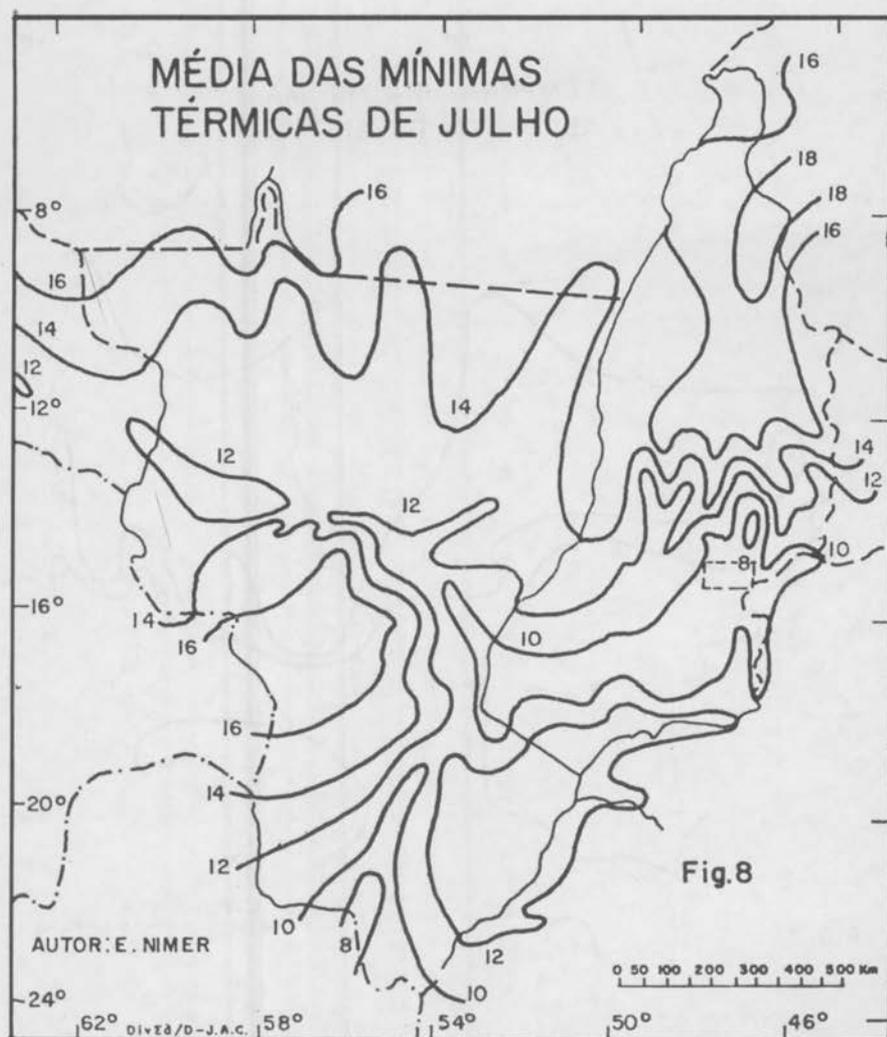
Se as baixíssimas *mínimas absolutas* são raras, isto não significa que sejam raros os registros de mínimas baixas, bem ao contrário, durante o inverno, especialmente nos meses de junho-julho, freqüentemente os termômetros descem para 15°C na Região Centro-Oeste, conforme se pode verificar examinando a *média das mínimas* de julho. A distribuição geográfica da média das mínimas exprimem muito bem a influência da latitude e do relevo sobre o comportamento térmico na Região Centro-Oeste (Fig. 8): enquanto nas superfícies baixas no norte de Goiás e Mato Grosso e no Pantanal Mato-grossense as médias são superiores a 14°C, subindo acima de 18°C no norte goiano, nas altas chapadas e superfícies cristalinas do centro-sul elas variam, geralmente, de 12° a 8°C, caindo abaixo de 8°C na chapada do Amambá (extremo sul de Mato Grosso) e na serra dos Veadeiros (imediações de Brasília).

Portanto, na Região Centro-Oeste do Brasil predominam temperaturas elevadas na primavera-verão, porém, seu inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, é uma estação mais caracterizada por temperaturas amenas e frias, principalmente no centro-sul da região, pelo efeito da latitude, altitude e maior participação de *massa polar*.



Unidade III – A Distribuição da Pluviosidade na Região Centro-Oeste é Muito Simples no Espaço e no Tempo

As características da altura e do regime de chuvas na Região Centro-Oeste devem-se, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica. A influência da topografia sobre a distribuição da precipitação ao longo do espaço geográfico da Região Centro-Oeste é de tão



pouca importância que não chega a interferir nas tendências gerais determinadas pelos fatores dinâmicos.

Média Anual da Altura da Precipitação — Em razão da pouca importância da topografia sobre a pluviosidade, a *altura média* alcançada pela precipitação *durante o ano* sobre o território regional do centro-oeste brasileiro apresenta uma distribuição muito simples (Fig. 9): de um núcleo mais chuvoso ao norte de Mato Grosso, onde a pluviometria atinge

a alturas muito elevadas, superiores a 2.750 mm, os valores decrescem para E e S. No extremo E de Goiás o regime cai a 1.500 mm, e no S atinge níveis inferiores a 1.250 mm no Pantanal Mato-grossense. Como se observa, apesar desta grande desigualdade, todo o território regional do Centro-Oeste brasileiro é normalmente bem regado por chuvas. Tal forma de distribuição a Região deve ao seu principal sistema de circulação *perturbada* de W que, como vimos, decresce em importância de N para S e de W para E.

