

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS MASSAS DE AR DA BACIA DO SÃO FRANCISCO*

LINTON FERREIRA DE BARROS
Geógrafo do CNG

INTRODUÇÃO

Para se estudar a geomorfologia duma região, urge estudar o clima, pois somente êle permite compreender como se realiza o equilíbrio precário da superfície da litosfera com o meio externo. Êste resultado traduz-se parcialmente pelas formas do terreno.

TRICART afirma o seguinte: "Ce n'est qu'une fois qu'ont été analysées de façon aussi précise que possible les conditions climatiques, afin de bien définir le domaine étudié et de pressentir les agents morphologiques, ce n'est qu'une fois qu'ont été observés les processus pédogénétiques que le géomorphologue peut aborder l'étude des formes du terrain avec l'espoir de les comprendre"¹.

Por esta razão, somos obrigados a fazer um estudo das condições climáticas da bacia, a fim de se compreender os fatores que influem na evolução do modelado.

Quando se examina a bacia do São Francisco, um fato salta à vista; é o aumento progressivo da aridez. Tal ocorrência se verifica após o rio penetrar no estado da Bahia, aumentando progressivamente na direção norte.

Considerando-se o mapa de índice de aridez do nordeste² anexo a êste trabalho, nota-se uma ilha de máxima aridez em seu centro, na grande curva do rio São Francisco, à altura da cidade de Remanso; e saindo desta ilha, tanto para nordeste quanto para sudeste, observa-se que a aridez gradativamente vai diminuindo.

Existe certa homogeneidade na distribuição de temperaturas, no nordeste brasileiro.

Como o índice da aridez foi dado em função da temperatura e da pluviosidade, acreditamos que a sua variação um tanto irregular deva ser justificada na irregularidade da distribuição das chuvas. Portanto, sentimo-nos compelidos a estudar tudo que havia sobre as chuvas no nordeste brasileiro.

Procuramos, no nosso trabalho, sistematizar os fatos apresentados.

Adotamos, contudo, o ponto de vista dinâmico o qual permite explicar os dados fornecidos pela meteorologia estática.

Adotamos também as notações usuais da meteorologia para denominação das massas de ar e das frentes. Assim as massas EC, EN, EA, TC e TA signifi-

* Trabalho realizado em 1953 como parte integrante do relatório do convênio Vale do São Francisco - Conselho Nacional de Geografia.

¹ TRICART, Jean - *Cours de Géomorphologie*. Deuxième Partie. Géomorphologie Climatique - Paris.

² Mapa de índice de aridez do nordeste brasileiro, organizado pelo professor ALFREDO JOSÉ PORTO DOMINGUES, segundo a fórmula do Prof. E. DE MARTONNE $I = \frac{P}{T-10}$

carão, respectivamente, as massas equatorial continental, equatorial norte, equatorial atlântica, tropical continental e tropical atlântica e as notações EPA e FIT representarão, respectivamente, a frente polar atlântica e a frente intertropical.

Dividimos o nosso trabalho em três partes. Inicialmente imaginamos a situação sem a influência da massa polar no nordeste, caso que acontece por vezes. Quando tal situação se realiza, teremos a seca no nordeste.

Na segunda parte, consideramos os fatos como geralmente se apresentam. Aqui tentamos demonstrar que a restauração do equilíbrio dinâmico pólo-equador pelo deslocamento de massa polar fria de SW para NE provoca, de maneira indireta, as grandes chuvas do nordeste.

Na última parte, procuramos comprovar as idéias que adotamos.

Nesta parte apelamos para o "Atlas Pluviométrico do Brasil", *Boletim* n.º 5 do Departamento Nacional da Produção Mineral do Ministério da Agricultura. Observamos que há concordância, bem razoável, dos esquemas adotados com os quadros de médias mensais de chuvas daquele boletim.

Queremos agradecer aqui a orientação e auxílio que nos foi dado pelo Prof. JOSÉ CARLOS JUNQUEIRA SCHMIDT, como também, a confiança que nos foi depositada pelo Prof. ALFREDO JOSÉ PÔRTO DOMINGUES em entregar-nos um serviço de grande responsabilidade, bem como ao Prof. JORGE ZARUR por ter concordado com a nossa escolha para tal empreendimento. Mais uma vez agradecemos ao Prof. ALFREDO JOSÉ PÔRTO DOMINGUES por nos ter auxiliado criticando e fazendo revisão final deste trabalho, bem como ao geógrafo CATARINA VERGOLINO DIAS, que se prontificou a refazer grande parte dos mapas deste trabalho dando-lhes melhor apresentação, e ainda o seu auxílio prestimoso pela melhor apresentação da "Conclusão" deste trabalho.

A todos os colegas de serviço que espontaneamente procuraram colaborar neste trabalho aqui externamos nossos agradecimentos.

1.ª PARTE

Situação sem a atuação da massa polar.

O mecanismo de chuvas no nordeste deve ser explicado pela disposição dos centros de grande pressão, os anticiclones, principalmente o do Atlântico Sul. O deslocamento deste centro, geralmente situado próximo ao trópico, se dá mais devido ao avanço da massa de ar fria polar vinda de W do Pacífico Sul, que em virtude da oscilação do sol na eclíptica.

Sabe-se que o centro de alta pressão se localiza no lugar de baixa temperatura, ou seja, nos centros de radiação líquida negativa¹. Existe também, o centro de alta pressão dinâmico devido a uma forte subsidência de ar², mas este não interessa no momento.

Consideremos agora os fatos de:

- 1.º) Os continentes no hemisfério sul terem a forma triangular — estreitamento para o sul — com o conseqüente predomínio neste hemisfério da água em relação à terra;

¹ Radiação líquida entendemos a diferença entre a radiação solar efetiva e a radiação da terra

² Por subsidência de ar entenderemos ar vindo de outras regiões viajando de cima para baixo.

2.º) O calor específico da terra inferior ao da água;

3.º) Fraca condutibilidade da água e aquecimento dela por convecção.

Devido a tais fatos a água, isto é, o oceano custará mais a se esfriar. E em relação à passagem do sol pelo mesmo paralelo, veremos que a terra — continente — levará um mês para se resfriar enquanto a água levará de dois a três meses para que tal aconteça. Tal atraso se refere ao centro de radiação líquida positiva, porque êste centro deveria, não fôsse o resfriamento demorado da terra, coincidir com o local de maior incidência dos raios solares. Devido à grande demora em se resfriar haverá maior estabilidade na localização do centro de radiação líquida no oceano (Atlântico Sul). Êste quase ou nada se deslocará em relação à passagem do sol na eclíptica, enquanto, no continente, o centro de máxima temperatura (devido à radiação da terra) oscilará nitidamente, com atraso de um mês, em geral, em relação à mesma passagem do sol.

Tais oscilações dêsses centros, conforme veremos mais tarde e, de modo generalizado, coincidem com as chuvas que entram no continente (acompanhando a oscilação de FIT).

Há, conforme vimos, imobilização do centro de radiação líquida sôbre o oceano de nosso hemisfério. E, portanto, do centro de alta pressão do Atlântico Sul que sôbre êle se localiza. Tal centro fica praticamente fixo e próximo do trópico durante todo o ano.

Assim, o anticiclone do Atlântico Sul, localizado próximo à costa do Brasil e acima do trópico ou, mesmo, em cima dêste, jogará os seus ventos — alísios de SE e E — sôbre o nordeste brasileiro.

Os alísios são constituídos de duas camadas, uma inferior, úmida e fria e, outra, superior, quente e sêca; a superfície de descontinuidade existente entre as mesmas forma uma rampa vinda da costa da África, onde tem 0 metro de altura, para o Brasil onde atinge a altura de 1 500 a 2 000 metros. Há ainda na referida rampa um declive de sul para norte (trópico para equador); no sul a rampa tem 0 metro de altura e no equador chega a 2 000 metros.

Vê-se por meio dela que o alísio sofre uma ascensão natural na sua ida para o equador. Por ser a camada inferior bastante úmida e fria, e a de cima, quente e sêca, é claro que uma ascensão súbita de ar na primeira só poderá formar chuvas fortes na costa do Brasil e no equador ou proximidades dos mesmos.

A maior possibilidade de chuvas pelos alísios nestes locais e não em outros explica-se pelo seguinte:

O alísio dentro da camada inferior se ascenderá, mas ao atingir, em sua ascensão, a superfície de descontinuidade, irá se misturar como o alísio da camada superior. Com isto haverá um acréscimo de temperatura do primeiro em decréscimo do segundo havendo um equilíbrio térmico. Como consequência a umidade relativa da primeira muito alta, após a mistura das duas massas, tornar-se-á baixa. Como resultado obter-se-á uma massa com temperatura alta, superior à do ponto de saturação da massa, neste caso a possibilidade de chuva desaparece.

Eis porque, na costa da África, o alísio dificilmente provoca chuva, enquanto no Brasil é mais fácil. Do lado do Brasil, na região equatorial, a grande espes-

sura da camada inferior permite uma ascensão de ar na mesma, de longo percurso.

Quando a massa de ar se eleva ela sofre expansão. Para tal, usará energia tirada dela mesma, dando-se assim uma reação adiabática. Então o ar ao ascender, na camada inferior o alísio se resfriará. Como em tal processo a umidade absoluta não se modifica, com o abaixamento de temperatura poderá suceder que seja atingido o ponto de saturação. Com isto haverá condensação de vapor de água. Tudo depende do nível da superfície de descontinuidade. Quando esta ficar a uma altitude elevada haverá maior possibilidade de chuva.

Assim, pode-se explicar as chuvas no litoral nordeste do Brasil, chuvas de relêvo, que se verificam no inverno em que o predomínio do centro de pressão do Atlântico Sul é nítido. Esta situação perdura até o outono quando o dito centro caminha para o nordeste. Mais tarde veremos que êste fenômeno se agrava com a invasão da FPA devido à mistura do alísio inferior com a massa polar. Por isto no outono, veremos que as chuvas se tornarão mais fortes principalmente no litoral da Bahia por serem aquelas invasões mais intensas.

Além do mais a distinção das duas camadas do alísio desaparece na costa do Brasil e no *doldrum*³. Devido à ascensão rápida do alísio neste local teremos grandes chuvas.

A umidade do alísio inferior é proveniente do longo contacto da massa com o Atlântico — nessa massa está incluída a massa de compensação vinda em altitude da zona temperada (70° latitude). Próximo aos trópicos elas passam a ser ventos descendentes que chegam rasantes ao solo. A umidade do alísio superior é devido à massa de retôrno do alísio⁴ que principia a descer no paralelo 25° mais ou menos, adquirindo a partir daí a direção de W. Esta massa é, praticamente, constituída pelos ventos vindos da massa TA.

Assim, numa época normal (isto é, baseado na média das normais de chuvas e de pressão) vê-se o seguinte quadro:

Verão: (figs. 1, 2 e 3) — O centro de pressão do Atlântico Sul situado mais ou menos a 18° de latitude, acha-se próximo do litoral porém afastado nos níveis inferiores, só dominando, claramente, o nordeste nos níveis superiores, 3 000 metros para cima, quando o seu núcleo se aproxima mais da costa. O eixo dêste anticiclone não só tem a inclinação de E para W, vista acima, mas também de S para N, ou seja, a sua base fica próxima do trópico e a sua cabeça afasta-se dêste em direção ao equador.

Nesta época existe uma zona de baixa pressão no Chaco, motivada pelo grande aquecimento do continente. Trata-se de uma baixa nítida para onde os ventos inferiores a 3 quilômetros afluem sob o efeito de “sucção”.

Há também nesta época um outro centro de pressão de menor importância para nós, no hemisfério norte, na Venezuela, que caminha em níveis superiores para as Guianas.

³ Os *doldrums* são os locais na atmosfera de convergência dos alísios — o do hemisfério norte com o do hemisfério sul —, onde os mesmos sofrem uma ascensão, violenta. As regiões onde se localizam correspondem a áreas de calmaria, pois, a componente horizontal dos ventos é quase nula.

⁴ Contra-alísio.

VERÃO
500m

FIG. 1

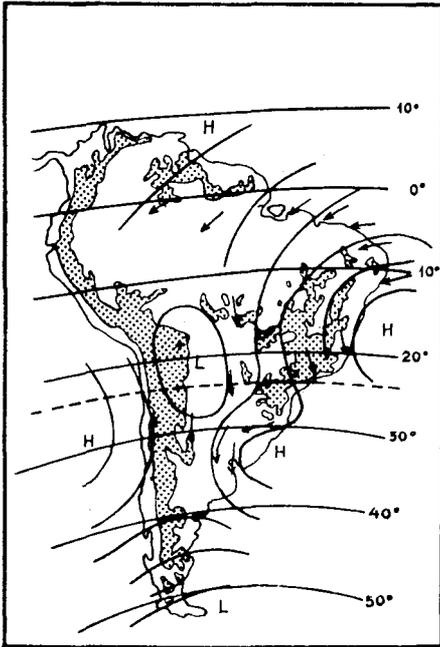
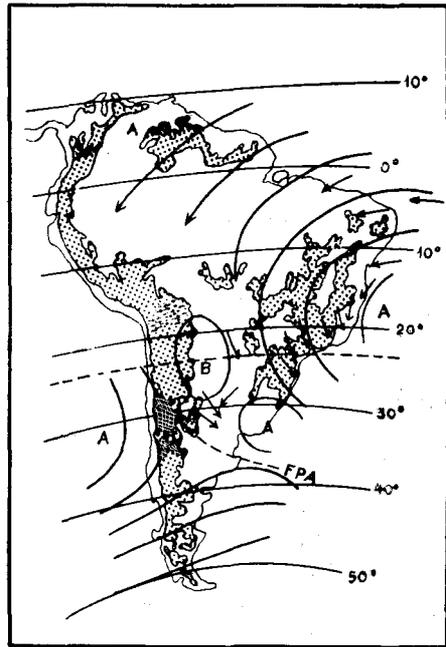
VERÃO
1000m

FIG. 2



Devido a tal disposição acontece o seguinte: a massa equatorial norte (alísio do hemisfério norte e os ventos do *doldrum*) tem oportunidade de ultrapassar o equador invadindo o hemisfério sul, aspirado pela baixa do Chaco. É a monção de verão.

Êstes ventos têm direção NE ao entrarem no continente, depois tomam a direção N, e mesmo NW para entrarem na zona de baixa pressão do Chaco.

Êles são ventos instáveis por convecção, portanto, sujeitos a chuvas. Isto porque os da massa equatorial norte vindos do centro de alta pressão dos Açores — alísios do hemisfério norte — bastante distante, e portanto com um longo percurso marítimo, tornam-se carregados de umidade adquirida do mar, e, a sua temperatura apesar de não ser muito baixa, é sempre inferior à da massa TA — alísio de retôrno — o qual portanto fica acima dêles.

Contudo a grande quantidade de vapor de água daqueles ventos do hemisfério norte é suficiente para permitir chuva com ascensão da massa. Por isso esta massa, se aquecendo no seu longo percurso sôbre o continente, ascende provocando as chuvas. Desta maneira ela passa a constituir a massa equatorial continental que varre os estados do Pará, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais — parte oeste — e, às vêzes, a Bahia — sertão ocidental. Ela atinge também os estados do Maranhão e do Piauí. Aí o contacto da mesma com a massa equatorial atlântica — alísio de SE e de E — constituirá a frente intertropical. Em tal lugar ocorrerão chuvas de frente⁵.

Já no litoral do Rio Grande do Norte, caso o centro do Atlântico Sul seja fraco, haverá um deslocamento do *doldrum* para lá, onde surgirão, conseqüentemente as chuvas de pancada.

⁵ Chuvas de frente são as provocadas pela ascensão de uma massa sôbre outra.

Haverá chuvas por convecção devido à orografia a barlavento da Borborema e outros maciços costeiros, motivadas pelo alísio de SE e de E. Mas são chuvas de pouco valor como tôdas as ocasionadas pelo relêvo quando o vento é de SE e E — ventos da massa EA — por exemplo: Morro do Chapéu nesta época.

Então todo o vale do São Francisco, e mesmo o sertão da Paraíba e Pernambuco em que predomina o alísio de SE e de E ou o contra-alísio de NE — alísio de retôrno —, será uma zona de estabilidade, de bom tempo. Pois, como já foi explicado no início, quase tôda a umidade do alísio ficará no litoral.

