

REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA

Ano VII

JULHO-SETEMBRO DE 1945

N.º 3

METEOROLOGIA DO NORDESTE BRASILEIRO *

Adalberto Serra

TESE PARA A IV ASSEMBLÉIA GERAL DO INSTITUTO
PAN-AMERICANO DE GEOGRAFIA E HISTÓRIA

I — CIRCULAÇÃO SECUNDÁRIA

As chuvas do Nordeste Brasileiro são produzidas pelos deslocamentos do *doldrum*; êstes últimos dependem porém estritamente das oscilações da frente polar sul-americana (FPA), cuja descrição sucinta precederá a análise detalhada das grandes precipitações de 1935 e das mais escassas de 1932, ambas comprovando a decisiva influência do fator aludido.

a) *Ondulações da FPA*

Na época que nos interessa, isto é, durante o verão e o outono, os ciclones da FPP ondulam muito longe da costa do Chile, que já alcançam no estágio de oclusão, prosseguindo depois de modo normal para sueste, até se fundirem às grandes baixas centrais dos mares da Bélgica ou de Weddell, em cujos níveis superiores vai se verificar a transformação das massas T_p em P_p.

Ao fim de cada família corresponde sempre o aparecimento de um forte anticiclone polar, cuja frente, após galgar os Andes, sofre acentuado refôrço no eixo de dilatação da FPA, assim dando origem às oscilações desta última, que tende portanto a ser levada para nordeste; dois casos principais costumam então se verificar:

a) Se a massa do Pacífico tiver pouca energia, e o centro de ação do Atlântico repelir a invasão, aquela estaciona sôbre a Argentina, a frente recuando depois para sul, como WF, e apenas surgindo pequena dorsal fria. O fato é mais freqüente nos anos secos, quando também são raras as invasões polares e as células sub-tropicais se apresentam anormalmente estáveis, dominando por completo o continente.

* Renovando nossos agradecimentos aos colegas já citados, desejamos estendê-los às seguintes autoridades: diretor da Inspeção de Sêcas, chefe do W Bureau e comandante aéreo de Natal, que nos forneceram dados absolutamente indispensáveis

b) Se, pelo contrário, a massa Ta fôr a mais fraca, o anticiclone consegue avançar para o equador, formando ondulações na FPA, sôbre as quais se eleva o ar tropical, a descontinuidade progredindo até a zona de divergência do centro de ação. Este, que a princípio recuara na direção norte, vai diminuindo cada vez mais, enquanto a alta polar cresce, acabando por se tornar apenas um apêndice desta. Por fim dá-se a frontólise, sob o duplo efeito da radiação solar e da divergência, a massa do Pacífico se misturando à do alíseo; com a conseqüente renovação da célula do Atlântico se realiza então o processo complementar de transformação do ar polar em tropical. Este caso é, como veremos, mais comum nos anos de grandes chuvas.

No avanço referido para o equador, dois trajetos fundamentais são geralmente seguidos:

1a) Se a massa fria tiver energia suficiente para vencer a serra do Mar de altitude média 1 500 metros, as descontinuidades progridem conservando uma orientação NW-SE, e produzindo perturbações rápidas, do tipo KF. Tal percurso é mais raro no verão, época de anticiclones pouco espessos, 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.

1b) Se entretanto, como acontece no inverno, a frente fôr muito acentuada, ela só será detida pelas serras da Mantiqueira e dos Cristais, em Minas. O seu ramo ocidental avança através de Mato-Grosso até o Amazonas, onde produz as conhecidas friagens, enquanto o oriental segue pelo Atlântico como descontinuidade nítida, caminhando a princípio para norte, e a seguir para oeste, até o litoral do Pará.

2a) Quando porém, já na Argentina, a energia da massa polar não é bastante para que ela possa galgar a serra, a frente se encurva, ficando paralela à costa, com uma orientação SW-NE. O anticiclone frio permanece no oceano, limitado a uma altura de 2 000 metros, sôbre ele se estendendo o ar tropical, que produz precipitações duradouras, até a fusão final daquele com o centro de ação.

2b) Enquanto isso, o ramo interior perde rapidamente a sua nitidez, a massa polar sendo elevada pela convecção, e transportada depois para o equador com os ventos de SW do anticiclone de altitude. O ramo marítimo por sua vez se dissolve cêrca do paralelo 20°, o ar frio ali constituindo um *refôço* do alíseo, que é assim refrescado, e avança em seguida para a costa, onde produz as perturbações cognominadas *ondas de leste*.

Em todos os casos, é a circulação superior que arrasta as frentes, a princípio de oeste para leste (no inverno) ou de sudoeste para nordeste (no verão), e depois, já na zona tropical, de leste para oeste.

b) *Descrição das perturbações*

Vejamos agora em detalhe os fenômenos produzidos nas diversas latitudes:

30° a 20° — Sob o avanço frontal de sul para norte, dá-se em primeiro lugar um recuo do centro de ação para o equador, enquanto a convecção na superfície de descontinuidade eleva ao longo desta a massa do trópico. Os dois fatos se traduzem por forte queda de pressão antes da frente, seguida de grande aumento atrás da mesma, sob a advecção de ar frio. Ora, a saída do centro de ação coloca a região prefrontal sob o domínio da baixa do Chaco e respectivas calmarias, arrastando também os ventos de NW da monção, para leste da sua posição normal. A massa Tc permanece assim naquela zona, que experimenta violento aquecimento, acompanhado de fracas trovoadas locais, os ventos soprando de NW abaixo de 3 quilômetros, e mais acima de SW, em tórno à alta superior.

Na própria passagem frontal o mínimo de pressão é caracterizado por chuvas e trovoadas, caindo a seguir a temperatura de 2° a 4° com a invasão da massa polar, quando o barômetro volta a subir, os ventos se apresentando agora de SE e SW no ar frio até 2 a 3 quilômetros, correntes tropicais de N a NW dominando além daqueles níveis.

Pela regra das tendências de PETERSEN, a perturbação será mais rápida, porém menos intensa quanto à produção de chuvas, se se opuser à região de gradiente fraco de uma invasão anterior, em lugar das isóbaras apertadas do próprio centro de ação.

No anticiclone frio a pressão atinge o maior valor na passagem do centro, quando o tempo se torna bom, com resfriamento e limpeza no céu ou formação de Sc.

20° a 15° — O avanço para a primeira latitude da FPA, bem como o para nordeste da Baixa Central, estabelecem um *novo equilíbrio* da circulação, com o centro do Atlântico Sul deslocado para norte, o que produz uma queda local na pressão, verificando-se isalóbaras negativas e giro dos ventos da direção E para a de N; junto à frente, o forte aquecimento é acompanhado de trovoadas, mais a norte contudo, havendo melhora do tempo e declínio da temperatura. O fato se explica pela saída do centro de ação e da sua inversão superior, o que permite se eleve a massa quente superficial, substituída pelo ar mais frio de altitude. Cessam também, pelo mesmo motivo, às chuvas litorâneas dos ventos de E, as quais passam a se dar mais a norte, no oceano, onde a forma do anticiclone ainda mantém a borda da inversão bem definida.