Regime Anual — Entretanto, essas precipitações não se distribuem igualmente através do ano. Seu regime é caracteristicamente tropical,

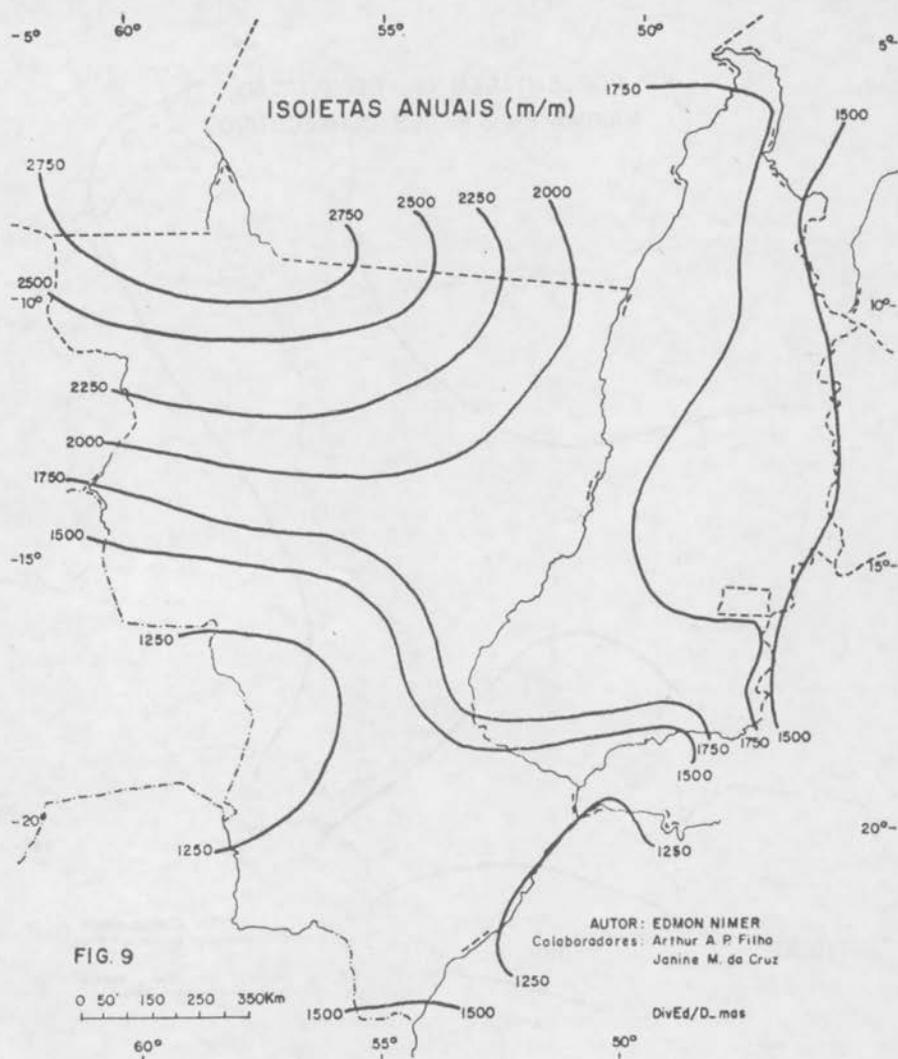
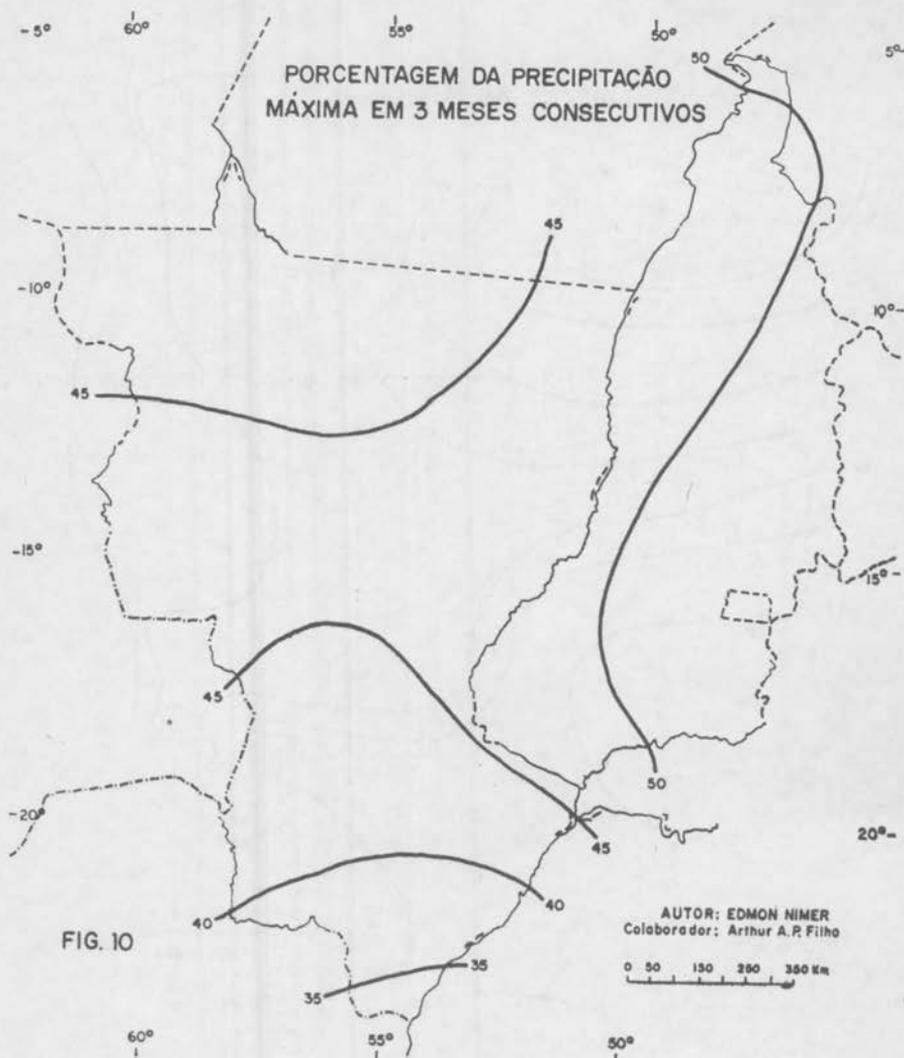
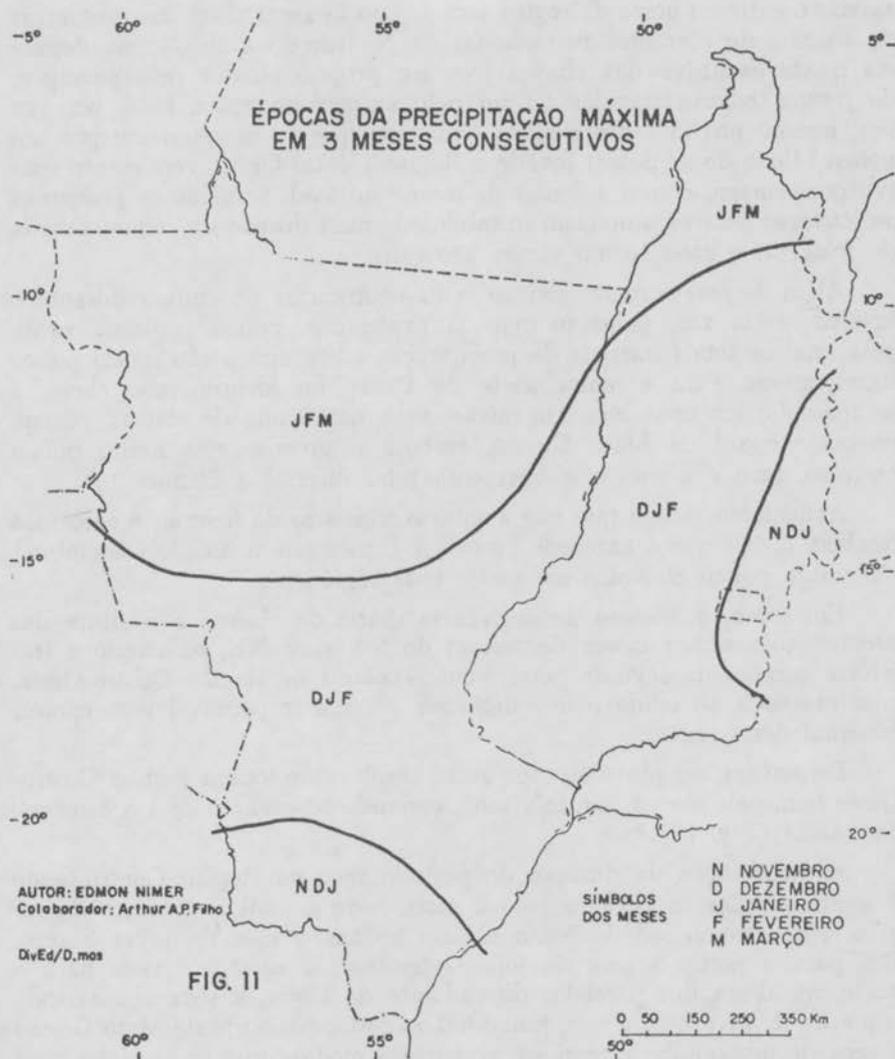