Assim sendo, a massa (TA) constituída pelo alísio de retôrno (ventos de NE) é bastante estável. Pois trata-se de massa de baixa umidade relativa, e ainda constituída de ventos descendentes porque êste se dirigem para o pólo, apesar de não atingirem êsse objetivo porque, entre 25° e 30°, tornam-se ventos de W.

Aliás, o centro de alta pressão situado no Chaco, acima de 3 000 metros, vai constituir os ventos de SW no Brasil meridional. São ventos quentes que obrigam os ventos de NE da massa TA a descerem. O encontro dêsses dois ventos poderá constituir, em determinadas ocasiões, a frente superior que dominará, em altitude, o nordeste com a orientação geral de N-S. Isto só se verificará na época das invasões polares, quando o anticiclone central fôr deslocado para o nordeste e as duas massas tiverem características para constituir uma frente.

Acreditamos haver alguma umidade trazida pelo alísio canalizado pelo vale do São Francisco. A inexistência de relêvo na embocadura do referido rio facilita a entrada do alísio de sudeste e de este que por ali penetra no continente.

Contudo esta umidade não será suficiente para produzir chuvas, pois apesar da inexistência de relêvo, deve-se supor que houve uma ascensão de ar motivada pela maior radiação da terra, e coadjuvada pelo atrito no solo, que causa um movimento turbilhonar. Tal ascensão provocará formação de nuvens no litoral.

Aliás, o vale do rio São Francisco (baixo e médio São Francisco, êste último na sua parte a jusante) sempre canaliza o alísio vindo de SE, fazendo-o tomar as direções sucessivas de E e de NE. Êste fato é observado na região onde os moradores aproveitam o referido vento para carregar bateria para rádio utilizando cataventos. Já perto da foz (Propriá, Penedo), à tarde ou melhor, após as 13 horas, o alísio é reforçado pela brisa marinha, e então, nota-se que a corrente superficial do rio chega a ficar paralisada e mesmo, sulcada de ondas bem fortes que sobem o rio, dificultando a descida dêste em canoas e pequenas embarcações.

A massa EC é constituída pelo alísio do hemisfério norte que, atraído pela zona de baixa pressão do Chaco, varre o território brasileiro (principalmente os estados do Pará, Mato Grosso, Goiás e às vêzes, o estado de Minas Gerais e Bahia) trazendo chuva de convecção.

Esta massa, no verão, atinge o Chaco, constituindo, juntamente com as outras massas que para lá convergem, em superfície (altura inferior a 3 quilômetros) vindas dos centros de alta pressão do Atlântico Sul e do Pacífico Sul, a massa TC (tropical continental).

Aquelas massas, ao chegarem ali, acham-se carregadas de pouca umidade, as do Pacífico por terem deixado a umidade na subida dos Andes e ainda aquecidas na descida a sotavento da Cordilheira; as do Atlântico por terem largado a sua umidade no litoral. Finalmente, as do hemisfério norte chegam ali também com pouca umidade. Isto porque o intenso aquecimento sofrido pela massa em seu longo trajeto pelo continente, faz com que a mesma ascenda podendo trazer, conseqüentemente, chuvas e perda de umidade.

Deve-se notar, conforme frisou o Prof. JUNQUEIRA SCHMIDT (em suas aulas dadas no curso de férias do CNG em julho de 1952) que, justamente nesta época, uma grande faixa ao norte e a nordeste do estado do Amazonas, fica sujeita a sêcas. Isto acontece porque os ventos carregados de umidade vindos do hemisfério norte, ascendem no maciço guiano (pois são ventos de N ou NE) deixando a barlavento dêste tôda a umidade e, a sotavento, já como ventos descendentes (efeito de Föhn) acarretam a sêca.

Em conseqüência do forte aquecimento do continente no Chaco, os ventos ali chegados logo se aquecem e ascendem, mas devido à pouca umidade e ao grande aquecimento sofrido, o resfriamento ocasionado pela ascensão da massa não será suficiente para produzir chuvas. Estas só ocorrerão quando a FPA ali chegar trazendo umidade e resfriamento de temperatura provocando a formação de ciclones dos quais a massa TA constituirá o setor quente⁶. Contudo são precipitações relativamente escassas.

Conforme o que ficou dito acima, a baixo do Chaco carrega a umidade de superfície para o anticlone superior — localizado acima da baixa de pressão — o qual por sua vez a remete para o equador com os seus ventos de SW (Figs. 4, 5 e 6).

Já no “inverno”, com o desaparecimento da baixa do Chaco — a qual era motivada pela temperatura excessiva da região — deixa de existir a monção. Os ventos do hemisfério norte (alísios) não são mais sugados para lá e sim para o interior do estado do Amazonas como ventos de E e mesmo de SE aspirados pela baixa do equador. São também impelidos, em parte, pelos alísios de E e NE do hemisfério sul, provenientes do anticiclone do Atlântico que nesta época, domina nitidamente o nordeste brasileiro.

Assim, no inverno só o interior do Amazonas fica dominado pela massa instável (massa EC) e como esta massa atinge tal região nas outras estações do ano, será tal lugar privilegiado quanto às chuvas, sendo as mesmas ali constantes. Aliás, no outono, e principalmente no inverno, quando não há oposição da baixa do Chaco, nota-se perfeitamente a invasão da região pelos ventos do S., ventos frios da massa polar (friagem), resfriando a massa equatorial continental e posteriormente, com a ascensão daquela pelo aquecimento, realiza-se a instabilidade da massa.

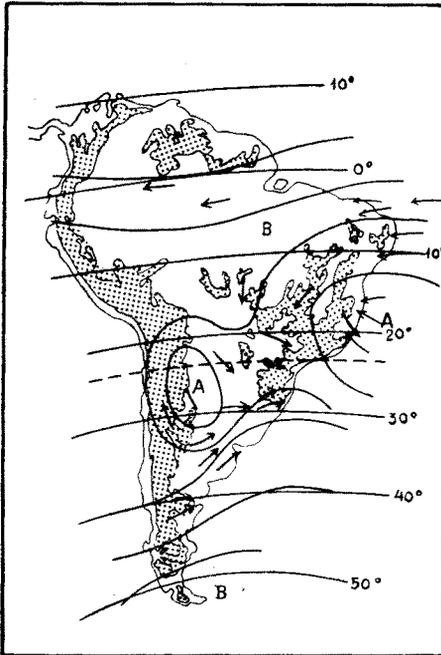
No inverno, o nordeste brasileiro (incluindo Maranhão, Piauí, bem como Minas e Bahia) será uma região dominada pelo anticiclone do Atlântico Sul — ventos de E e SE próximo ao litoral nordeste e de NE e mesmo de N no

⁶ SERRA, Adalberto e RATISBONNA, Leandro — *Massas de Ar da América do Sul* — Rio de Janeiro — 1942.

VERÃO

3 000m

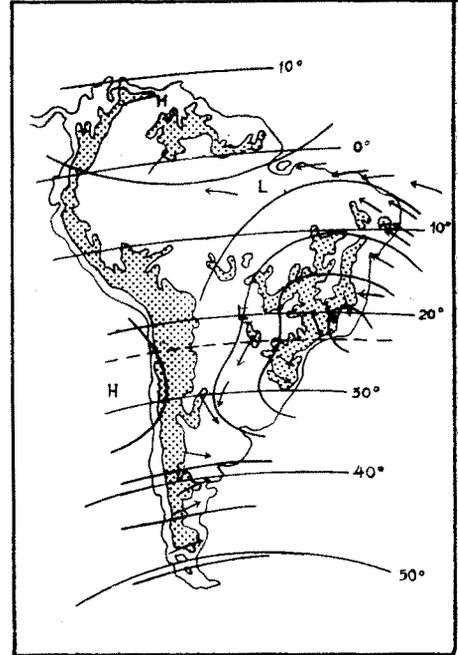
FIG. 3



INVERNO

500m

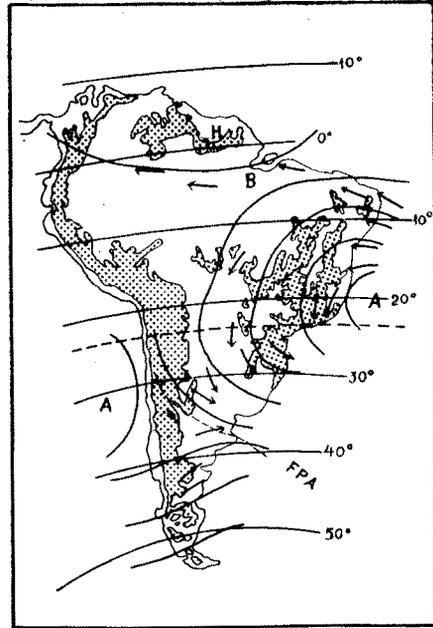
FIG. 4



INVERNO

1 000m

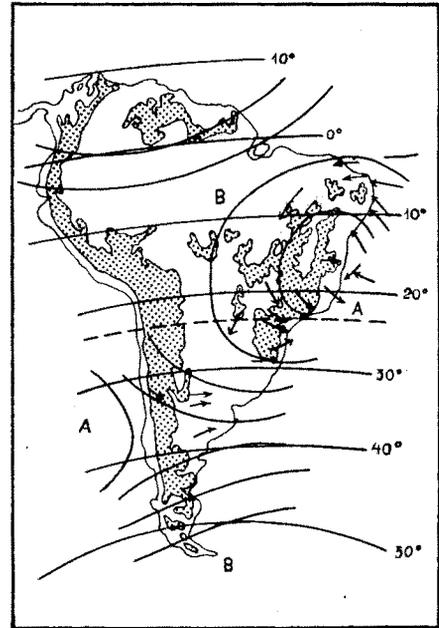
FIG. 5



INVERNO

3 000m

FIG. 6



interior. Ou seja, nesta região os ventos da massa TA dominarão. Conseqüentemente, em condições normais, a sêca se dará.

Aliás, pode-se imaginar, no final do outono e inverno principalmente, conforme diz o Prof. JUNQUEIRA SCHMIDT, ser o continente (fig. 7) centro do Brasil, devido ao seu resfriamento, dotado de uma grande faixa de alta pressão na

altura do trópico. Esta faixa se estende de W a E, ligando-se com os centros de altas pressões localizados na mesma latitude mais ou menos, um no Pacífico e o outro no Atlântico. Desta maneira, os ventos em cima do continente serão divergentes e se encaminharão para a baixa do equador e para a localizada na altitude de 60° mais ou menos. Assim, quase todo o centro do Brasil será atingido pela sêca, pois não há possibilidade de se formar frente em cima de seu território. Isto porque os ventos ali serão divergentes e secos, e neste caso o ar marítimo que possui umidade não será mais sugado para o centro do continente. A chuva só se observa no litoral nordeste, pela orografia e oriunda dos ventos locais vindos do mar.

Esta hipótese que generaliza as coisas, não deixa de ser interessante, pois nos auxilia em grande parte na interpretação e mesmo nas previsões dos fenômenos ocorridos no inverno.

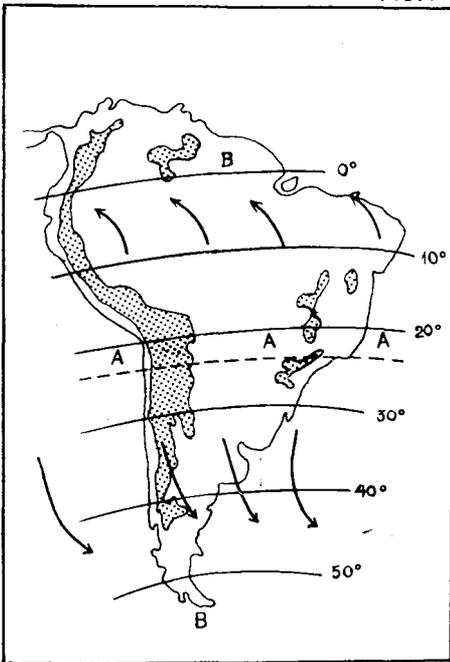
Nesta época as invasões da massa polar não chegam a provocar chuvas no continente, somente o tempo se torna nublado, de aspecto ameaçador, devido à pobreza da umidade das massas que entram nesta dinâmica.

Devemos observar, que para a disposição normal de abril e outubro (figs. 8 e 9) o estudo pode ser feito, para os níveis inferiores a 3 000 metros, nas figuras de 500 metros (pois a diferença será mínima). E, para os superiores a 3 000 metros deve-se acrescentar acima da baixa central (nas referidas figuras) o anticiclone superior.

Na "primavera", (fig. 8) o predomínio do anticiclone torna-se mais forte no nordeste havendo a possibilidade (final da primavera) de um avanço da massa EC, acumulada no inverno na Amazônia. Com isto os ventos agora vindos de W poderão galgar o bordo do chapadão ocidental, invadindo a margem

FIM DE OUTONO E INVERNO

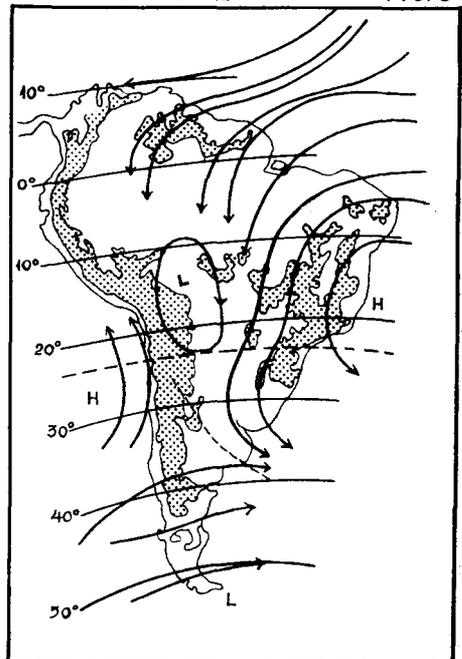
FIG. 7



OUTUBRO

Ventos médios - 500 m.h.

FIG. 8



esquerda do rio São Francisco chegando a atingir a cidade de Remanso. As chuvas de convecção da EC irão se agravar com o correr da primavera, pois o solo irá, com a passagem do sol no nosso hemisfério, tornar-se cada vez mais quente aumentando, conseqüentemente, a sua radiação de calor.

No "outono" (fig. 9), normalmente, há um recuo para o sul do anticiclone do Atlântico Sul permitindo um avanço da massa EN no Ceará; atinge este avanço, às vezes, o litoral no estado do Rio Grande do Norte (faixa litorânea NO). Contudo não ultrapassa de 5° a latitude S. Os ventos originados da equatorial norte encurvam-se, descendo, em seguida pelo estado do Piauí. O encontro dêles com o alísio de SE e E constituirá uma frente intertropical cuja orientação será neste caso de NE-SW com queda de chuvas. (Fig. 10).

No Ceará, tanto no verão quanto no outono, nota-se a presença, à tarde, até cerca de 20 horas, do aracati, vento vindo de NE, do mar. A sua origem está ligada ao forte aquecimento dêsse estado. Forma-se, assim, uma espécie de monção local refrescando a região e trazendo algumas chuvas. Isto porque o vento, vindo carregado de umidade arrancada do mar e sofrendo o forte aquecimento da região, sobe dando chuva por convecção, geralmente à tarde, quando o aquecimento é máximo. Aliás, estas chuvas são agravadas pelo relêvo, nas serras de Baturité, Uruburetama, Meruoca, etc.

Portanto, no outono haverá chuvas, considerando o período normal (fig. 9), no Rio Grande do Norte e numa faixa do Ceará. Existe um predomínio da massa EC no estado do Maranhão e Piauí. Contudo, a mesma não atinge o paralelo de 10° porque a baixa do Chaco, nesta época, acha-se deslocada para Mato Grosso, e, portanto a massa EC não atingirá o vale do São Francisco. Por isto, a FIT deslocada para o sul só terá a possibilidade de varrer os estados do Piauí e Ceará, onde haverá chuvas de frente.