15° a 0° — Nesta zona pelo contrário nota-se a princípio o deslocamento da célula do Atlântico para o interior, onde a pressão se eleva, os ventos passando de calmaria para E ou SE, e se deslocando em consequência para noroeste as chuvas da FIT, o que produz bom tempo e aquecimento no Nordeste, sob a inversão anticiclônica. Por outro lado,

o fato de ter cessado a atração da baixa do Chaco, permite à massa Ec se acumular nas altas do interior, a pressão subindo assim continuamente no centro do Brasil.

O percurso da frente fria sendo em geral do tipo 2a, pelo oceano, a sua orientação se torna, como dissemos, de SW para NE. A FIT fica portanto estendida também na *mesma direção*, e penetra pelo Maranhão, descendo até Goiás; a dorsal dos Açores avança então profundamente no Amazonas, onde se verifica uma melhoria do tempo. Dêsse modo as chuvas do *doldrum* recuam, limitando-se à costa do primeiro Estado e do Pará, o mesmo acontecendo às da massa Ec que são levadas para oeste, assim terminando as precipitações nos vales do São-Francisco e Jaguaribe. O primeiro sofre aliás o intenso aquecimento prefrontal e os ventos de NW da zona 15° a 20°, que só permitem a formação de fracas trovoadas locais.

Após tal movimento geral dos sistemas para oeste, o qual dura dois a três dias, período gasto pela frente para caminhar do rio da Prata ao trópico, tem lugar a migração oposta: Isto porque o litoral do Brasil toma no Estado do Rio uma orientação para leste, as frentes sendo assim arrastadas bruscamente na mesma direção, uma vez que a massa polar caminha de preferência no oceano. Coincidindo êste fato com a perda de energia do ar frio, a depressão frontal estaciona em Minas, a descontinuidade oscilando por alguns dias na latitude de 20°.

Nestas condições os sistemas compensatórios da circulação são novamente desviados para leste: o centro de ação recua, evacuando o Nordeste do Brasil, onde a pressão diminui, ao mesmo tempo que chegam as chuvas da massa Ec, que vêm de oeste, acarretando uma queda de temperatura no Ceará e no São-Francisco.

Já agora, encontrando-se a frente polar orientada de oeste para leste, o mesmo sucede à FIT, que também desce para maiores latitudes, por ter cessado a oposição do centro de ação. A dorsal dos Açores, que conseguira penetrar no Amazonas, recua para norte, enquanto a massa Ec, comprimida entre a FIT e a frente polar, deixa de constituir os vários núcleos de alta pressão, descritos no capítulo IVd da *Climatologia Equatorial* passando a formar apenas um, alongado e coberto por calmarias, que se estende do Amazonas ao Nordeste.

Note-se contudo que é necessário um grande afastamento do centro de ação para que as próprias calmas atinjam o Ceará, o fato só se produzindo após duas passagens frontais sucessivas no sul do Brasil. Via de regra, sobretudo nos anos de chuvas normais, os fenômenos se limitam ao que foi acima descrito, uma vez que no verão as invasões polares são mais fracas e além disso, embora a região do Chaco se tenha resfriado, a intensa radiação da época logo se faz sentir, restabelecendo a depressão local e criando nova FPA. Dessa forma fica cortado o suprimento de ar polar no Brasil, o anticiclone frio se tornando uma pequena bôlha, que é logo aquecida e se transforma em massa tropical, seus ventos de NE a NW se opondo agora aos de SW da nova FPA na Argentina.

A frente do trópico recua então, como já foi dito, sob a forma de WF até desaparecer no oceano, sofrendo uma ação de frontólise, e o ar polar não alcançando as baixas latitudes, nem refrescando diretamente o interior do Brasil. Nesta região ele é, como dissemos, elevado pela forte convecção, e depois conduzido nas correntes de SW da alta superior para Mato-Grosso, as de E equatoriais levando-o por sua vez ao Amazonas. Assim se *renova* a instabilidade da massa Ec, cujas trovoadas são portanto mais devidas ao ar frio superior que ao próprio aquecimento superficial, contudo indispensável.

Isto explica porque, após longos períodos de inatividade da FPA, o centro de ação chega a dominar todo o Brasil até o Amazonas, estabelecendo um regime de bom tempo, aquecimento e alta pressão, característico das épocas secas.

Já nos anos muito úmidos, a renovação da FPA é mais rápida e acentuada, o que acarreta uma *atração* violenta de todos os sistemas para sul. Nessas condições a pressão sobe na zona temperada do Brasil, onde volta a dominar o centro de ação, em parte constituído de ar polar velho, e desce na região por ele evacuada, entre 15° e a FIT; eleva-se contudo já a norte desta, sob a massa fria do hemisfério setentrional, tais fenômenos coincidindo sempre com as invasões dos *northerns* nas Antilhas, muito comuns no inverno, de dezembro a março.

A FIT é assim impelida para o hemisfério sul, invadindo o Pará, e a costa do Maranhão ao Ceará; primeiro chega o *doldrum* trazendo quedas de pressão e chuvas litorâneas, e depois o próprio ar frio de norte, quando o barômetro se eleva, e a temperatura cai de 3° a 4°. As precipitações caminham sempre para sul, os ventos de NW do ar polar setentrional penetrando em cunha, até uma altura de 1 500 metros sob o alíseo de E.

Dêse modo as calmas podem chegar até Petrolina, na curva do São-Francisco, só então se produzindo os raros aguaceiros da região. Quanto ao ar mais seco do anticiclone americano só fica bem caracterizado no Pará, onde produz bom tempo, acompanhado de queda na temperatura e aumento de pressão.

Se os fenômenos descritos forem pouco pronunciados, as chuvas de Ec, normalmente a oeste da serra de Ibiapaba, avançam para leste, varrendo apenas o Ceará e o São-Francisco, enquanto as da FIT permanecem a norte da Borborema, não alcançando o referido rio.

Vejamos por fim as evoluções frontais características do outono:

1b) Se a massa polar segue pela região oeste do Brasil, ela chega até o Acre, aí produzindo as primeiras friagens: sobe a pressão, e cai a temperatura, cessando as trovoadas, com a estabilidade oriunda do ar frio no solo. Contudo a intensa radiação solar logo destrói tal estrutura, elevando aquela massa, o que redundará em posterior recrudescimento das trovoadas e chuvas, em virtude do ar frio superior.

2b) Se, embora reconstituída a FPA, ela não se intensificar imediatamente, a frente primitiva se dissolve no trópico ou avança até o equador. De qualquer modo a célula do Atlântico volta a dominar a

costa, e caminha para oeste à proporção que a baixa do Chaco se restabelece. No litoral aumentam a pressão e a temperatura, pois a inversão volta a impedir a convecção, caindo alguma chuva, e os ventos girando para SE. No caso 1b, de avanço frontal típico, após a subida de pressão da dorsal, passa um pequeno talvegue frontal, e a seguir o barômetro se eleva novamente, com uma queda na temperatura de 4° a 5°, os ventos girando nitidamente para S, sob o ar polar propriamente dito.