FIG. 9

com *máxima no verão e mínima no inverno*. Em quase toda região, mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipita de novembro a março, sendo geralmente mais chuvoso o trimestre janeiro-fevereiro-março no norte da região, dezembro-janeiro-fevereiro no centro e novembro-dezembro-janeiro no sul. Durante esses trimestres chove em média 45 a 55% do total anual. Somente o noroeste e o sul da Região não atingem aqueles valores: trata-se de áreas onde é maior a frequência anual de chuvas do sistema de *corrente perturbadas de W e de S*, respectivamente (Figs. 10 e 11).





Em contrapartida, o inverno é excessivamente seco. Nesta época do ano as chuvas são muito raras, havendo, em média, geralmente, 4 a 5 dias de ocorrência deste fenômeno por mês, sendo mais raras no setor oriental de Goiás, onde, pelo menos um mês, não registra sequer 1 dia de chuva.

A carência de chuvas nesta estação decorre do seguinte: durante o inverno são raríssimas as passagens de *correntes perturbadas* de W, e

apenas o extremo norte da região está sujeito às raras chegadas de chuvas do sistema de *correntes perturbadas* de N, ficando a Região na dependência quase exclusiva das chuvas *frontais*, proporcionadas pela passagem de *frentes polares* trazidas do sul pelo *anticiclone polar*. Este, por sua vez, mesmo nos invernos *úmidos* (invernos que se caracterizam por um notável fluxo de ar polar) invade a Região Centro-Oeste, geralmente uma vez por semana, com 1 a 2 dias de tempo instável. Somente os poderosos *anticiclones* polares propiciam instabilidade mais duradoura, acompanhada de *friagens*, e estes, como vimos, são raros.

Além de serem muito reduzidas as ocorrências de chuvas durante o inverno, estas são, pelos motivos já explicados, pouco copiosas, razão pela qual os totais mensais de precipitação nesta época são muito pouco significativos. Para a maior parte de Goiás, no inverno, não chega a se acumular em cada mês, em média, mais de 20 mm de chuvas, porém, no oeste e sul de Mato Grosso, embora o inverno seja muito pouco chuvoso, raro é o mês que apresenta total inferior a 20 mm.

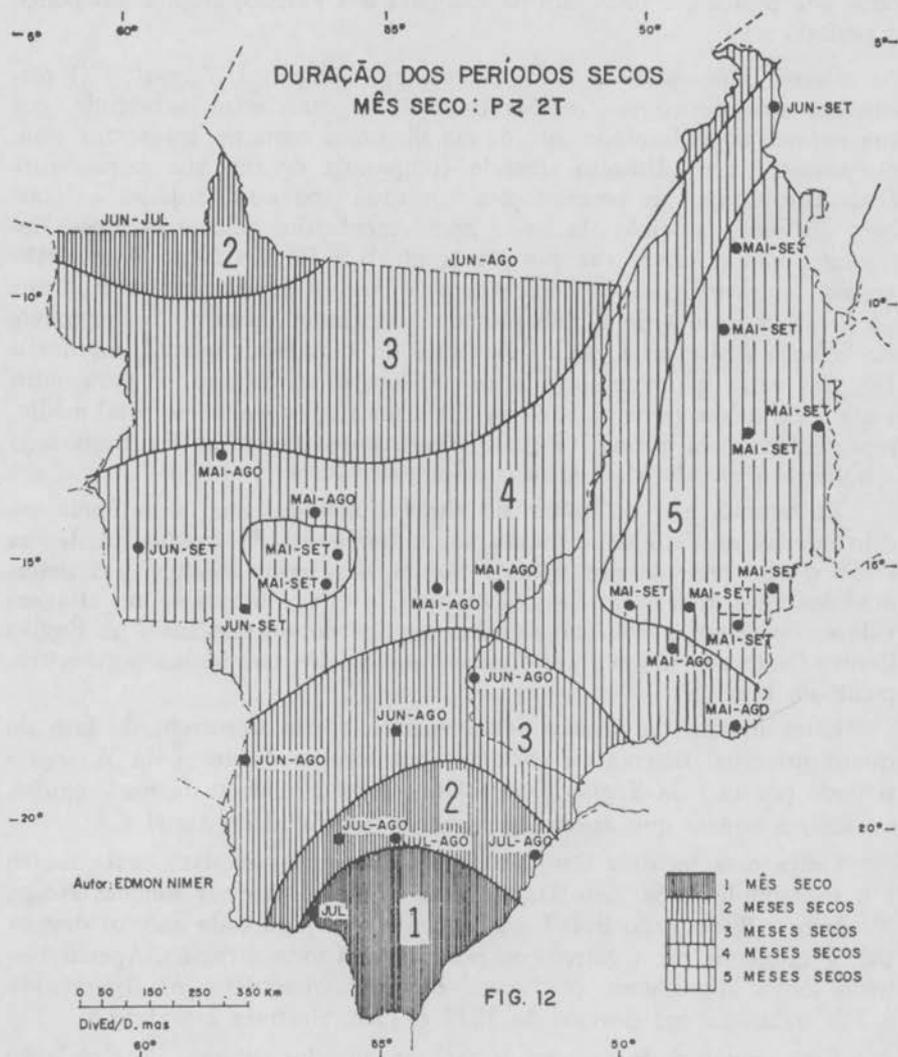
Assinalamos ainda que não apenas o trimestre de inverno é seco mas também o mês que o antecede (maio) e o mês que o sucede (setembro) são muito pouco chuvosos em quase toda região.