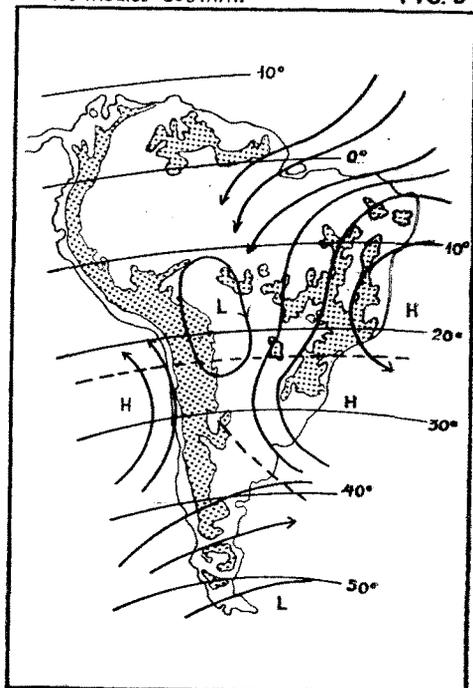
Assim, no outono, há possibilidade de chuvas para os seguintes estados, onde se nota a presença dos ventos vindos do mar (do hemisfério norte): Rio Grande do Norte (faixa litorânea), Ceará, Piauí e Maranhão.

Devido aos fatos analisados até agora, concluímos que a possibilidade de chuvas no vale do São Francisco é mínima. Pois o predomínio da massa TA (alísio de retôrno) é nítido ali, principalmente no inverno. Por isto, todo o vale do São Francisco, com exceção do alto curso, seria uma região de clima semi-

ABRIL

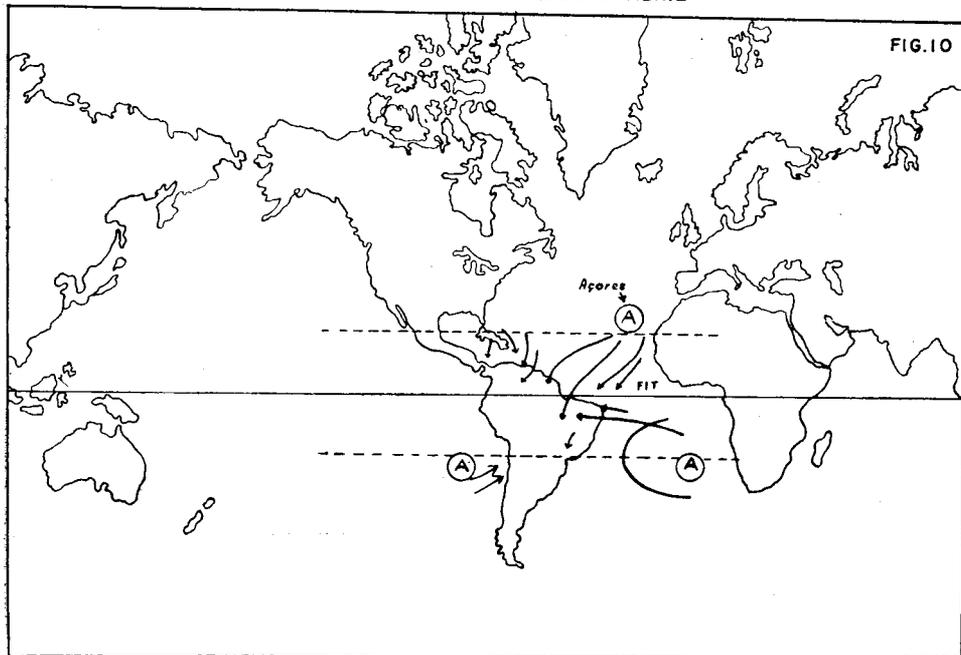
Ventos médios-500 m.h.

FIG. 9



-árido. Contudo, em consequência dos diversos derrames de ar polar vindo do Pacífico Sul, trazendo um reforço para a FPA, há, na região, modificação enorme da situação que deveria ser a normal. Analisemos pois êsses derrames.

CENTROS DE ALTA PRESSÃO-ABRIL



2.^a PARTE

Situação com a atuação da massa polar.

De modo geral, existe uma diferença, mais ou menos constante, de temperatura entre o pólo e o equador. Então, devido à radiação, verifica-se no último um centro de baixa pressão superficial enquanto, no pólo, o aquecimento negativo provoca o acúmulo de ar originando, assim, um centro de alta pressão. Neste caso, pela meteorologia clássica haverá no equador, em altitude um centro de alta pressão e, no pólo, um de baixa pressão, (fig. 11) o ar tentando ir do pólo para o equador na superfície e retornando em altitude do equador para o pólo, realiza assim uma compensação de ar. Acontece que tal compensação se torna dificultada pela presença da força de Coriolis, com a sua ação desviante. Isto implica na divisão em células. Contudo, o momento angular que deveria reforçar a ação da força de Coriolis, por ser constante, ajuda uma boa parte de ar a furar a circulação da zona limitada de 30° em 30° (figs. 11 e 12). — Esquema da circulação meridional — segundo BJERKNES — descrito à página 6 do parágrafo IV das *Massas de Ar da América do Sul* — ADALBERTO SERRA e LEANDRO RATISBONNA). O momento angular é pois constante por se tratar de força central. Ele é constituído, em módulo, pelo produto do raio, que liga o centro da terra à partícula considerada, pela velocidade da partícula. Mas esta velocidade pode ser diminuída (sem que o raio sofra um aumento) no nível inferior, pelo atrito com a terra, e aumentada no

nível superior pelo movimento turbilhonar (também para nós proveniente de atrito entre camadas). Este último caso é aplicável aos ventos superiores de W da célula central — célula 1 (fig. 12b). Tais hipóteses são de ADALBERTO SERRA. O ar terá pois forças para furar a circulação zonal de três células, restabelecendo, em parte, a circulação meridional. Sendo constante e característico o momento angular para cada célula (latitude), ele, conforme diminua ou aumente, irá modificar o equilíbrio existente na célula obrigando, conseqüentemente, o ar a procurar a outra célula ou melhor, o local (latitude) onde o momento angular esteja de acôrdo com o seu novo valor.

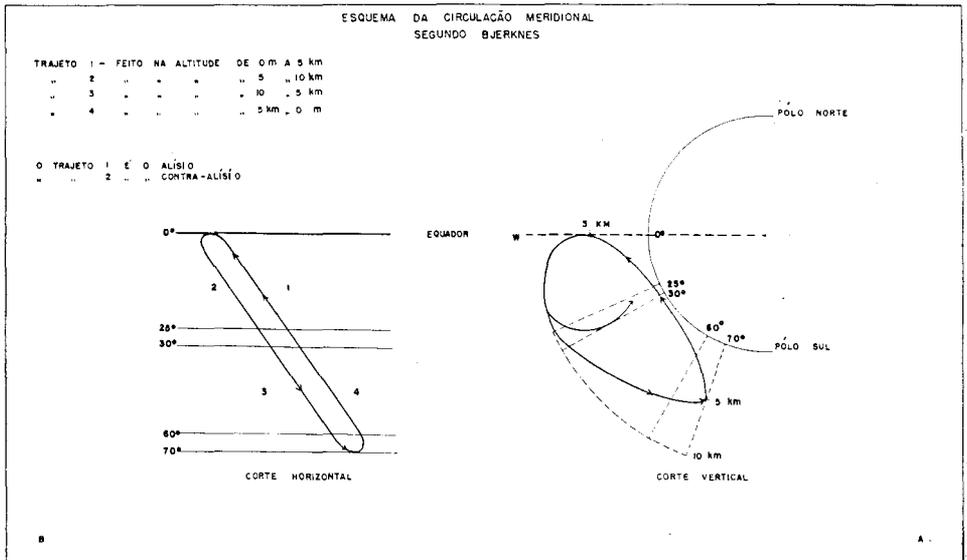


Fig. 11

“Lembremo-nos ainda (figs. 11 e 12) de que o ar superior de W do pólo desce neste pela radiação, chegando à superfície por subsidência. Constituindo êle parte da corrente de W que subiu na frente ártica, a pressão a 90° irá aumentando pela descida contínua do ar. Não podendo êste subir novamente, o único meio de aquela região perder o seu excesso será pelas invasões frias para o equador, dando-se então avanços “periódicos” da frente ártica, quando o anticiclone polar se tornar muito forte e consegue vencer a barreira dos ventos de W (célula 2, fig. 12a). Já estamos vendo aí que os anticiclones frios são afinal o meio principal de se executar o ramo “inferior” da circulação meridiana, levando “não continuamente” mas “a intervalos” regulares, o ar para o equador”⁷. Em outras palavras, a descida do ar no pólo torna-se mais forte pela radiação negativa da região, pois o ar chegando ali perderá calor, tornando-se frio e, portanto, mais pesado. Não é pois uma reação adiabática em que a energia é emprestada pela própria massa. Porque, se assim fôsse, o ar comprimindo esquentaria, pois haveria devolução de calor. Também a impossibilidade de ar acumulado no pólo subir, está ligada à impossibilidade de êste adquirir calor do solo se aquecendo e ascendendo, conseqüentemente, por convecção. Assim a 90° de latitude (pólo) a pressão se tornará cada vez maior com o acréscimo

⁷ ADALBERTO SERRA, — *Climatologia Equatorial*, p. 17

da quantidade de ar acumulado, enquanto surgirá um *deficit* de ar no equador, e a solução encontrada será o derrame (extravasamento) daquele ar para o equador.

Tais avanços geralmente ocorrem no verão e outono e às vezes no inverno no hemisfério sul. As grandes chuvas no nordeste ou as grandes secas coincidem, respectivamente com a existência ou não de tais avanços. Estudar a possibilidade de chuvas para o nordeste é pois estudar as contínuas invasões da massa polar no hemisfério sul.

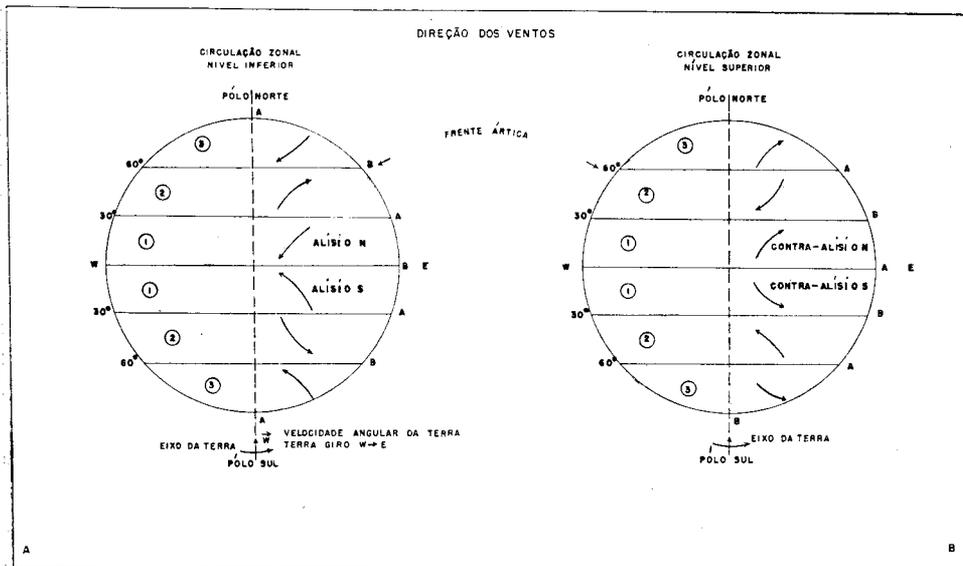


Fig. 12 — Nesta figura, na circulação zonal nível superior, à direita, a direção das setas das células n.º 2, está errada, pois os ventos aí sopram em altitudes para E e não para W, como está indicado.

Tais avanços se podem dar de três maneiras:

1) Após romper a barreira dos Andes no sul do continente, a massa polar penetrará em direção ao centro do Brasil, dirigindo-se pela baixa do Chaco, ultrapassando-a e penetrando na Amazônia (fenômeno melhor verificado no outono e no inverno, pois, no primeiro a baixa do Chaco mais ao norte e menos intensa constitui barreira fácil e, no segundo, a ausência da mesma facilita o avanço da massa polar. Tal fato foi batizado pelo nome de friagem).

2) Se a massa polar após galgar a serra do Mar (então de altura média de 1 500 metros não tiver energia suficiente para vencer a barreira da Mantiqueira e da serra dos Cristais em Minas Gerais, então se verificará uma das 3 seguintes situações:

a) a massa será desviada para oeste, constituindo o ramo oriental de massa polar, que atingirá Mato Grosso ocasionando ali o fenômeno de friagem;

b) se a época for verão, a massa estabilizar-se-á em Minas, e sofrendo a intensa radiação do solo, se aquecerá e subirá, juntando-se à massa TA, constituindo, neste caso, a massa polar de retorno;

c) uma parte da massa de ar poderá ser desviada para leste, “constituindo o “ramo” ocidental da massa que segue pelo oceano Atlântico, com desconti-

nuidade nítida caminhando a princípio para norte e a seguir para oeste até o litoral do Pará”⁸.

A massa neste caso, ao se deslocar para o equador, contornará o litoral brasileiro.

3) pode a massa polar após vencer os Andes seguir o percurso de menor resistência. Isto é, caminhar pelo oceano Atlântico.

Em todos os três casos acima, a tendência da massa é de atingir o equador, só não o consegue, geralmente, no segundo caso.

Quando o centro de ação fôr muito forte — ou seja a massa TA — a massa polar será repelida ficando estacionada na Argentina, e se a mesma não sofrer novos reforços, ela não progredirá tendendo a retornar como frente quente. Quando tal fato acontecer, corresponderá a um ano de sêca para o nordeste, pois a massa TA dominará completamente aquela região.

Ao contrário, quando a frente polar chegar até o trópico e, conseguindo, às vêzes, ultrapassá-lo, e ainda mais, havendo contínuas renovações da frente, o ano torna-se-á chuvoso para o nordeste.

A frente polar poderá ter orientação NW-SE, ou de W-E, ou de SW-NE. A descontinuidade poderá, conforme fôr a energia da massa polar, atingir a latitude de 15°. As orientações acima, explicam-se pelos seguintes motivos: a primeira delas reside na grande energia da massa polar que vence a serra do Mar, provocando o deslocamento do anticiclone do Atlântico Sul para nordeste; as segunda e terceira orientações já são devidas à menor energia da massa, que não consegue transpor a barreira da serra do Mar. Isto porque esta serra, no litoral do Rio de Janeiro, tem a orientação de W-E e, no sul do Brasil, de SW-NE. Esta última orientação da serra do Mar justifica a orientação da frente polar que avança pelo oceano para o norte (avanço do tipo 3). Pois neste caso a orientação da frente é de SW-NE.

A orientação de NW-SE se dá quando a massa tem muita energia, conseguindo transpor a serra do Mar. Contudo “tal percurso é mais raro no verão, época de anticiclone pouco espesso, e em que a intensa radiação aquece rapidamente o ar polar no continente, onde a frente logo se dissolve. Ela prossegue porém no oceano, estacionando em média um a dois dias no paralelo de 20° para por fim recuar como WF. Chuvas persistentes, ocorrem então no sueste do Brasil”⁹.

Já, no inverno tal orientação se verifica melhor porque a massa tem maior energia.

A massa polar ao avançar obrigará, por ser mais fria, a massa TA a subir sobre ela. No caso de o avanço ser pelo oceano a espessura da massa atinge, às vêzes, 2 000 metros ficando sobre ela os ventos da massa TA.

Verifica-se pois que, ao haver um avanço da frente polar atlântica, o centro da alta pressão do Atlântico Sul desloca-se para o nordeste aumentando a pressão e trazendo bom tempo para aquela região. Nota-se, em seguida, que,

⁸ ADALBERTO SERRA, — *Meteorologia do Nordeste Brasileiro*, p. 4.

⁹ ADALBERTO SERRA, — *Meteorologia do Nordeste Brasileiro*, p. 4.

após a renovação da frente, todos os centros de pressão são solicitados para o sul acarretando chuvas para o nordeste. Pois, neste caso a FIT oscilará para o sul e a massa EC para leste. Para justificar o avanço dos centros para o norte e, em seguida, o deslocamento dos mesmos para o sul, nós nos baseamos em afirmações verbais do Prof. JUNQUEIRA SCHMIDT.