O retorno do centro de ação desloca então outra vez a massa Ec para oeste, as zonas de calma voltando a formar em média três altas isoladas, e cessando as chuvas no São-Francisco e Ceará, onde aumentam a temperatura e a pressão. A monção se refaz, soprando para o Chaco com a direção de NW, toda a circulação retornando ao quadro normal.

c) *As perturbações do ano 1935*

Janeiro — (figs. 183 a 192) — Entre os dias 1 e 4 a FPA progride desde o Rio-Grande-do-Sul até a latitude 20°, produzindo uma baixa prefrontal onde se notam extensas zonas de calma, o mínimo da pressão se verificando na sua passagem a 2, em Campos, acompanhado de chuvas e trovoadas, os valores respectivos subindo depois já no anticiclone polar até o dia 5, enquanto a temperatura diminui cerca de 2°.

O avanço da frente reduz a monção de NW, deslocando toda a circulação para norte, o centro de ação e a FIT sendo portanto impelidos para o equador. A pressão se eleva, como já explicamos, no interior do Brasil a norte do paralelo 10°, a temperatura baixando no litoral onde os ventos passam a soprar de NE.

Já entre as latitudes 20° e 10°, na costa, se encontra uma queda nos valores com a chegada da frente, as correntes passando a NW, enquanto o deslocamento para leste do conjunto da circulação permite a entrada no Amazonas da dorsal dos Açores.

De 1 a 4, sob o avanço da FP para o trópico, as calmas da massa Ec atingem o Nordeste, onde chove nos dias 1, 2 e 3, as precipitações vindo de Piauí e Goiás, e penetrando nos vales do São-Francisco e Jaguaribe até a Borborema e chapada Diamantina.

Enquanto isso, uma nova frente se forma na Argentina, onde a baixa interior se acentua a 4, no dia seguinte se encontrando no Rio-Grande-do-Sul e a 6 no próprio trópico. O fenômeno vem cortar o suprimento do ar polar anterior, cujo progresso para norte fica impedido, a bôlha de alta se convertendo em massa de retorno. Também a existência de nova depressão a 5 no Chaco atrai a massa Ec para sul: O progresso da frente primitiva passa a se dar então lentamente na costa, alcançando a 6 o paralelo 15°, mas recuando em Minas. A zona de calmas, que tinha atingido o Nordeste, volta assim novamente de 4 em diante para Goiás, com o reforço da monção, cessando as respectivas precipitações no Ceará.

A nova descontinuidade caminha de modo rápido, por somente encontrar a oposição do ar polar velho, e atinge a 8 o paralelo 20°, onde

sofre frontólise e desaparece. É pouco intensa, dando chuvas fracas e pequena queda de temperatura. O seu avanço desloca outra vez para leste o centro de ação, ocasionando uma segunda queda geral do barômetro na região de 0° a 20° entre os dias 5 e 7, que correspondem à maior velocidade da frente.

As calmas e chuvas da massa Ec são então levadas para o Nordeste de 6 a 8, nesta data a frontólise e a recomposição da FPA na Argentina fazendo com que elas se retirem da zona. A circulação normal se restabelece então, o centro de ação voltando a dominar a costa leste, onde a pressão sobe, o mesmo se dando com a temperatura em virtude da inversão superior; quanto aos ventos, passam a soprar de NE.

No litoral, a instabilidade do alíseo, resfriado por duas invasões polares sucessivas, permite chuvas, agravadas pela serra do Mar, e que se estendem da Bahia ao Rio-Grande-do-Norte. No interior contudo, o domínio do anticiclone faz recuar para oeste o ar continental, cessando as precipitações a leste do meridiano 50° , enquanto a FIT continua a mantê-las na costa do Pará.

Entre os dias 11 e 13, fraca descontinuidade, originada pela FPA, percorre a costa sueste; o centro de ação recua, caindo a pressão antes da frente, com ligeiro aquecimento causado pelas correntes de NW, que agravam as trovoadas no interior. De 20° a 15° a temperatura diminui no litoral, cessando igualmente as chuvas da borda de inversão, tudo permitindo um retôrno da FIT, que atinge dessa forma a costa do Ceará. Contudo os deslocamentos são fracos, e não chegam a afetar a massa Ec, que pouco avança, continuando assim o domínio da sêca no interior.

Embora aquela frente tenha se dissolvido a 13, nesta data a FPA sofre nova frontogênese e avança decididamente para NE, varrendo o sul do Brasil de 14 a 16, quando atinge o trópico, já a 17 se encontrando no paralelo 15° . Antes da sua chegada nota-se um forte aquecimento de 4° , o qual produz trovoadas leves no interior, sob ventos de NW. Nas regiões alcançadas pela massa polar verificam-se porém chuvas frontais e declínio da temperatura, enquanto de 20° a 15° , na zona de recuo do centro de ação, cessam as precipitações. Aquêlê segue como de costume para norte, a pressão subindo nos dias 14 e 15 entre 10° e o equador, onde as correntes de E produzem secura e aquecimento. O barômetro baixa porém de 16 em diante, com a saída do anticiclone, o valor mínimo coincidindo aliás com a posição mais setentrional da frente, a 19.

Os deslocamentos desta permitem um novo avanço oriental da massa Ec, cujas chuvas dominam de 17 a 19 o vale do São-Francisco, onde fazem cessar as trovoadas de calor. Ao mesmo tempo, a formação, adiante descrita, de nova FPA a 18 na Argentina, favorece uma descida da FIT, os ventos ao norte da última girando para NE, como sucede no dia 20 em Fernando-Noronha e Fortaleza; no interior principiam a 19 chuvas e trovoadas acompanhadas de declínio na temperatura, a massa Ec penetrando de SW para NE, com precipitações que se somam

às do *doldrum*; estas aliás caminham de N para S, entre 19 e 23, com totais que alcançam 60 milímetros por dia.

Enquanto isso, o litoral do Pará é evacuado pela FIT, ficando sêca a região de 17 a 23, a temperatura baixando mesmo consideravelmente sob uma invasão de ar frio do hemisfério norte.

Como já foi visto, o estacionamento da frente a 18 correspondia à formação nesta data de nova FPA na Argentina, a qual corta a energia da massa polar. A perturbação mais recente passa a avançar de 18 a 20 até o trópico, com grande velocidade, produzindo trovoadas e resfriamento no seu trajeto, e impulsionando para norte a descontinuidade anterior, que alcança a 19 o paralelo de 15° , levando o ar frio até Natal, onde a temperatura cai 3° . Chuvas fracas se produzem em consequência no litoral de 19 a 21, com a renovação do aliseo pelo ar polar.

No último dia citado a nova descontinuidade chega como dissemos ao paralelo de 20° , onde estaciona e se dissolve, em virtude de uma segunda frontogênese na Argentina, que refaz a monção, a massa Ec evacuando o São-Francisco, onde cessam as chuvas de 20 a 22.

Desta data ao dia 25 a última frente percorre o sul do Brasil, passando a 23 em Campos; onde a pressão atinge o máximo a 26; notam-se chuvas e um acentuado resfriamento de 25 a 29, o barômetro baixando a novo mínimo no dia 28, sob a última perturbação do mês, adiante descrita.