Em suma, o número de ocorrência diária de chuvas e a altura das precipitações nesses meses decrescem de SW para NE, refletindo a trajetória geralmente seguida pelas *frentes polares* na Região Centro-Oeste, cuja presença, sucedida pelo *anticiclone* polar é responsável pelo caráter hibernal desta região.

De seu regime pluviométrico anual resulta que toda a Região Centro-Oeste tem, pelo menos, um mês seco, variando no entanto de 1 a 5 meses, em média (Fig. 12).⁸

A distribuição da duração do período seco na Região Centro-Oeste é muito simples: o período seco é mais curto no sul e noroeste da região. No extremo sul de Mato Grosso apenas o mês de julho é seco. Daí para o norte, a seca de julho estende-se a agosto, e mais para o norte, na altura dos paralelos do sudoeste de Goiás, a seca abarca todo trimestre de inverno, ou seja, junho-julho-agosto. No norte de Mato Grosso a seca de junho-julho estende-se a agosto à medida que se caminha para o sul. Essas áreas devem seus curtos períodos secos à maior frequência de chuvas das correntes perturbadas de S (no sul de Mato Grosso) e de W (no norte de Mato Grosso).

⁸ Esclarecemos que para a determinação de seca adotamos o critério de Gausson e Bagnouls (1953). Estes autores, com base em trabalhos de ecologia vegetal, consideram seco aquele mês, cujo total das precipitações, em milímetros, é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em grau de Celsius ($p \leq 2T$). Para a determinação de subseca adotamos a fórmula $P \leq 3T$ de Walter e Lieth (1960), aplicável aos locais que não possuem sequer 1 mês seco.



Entre essas duas áreas de curto período seco existe um *corredor*, cujo período seco é mais prolongado. Este *corredor* estreita-se em Mato Grosso e amplia-se em Goiás. Nele a seca dura de 4 a 5 meses, do oeste de Mato Grosso a leste de Goiás: a oeste de Mato Grosso a seca compreende de junho a setembro, passando de maio a agosto em direção

a leste, tornando-se de maio a setembro na maior parte de Goiás. Restrita área de seca de maio a setembro reaparece em torno de Cuiabá e Coxipó, onde sua posição, a sotavento da chapada dos Parecis, amplia um pouco o período seco.

Desvio Pluviométrico Médio Anual em Relação à Normal — O mecanismo atmosférico nas regiões tropicais se caracteriza, sobretudo, por sua notável irregularidade, isto é, sua dinâmica costuma apresentar comportamentos bem distintos quando comparada de um ano para outro. Disto resulta que as precipitações em cada ano estão sujeitas a totais bem distintos, podendo afastar-se grandemente dos valores *normais*. Entretanto, não obstante sua posição tropical, a Região Centro-Oeste não apresenta desvios notáveis como acontece com as demais regiões tropicais do Brasil. A média do desvio pluviométrico anual, positivo ou negativo, em relação à *normal* é, na maior parte do território regional, inferior a 15%. Em outras palavras, os valores pluviométricos de um ano para outro variam em média pouco abaixo de 15% a mais ou a menos do total médio, representada pela *normal* (Fig. 13). Esta porcentagem só é ultrapassada a noroeste e sul de Mato Grosso e leste de Goiás.

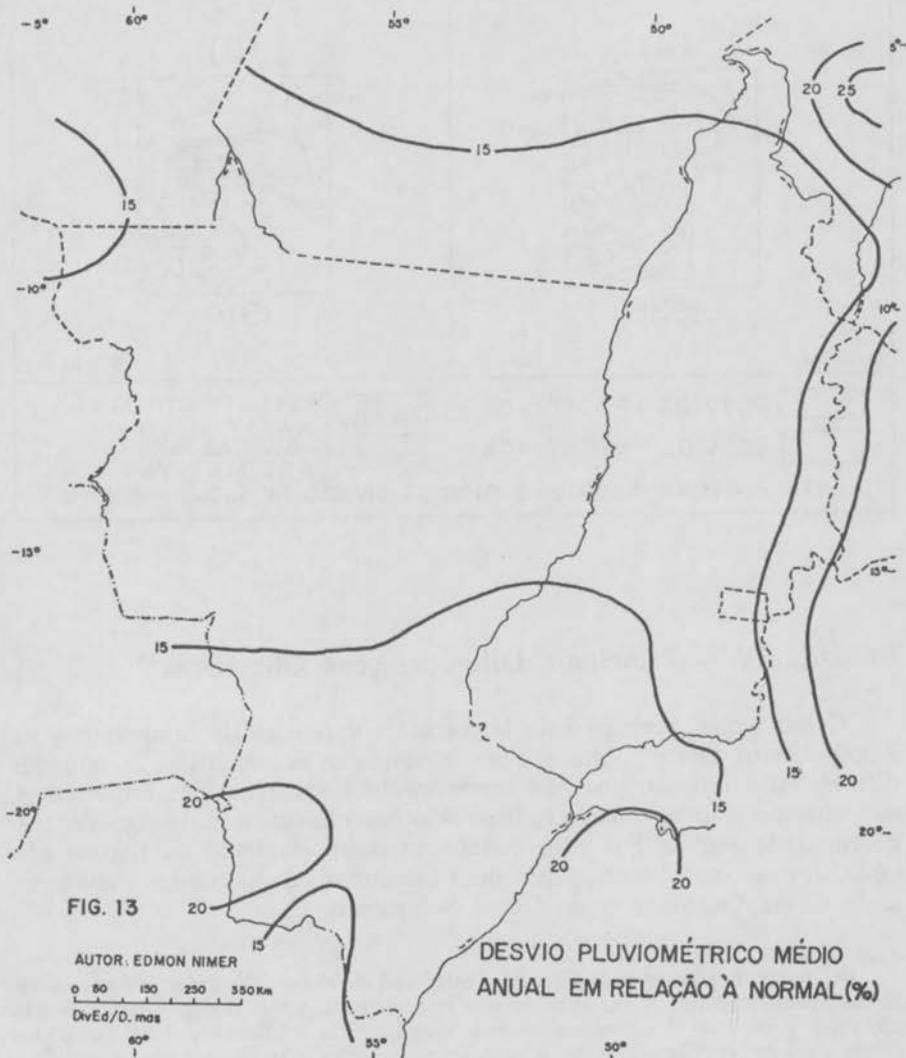
Entretanto, por se tratar de *desvios médios*, sua importância reside apenas no fato delas indicarem a tendência da irregularidade: as áreas de maiores desvios médios são aquelas mais sujeitas, em determinados anos, a maiores desvios efetivos, e estes, só raramente, atingem valores superiores a 50%. Isto significa que os desvios extremos na Região Centro-Oeste são muito inferiores aos registrados nas outras regiões tropicais do Brasil.