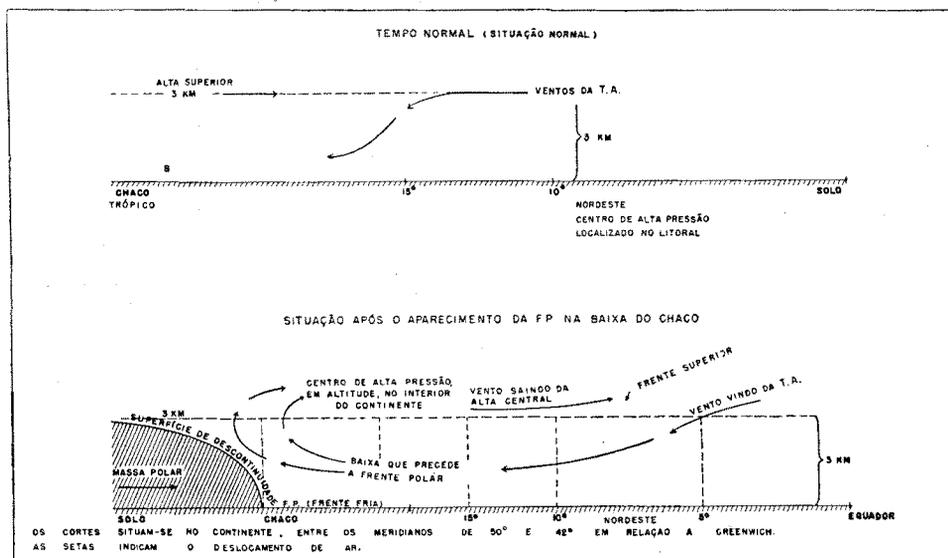


Fig. 13

Seja a figura 13. Tais cortes se situam no continente entre os meridianos de 50° em relação a Greenwich.

Antes de prosseguirmos, façamos as seguintes observações sobre tais esquemas. A figura 13 é a situação normal de verão e mesmo início de outono, quando os ventos da TA começam a sua descida vindo do norte para o sul, entre os paralelos de 10° e 15°.

Tal descida é facilitada pelos ventos de SW da alta superior centrada acima da baixa do Chaco. Após a invasão polar, com o aparecimento da frente fria do Chaco (fig. 13) os ventos da TA são obrigados a subir à superfície de descontinuidade, o que provoca na região situada na dianteira da frente polar, o aparecimento de uma "baixa", em superfície, saindo os ventos dela para galgar a massa polar vinda do sul. Haverá assim, precedendo a frente fria uma baixa de pressão, pois os ventos da TA torna-se-ão ali ascendente e divergente. Êstes ventos, dirigindo-se para cima, galgando a superfície de descontinuidade, vão-se acumular no nível superior, onde por sua vez determinam o aparecimento em altitude de um centro de alta pressão.

A baixa, que precede a frente, deverá ser abastecida. Os ventos que farão tal abastecimento provirão do anticiclone do Atlântico Sul (ventos da TA).

Tal é a situação que se tem quando se analisa a KF (frente fria formada no Chaco). Para abastecer a baixa que precede a KF, os ventos da TA para lá afluirão iniciando a sua descida mais ao norte (em latitude) da sua posição costumeira.

Devido a isto, a descida dos alísios de retôrno, dar-se-á mais ao norte.

Do centro de alta pressão, localizado acima da área de baixa pressão que precede a frente, os ventos de SW que saem dêle, irão agravar a descida dos alísios de retôrno (ventos da TA). O encontro dos mesmos constituirá a frente superior, que domina o nordeste, nestas ocasiões.

Então a descida dos ventos de massa TA torna-se nítida e sentida no nordeste do Brasil, onde a pressão aumenta. Para abastecer esta baixa — localizada entre a frente polar e o paralelo de 15° mais ou menos — haverá uma subsidência de ar vinda da massa TA ou seja do anticiclone do Atlântico. Sôbre esta baixa surgirá — de acôrdo com as regras de meteorologia clássica — uma “alta” em altitude. Os ventos de SW desta alta encontrando os ventos da TA formarão a frente superior, que dominará o nordeste, numa linha de direção N-S, que será a orientação da frente.

Então, conforme se vê na figura 13, os ventos do anticiclone do Atlântico, no nordeste, iniciarão a sua descida para o chão, mais ao norte entre os paralelos de 5° e o equador.

Esta descida pode iniciar-se no equador, no outono, pois nesta época os alísios do hemisfério sul chegam a ultrapassar o equador. Então, feitas estas observações, podemos, agora, imaginar que, com o avanço da massa polar vinda do sul, os ventos mais quentes da massa TA sejam obrigados a subir sôbre aquela massa.

Isto é o que acontece no setor oeste do anticiclone do Atlântico Sul. No setor SW do anticiclone que se localiza na costa brasileira, próximo a Salvador, verifica-se o seguinte: a frente polar, localizada no oceano e parte do interior, implica na ascensão do ar TA sôbre a massa polar. Com isto irá criar, pelos mesmos motivos já mencionados uma baixa de pressão na sua dianteira.

Para esta região de baixa pressão afluirá o ar vindo do norte por subsidência. Êste ar, sendo da massa TA, irá provocar, praticamente, uma espécie de desfalque ao sul e na parte SW da massa do anticiclone do Atlântico Sul. Com o caminhar da frente polar para o norte, o referido anticiclone irá se dissolvendo ao sul e se firmando melhor ao norte e no nordeste.

Devido a isto, justifica-se o aumento de pressão no nordeste do Brasil. Aí os ventos serão descendentes e vindos do Atlântico Sul.

Vimos a razão pela qual os centros de pressão (alta e baixa) se deslocam para o norte com o progresso da FPA. Agora vejamos porque êles descem para o sul, quando se verifica uma renovação rápida da frente, ao sul da Argentina. A massa polar vinda do sul apresenta a característica de ser uma alta migratória. Então, após a passagem do seu núcleo — isto se observa com o máximo de pressão acusado pelo barômetro — os seus ventos passarão a ser de N e NW, pois serão ventos no hemisfério sul, provenientes de uma área de alta pressão.

Ao surgir nova remessa de ar, formar-se-á, então, automaticamente, nova frente na Argentina. Isto porque os novos ventos virão de SW e o encontro com os ventos de NW e N do ar polar velho constituirá uma nova frente polar atlântica.

No verão pode acontecer o seguinte: nesta época o ar polar, que avança pelo continente, tem pouca espessura. Com isto a baixa do Chaco, que desaparecera com a presença da massa polar, aos poucos, irá se reconstituindo, devido à intensa radiação do solo. E com o aquecimento, aquêlo ar irá subir misturando-se com o ar tropical e voltará para o sul como vento de NW.

Neste caso, êstes ventos opor-se-ão aos ventos vindos de SW da massa polar e assim surgirá nova frente ao sul na Argentina, ficando uma pequena zona de alta pressão entre a nova frente polar e a antiga. Em todos os dois casos, quando se dá o aparecimento da nova frente na Argentina, a alta migratória, que atingira o trópico, deixa de ser abastecida e se enfraquecerá gradativamente.

A baixa do Chaco então se reconstituirá. Assim, o anticiclone, formado na dianteira da frente fria do Chaco, desaparecerá e formar-se-á novamente, sôbre ela a baixa, o anticiclone superior que, automaticamente, ali se forma.

Então, com o aparecimento da antiga frente polar, provocado pela presença da nova frente na Argentina, cremos haver, pelo mesmo processo que provocou a ida para o norte de todos os sistemas, um recuo para o sul de todos os sistemas. Isto porque, na dianteira da nova frente, o ar mais quente subirá e, então, haverá ali um centro de baixa pressão, o qual atrairá para si o centro de alta pressão do Atlântico Sul, pois a tendência da massa de ar, em conjunto, é de caminhar para os lugares de menor resistência.

O Prof. JUNQUEIRA SCHMIDT acredita que o avanço da FPA influa no deslocamento dos centros de pressão, mas insiste que se deva levar em conta outros fatores ligados à circulação geral. Como, por exemplo, os diversos ciclones que surgem no Atlântico Sul, com o conseqüente enfraquecimento do centro de alta pressão do Atlântico Sul.

Em resumo, diz êle, ser muito mais complicado e oriundo de causas mais gerais e de atmosfera superior o deslocamento dos referidos centros de pressão para o norte e para o sul; e acrescenta que as chuvas provêm também da passagem do *doldrum* e das chamadas "ondulações de leste" (*Easterly Waves*). Concluindo, podemos afirmar que o avanço da frente PA é condição que pode provocar chuvas no nordeste, mas, as chuvas podem ainda provir de outras causas.

ADALBERTO SERRA em *As Sêcas do Nordeste* fêz uma estatística sôbre a relação estreita entre a frente polar atlântica e as chuvas no nordeste. Descreve a circulação superior relativa aos anos de 1932 e 1935. O primeiro sêco e o segundo chuvosos. Com os dados de superfície, o referido autor faz o estudo relativo aquêles anos e ainda aos anos secos de 1915 a 1919 e aos anos chuvosos de 1917 a 1924.

Pode-se deduzir daí que: nos anos de grandes chuvas, verificam-se geralmente, três a quatro nítidos avanços por mês da frente — verão e outono — vindos da Argentina e ultrapassando o trópico indo até ao paralelo de 15° sul.

Tais deslocamentos estão magnificamente descritos nas páginas 4 e 7 da *Meteorologia do Nordeste Brasileiro* de ADALBERTO SERRA.

Ao se dar um avanço da FPA no sul do Brasil — ao longo da costa, pelo oceano em direção ao trópico — o centro de alta pressão do Atlântico Sul será arrastado para o nordeste (ficando entre 15° latitude sul e o equador). Com isto, os ventos de S e SE da massa EA dominarão esta região.

Alguma chuva de relêvo poderá cair no litoral. Isto porque a inversão do alísio, devido ao deslocamento do centro de pressão para o noroeste de sua posição, irá se abaixar ali, dificultando assim a chuva pela ascensão da massa.

Com os ventos oriundos do centro de pressão do Atlântico Sul dominando o nordeste, o céu tornar-se-á limpo e haverá sêca para o vale do São Francisco dominado pelo ventos de massa estável TA.

O mesmo acontecerá se o avanço se der pelo continente, quando a massa polar fôr forte e caminhar de sul para norte com a orientação de NW-SE. Neste caso ela rompe a barreira da serra do Mar. O centro de pressão do Atlântico é levado para o nordeste. Haverá chuvas de frente sòmente em Minas Gerais, onde a frente se estaciona.

Consideremos, agora, o primeiro caso, isto é, aquêle em que a frente viaja pelo mar. Neste caso, a frente ao atingir o trópico, irá sofrer a influência da serra do Mar, que ali tem a orientação de W-E. Devido à serra, a frente se infletirá para leste.

A frente, ao caminhar até o trópico, empurrará para o nordeste o centro de ação do Atlântico Sul e deslocará também a EC, ficando esta restrita à Amazônia. O acúmulo da EC ali se fêz devido à anulação do efeito de sucção da baixa do Chaco, que desaparecerá com a presença da massa polar. E, como consequência, a massa EC passará a constituir um grande centro de alta pressão na Amazônia.

Dois a três dias depois, quando a frente polar, após atingir o trópico, fôr desviada para leste, ela fará com que sejam arrastados na mesma direção todos os sistemas. Ou seja, o centro de pressão do Atlântico Sul se retirará do nordeste enquanto a massa EC, vinda da Amazônia, invadirá o nordeste provocando chuva. Os seus ventos serão originários de W, pois serão ventos que saem de uma zona de alta pressão em direção à baixa do nordeste. Neste caso, a massa EC invadirá o nordeste “atingindo o vale de São Francisco e o Ceará onde a pressão diminui e a temperatura também”¹⁰. A FIT também terá a orientação de leste-oeste e descerá para maiores latitudes sul, por ter cessado a oposição de centro de ação. Então, segundo ADALBERTO SERRA, a massa EC ficará estendida desde o Amazonas até o Nordeste, constituindo uma região de calmas, enquanto o norte do Amazonas será atingido pelos ventos do centro dos Açôres.

Devido àquela massa ser convectivamente instável, tôda a região dominada por ela estará sujeita a chuvas. Na mesma página o autor frisa que: “é necessário grande afastamento do centro de ação para que as próprias calmas atinjam o Ceará, só se produzindo o fato após duas passagens frontais sucessivas no sul do Brasil”.

¹⁰ ADALBERTO SERRA — *Meteorologia do Nordeste Brasileiro*, p. 6.

O afastamento requerido acima é para leste; isto permite que as chuvas da EC atinjam o Ceará. Contudo acreditamos que estas chuvas chegam a ultrapassar o talvegue do rio São Francisco.

Nos anos de grande umidade para o nordeste, observa-se que a FIT tem oportunidade de oscilar descendo até o rio São Francisco atingindo Petrolina na grande curva do São Francisco, quando então se verificam os raros aguaceiros da região.

As grandes chuvas ocorridas no nordeste são portanto, oriundas da oscilação da FIT. Assim os raros aguaceiros caídos em Petrolina são devidos àquelas oscilações ligadas, intimamente, ao recuo do centro de pressão do Atlântico Sul e à conseqüente penetração, em cunha, sob os alísios de este, dos ventos da massa EN vindos dos Açôres, que arrastam com isto o *doldrum* para lá.

Também a massa EC traz chuvas para o nordeste atingindo o Jaguaribe e o rio São Francisco. Mas serão chuvas menos copiosas.

De tudo o que foi dito acima podemos tirar a seguinte observação: o avanço de uma FPA ocorrido no oceano, pode arrastar, ao atingir o trópico, todos os sistemas para leste, levando com isto, a massa EC para o nordeste — vale do São Francisco — onde haverá chuva.

Mas o estado do Ceará só será atingido se houver “duas passagens sucessivas frontais no sul do país”¹¹. Vemos portanto que a renovação rápida da frente polar é importante.

Também as oscilações para o sul de FIT se darão com o recuo para o sul do centro de pressão do Atlântico Sul. E isto se verifica com renovações rápidas da FPA.

Existe, como é de se esperar, certo sincronismo das invasões polares nos dois hemisférios. Assim, no verão, pode coincidir um avanço de ar polar no norte com um avanço no hemisfério sul. Neste caso a invasão polar, ocorrida no hemisfério norte, provocará uma alta em altitude nas Antilhas. Esta alta influirá, com os seus ventos, na descida em relação ao equador, dos alísios do hemisfério norte mais para o sul de sua posição costumeira. Por isso, embora muitas vezes a frente polar no sul não se tenha renovado rapidamente ou mesmo não tenha suficiente energia para influir nos centros de pressão, a FIT descerá para latitudes maiores atingindo o nordeste, com direção mais ou menos de NE-SW.

É o que se pode observar, nos quadros sinóticos de pressão reproduzidos na *Climatologia Equatorial*, de ADALBERTO SERRA, em alguns anos de chuvas no nordeste.

Concluindo e analisando a situação em cada estação do ano, podemos dizer que, no “verão”, as sucessivas invasões polares deslocam os sistemas para leste arrastando a EC, que passa a dominar na margem esquerda do vale do São Francisco e, às vezes, no Jaguaribe. Concomitantemente, os sistemas poderão

¹¹ ADALBERTO SERRA, — *Meteorologia do Nordeste Brasileiro*, p. 6.

ser deslocados para o sul, no caso das renovações serem rápidas e sucessivas. Com isto, a FIT desce atingindo, a leste do meridiano de 40°, a latitude máxima de 8° sul.

Ainda no Ceará, a FIT encurva-se, entrando pelo Piauí com a direção geral de NE-SW.

As chuvas cairão nas regiões sob o domínio da FIT. Também a oeste da mesma choverá devido à massa EN, a qual é convectivamente instável.

No entanto, a leste da referida frente, ficará uma região seca sob o domínio das massas TA e EA, com exceção do litoral leste onde haverá chuva de relêvo.

Isso no norte, porque, mais ao sul e a leste portanto da FIT, se a baixa do Chaco se reconstituir, esta poderá impelir para o São Francisco os ventos da massa EC.

Mas neste caso, esta massa só atingirá a margem esquerda do São Francisco, no sul da Bahia, faixa abaixo da latitude de Barra, pois a massa TA dominará o restante do vale dificultando o avanço daquela massa. Quando tal acontece, a massa EC poderá descer para SE atingindo Minas e mesmo chegar ao Rio de Janeiro.