Sendo a orientação da frente SW-NE, ela não favorece um progresso da massa Ec para leste, antes pelo contrário a renovação a 26 da FPA atrai aquela para o Chaco, deixando o Nordeste praticamente sem chuvas até esta data, quando se verifica um novo fenômeno:

Trata-se do avanço de forte anticiclone polar no período 26 a 29, cuja frente passa em Campos a 28, como dissemos, e faz recuar o centro de ação para o oceano, a pressão caindo no norte até alcançar um mínimo, síncrono com o daquela estação. Dêsse modo o litoral do Nordeste vai sendo coberto pelas chuvas de calmas, enquanto uma invasão fria do outro hemisfério progride a norte da FIT. Ora, ao avanço frontal que ficara detido a 29, sucede no dia seguinte um novo recrudescimento da FPA, o que dissolve bruscamente a primeira frente e atrai tôda a circulação para sul; o deslocamento nesta direção da célula do Atlântico permite então maior progresso do *doldrum* para o nosso hemisfério.

Aparecem assim ventos de N, com espessura de 500 metros, já no dia 30 em Quixeramobim, os quais persistem até 1 de fevereiro. Nesta *cunha* de ar polar setentrional a pressão sobe cêrca de 1 milímetro, caindo a temperatura de 3° ; seu avanço é simultâneo com o das calmas de Ec para leste, chuvas se verificando no São-Francisco de 30 em diante.

Há como vemos uma primeira precipitação das calmas, que já se regista em São-Luís a 28 e dura até 30, cessando nesta data sob a dorsal fria. Ela não atinge Carolina, e segue depois para o Ceará.

Situada em latitude mais setentrional, a costa do Pará apresenta nitidamente o fenômeno: Assim a 28 dá-se em Clevelândia um patamar frontal na curva do barógrafo, e a temperatura atinge o máximo, os

aguaceiros de *doldrum* caindo de 26 até aquela data. No dia seguinte entra o ar frio: sobe a pressão, cessando as chuvas, e o vento passa à direção de NW. A duração do percurso foi de três dias, de 26 a 29, entre o trópico de Câncer e o litoral.

No Nordeste não se nota porém um avanço típico frontal: as precipitações começam esparsas e vão se agravando, mas de um modo geral caminham de NW para SE, dominando a 28 todo o Ceará, onde alcançam a maior intensidade no dia imediato (100 milímetros) para chegarem a 30 no São-Francisco e a 31 em Natal.

Fevereiro — (figs. 183 a 191, e 193) — A frente que se formara na Argentina a 30 de janeiro, caminha velozmente, alcançando no dia 2 a latitude de 20°; com o conseqüente deslocamento do centro de ação, a pressão baixa de 10° para sul, e se eleva daquela latitude até o equador, alcançando um máximo no dia 3. Enquanto isso, no litoral nordestino ainda se notam as chuvas da invasão fria, que persistem até o mesmo dia a barlavento das serras, no Crato (sul do Ceará). A massa Ec é também arrastada para leste, causando chuvas e trovoadas no São-Francisco.

A frente em questão, pouco intensa, recua logo para São-Paulo, onde se dissolve em virtude de nova formação na Argentina, a qual avança rapidamente contra o ar polar velho, atingindo na data de 8 a latitude de 20°. A célula tropical é portanto a princípio violentamente arrastada para sul devido àquela reforma da FPA, a pressão caindo assim até o dia 5, de 10° para o equador, com aumento de temperatura, enquanto se eleva entre 10° e 20°. O Nordeste se mantém sêco, bem como o São-Francisco, em virtude do recuo correspondente da massa Ec para oeste. No caso em questão, não tendo sido o alíseo renovado pela massa polar, não se verificam precipitações na costa leste.

A descida do centro de ação permite contudo um análogo movimento na FIT, que volta dêsse modo a dominar o Ceará, onde caem chuvas de 5 a 6, notando-se bem o mínimo da pressão e o aquecimento prefrontal da invasão polar do hemisfério norte. O anticiclone frio, que na última data se encontrava nos Estados-Unidos, passa em Belém a 7, com queda do termômetro, chegando 24 horas após a São-Luís.

A temperatura cai 3° em Quixeramobim e Fernando-Noronha, onde passam a soprar correntes de NW até 1 000 metros, mais acima se encontrando o alíseo de SE. As chuvas chegam a alcançar no dia 9 a região de Alagoas, com os mesmos ventos, pelo fato do contínuo avanço da frente polar em Mato-Grosso ter forçado o deslocamento do anticiclone quente no oceano. No interior nota-se um recrudescimento das trovoadas de aquecimento prefrontal, a pressão mínima aí se verificando a 9.

Reforçada por nova frontogênese, a frente fria do sul caminha depois até o dia 11, precedida de trovoadas, forte aquecimento e ventos de N, e seguida de chuvas e resfriamento de 2° a 3°, indo atingir a latitude 10° no dia seguinte. A célula do Atlântico é assim impelida diretamente para norte, a pressão subindo em Fernando-Noronha onde se nota

aquecimento prefrontal seguido de pequeno talvez a 11. A descontinuidade chega logo após, dando novo aumento de pressão, acompanhado de um resfriamento de 2°. O fenômeno se observa ao longo de toda a costa até Natal, e constitui o primeiro caso analisado de uma frente que atinge *tipicamente* o equador.

Do dia 12 em diante o anticiclone tropical, renovado pelo ar polar, penetra no interior do Nordeste, expulsando para o Piauí as chuvas da massa Ec, e trazendo resfriamento. O aumento de pressão alcança o estado do Pará, a frente passando no dia 14 em Fortaleza, onde produz precipitações, com resfriamento e ventos de SE.

Durante este avanço litorâneo a monção começa a se reformar, atraindo novamente a partir de 10 a massa Ec para sueste, as suas chuvas cessando em Goiás.

Note-se contudo que só se tornou possível o forte domínio do anticiclone renovado, por ter havido de 12 a 15 novo percurso frontal no sul do Brasil, o qual impeliu aquêle para norte e a massa Ec para leste, as suas chuvas chegando a 13 no Piauí, e a 14 na Bahia e Ceará, onde persistem de 15 a 16, sempre mais intensas a barlavento das diversas cadeias.

Entre os dias 14 e 18 mais uma frente avança até o Paraná, onde estaciona para desaparecer em seguida. Como a célula sub-tropical, em virtude da penetração anterior, estava muito a norte da sua posição normal, a renovação da FPA obriga ao seu deslocamento para sul, assim permitindo a entrada da FIT, cujas chuvas se verificam no Nordeste de 14 a 20. Isto porque a nova descontinuidade não ultrapassa aquêle Estado, não podendo dêsse modo levar para norte o centro de ação, e antes mantendo todo o conjunto a sul da posição normal. O *doldrum*, que progride de 14 a 16 entre Belém e Teresina, chega a 19 em Fernando-Noronha, dando uma queda de 3° na temperatura, baixa de pressão, e ventos de N, tudo em virtude de uma invasão fria provinda dos Estados-Unidos, a qual atinge Clevelândia naquela data.