Estes índices de desvios relativamente baixos decorrem do fato de que o principal sistema de correntes perturbadas (sistema de W representado por IT) da Região Centro-Oeste é justamente o menos irregular, ou seja, é aquele que apresenta a menor variabilidade anual.

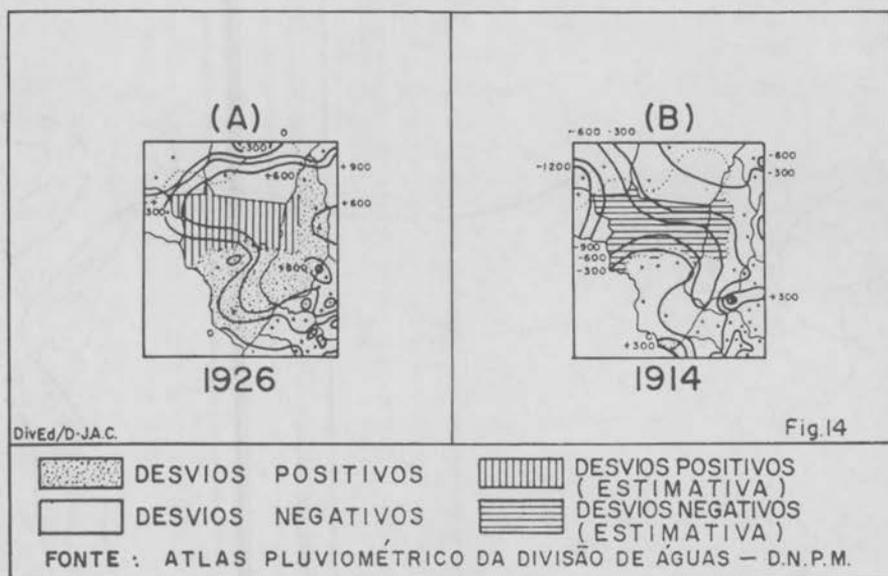
Outra característica dos desvios pluviométricos efetivos nesta região é a sua simplicidade: constatando com o que ocorre nas Regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, no Centro-Oeste, para cada ano, os desvios são, geralmente, ou negativos ou positivos em toda a região. Apenas ressaltos locais apresentam, por vezes, desvios assimétricos. As figuras 14a e 14b, relativas aos desvios de 1926 e 1918, ilustram este fato.⁹

Esta simplicidade decorre do fato de que dos sistemas de circulação perturbada na Região Centro-Oeste o menos irregular (sistema de W) é justamente aquele que não apenas proporciona mais chuvas como ainda sua atuação se faz com frequência semelhante por toda a Região.

⁹ As conclusões a respeito dos desvios pluviométricos efetivos foram baseadas no estudo sobre este fenômeno, de 1914 a 1938, realizado pela Divisão de Águas do DNPM (1948).



DESVIOS PLUVIOMÉTRICOS EFETIVOS



Unidade IV — Principais Diferenciações Climáticas¹⁰

Como vimos, embora haja importantes variações de temperatura na Região Centro-Oeste, mormente considerando-se as máximas e as mínimas diárias, estas últimas, por não serem muito freqüentemente importantes, não chegam a criar notáveis diferenciações climáticas ao longo do território desta região. Por isso, *quanto ao comportamento ou regime térmico*, deve-se reconhecer apenas duas categorias ou variedades climáticas: a de Clima Quente e a de Clima Subquente.

¹⁰ Antes de passarmos às diferentes categorias de climas, tornam-se indispensáveis alguns esclarecimentos. A exemplo do que fizemos para outras regiões brasileiras não adotamos para esse fim nenhum critério classificatório tradicional. Este comportamento permite ao climatologista selecionar os aspectos climáticos mais importantes que fornecerão limites expressivos em determinada região, bem como subsídios para melhor caracterização de seus climas. Deste modo, o climatologista não apenas foge dos enquadramentos pré-estabelecidos pelos critérios tradicionais, como ainda lhe é permitido utilizar parcialmente diversos critérios de diferentes autores naquilo que lhe parece significativo. Por exemplo, no critério classificatório aplicado nesta pesquisa, usamos dos critérios de Köppen a média de 18°C do mês mais frio como limite

O Clima Quente domina em quase toda a Região Centro-Oeste. Neste a frequência de temperaturas elevadas constitui a característica dominante, mormente no norte de Mato Grosso e de Goiás e no Pantanal, onde, no verão, são comuns as temperaturas superiores a 38°C, tendo já alcançado valores superiores a 42°C no norte de Goiás e no Pantanal.

Todo o domínio de *clima quente* está sujeito a bruscas mudanças de temperatura durante o inverno quando, sob a ação do *anticiclone polar*, as mínimas diárias descem a níveis muito baixos para a região. Neste caso destacam-se as áreas das chapadas do centro de Mato Grosso e as altas superfícies cristalinas do sul de Goiás, tendo a temperatura, nessas situações, caído próximo de 0°C, não muito raramente, durante a madrugada, quando é maior o resfriamento noturno, sob a limpeza do céu e baixa umidade relativa do ar. Nestas ocasiões o fenômeno da geada se faz presente, porém com pouca intensidade.