No "outono", a frente intertropical poderá, com o recuo do centro de pressão do Atlântico Sul motivado pelo segundo avanço da FPA, oscilar para o sul.

Este caso levará os ventos do *doldrum* a dominar uma boa parte do nordeste.

A frente intertropical geralmente oscila entre a latitude de 2° e 0°. Tal disposição se explica pela colocação natural dos dois centros de alta pressão do Atlântico.

Em abril e início de maio, o estado da Paraíba e, mais raramente, o sertão NW do estado de Pernambuco poderão ser atingidos pelas chuvas de pancada devido à presença do *doldrum*.

Neste caso, a oscilação da FIT poderá atingir a latitude de 5° sul após o recuo do centro do Atlântico.

No quadro acima, a massa EC será impelida a dominar uma boa parte do estado de Minas — noroeste deste estado — e o sertão sul da Bahia. O restante deste último estado ficará sob o domínio da massa TA, massa estável, e teremos portanto seca.

O estado do Rio Grande do Norte será atingido também pelo *doldrum*, e os que ficarem a oeste da frente intertropical, receberão as chuvas da massa EN. Em tal situação vê-se que todo o litoral (abaixo de Alagoas, incluindo este estado) ficará dominado pela massa EA; as chuvas são agravadas pelo relêvo. Para que tal situação se verifique é preciso que a renovação da FPA seja rápida (num intervalo de três a quatro dias geralmente).

Além disso devemos ainda considerar as seguintes situações ocorridas no outono e analisadas por ADALBERTO SERRA na página 7 de sua *Meteorologia do Nordeste Brasileiro*:

1b) Se a massa polar segue pela região oeste do Brasil, ela chega até o Acre, produzindo aí as primeiras friagens, sob a pressão, e cai a temperatura

Ou seja, a intensa radiação armazenada pelo solo (pela dupla passagem do sol, outono) acaba se fazendo sentir, criando a baixa do Chaco cujo efeito de sucção traz a massa EC para o sul atingindo a mesma Goiás, mas não indo mais para leste porque a massa TA não permite. Fizemos mais esta transcrição da obra de ADALBERTO SERRA, embora acreditemos que a mesma analise um quadro menos geral do que aquêle por nós analisado.

Finalmente, veremos o caso do "inverno", durante o qual as invasões polares geralmente se dão pelo oceano.

Nesta época, sendo o centro de alta pressão do Atlântico nítido e forte e com domínio sobre o nordeste, o avanço da mesma massa polar, unicamente, irá agravar a instabilidade do alísio na costa do nordeste e leste. Isto se verifica porque, ao se dar a mistura do alísio com o ar polar, aquêle se refrescará sem prejuízo da sua umidade relativa, o que justifica as grandes chuvas de inverno ocorridas no litoral baiano, acima de Salvador, principalmente, ou melhor, na faixa litorânea ali localizada.

Ainda no caso acima, a massa polar pode ser conduzida pelos alísios de leste até Belém como ondas de leste, ocasionando quedas de temperatura e algumas chuvas.

O progresso de ar polar pelo interior não nos interessa e só podemos dizer que o mesmo, pela existência da baixa central, irá atingir a Amazônia produzindo o fenômeno de friagem, o seu avanço pelo interior em nada modifica o ciclo normal de chuvas no nordeste.

3.^a PARTE

Iremos aqui, baseados no que foi tratado, tentar explicar as chuvas ocorridas nas diversas estações do ano.

Analisaremos os mapas de pressão e direção de ventos das diferentes estações.

Consideraremos o fator relêvo, a temperatura do solo e os característicos da massa de ar, que passa sobre uma região, como os principais elementos para explicar as chuvas.

Nós nos apoiaremos, no entanto, nos mapas de precipitação média mensal do "Atlas Pluviométrico do Brasil", Departamento Nacional da Produção Mineral, do Ministério da Agricultura, *Boletim* n.º 5, de 1948, que registrou as chuvas ocorridas no Brasil no período de 1914 a 1938.

Com isto evitaremos tirar conclusões erradas e absurdas. Assim, dentro de nossas hipóteses, procuraremos ficar de acordo com a realidade. Ao procedermos desta maneira, nada mais estaremos fazendo que seguir um sábio conselho do Prof. JUNQUEIRA SCHMIDT.

Ao depararmos um mapa de índice de aridez do nordeste do Brasil (incluindo Bahia, Maranhão e Piauí), notamos que o grande cotovêlo do rio São Francisco apresenta o máximo de aridez, diminuindo o índice a partir daí, tanto para o nordeste quanto para o sudoeste. Exceptuando-se Morro do Chapéu, onde a temperatura ameniza a aridez, os demais lugares possuem temperatura

mais ou menos uniforme, o que implica na variação de aridez ligada ao fator chuva.

Para explicar a variação do fator chuva teremos que tratar da circulação geral das massas de ar, e, explicada tal circulação, poderemos localizar num mapa quais os lugares ou zonas onde, de acôrdo com as análises feitas, a probabilidade de chuvas será máxima ou mínima.

QUADRO I (fig. 15)

VERÃO

Esta situação acontece quando o derrame da massa polar não se verifica ou se dá muito espaçadamente e com pouca freqüência. Nota-se, então, um predomínio no continente, na parte leste, do anticiclone do Atlântico Sul. Neste local as chuvas ocorridas são devidas ao alísio do hemisfério sul e em parte ocasionadas pelo relêvo. Devido à baixa do Chaco, os ventos do hemisfério norte têm oportunidade de penetrar no continente, sob o alísio do hemisfério sul. Contudo a FIT atinge somente o Maranhão.

A área compreendida entre as serras de Tumucumaque, Parecis, Furnas, Pirineus e Gurgueia será atingida pela massa EN, que sob o efeito de monção penetra no continente. Conseqüentemente, em tal região haverá chuvas de convecção por ser tal massa convectivamente instável. A umidade será oriunda do Atlântico Norte, portanto.

Notar-se-á, a barlavento das serras de Tumucumaque e Pacaraima, chuvas devido ao relêvo ainda daquela massa de ar.

Neste quadro, o São Francisco e o nordeste são assolados pela sêca.

A quentura do solo e a presença dos ventos descendentes da massa TA aumentam a evaporação, que é sentida em todo o vale, quando o anticiclone do Atlântico Sul se torna nítido.

QUADRO II (fig. 16)

VERÃO

Este é o quadro mais freqüente. As massas de ar EN têm oportunidade de penetrar no continente, fazendo a FIT oscilar para o sul atingindo, assim, o São Francisco.

Aquelas massas ascendem no continente. São instáveis devido a sua grande umidade e a sua temperatura.

A temperatura excessiva da região provoca a ascensão da massa trazendo chuvas abundantes. São portanto, chuvas de convecção.

Tal quadro se estende até o início do outono (março).

As chuvas devido ao alísio de E e SE são poucas e só se dão no litoral e Morro do Chapéu devido à orografia. Ao norte — Guianas — verifica-se também alguma chuva devido ao relêvo pela massa vinda do anticiclone das Antilhas.

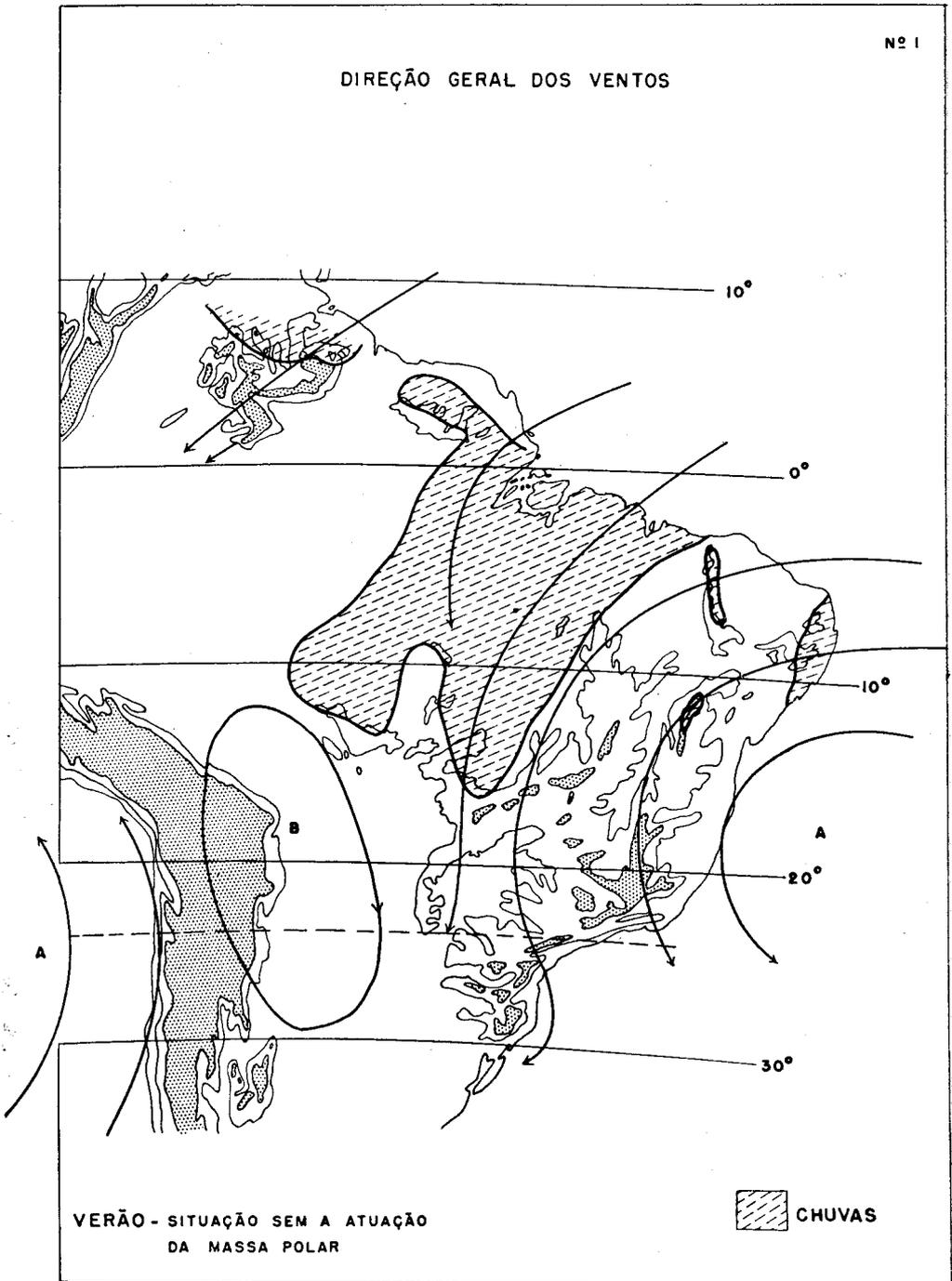


Fig. 15

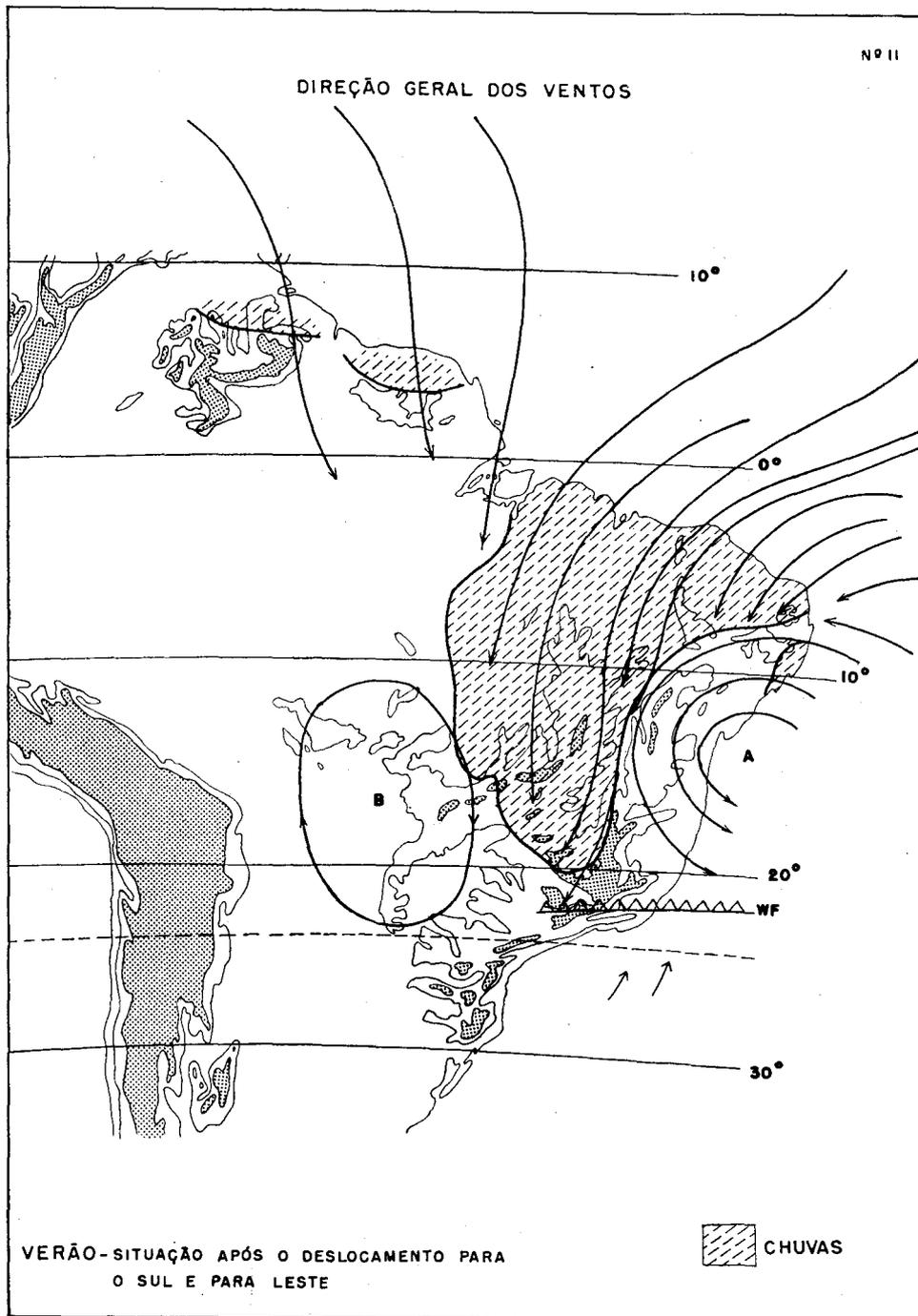


Fig. 16

QUADRO III (fig. 17)

VERÃO

Situação após a invasão da FPA

A massa equatorial continental, desviada para a Amazônia, onde se acumulara, tem oportunidade, devido ao deslocamento para leste do centro do Atlântico Sul, de extravasar para leste. Tal fato está ligado à presença, na serra do Mar, próximo ao trópico, da FPA, que influi no deslocamento de todos os sistemas para leste.

As chuvas da EC serão oriundas da ascensão desta massa sobre os alísios do Atlântico Sul. São, portanto, precipitações devido aos ventos quentes de W. Estas chuvas se agravam mais a barlavento das serras.

Trata-se pois de umidade vinda da Amazônia e são chuvas de pancadas que varrem todo o lado oeste do vale do São Francisco, atingindo o seu talvez. Mas não conseguem galgar a chapada Diamantina, havendo ali abundantes chuvas na encosta oriental.

Nesta ocasião a FIT toma a orientação W-E atingindo o litoral sul do Ceará.

A faixa ao norte, limitada pela FIT, terá chuva cuja umidade será proveniente do Atlântico. Mas são chuvas de pouco valor.

Quando tal quadro se torna freqüente, como aconteceu de 18 a 25 de dezembro de 1948¹, teremos probabilidade de enchentes no São Francisco.

No litoral, — a barlavento da Borborema, Alagoas para cima — registram-se chuvas, devido ao relêvo, com a umidade arrancada do alísio de SE e E.

Tal situação, entretanto, não é muito freqüente.

QUADRO IV (fig. 18)

OUTONO

O quadro II também se pode verificar no início do outono (março e abril), quando os ventos da EC têm oportunidade de chegar até Minas Gerais. Entretanto, um quadro representativo de uma situação mais geral ocorrida no outono é o IV.