Vemos claramente como os dois hemisférios agem de *comum acôrdo* sendo mesmo possível que a invasão setentrional, mais forte, tenha *detido* a meridional. O fato desta não ultrapassar a latitude de 25°, é causado por novo restabelecimento da FPA a 19, a qual, opondo-se a um ar polar velho, tem grande velocidade, atingindo a 22 o trópico, para recuar a 23 e 24 como WF.

Nestas condições, o centro de ação é agora primeiramente impellido para o Nordeste, onde a pressão se eleva. Os aliseos, já resfrescados pela massa fria do dia 15, atingem com a direção de E o Ceará e Maranhão, onde as chuvas vão diminuindo, vindo a cessar a 23. Enquanto isso, embora mais lentamente, a frente recomeça o seu caminho, chegando naquela data a Caravelas, onde ocasiona aguaceiros, precedidos de forte aquecimento em Salvador. Fica depois estacionária de 23 a 26, assim deslocando a célula tropical para leste, o que permite a 25 nova entrada da massa Ec, o Nordeste recebendo chuvas agora provindas de W.

Finalmente outro avanço da FPA, de 26 a 28, joga mais uma vez o anticiclone do Atlântico sobre o Ceará, que fica inteiramente seco.

De um modo geral o aspecto da última quinzena de fevereiro confirma o que já fora dito sobre a *hesitação* da FIT. É maior neste mês o domínio do centro de ação, o *doldrum* permanecendo a norte, enquanto o Nordeste experimenta poucas chuvas, altas pressões, e ventos de SE.

Março — (figs. 183 a 191, e 194) — A frente cuja presença fôra registada a 28 de fevereiro, prossegue no seu movimento, alcançando no dia 3 os paralelos de 15° na costa e 10° em Goiás. No continente a intensa radiação vem logo a dissolvê-la, o seu movimento prosseguindo porém no oceano, como veremos mais tarde.

Daí resulta um primeiro deslocamento para o Nordeste do centro de ação, subindo ali a pressão, com o recuo da FIT para o Maranhão, e um regime sêco de 1 a 3. Ao mesmo tempo o avanço para leste da massa Ec permite chuvas no São-Francisco de 3 a 4, as registadas em Caetité, sendo entretanto frontais.

A dissolução da descontinuidade no interior, atribuída à radiação, resulta ainda da existência de nova FPA na Argentina, a qual arrasta todos os sistemas para sul, a pressão caindo nos dias 4, 5 e 6 no Nordeste, e subindo no litoral leste, onde recomeçam as precipitações de borda da inversão e o respectivo aquecimento.

O refôrço da monção atrai então, novamente para oeste a massa Ec, ficando sêco o São-Francisco, enquanto a descida do anticiclone tropical permite a da FIT, que atinge a 7 o Ceará. Suas chuvas não chegam porém a dominar, uma vez que se verifica simultâneamente o avanço da nova frente formada no Chaco, e que caminha de 3 a 6 até Santa-Catarina, avançando a 9 para o trópico, e recuando depois como WF. Tal deslocamento impele de 4 a 6 a descontinuidade anterior pelo oceano, a pressão atingindo o mínimo na última data citada em Quixeramobim, com aquecimento prefrontal, seguido a 7 da entrada do ar polar sob fortes chuvas e trovoadas; os ventos, antes de NE, passam agora a SE em Maceió.

A perturbação penetra simultâneamente em todo o litoral, como onda de leste, dando o seu maior efeito próximo ao equador, e apenas leve queda de temperatura e subida da pressão de 15° para sul, o que se pode verificar em Caravelas. As chuvas são agravadas a barlavento da Borborema, persistindo no recôncavo da mesma, em Alagoas até o dia 8, sob ventos de SE e fortes precipitações, enquanto se mantém sêco o Ceará, a sotavento daquela serra.

A frente caminha pelo litoral norte de 6 a 10, com chuvas mais intensas nas cadeias de Guaramiranga e Ibiapaba, e que descem ligeiramente para sul no dia 7. Em São-Luís são típicos o aquecimento prefrontal a 6, e a queda de temperatura, com chuvas e aumento da pressão, no dia seguinte.

Este avanço do centro de ação renovado faz recuar para oeste tanto a massa Ec como a FIT, ficando sêca a região de Carolina, enquanto o Pará permanece dominado pelo ar quente dos Açores.

O que se verifica no caso é um *estreitamento* da FIT, entre a invasão frontal do hemisfério sul e uma outra de norte, que está se aproximando, e será adiante descrita.

De 10 a 14 não se forma nova frontogênese na Argentina, a frente anterior permanecendo até o dia 12 na costa, mal definida. A célula tropical desce, e a pressão se eleva a sul de 15° , produzindo-se chuvas e aquecimento no litoral. Isto permite novo avanço da FIT, a pressão caindo no Nordeste até o dia 15, o fato sendo provocado pela invasão de ar polar americano, que chega a 10 no Pará, a 11 em São-Luís e a 14 em Fortaleza, caminhando portanto de oeste para leste, sob correntes de N. No Ceará a temperatura declina 3° , subindo a pressão. O efeito é mais notável em Carolina, onde há resfriamento e subida do barômetro, cessando a 13 as trovoadas da massa Ec, pela estabilidade superficial do ar frio.

No próprio Nordeste o aspecto é o seguinte. a chuva principia a 9 na costa, e a 11 os ventos de N já produzem aguaceiros a barlavento das serras meridionais no Crato, só de 13 a 15 o fenômeno dominando todo o Estado, já sem necessidade de auxílio orográfico, e dando a *ilusão* de se ter propagado de *sul para norte*, quando o contrário realmente se verificou.

De 15 a 18 uma nova frente avança na Argentina até a latitude 20° . Como o seu deslocamento se dá de sul para norte, o centro de ação é levado para o equador, a pressão subindo no Nordeste, onde a temperatura cai no litoral sob o alíseo refrescado pelo ar polar velho, e que produz chuvas na costa. Contudo, o recuo para oeste da massa Ec faz secar o sul do Ceará, onde os aguaceiros permanecem limitados às regiões montanhosas.

De 19 a 21 a descontinuidade caminha perpendicularmente à costa para norte, o que se deve à existência de nova penetração no sul a partir da primeira data; o centro dinâmico recua para o oceano, verificando-se queda prefrontal da pressão, com bom tempo e aquecimento no litoral, enquanto recomeça no interior o avanço no sentido de leste da massa Ec; as respectivas precipitações voltam de Mato-Grosso para Goiás, já no São-Francisco sendo reforçadas pela própria invasão frontal, e caminhando então de sul para norte.

No Nordeste, a saída da célula do Atlântico já permite o retôrno da FIT, cujas chuvas vêm de NW, acompanhadas por ventos da mesma direção, notando-se mesmo em São Luís e Belém a 20, o aumento de pressão e queda de temperatura característicos do ar polar setentrional.

Vejamos enquanto isso o que sucede à nova invasão frontal. Ela caminha rapidamente de 19 a 22, chegando no dia imediato ao paralelo de 15° , e aí produzindo chuvas, queda brusca de temperatura, e subida do barômetro, havendo mesmo ventos superiores de SW em Caravelas. Já em Salvador nota-se primeiro uma elevação do traçado a 22, devida ao retôrno do centro de ação para norte, que faz recuar a FIT, diminuindo assim as chuvas no Nordeste. Vem depois pequena queda, com aquecimento prefrontal, chuvas e trovoadas a 23, seguida de novo aumento da pressão, e declínio da temperatura na própria passagem frontal, dia 24.