Embora tais importantes declínios de temperatura não sejam muito raros, sua frequência não é suficiente para determinar grande declínio nas médias térmicas: em todo o domínio de *clima quente*, inclusive nas referidas superfícies elevadas, nenhum mês possui temperatura média inferior a 18°C.

A única área importante a ter pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18°C está situada no sul de Mato Grosso (Fig. 6).

entre os climas *quentes* (maior 18°C) e *subquentes* (menos 18°C), embora o referido autor, como sabemos, utilizasse essa isoterma mensal como limite entre os climas *tropicais* e *temperados*. Da mesma forma, utilizamos o critério de Gausson e Bagnouls (1953) no que diz respeito à determinação de mês seco, bem como das isotermas mensais de 15°C e 10°C do mês mais frio, como limite entre os climas *subquentes* (18° a 15°), *mesotérmico brando* (15° a 10°C) *mesotérmico médio* (10 a 0°C), embora com denominações diferentes daquelas usadas por esses autores.

Outros aspectos aqui abordados foram estabelecidos por nós em consonância com o critério livre para o qual selecionamos os aspectos e os índices que consideramos expressivos na climatologia da Região Centro-Oeste. Assim é que a consideração de climas *superúmidos*, *úmidos*, *semi-úmidos*, *semi-áridos* e *desérticos* com suas diversas variedades: *superúmido* (sem seca ou com subseca), *úmido* (com 1 a 2 ou 3 meses secos), *semi-úmido* (com 4 a 5 meses secos), *semi-árido brando* (com 6 meses secos), *mediano* (com 7 a 8 meses secos), *forte* (com 9 a 10 meses secos) *muito forte* (com 11 meses secos) e *desértico* (com 12 meses secos) está baseada na relação existente entre esta seqüência e a vegetação natural. No Brasil, exceto na Região Sul, a ausência de seca está *sempre relacionada* às áreas florestais, a existência de 1 a 2 meses secos é *quase sempre* acompanhada de florestas, e as áreas de 3 meses secos estão relacionadas às áreas de transição, onde, na *maioria das vezes*, aparecem florestas semidecíduas, enquanto as áreas de 4 a 5 meses secos se relacionam *quase sempre* com o cerrado. Enquanto isso, as áreas com 6 ou mais meses secos estão relacionadas à caatinga, sendo que, *geralmente*, as áreas de 6 meses secos correspondem a uma caatinga arbórea ou de transição; as de 7 a 8 meses secos, à caatinga arbustiva e a de mais de 9 meses, à caatinga herbácea, sendo mais rala nas áreas de 11 meses secos.

A adoção deste critério permite ainda introduzir na *climatologia* tradicional de determinada região, conhecimentos relativos à *climatologia dinâmica* (climatologia moderna) sempre que for possível. Este último comportamento também norteou este estudo. Dele deriva o conceito de climas *tropicais* e *temperados*.

Aí, a latitude e a maior influência de ar polar, conjugadas aos níveis mais elevados das chapadas, tornam o clima menos quente, ao qual denominamos subquente.

Este domínio climático compreende as áreas das chapadas de Maracaju, Araras, Caiapós, Santa Maria e outras, ao sul do paralelo de 16° lat. Sul, aproximadamente. Nessas áreas, as máximas diárias muito elevadas são menos freqüentes e, no inverno, são muito comuns as mínimas diárias muito baixas, inclusive as inferiores a 0°C, acompanhadas de geadas nas noites límpidas, resultantes das situações dinâmicas pós-frontais.

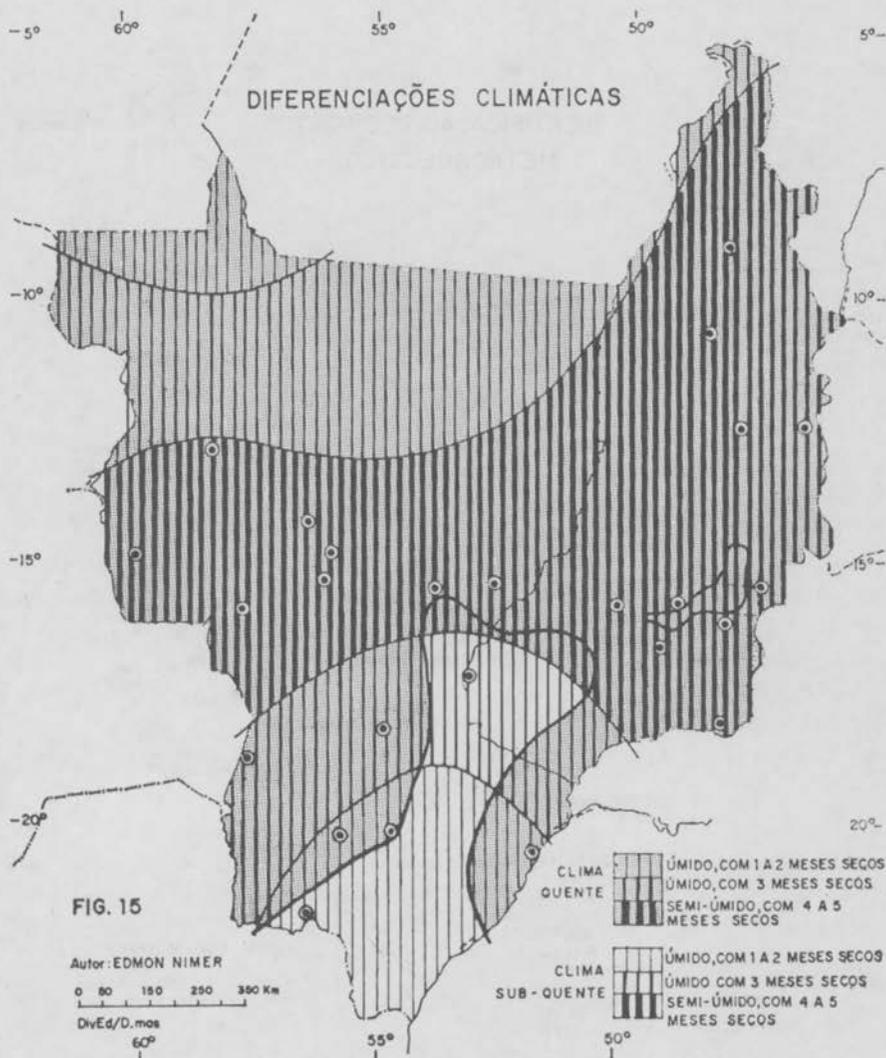
As temperaturas baixas nesta época são mais freqüentes no extremo sul, onde o posto meteorológico de Bela Vista, situado a uma altitude de apenas 160 m, já registrou, muitas vezes, temperaturas inferiores a 0°C, tendo já atingido a mínima de 6,4°C negativos.