Nesta época, as maiores chuvas são devidas à umidade arrancada do Atlântico Norte pelos alísios dos Açores. Em Morro do Chapéu e no litoral, em torno de 10°, a chuva é proveniente do alísio do hemisfério sul e provocada pela orografia. São chuvas de pouca monta. Em Tumucumaque e Parima devido ao relêvo (ventos de barlavento) há chuva provinda dos ventos do anticiclone das Antilhas.

¹ Chegamos a esta conclusão examinando os quadros n.º 36 a 43 de *Condições Climáticas do Vale do São Francisco*, de SALOMÃO SEREBRENICK.

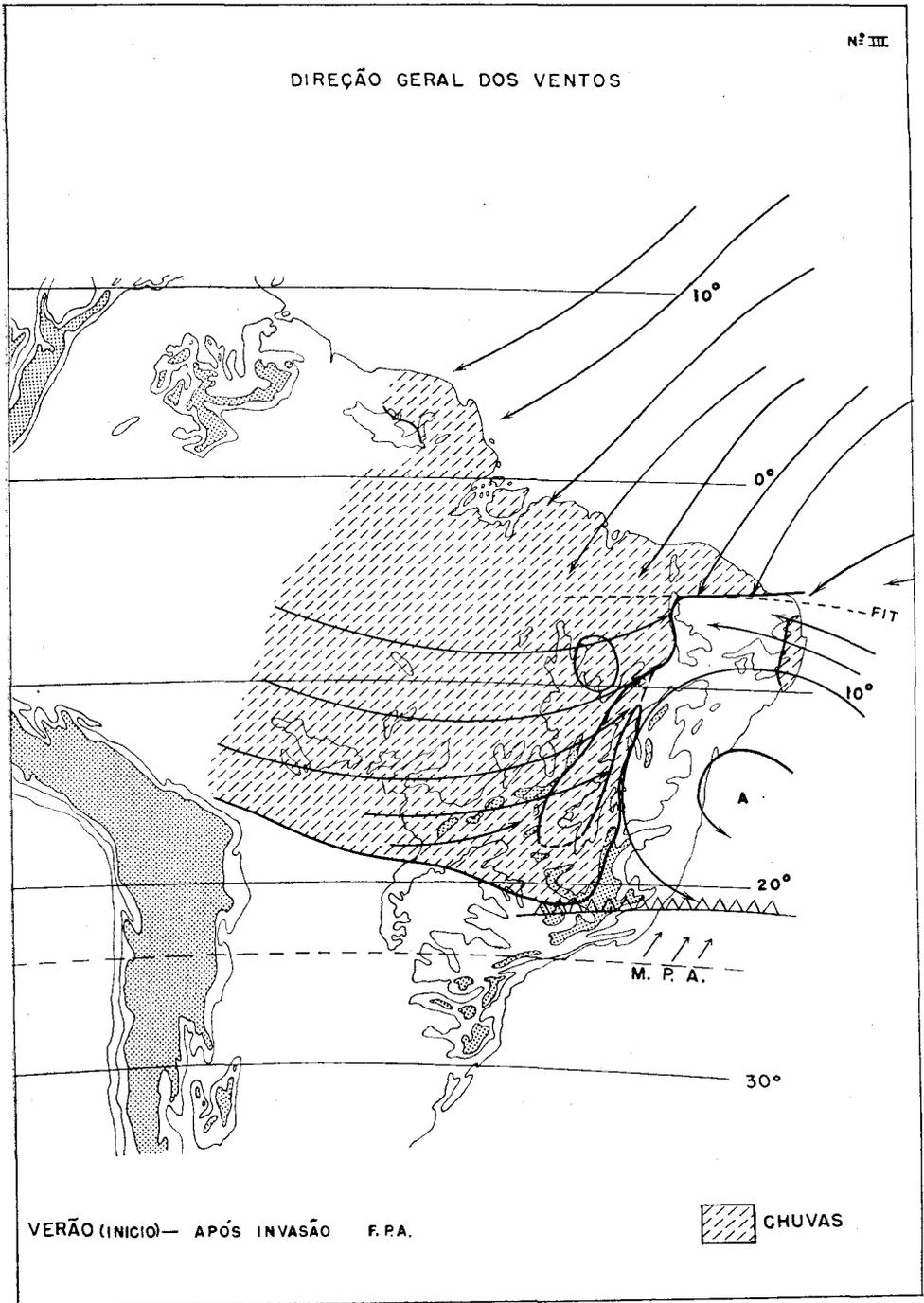


Fig. 17

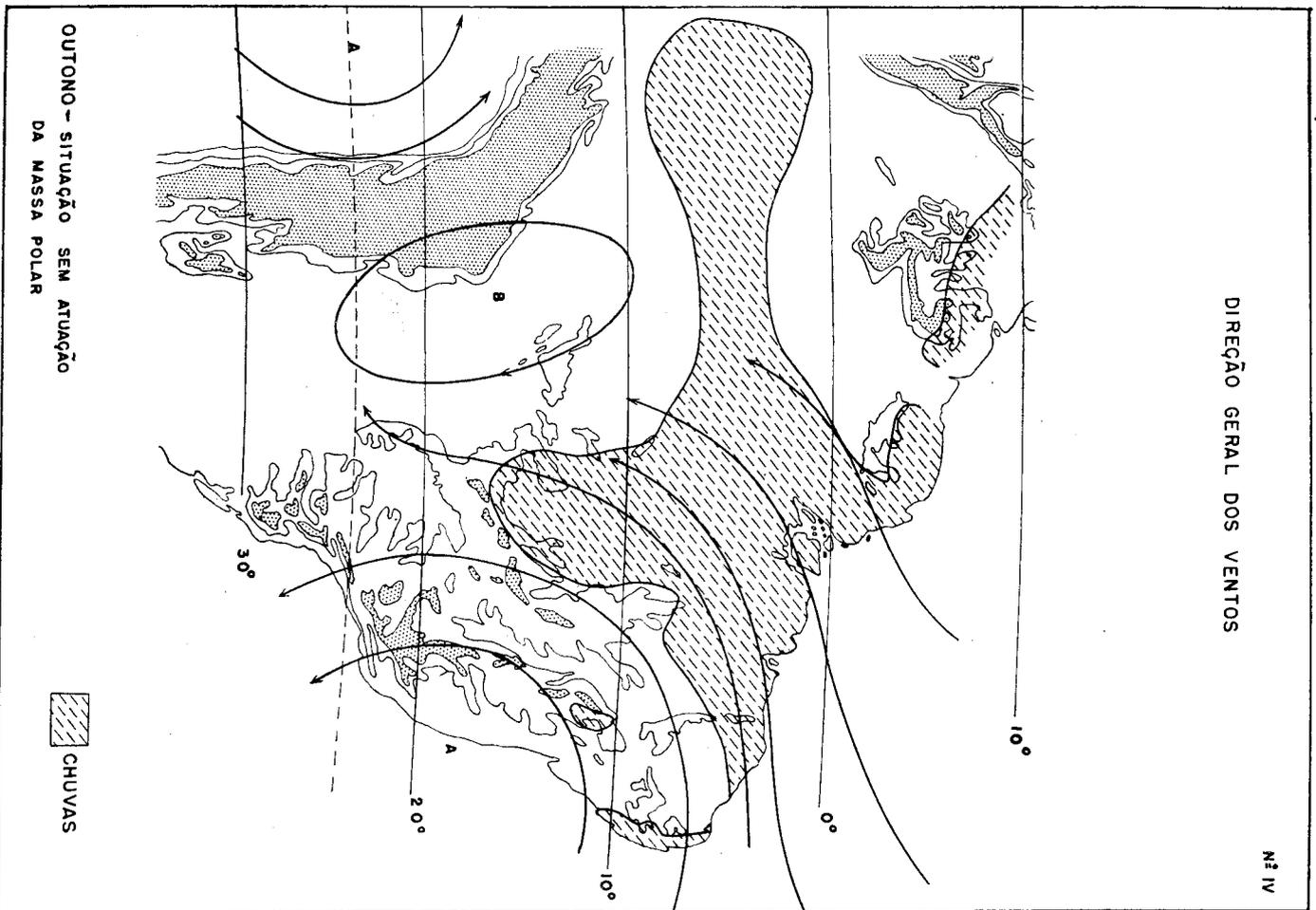


Fig. 18

Já nos outros meses do outono a baixa do Chaco se torna mais forte e os ventos vindos do Atlântico Norte não conseguem atingir o vale do São Francisco. Contudo a oscilação da FIT para maiores latitudes sul favorece os estados do Ceará, Piauí e Maranhão.

As chuvas ocorridas nesta época, no litoral leste do Brasil, acima do paralelo de 18°, têm como causa a orografia e o resfriamento do alísio de SE e E provocado pela presença da massa polar, que já nesta época caminha geralmente pelo oceano. Dêste modo se justificam no quadro II as setas ao longo do litoral leste, indicando a presença de tais ventos de SE e E.

Assim, vemos que o quadro IV pode explicar, satisfatoriamente, a média de distribuição de chuvas ocorridas em abril e maio (Mapa n.º 6 do *Atlas Pluviométrico*).

As chuvas no litoral leste e no Morro do Chapéu são devidas ao alísio do hemisfério sul e motivadas pela orografia, sendo que as ocorridas no litoral são mais aliadas aos resfriamento do alísio de SE e E pela massa polar.

A chuva na parte norte do Brasil é provocada pela entrada no continente do alísio do hemisfério norte, atingindo a Amazônia.

O vale do São Francisco torna-se sêco, devido ao vento da TA. A evaporação ali, nesta época, torna-se intensa pois a dupla passagem do sol ocasiona forte radiação do solo.

É claro que o quadro II pode ocorrer em abril, quando a massa polar tem bastante energia e os seus avanços são freqüentes, havendo, então, uma alteração no quadro IV, com um derrame sôbre o São Francisco dos ventos da EC trazendo chuvas para ali. Mas tal acontecimento já é mais raro.

QUADRO V (fig. 19)

INVERNO

Nota-se nesta situação o predomínio do anticiclone do Atlântico Sul em quase todo o Brasil. As chuvas que se verificam nas regiões sob os ventos dêste anticiclone, são devidas ao relêvo e são raras. A evaporação intensa sob a massa TA, no entanto, é contrabalançada pela fraca temperatura do solo.

Notam-se chuvas na Amazônia, devido à massa EC que para ali se escoia nesta época, sendo que, no final do outono, a massa avança para o alto Amazonas (agosto e setembro), quando os ventos do anticiclone do Atlântico Sul dominam completamente o Brasil.

QUADRO VI (fig. 20)

INVERNO

Além do quadro V, apresenta-se um outro, o quadro VI, bastante freqüente nesta época (inverno). Contudo, em agosto e setembro principalmente, tal quadro se torna mais raro devido ao enfraquecimento e mesmo desaparecimento das invasões da massa polar.