É esta a primeira frente que no ano em questão invade decididamente o Nordeste, o ar polar produzindo acentuada queda de tem-

peratura em Barra a 23 e 24, com chuvas que cessam rapidamente quando a pressão se eleva. Neste caso o Ceará foi atacado *diretamente* pela massa fria vinda de sul, que lhe traz *estabilidade*, as trovoadas de Ec cessando novamente a 24 em Carolina. Aquela não atinge a própria costa norte, sendo detida pela serra dos Dois Irmãos e a seguir derramada no Piauí e Maranhão. Contudo, a sua cunha frontal faz ondular a FIT para leste, trazendo chuvas do Piauí para o Ceará entre 24 e 26.

Este avanço violento da frente até o Maranhão só foi possível em virtude da nova FPA que caminha da Argentina à latitude 20°, entre 24 e 26, produzindo forte resfriamento. Ela chega até a Bahia, e desloca a célula tropical para o mar, dando queda de pressão em todo o Nordeste. A FIT é assim arrastada para esta região, as chuvas do *doldrum* caminhando de norte, correntes dessa direção sendo notadas no Ceará e em Fernando-Noronha. As precipitações se iniciam no litoral a 28, para a 31 dominarem toda a zona.

Abril — (figs. 183 a 191, e 195) — De 1 a 3 avança violentamente uma frente vinda do sul, produzindo-se queda da pressão e desvio para o Nordeste do centro de ação, o barômetro subindo porém de 15° até o equador, com aumento da temperatura e terminação das chuvas no Ceará.

O desaparecimento da baixa do Chaco diminui as correntes de N da monção, o ar se acumulando assim nas calmarias da massa Ec, onde a pressão se eleva até o dia 3. A frente progride depois para Minas, provocando um recuo do anticiclone dinâmico para o Atlântico, com a conseqüente baixa de pressão no Nordeste.

De 4 a 6 continua o movimento da descontinuidade que se mantém nítida, uma vez que já começou o outono, chuvas se produzindo no litoral da Bahia. Enquanto isso, a reforma da depressão central provoca uma sucção de ar em Mato-Grosso onde a pressão diminui, os ventos ali voltando à direção N. A massa Ec é desse modo levada para sul, permitindo no Amazonas uma subida do barômetro, sob a dorsal dos Açores.

O avanço da frente no litoral faz baixar a pressão no Nordeste até o dia 5, acarretando descida da FIT, com aumento das chuvas e declínio de temperatura, os ventos se tornando de NW. O fenômeno é facilitado pela depressão frontal localizada a 10°, que atrai no seu setor quente a massa do hemisfério setentrional, notando-se juntamente a queda no Ceará, e o aumento no Amazonas, onde dominam as correntes frias de N.

As chuvas se agravam de 5 para 6: Realmente surge nesta data uma nova FPA na Argentina, a qual, cortando a energia da descontinuidade anterior, fá-la estacionar até 7 em Alagoas, e atrai a circulação para sul, com elevação do barômetro em Minas e Bahia, e declínio do mesmo em Mato-Grosso, sob a baixa do Chaco. A FIT desce assim ainda mais para o sul, suas chuvas caminhando nesta direção desde o dia 4, e o *doldrum* chegando a atingir a Paraíba.

Agora entre 6 e 7, o avanço da nova frente, pela primeira vez no ano, se verifica nitidamente no interior de Mato-Grosso, a radiação menos intensa não mais destruindo a massa polar no continente, como sucedia no verão. A depressão ocupa o Rio-Grande-do-Sul, seus ventos de NW provocando forte aquecimento no Brasil meridional.

Como a posição da baixa está a leste da normal, o mesmo sucede a toda a circulação. A pressão diminui com a saída do centro de ação no Nordeste, enquanto a dorsal dos Açores volta a dominar o Pará, com ventos de NW, subida do barômetro e declínio da temperatura.

Contudo, de 7 para 8, um maior avanço da frente pelo litoral sueste joga novamente a célula tropical para o Nordeste, onde a pressão aumenta, fazendo recuar a FIT até o equador. O Ceará fica seco e assim continua no dia 10, enquanto a descontinuidade progride alcançando a Bahia no litoral e o Acre no interior, neste último se notando friagem com chuvas fracas.

No dia 12 reconstitui-se a FPA na Argentina, o que provoca uma descida do centro de ação para sul e restabelece a monção, caindo a pressão no Nordeste. A chegada posterior do ar frio setentrional fá-la subir novamente, e diminui a temperatura no Pará, as chuvas de *doldrum* voltando a dominar o Ceará, provindas de oeste e de norte.

De 12 a 14 a nova frente invade o Brasil, deslocando toda a circulação para norte, e assim permitindo que a descontinuidade anterior, que se encontrava a 10 em Alagoas, atinja a 12 Fernando-Noronha com ventos de S. A célula do Atlântico penetra desse modo, através correntes de SE, no Ceará, trazendo uma diminuição nas chuvas.

De 14 a 15 a FPA progride, seguida por um grande anticiclone, o centro de ação sendo novamente deslocado para o mar, o que faz cair a pressão no Nordeste, enquanto ela se eleva no Brasil Central. A 15 por fim, o ar polar chega ao Acre, trazendo grande subida barométrica e declínio de 8° na temperatura. A FIT pode então descer novamente para sul, produzindo chuvas até a costa do Nordeste, acompanhadas por ventos de N, e que persistem até o dia 18, quando ficam limitadas às serras, no Crato. Quanto à frente fria, continua a avançar para norte, chegando a 19 no litoral da Paraíba, o que faz recuar a massa Ec, tornando seca a região interior.

A 20 a formação de outra FPA no Rio-Grande-do-Sul arrasta por sua vez a circulação para sul, as chuvas da FIT retornando ao Nordeste, provindas do Piauí. A primeira permanece até 23 no Rio-Grande-do-Sul sem avançar, e assim traz mais para sul a segunda mantendo-se as chuvas de *doldrum* com alta temperatura e calmarias em todo o Nordeste. De 24 a 26, o deslocamento frontal até o paralelo 15° conduz o centro de ação para o Ceará, onde se restabelece a seca. Já de 27 a 29, o estacionamento da frente faz recuar novamente aquele centro, e a FIT volta para sul, as suas chuvas se apresentando no litoral a 27, para atingirem a 30 o próprio Crato. Só nesta data a frontólise permite o avanço do ar polar até o Ceará, onde se verifica uma queda na temperatura.

d) *As perturbações do ano 1932*

Janeiro — (figs. 174 a 182, e 196) — Para melhor esclarecimento, daremos com maior detalhe a análise dos primeiros 15 dias do mês.

Encontra-se a 1 ar polar no trópico, atingindo 1 000 metros de espessura em Vitória. O centro de ação, recuado para nordeste, acarreta correntes de N em Olinda e de E em Quixeramobim, o aliseo alcançando até o meridiano de 42°, as chuvas se limitando assim ao Estado do Piauí.