Este clima reaparece em restritas áreas do sul de Goiás, acima da cota altimétrica de 1.000 m, nele estando incluído o Distrito Federal e Anápolis. Ao contrário do verificado em Bela Vista, nessas áreas só muito raramente ocorrem temperaturas negativas. Em compensação, sua altitude mais elevada não permite temperaturas muito altas nem mesmo no verão.

Levando-se em conta o regime de chuva, e mais especificamente, a *existência ou inexistência de seca*, e o *regime de duração dos períodos secos*, reconhecemos duas modalidades climáticas na região: *úmido* e *semi-úmido*. Estes, por sua vez, compreendem 3 variedades: com 1 a 2 meses secos, com 3 meses secos, com 4 a 5 meses secos.

Cerca de 55% do território regional constituem clima *semi-úmido* de 4 a 5 meses secos: centro de Mato Grosso e quase todo Goiás. Os 45% restantes constituem domínio de clima *úmido*, de 3 meses secos, principalmente, tornando de 1 a 2 meses secos no extremo sul e noroeste de Mato Grosso, onde, como vimos, as chuvas *frontais* das correntes perturbadas de S e as chuvas *tropicais* de convergência respectivamente se fazem mais presentes.

Se, por um lado, levando-se em conta a temperatura e a precipitação, verificamos uma importante diversificação climática, por outro lado, considerando-se essencialmente a *marcha estacional das precipitações* e os *sistemas de circulação atmosférica*, fica evidente a homogeneidade climática na Região Centro-Oeste. Com efeito, refletindo o domínio quase que absoluto dos sistemas de circulação atmosférica, estáveis ou perturbados, de origem tropical, o máximo pluviométrico para toda a região se dá no solstício de verão, enquanto que o mínimo, determinando a existência de seca, se verifica no solstício de inverno, caracterizando, portanto, um ritmo climático tipicamente *tropical*.



Por sua vez, considerando *em conjunto* os regimes térmico e pluviométrico, ou seja, *sobrepondo* a fig. 6 (média compensada do mês mais frio) e figura 12 (duração dos períodos secos) às considerações da marcha populacional das precipitações e ao sistema geral de circulação atmosférica, verificamos o seguinte quadro climático na Região Centro-Oeste.



DOMÍNIOS CLIMÁTICOS	SUBDOMÍNIOS CLIMÁTICOS	VARIEDADES CLIMÁTICAS (e)	
QUENTE.....	ÚMIDO	com 1 a 2 meses secos	TROPICAL
		com 3 meses secos	
	SEMI-ÚMIDO	com 4 a 5 meses secos	
com e SUBQUENTE.....	ÚMIDO	com 1 a 2 meses secos	TROPICAL
		com 3 meses secos	
	SEMI-ÚMIDO	com 4 a 5 meses secos	

(e) No mapa que se segue (fig.) 15 estão delimitadas as principais diferenciações climáticas. Na fig. 16 aparecem identificados os postos meteorológicos utilizados para este fim. Seguem-se as figs. 17.1 a 17.6 relativas a 6 graticos ombrotérmicos representativos das 6 principais diferenciações ou variedades climáticas que compõem a Região Centro-Oeste.

CONCLUSÕES GERAIS

1) A despeito da existência de algumas áreas de *clima úmido*, o que constitui a característica fortemente marcada da Região Centro-Oeste é o vasto domínio de *clima semi-úmido*, em cuja paisagem estende-se quase sempre o *cerrado*, quer sobre as chapadas sedimentares quer sobre os terrenos cristalinos de topografia plana ou acidentada, desde que o clima semi-úmido apresente uma estação chuvosa no verão, e uma estação seca com duração média de 4 a 5 meses centralizada no inverno.

2) Com raríssimas exceções, em todo o espaço geográfico da Região Centro-Oeste, domina um *clima quente* onde as oscilações da temperatura, de amenas a elevadas, constituem o caráter predominante do seu regime térmico. Por isso, a diferença entre as condições térmicas da primavera (sua estação mais quente) e do inverno (sua estação "fria") é de pouca significância, tratando-se de condições médias. Entretanto, se observarmos a ocorrência das mínimas e máximas diárias, verificamos que entre essas duas estações existe uma profunda diferença: enquanto na primavera as máximas e mínimas diárias mantêm-se quase sempre elevadas, no inverno as mínimas diárias mantêm-se muito baixas, tratando-se de regiões tropicais, e as máximas sofrem uma acentuada queda, mormente na porção centro-sul da região.

3) O domínio de *clima quente e semi-úmido* com 4 a 5 meses secos empresta ao clima na Região Centro-Oeste uma notável homogeneidade e esta, por sua vez, é *reforçada* pela uniformidade de seu sistema geral de circulação atmosférica, caracteristicamente tropical, do qual resulta uma quase total uniformidade na marcha estacional da temperatura (máxima na primavera e mínima no inverno) e absoluta uniformidade na marcha estacional da precipitação (máxima no verão e mínima no inverno).

Fig.17.1 - BELA VISTA (MT) - Clima SUB-QUENTE e ÚMIDO - Com 1 mês seco

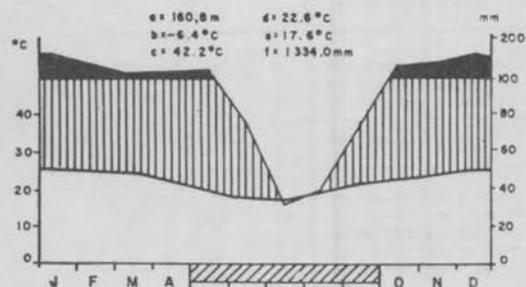


Fig.17.2 - TRÊS LAGOAS (MT) - Clima QUENTE e ÚMIDO Com 2 meses secos

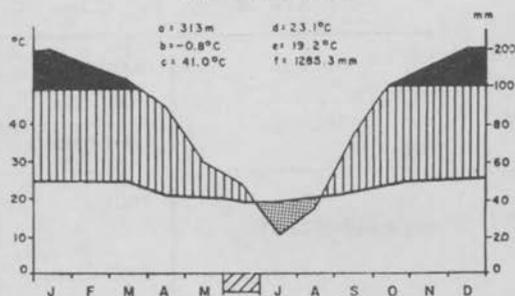


Fig.17.3 - SANTA RITA DO ARAGUAIA (GO) Clima SUB-QUENTE e ÚMIDO Com 3 meses secos