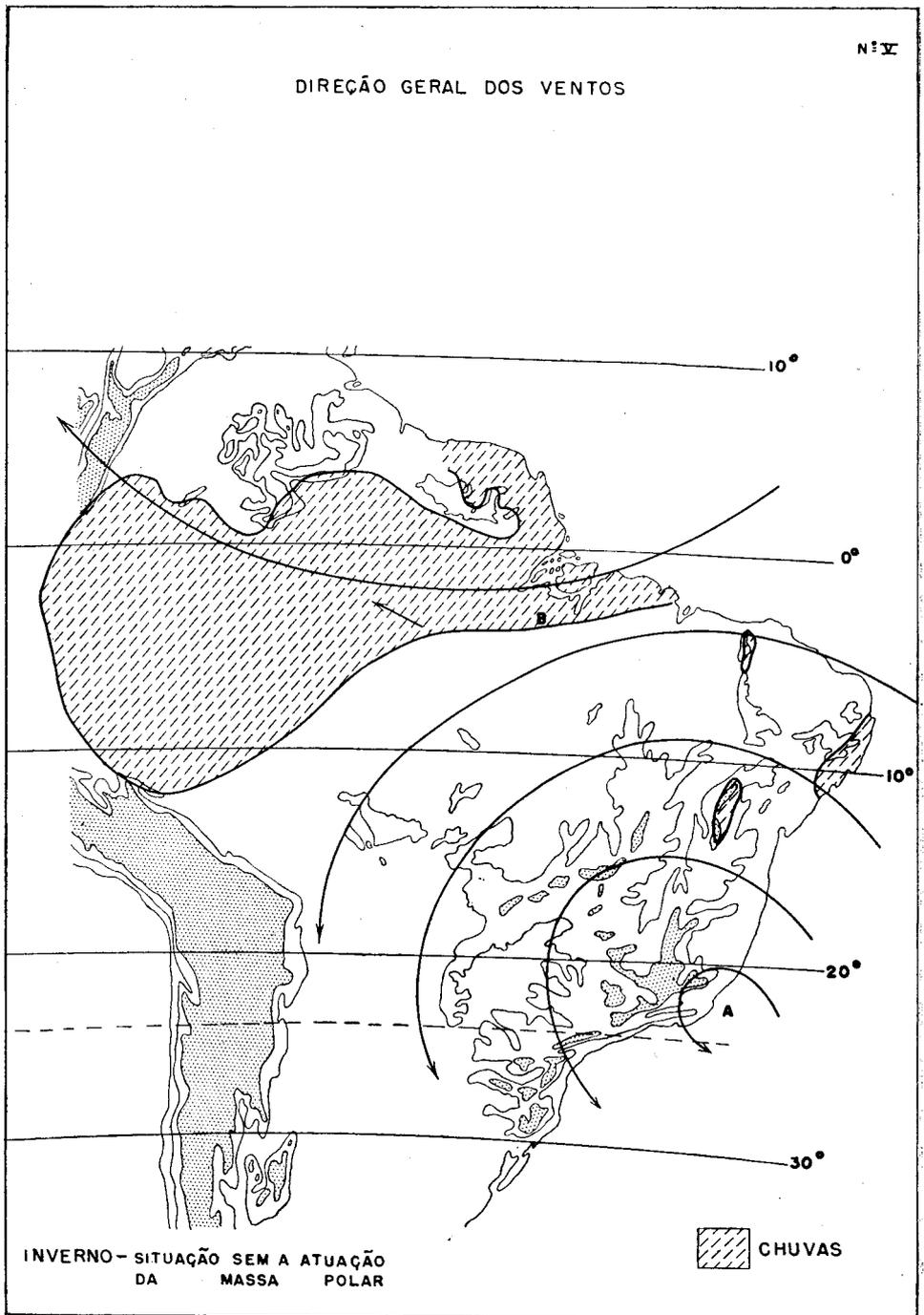


Fig. 19

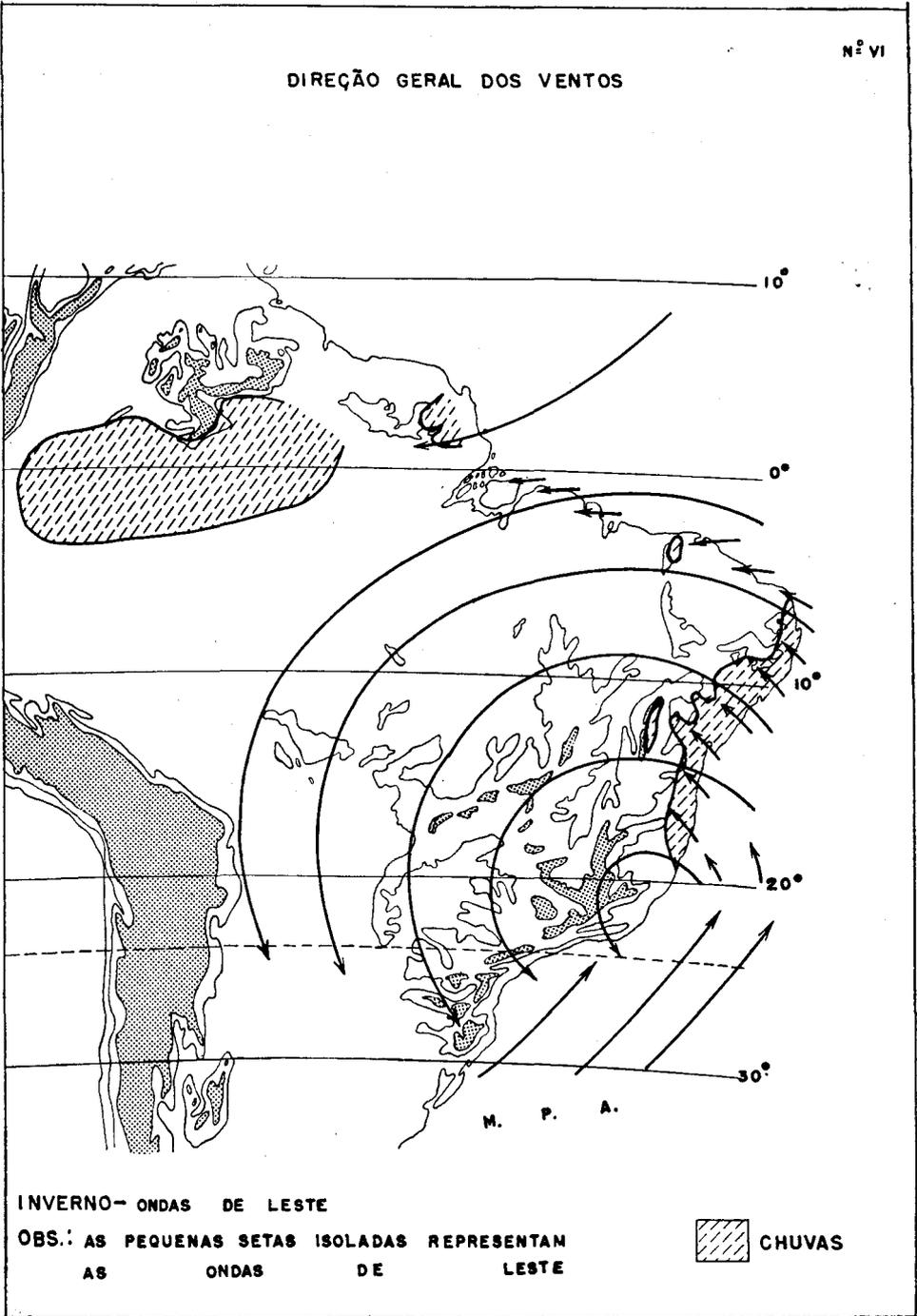


Fig. 20

No inverno tal massa viaja pelo oceano, ao longo do litoral e acaba se misturando com os alísios de SE e E, esfriando êstes e agravando, portanto, a instabilidade dos mesmos, ao longo do litoral leste. Mas as chuvas, só se dão a barlavento, na serra do Mar (litoral baiano para cima). Também a barlavento, na serra Ibiapaba, registram-se algumas chuvas pelo mesmo motivo.

Em Morro do Chapéu, nota-se no inverno, por vêzes, quedas de chuva, motivada única e exclusivamente pelo relêvo.

No início do inverno, cremos que as chuvas ocorridas acima do paralelo de 3º, do Maranhão até a foz do Amazonas, são devidas aos alísios do hemisfério norte que por ali penetram no continente, em direção ao vale do Amazonas.

Já em agôsto e setembro o predomínio da massa TA naquela região faz desaparecer a chuva, pois nestes dois meses verifica-se com mais freqüência o quadro IV.

QUADRO VII (fig. 21)

PRIMAVERA

Êste quadro verifica-se em outubro, novembro e dezembro.

Para a região acima do paralelo de 12º há, de modo geral, uma distribuição de chuvas de acôrdo com o quadro VII. Essas chuvas são devidas ao alísio do hemisfério norte. São, por isto, mais intensas a barlavento das serras de Tumucumaque, Parima e Parecis, sendo nesta última a umidade já, em parte, arancada da própria floresta amazônica por aquêle vento.

O mesmo mecanismo pode justificar a ocorrência de pequenas chuvas na região sob os ventos do anticiclone do hemisfério sul, a barlavento das Furnas.

Em Morro do Chapéu sob o domínio da massa TA a chuva é mínima e provocada unicamente pelo relêvo.

Pelo visto, a primavera seria uma estação de sêca para o vale do São Francisco; mas, o quadro a seguir modificará esta possibilidade.

QUADRO VIII (fig. 22)

PRIMAVERA

Pela análise do quadro VII vimos que havia possibilidade de estação sêca para o vale do São Francisco.

No entretanto, observando o quadro VIII vemos que a massa EC acumulada no alto Amazonas durante o inverno, se extravasará ao se firmar a baixa central que se acha localizada nesta época mais ao norte. Com isto, os ventos daquela massa descerão para o sul vindos de NW varrendo os vales dos rios Araguaia e Tocantins e atingirão Minas Gerais.

Neste estado as chuvas começam, geralmente, em outubro crescendo de intensidade em novembro.

Aquêles ventos ficam limitados pela serra do Espinhaço, onde se darão grandes chuvas a barlavento.

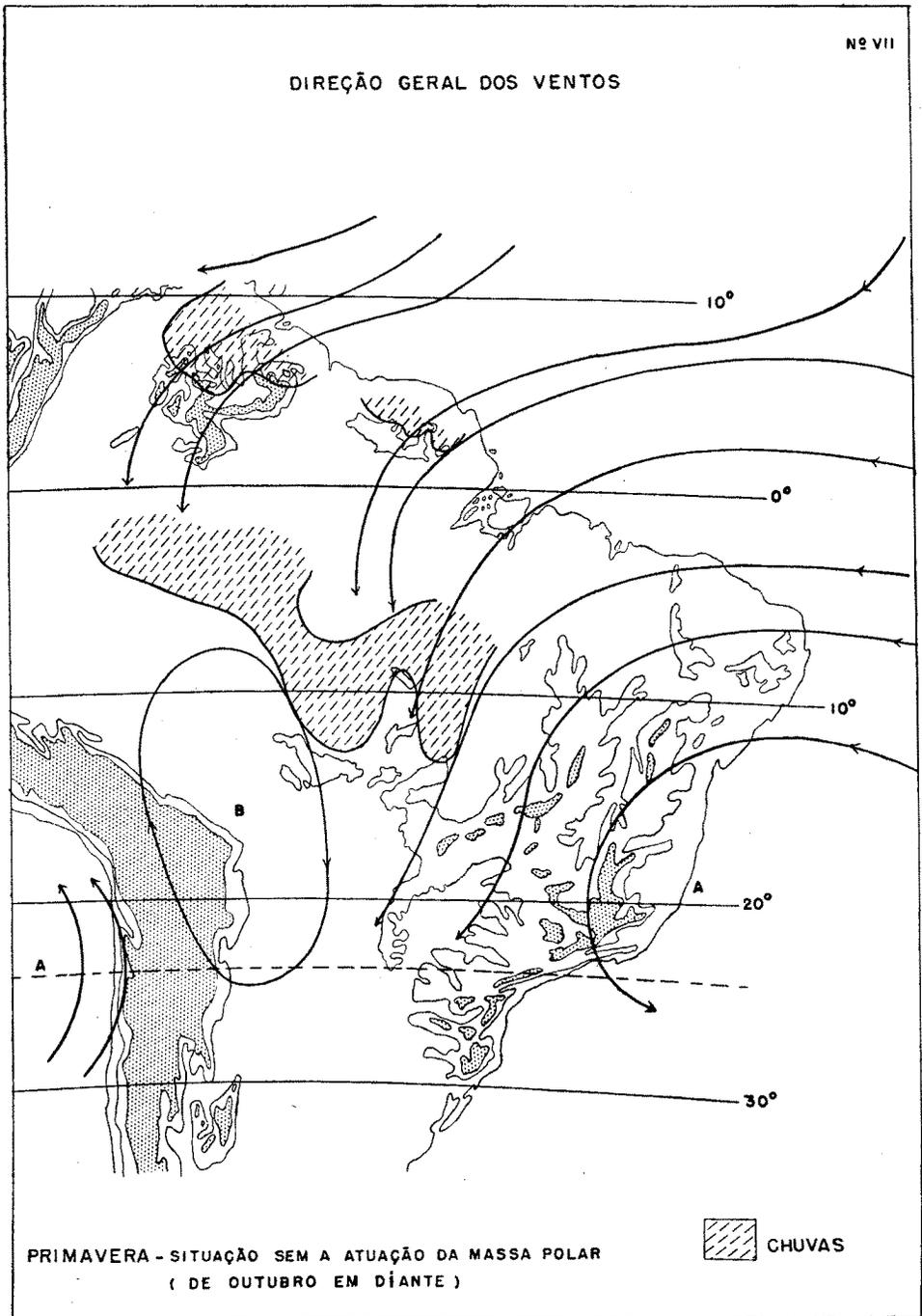


Fig. 21

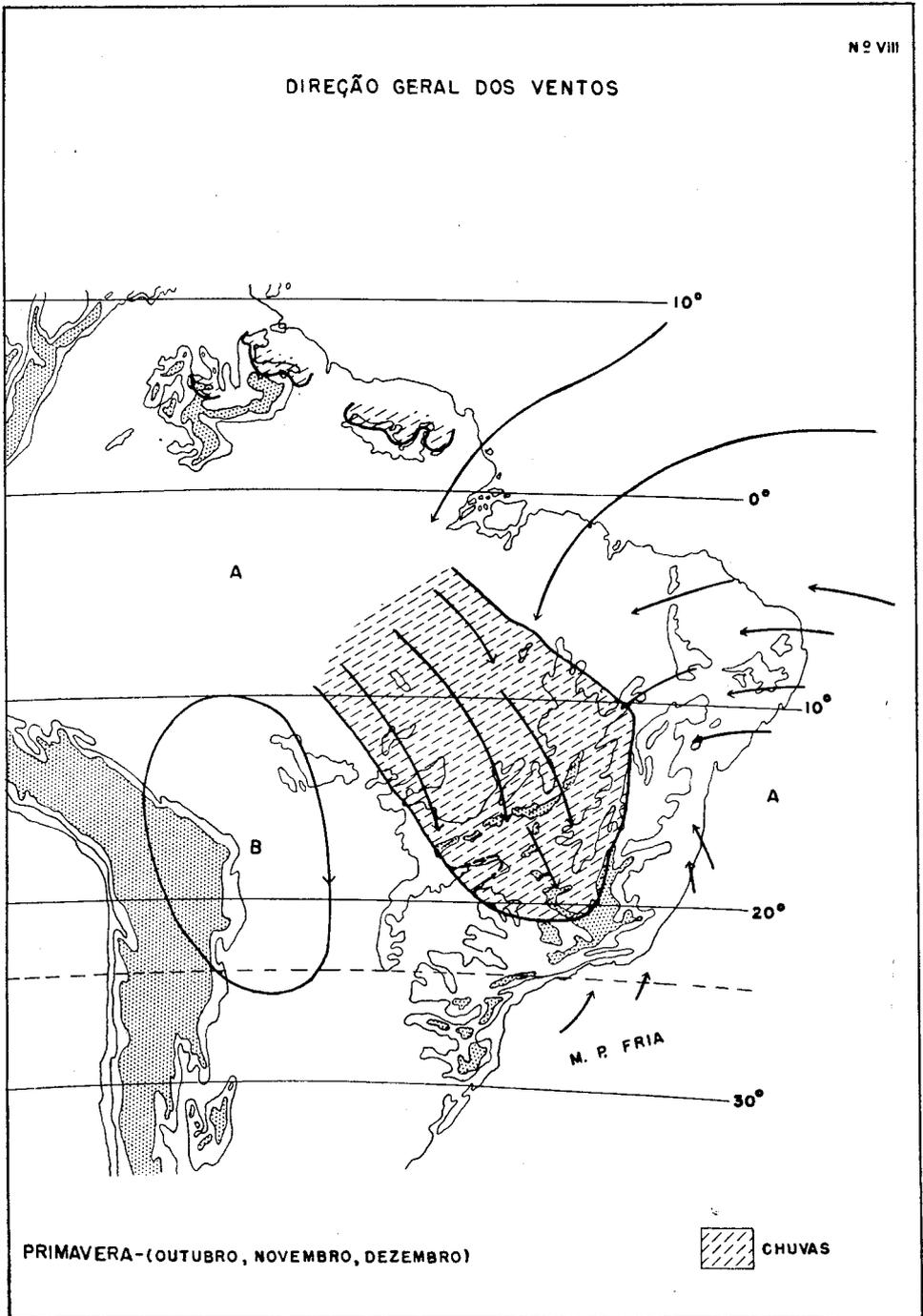


Fig. 22

A chuva registrada próximo ao trópico, no estado do Rio bem como a do litoral leste, ao sul de Salvador, são conseqüências das massas frias vindas do sul. Talvez o extravasamento da massa EC, ocorrido nesta época, esteja ligado ao provável enfraquecimento do anticiclone do Atlântico Sul devido à presença da massa polar, verificando-se então o mesmo mecanismo já por nós discutido na 2.^a parte.

As chuvas provenientes da massa EC atingirão o alto São Francisco neste período.

Quanto à parte alta do médio São Francisco, de Pirapora para jusante, os ventos na calha sanfranciscana serão de sotavento, o que justifica a quase ausência de chuvas ali, em outubro.

Já em novembro, as chuvas resultantes da EC dominarão grande parte do médio São Francisco indo bem próximo a Xiquexique (atingindo Ibipetuba e Barra). As precipitações tornam-se mais intensas nesta estação e caem agora na calha sanfranciscana devido à maior radiação do calor do solo. São chuvas de convecção portanto.

Em dezembro, com a baixa central, já localizada mais ao sul, nota-se melhor o efeito de monção, com aguaceiros geralmente ocorridos à tarde, quando a maior radiação de calor do solo provoca a ascensão violenta do ar.

O baixo médio São Francisco, durante a primavera, é assolado pela seca pois acha-se dominado pela massa TA.

Pequenas chuvas surgirão na costa leste, acima da foz do São Francisco, oriundas do alísio do hemisfério sul.

Na fig. 23 procuramos demarcar as zonas de maior ou menor possibilidade de chuvas. Com isto fizemos uma escala de probabilidade de chuvas durante todo o ano. Assim,

- 0 — significa probabilidade mínima;
- 1 — significa probabilidade durante uma das quatro estações;
- 2 — significa probabilidade durante duas das quatro estações;
- 3 — significa probabilidade durante três das quatro estações;
- 4 — significa probabilidade durante todo o ano;

Este quadro surgiu do confronto de tôdas as situações analisadas por nós. Os contornos que limitam as diversas zonas na fig. 23, não são rígidos. Eles podem indicar, para determinada época do ano, até onde as massas de ar trazendo chuvas têm probabilidade de avançar. Mas não queremos dizer com isto que elas possam chegar até aquêles limites demarcados e ali estacionar. Elas podem avançar mais ou então, recuar antes de atingir o referido limite. Pois muitos dêstes contornos surgiram, como aconteceu para quase tôda a bacia Amazônica, da generalização de fatos observados. E isto porque os dados meteorológicos obtidos em tais regiões foram, infelizmente, escassos.