Os ventos de retôrno se opõem na Argentina a uma nova FPA, a baixa do Chaco atraindo a monção de N, cuja espessura atinge 4 quilômetros em Cuiabá. Quanto à massa Ec, deslocada para leste, forma no Brasil dois anticiclones isolados, com a circulação correspondente.

No dia 2 o ar polar continua em dissolução, no Rio se notando correntes de NW a N, enquanto a nova frente começa a progredir, causando extensa área de queda barométrica até o paralelo 13°. A pressão sobe contudo entre 10° e o equador, onde a massa Ec se acumula, o deslocamento da mesma para leste, com o avanço da frente, já permitindo às chuvas alcançarem o São-Francisco.

A 3 a descontinuidade invade Santa-Catarina e o sul de Mato-Grosso, enquanto a sucção prefrontal se faz sentir até 0°, o barômetro baixando em todo o Brasil. O ar frio ultrapassa 1 500 metros em Pôrto-Alegre, e o seu movimento, impelindo para nordeste o centro de ação, resulta em ventos de E em Quixeramobim, e de NE em Maceió e Olinda. Quanto à massa Ec fica ainda mais deslocada para leste, suas precipitações e trovoadas dominando o interior da Bahia, onde elas avançam de sul para norte até o dia 6, quando atingem Cabrobó.

Na data de 4 a frente chega ao trópico, recuando porém em Mato-Grosso onde sofre uma frontólise que lhe diminui o poder de sucção, e explica os núcleos isalobáricos positivos do Pará e Mato-Grosso. A queda de pressão continua a se produzir a leste de 45°, sendo aí muito fortes as baixas frontais, com intensos ventos de NW em Minas. Notam-se em Campos chuvas e declínio de 4° na temperatura, a pressão subindo depois cêrca de 13 mb em 2 dias.

A 5 o ar polar, muito espêsso, atinge 5 000 metros em Florianópolis e 2 000 no Rio, enquanto se verificam correntes prefrontais de NW em Cuiabá. A massa Ec continua dominando até o Piauí, ao passo que no litoral sopram os ventos de NE.

Já a 6, dotado de forte energia, o anticiclone frio avança até 15°, a frente passando então em Salvador, e o mínimo da pressão se produzindo simultâneamente da Bahia ao equador; a temperatura se mantém elevada no Nordeste que continua sêco, uma vez que o deslocamento da FPA, todo de sul para norte, não favoreceu a descida da FIT; esta permanece no Pará, ai produzindo chuvas diárias, que cessam depois, quando a maior proximidade da frente impele o *doldrum* para o outro hemisfério.

A 7 o ar polar atinge a latitude 10°, sua espessura ultrapassando então 3 000 metros em Cuiabá, onde os ventos passam a soprar de SE; êle não consegue penetrar contudo no Nordeste. A pressão sobe entre

aquele paralelo é o equador, sendo fraca a sucção frontal, que só se verifica no sul do Pará. Já em Salvador a passagem da frente produz um resfriamento de 3°, acompanhado de fortes chuvãs, que não atingem logo Maceió, o mínimo da pressão ai se verificando também a 6; a subida posterior é devida à dorsal do centro de ação, que coincide com o aquecimento prefrontal, de máximo no dia 8.

A reforma da FPA na Argentina faz prever agora um retardamento no progresso do anticiclone, o qual fôra realmente excessivo para a época do ano. Na verdade êle estaciona, a frontólise causando aumento de pressão no equador pela volta do centro de ação, simultâneamente com uma queda de 15° para sul, sob a sucção da nova frente.

O aliseo é então muito forte, com a direção de SE e, refrescado como foi pelo derrame de ar polar, produz uma queda de temperatura no Nordeste. Também no São-Francisco as chuvas se atenuam com a estabilidade do ar frio, cessando as trovoadas, que se reforçam contudo em Carolina, onde a convecção conduz àquele para os níveis superiores.

No dia 9 a FPA continua na Argentina sem avançar, a sul de 20° se verificando trovoadas e aquecimento, notando-se que o aliseo de SE domina até o Pará. A elevação de temperatura é forte em Teresina, abrigada pela serra, enquanto pelo contrário, o termômetro baixa de 3° em São-Luis e no São-Francisco.

O movimento da frente só se produz no dia 10, o desvio para leste da depressão anexa diminuindo o gradiente em Mato-Grosso, onde a monção se atenua. Em Salvador são típicas duas quedas "sucessivas" da temperatura: a primeira à 7, frontal, seguida de novo aquecimento, uma outra se produzindo a 10, na invasão do aliseo renovado.

No dia 11 o anticiclone caminha até o Rio-Grande-do-Sul, onde a alta se localiza com ventos de S até 3 000 metros. Ela é fraca, porém, e a reduzida baixa de pressão, não lhe prognostica um movimento acentuado. Sob o impulso da célula oceânica, a massa Ec recua para oeste, terminando as chuvas no São-Francisco, e apenas se notando as de instabilidade do aliseo, na costa e a barlavento das cadeias.

A 12, uma nova reforma da FPA corta o movimento da frente anterior, que só consegue avançar até o paralelo 20°; isto reconstitui a monção, trazendo queda do barômetro em Mato-Grosso. O centro de ação é desviado para o Atlântico, os ventos passando a NE, do paralelo 10° para sul. Contudo, já se torna possível a descida da FIT, os seus ventos de N se apresentando do Maranhão para oeste, e a pressão subindo a norte de 5°, com o avanço da dorsal dos Açores, enquanto em Goiás aparecem trovoadas e queda de temperatura no domínio da massa Ec.

O movimento da frente de 10 a 12 se dá pelo litoral e de sul para norte, assim não conseguindo deslocar o centro oceânico, sob cujo domínio o Nordeste se mantém seco e aquecido.

No dia 13 a descontinuidade anterior se dissolve a 15°, onde a pressão ainda se eleva, enquanto avança de sul nova perturbação, o barômetro caindo fortemente no Uruguai e Brasil a oeste de 45°. O deslocamento da última é o clássico, de sudoeste para nordeste, fazendo

recuar a célula tropical, e permitindo como já antecipamos o retôrno da FIT para o Ceará.

A 14 a frente alcança o Rio-Grande-do-Sul: a pressão cai no Brasil, a norte de 20°, cêrca de 2mb em 24 horas em virtude da descida da FIT, o *doldrum* ocupando o paralelo 5°, e o Nordeste ficando dominado por chuvas, que começaram a 13, e alcançam maior altura a 15, sendo contudo mais intensas em Alagoas, sob o alíseo instabilizado pela descontinuidade do primeiro dia aludido. Permanece o aquecimento prefrontal a sul de 15°.

De 14 para 15 são finalmente atingidos os paralelos de 20° na costa, e 15° no interior, a pressão diminuindo a norte destas latitudes.

Como se pode verificar nas cartas dos Estados-Unidos, não houve até agora um avanço polar típico para sul, assim se explicando a fraqueza das precipitações do *doldrum* no Nordeste. Contudo elas sempre ocorrem, em virtude dos movimentos acentuados da FPA, dando a *ilusão* de que o ano será de boas chuvas.