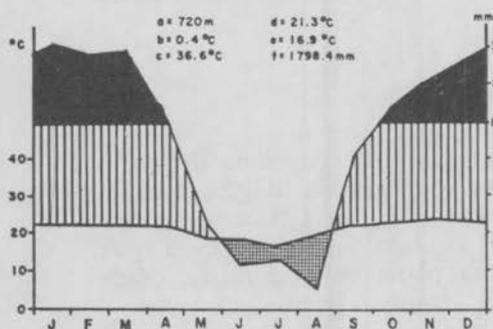


Fig.17.4 - CORUMBÁ (MT) - Clima QUENTE e ÚMIDO Com 3 meses secos

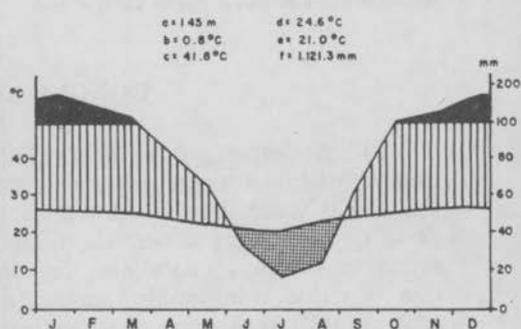


Fig.17.5 - DIAMANTINO (MT) - Clima QUENTE e ÚMIDO Com 3 meses secos

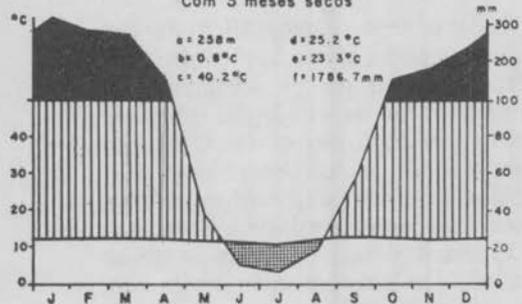
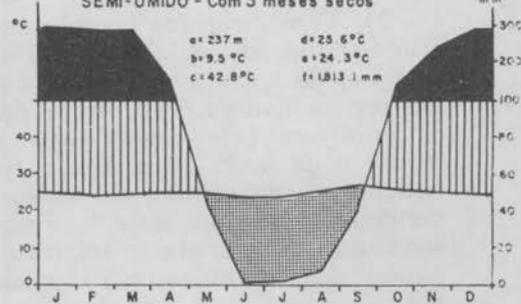


Fig.17.6 - PORTO NACIONAL (GO) - Clima QUENTE e SEMI-ÚMIDO - Com 5 meses secos



— Curva das médias mensais da temperatura

a = altitude do posto
 b = mínima absoluta
 c = máxima absoluta
 d = média do ano
 e = média do mês mais frio
 f = altura média da precipitação anual
 DivEd/D-J.A.C.

— Curva das totais mensais de precipitação
 altura da precipitação > 100mm
 altura da precipitação < 100mm

[Hatched box] Período seco
 [Cross-hatched box] Período sub-seco
 [Diagonal lines box] Mês com mínima absoluta abaixo de 0°C

Fig.17

Finalmente seguem as seguintes observações:

a) ao contrário do clima denominado *mesotérmico*, o *clima quente* não possui, no critério classificatório deste trabalho, diversas variedades. Isto não significa que no Brasil, e mesmo na Região Centro-Oeste, este clima apareça sem variações espaciais que mereçam distinções. Muito ao contrário, estamos certos de que há necessidade de se reconhecer, pelo menos, três variedades de clima quente no território brasileiro (pelo menos duas na Região Centro-Oeste), levando-se em conta o maior ou menor grau de temperatura. Entretanto, em virtude da modesta bibliografia a respeito das associações e comunidades vegetais das regiões de clima *quente* do Brasil, julgamo-nos sem condições de assim proceder atualmente. Não obstante, com base em critérios estritamente climatológicos, pretendemos, futuramente, realizar essa tentativa, embora sem a suficiente base ecológica que muito facilitaria;

b) os limites climáticos traçados na figura 15 não devem ser considerados definitivos pelos seguintes motivos:

1.º) *pela utilização de novos dados de informação meteorológica* — quanto maior for o número de postos de informação meteorológica com idêntico e longo período de observação, tanto melhores serão os dados sobre os quais estarão as pesquisas assentadas e, por conseguinte, os limites climáticos estarão tendentes a estar mais próximos da realidade;

2.º) *pela experiência e pelo tempo disponível à realização da pesquisa* — mesmo que o próprio autor deste trabalho venha a aplicar o mesmo método e usar os mesmos postos meteorológicos com os mesmos períodos de observação, ele não tem dúvida de que os limites climáticos poderão sofrer ligeiras modificações, principalmente no que diz respeito à altitude em que passam tais limites ao longo do espaço geográfico. Tudo irá depender de uma série de circunstâncias dependentes de sua experiência e de tempo disponível à realização da pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- DIVISÃO DE ÁGUAS, DNPM, MME — *Atlas Pluviométrico do Brasil*, pp. 25 — IBGE — Rio de Janeiro. 1948.
- GAUSSEN, H. e BAGNOULS, F. — *Saison Seche et Indice Xerothermique*, pp. 47, Faculté de Sciences — Toulouse. 1953.
- NIMER, Edmon — *Climatologia das Regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Norte do Brasil — Introdução à Climatologia Dinâmica* — Publicados na *Revista Brasileira de Geografia* — IBC — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1971 e 1972.
- SERRA, Adalberto — *Chuvas de Primavera no Brasil — Chuvas de Verão no Brasil — Chuvas de Outono no Brasil — Chuvas de Inverno no Brasil* — pp. 244. Departamento de Meteorologia, Ministério da Agricultura — Rio de Janeiro. 1960.
- — *O Princípio de Simetria* — *Revista Brasileira de Geografia*, Ano XXIV, n.º 3, pp. 377-439 — IBC — Fundação IBGE — Rio de Janeiro. 1962.
- WALTER, H. e LIETH, H. — *Klimadiagram — Weltatlas*, Vet Gustav Fischer Verlag, Jena. 1960.