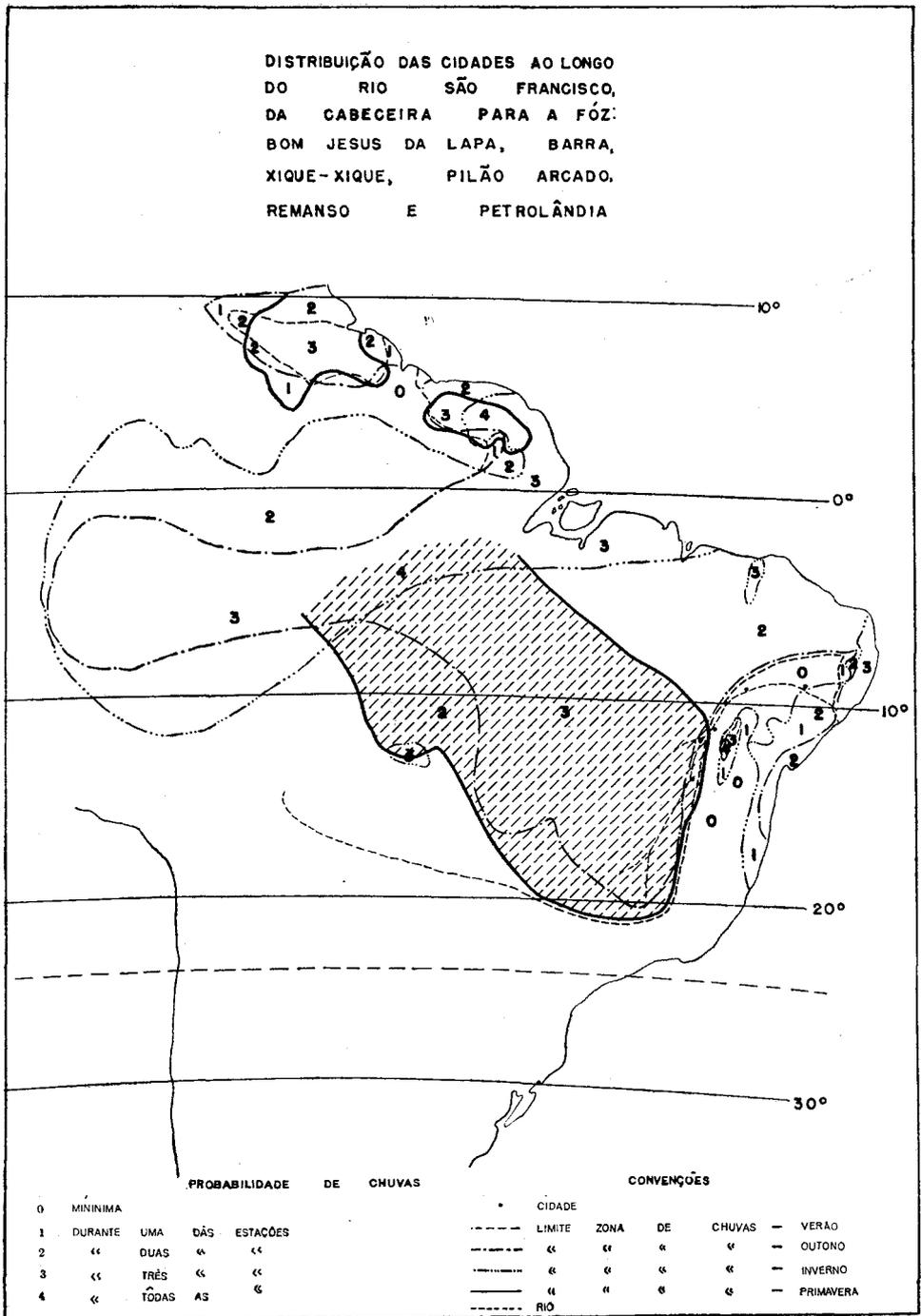


Fig. 23

CONCLUSÃO

Todo o nordeste brasileiro fica sujeito às chuvas de verão e outono. Mas, conforme tentamos demonstrar, esta ocorrência de chuvas está intimamente ligada às perturbações ocasionadas pela presença da FPA.

Durante o verão e início de outono, nos anos em que as penetrações da massa polar forem fracas, a seca, infalivelmente, assolará a região, uma vez que é pequena a possibilidade de chuva nas demais estações.

A maior ou menor umidade relativa da massa de ar, a disposição do relevo e a temperatura do solo são três fatores que influem, grandemente, na maior ou menor intensidade de chuvas.

Em face disso, a quantidade de chuvas registradas na fig. 24 nos faz crer na fig. 23, pois, neste mapa, em qualquer zona que considerarmos, explica-se a maior ou menor pluviosidade conjugando os três elementos acima aludidos.

A fig. 23 evidencia a parte do Brasil onde a probabilidade de chuvas é mínima. Localiza-se esta região, no grande cotovêlo do rio São Francisco, a noroeste da Bahia. Ela abrange estreita faixa à margem direita do rio São Francisco, sendo que tal faixa, a jusante, estende-se para sudeste, formando como que um apêndice. A região sofrível em chuvas abrange ainda, toda a margem esquerda da grande curva do São Francisco e se prolonga até o sul do Piauí e sudoeste do estado de Pernambuco.

Na fig. 24 esta região acha-se marcada na faixa A.

A pequena extensão desta faixa para sudeste (apêndice aludido antes) justifica-se pela falta de dados meteorológicos no local. Julgamos, mesmo, que tal bolsa se deva prolongar mais para o sul. A prudência foi que nos levou a demarcá-la de acôrdo com os dados meteorológicos existentes.

De Pilão Arcado até Xiquexique, o talvegue do São Francisco constitui a zona limítrofe entre uma região em que a probabilidade de chuva é quase mínima e outra mais favorecida.

De Xiquexique para montante, o limite desloca-se para a margem direita do rio, onde se registra uma zona de maior pluviosidade. Além da região acima mencionada, são também pobres de chuvas, boa parte do restante do sertão dos estados de Pernambuco e Piauí e parte noroeste e sul do sertão da Bahia.

O Espinhaço constitui uma zona de transição para maiores precipitações, que oscilam entre 750 e 1 200 mm. em média anual. Tal pluviosidade surge como exceção e se justifica pelo relevo. Este, embora contribuindo para a presença de chuvas, não faz mais porque as massas de ar, quando ali chegam, já possuem pouca umidade.

Os restantes dos estados do nordeste brasileiro já possuem umidade relativamente elevada. Isto porque a FIT com suas oscilações favorece tais regiões. Talvez façam exceção o sul do Ceará e noroeste do sertão de Pernambuco, que constituem de fato uma região de poucas chuvas.

² A distribuição média das chuvas do nordeste do Brasil, durante o período de 1914 a 1938, está em parte registrada na fig. 24.

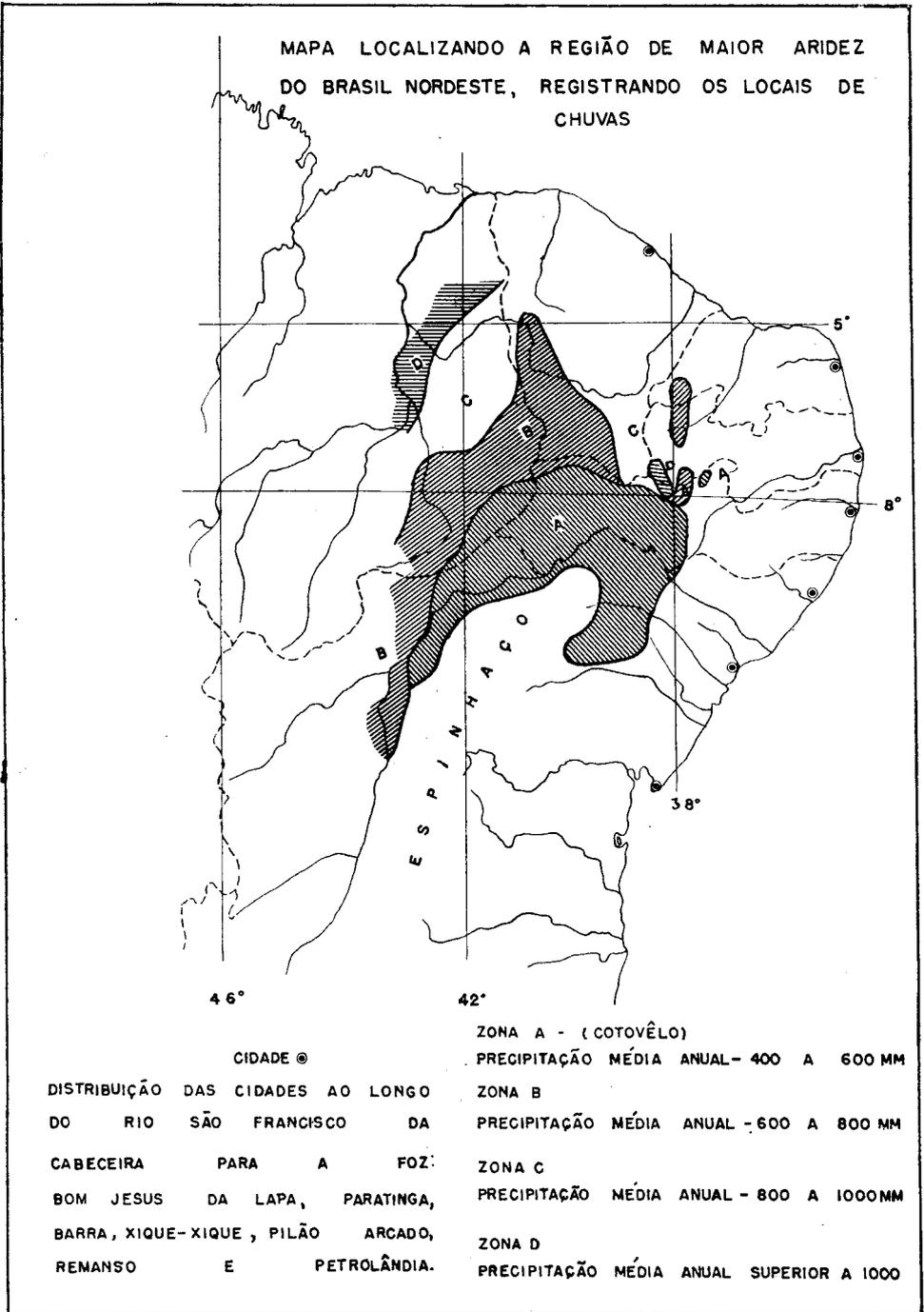


Fig. 24

As exceções existentes no nordeste surgem unicamente devido ao relêvo. São, entretanto, poucas. É o caso das serras da Borborema, Araripe, Mata Grande e outras.

Na faixa litorânea³, no outono e durante o inverno, (justamente até metade desta mesma estação) registram-se chuvas. Estas ocorrem por causa do resfriamento causado nos ventos alísios pela mistura dêle com a massa polar. Nesta época do ano a massa polar passa a caminhar ao longo do litoral.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ADALBERTO SERRA, — 1) *As sêcas do Nordeste*. — Ministério da Agricultura Serviço de Meteorologia — 1946.
 — 2) *Meteorologia do Nordeste Brasileiro* — Tese preparada para a IV Assembléia Geral do Instituto Pan-Americano de Geografia e História. IBGE. Conselho Nacional de Geografia.
 — 3) *Climatologia Equatorial* — Rio de Janeiro — 1945.
 — 4) A circulação geral atmosférica da América do Sul. 102^o tertúlia realizada em 20 de março de 1945 no Conselho Nacional de Geografia.
- ADALBERTO SERRA e LEANDRO RATISBONNA, — 1) *As Ondas de Frio da Bacia Amazônica*. Serviço de Meteorologia. — Ministério da Agricultura — 1941.
 — 2) *As Massas de Ar da América do Sul*. — Ministério da Agricultura — Serviço de Meteorologia — Rio de Janeiro — 1942.
- LYSIA MARIA CAVALCANTI BERNARDES, — 1) “Notas sôbre o clima da bacia do São Francisco”. *Revista Brasileira de Geografia*, ano XIII, n.º 3.
 — 2) “Clima do estado da Bahia” — *Boletim Geográfico*, ano X, n.º 110.
- SALOMÃO SEREBRENICK — *Condições Climáticas do Vale do São Francisco* — Comissão do Vale do São Francisco. Departamento de Imprensa Nacional. — Rio de Janeiro — 1953.
- JOSÉ CARLOS JUNQUEIRA SCHMIDT, — *O clima da Amazônia*. — Separata da *Revista Brasileira de Geografia*, ano IV, n.º 3. — 1947.
- Ministério da Agricultura — “Atlas Pluviométrico do Brasil” — *Boletim* n.º 5, ano de 1948. Serviço de Meteorologia.

³ Os fenômenos ocorridos fora da bacia do São Francisco foram considerados com a intenção de servirem a uma verificação final nossa, sôbre a validade das afirmações apresentadas.

A parte de Minas Gerais, abrangida pelo Jequitinhonha e os seus afluentes, não foi considerada. Aí, próximo ao estado da Bahia, a sêca já se faz sentir.

RÉSUMÉ

Pour mieux comprendre le problème des périodes pluviales dans le nord-est brésilien, et le critérium choisi par l'auteur selon lequel ce phénomène est dû à des masses sud-polaires, il a profité aussi la riche bibliographie sur ce sujet.

Époques arides de cette région, pendant les printemps et automnes, dépendant des vents secs et chauds de la masse tropicale-atlantique.

D'autre part, on a constaté que les périodes pluviales et leurs anomalies dépendent de l'influence des masses polaires froides.

Finalement, les dates fournies par le service météorologique coïncident pleinement avec les résultats des études du présent travail.

ZUSAMMENFASSUNG

Um verständig zu machen, dass die Regenperioden im Nordosten Brasiliens von den südlichen Polarmassen abhängig sind, benutzt der Verfasser dieses Werkes die reiche Bibliographie, die bis jetzt darüber veröffentlicht wurde.

Die Trockenperioden dieser Gegend, während des Frühlings und Herbstes, sind abhängig von den heissen und trockenen Winden der atlantischen Tropen.

Ausserdem ist festgestellt, dass die Regenperiode und ihre Anomalien von der Wirkung der Polarmassen abhängig sind. Denselben entsprechen auch die Veröffentlichungen der staatlichen meteorologischen Stationen.

SUMMARY

This paper, which shows the endeavour so a better knowledge of rain problems in the Brazilian Northeast, had as sources, a copious bibliography: notes and works about the subject, where the author tried to base himself.

The principal theme was to show the great importance that the displacings of the cold polar masses, from south, represents to the Northeast rains.

At the first part, the author reminds some meteorological basic ideas and the general circulation of the atmosphere and verifies the coincidence of the draining years with the small activity of the cold polar front, during the period of early spring and the beginning of fall, to the south hemisphere, remaining, in that way, the Brazilian Northeast, under the command of the dry-hot winds of the Atlantic Tropical Masses.

Already, at the second part, he searches to prove the influence of the great activity of the cold polar front during this period, at the Northeast rains, when, in that time, arrived at the region air masses propiciatory of rains.

At the third part, taking, in consideration the factor — relief — the soil temperature and the characteristic of the air masses, he tries to explain the rains in the different seasons of the year and to establish the picture, showing the places or zones with more or less rain probabilities.

At last, the author verifies the existence of a straight coincidence of the results that he arrived with the distribution of the rains, occurred at the region, according with the notes provided by the Meteorological Service, and also the anomalies in that distribution, as an occurrence of the bigger or less influence, of the polar masses.

RESUMO

Ĉi tiu artikolo, kiu elmontras provpenon, por ke oni pli bone komprenu la problemon de la pluvoj en la Brazilia Nordoriento, havis kiel fonton abundan bibliografion: donitaĵoj hay laboraĵoj ekzistantaj pri la temo, ser kiuj la aŭtoro sin apogis. La ĉefa objekto estis montri la gravan rolon, kiun la delikiĝoj de la malvarmaj polusaj amasoj, venintaj de sudo, ludas por la pluvoj de la Nordoriento.

En la unua parto la aŭtoro memorigas kelkajn bazajn konojn pri meteorologio kaj ĝenerala cirkulado de la atmosfero kaj konstata la koincido de la sekaĵ jaroj kun la malgranda aktiveco de la malvarma polusa fronto dum la periodo de mezo de printempo ĝis mezo de aŭtuno, en la suda duonsfero; tiamaniere la Brazilia Nordoriento troviĝas sub la regado de la sekaĵ kaj varma ventoj de la atlantika tropika amaso.

En la dua parto li klopodas por pruvi la influon de la granda aktiveco de la malvarma polusa fronto dum tiu periodo sur la pluvojn, en la Nordoriento, kiam alvenas al la regiono aeramasoj estigantaj pluvon.

En la tria parto, konsiderante la reliefon, la temperaturon de la grundo kaj la karakterizaĵon de la aeramasoj, li penas klarigi la pluvojn okazantajn en la diversaj sezonoj kaj starigi tabelojn, kiuj indikas la lokojn aŭ zonojn kun pli aŭ malpli granda probableco pri pluvoj.

Fine, li konstata la ekziston de intima koincido de la rezultatoj, al kiuj li venis, kun la distribuado de la pluvoj okazintaj en la regiono, konforme al la donitaĵoj havigitaj de la Servo de Meteorologio, kaj, ankaŭ, la anomaliojn en tiu distribuado, rezultantajn de la pli aŭ malpli granda influo de la polusaj amasoj.