No dia 15 a frente alcança Campos, onde penetra lentamente, e avança pelo interior para estacionar no trópico a 17, aí produzindo chuvas, mas sofrendo frontólise. A sua presença desloca para o mar o centro de ação, a pressão atingindo o mínimo naquele dia em todo o país, o que permite como vimos, chuvas no Nordeste. A seguir, com a paralisação da descontinuidade no Rio, a célula retorna ao Nordeste, onde as chuvas voltam a escassear de 16 a 17.

A perda de energia da frente é devida a uma nova formação, que se inicia nesta data na Argentina, e chega a 19 ao paralelo de 17°, produzindo novo mínimo da pressão em Salvador, verificado porém a 18 em Campos, na passagem frontal. Sob o novo recuo do centro oceânico, a FIT volta ao Nordeste, onde as chuvas recomeçam a 18, aumentando a 19 e 20, mais intensas a barlavento da Borborema, e no Crato.

A frontólise a 19 permite breve domínio da célula tropical, que volta renovada pelo ar polar, dando aumento da pressão, queda de temperatura e chuvas na Bahia, estas acompanhadas por fortes ventos de SE. No interior, em Caetité, há trovoadas sêcas a 19 e 20, e grande elevação da temperatura, enquanto em Barra, após o aquecimento prefrontal já referido a 19, a pressão se eleva com intensos aguaceiros e resfriamento de 4°, vindo a cessar conseqüentemente as trovoadas.

Nova descontinuidade surge agora no Uruguai, alcançando a 21 o paralelo de 25°, mas tendo o seu progresso cortado por outra formação frontal no dia imediato na Argentina. O fato explica o domínio da célula do Atlântico, as chuvas diminuindo no Nordeste, sob a sua influência.

Só agora começam a se definir as características de ano sêco: A nova frente caminha lentamente de 22 a 26, entre a Argentina e o Rio-Grande. A sua orientação, de NW para SE, é de molde a deslocar o anticiclone tropical para norte, a pressão caindo no trópico, enquanto a massa Tc chega até Campos, onde se produzem trovoadas sêcas. O valor mínimo é registado a 26, e a temperatura se eleva continuamente, os ventos de N dominando até grande altura.

Em Salvador, pelo contrário, o barômetro sobe até esta data, com temperatura estacionária e sem chuvas, os ventos soprando de E, e só girando para N, quando a frente está a mais próxima.

No Nordeste, igualmente, o centro de ação se mantém, dominando o aliseo de E, e a região ficando sêca até 25.

A última formação da FPA se verifica a 27 na Argentina, alcançando dois dias depois o rio da Prata; o fato desloca todo o conjunto da circulação para a posição normal a sul, e permite um breve domínio das calmas no Nordeste, onde as chuvas começam a 26, a princípio esparsas, para depois se intensificarem até 29, caminhando sempre para maiores latitudes.

Naquele dia e no seguinte a nova descontinuidade caminha para o Rio, impelindo a célula tropical, e elevando a pressão no Nordeste, onde ela só volta a baixar ligeiramente a 31, com a frente já estabelecida no trópico. O *doldrum* é assim expulso, as chuvas escasseando nos últimos dias do mês.

Fevereiro — (figs. 174 a 182, e 197) — No dia 1 a frente se intensifica na Argentina, o que permite a descida das chuvas da FIT ao Maranhão, o tempo melhorando no Pará. Embora seguido de fraca massa polar, o novo talvegue avança constantemente, alcançando a 4 o trópico e já a 7 a Bahia.

Em Campos a pressão vai baixando de 1 a 5, sob correntes de N, a passagem frontal mudando depois os ventos para S, e estabelecendo um regime de chuvas que dura até o dia 10. A temperatura, após o máximo prefrontal a 5, declina apenas de 2°, voltando a subir a 8.

Vejamos as variações da pressão: de 1 a 4 o deslocamento da frente é em regra latitudinal, até o paralelo de 25°, o centro de ação sendo deslocado para norte, e o valor daquele elemento aumentando entre 20° e o equador. A costa leste se apresenta sêca, com temperatura estável e ventos normais.

As chuvas nordestinas, que tinham escasseado no fim de janeiro, aumentam outra vez, oriundas de oeste, e progridem entre 1 e 3 do Piauí ao Rio-Grande-do-Norte, trazendo uma baixa termométrica. A 4 contudo, a subida do barômetro e o domínio do aliseo começam a reduzir as precipitações, que passam a se verificar somente a barlavento das serras no Crato e na Paraíba.

O *doldrum* recua então para norte, produzindo-se um forte aquecimento no Ceará, que coincide com o aumento da pressão, as chuvas cessando por fim a 5 e 6.

Note-se que de 4 em diante, a orientação do litoral no Estado do Rio, provocando um deslocamento análogo da frente e da circulação, faz recuar a célula tropical para o oceano, o barômetro baixando dêsse modo em todo o Brasil. Mesmo em Campos, como a invasão polar é muito fraca, não se verifica um aumento da pressão, e a temperatura declina até o dia 7 no ar frio, para se elevar a 9, sob nova aproximação frontal.

O aspecto do barograma, é semelhante em Goiás, com uma baixa de 4 a 9; as chuvas da massa Ec recomeçam de 7 em diante, quando a temperatura declina, e a instabilidade fica reforçada pela invasão polar. Esta por sua vez explica a diferença notada em Salvador, onde a pressão cai até aquêlê dia na passagem frontal, subindo a 8 após a mesma, dando-se, então pequeno resfriamento. Já em Barra o mínimo se produz a 8, chovendo nos dias anteriores, com trovoadas e declínio da temperatura, sob a invasão já referida de massa Ec.

Quanto ao Nordeste, ainda permanecia sêco no dia 6, sob o domínio do centro de ação: As chuvas recomeçam contudo nesta data, devidas à descontinuidade no sul da Bahia, e seguem com a mesma para norte, alcançando Alagoas.

Convém frisar a diferença de traçado entre a estação de Campos, onde sob dois avanços frontais sucessivos a pressão cai continuamente até 9, e o comportamento a norte de 15°, em que ao mínimo frontal do dia 7, sucede uma elevação, o novo avanço da FPA de 8 em diante fazendo deslocar para norte a célula sub-tropical, com aquecimento prefrontal e ventos de N; note-se ainda o leve aumento da temperatura em Quixeramobim até 9. Tal aquecimento é maior, persistindo no dia imediato em São-Luis.

Um centro de ação renovado provoca chuvas fracas no litoral a 8 e 9, a seguir sòmente se registrando as da massa Ec, a oeste de 38°.

Nova frente surge agora, alcançando a 13 o trópico, quando produz um talvegue em Campos. Contudo, de 9 a 12 a pressão aí se elevava, devido à grande baixa frontal, que atraiu para sul o centro de ação, trazendo à região aquecimento e sêca. Pelo mesmo motivo o barômetro declina no Brasil norte, onde os ventos giram para SE, com resfriamento acentuado. A situação permite que o *doldrum* venha a descer, o que não se dá entretanto por falta de um impulso do hemisfério setentrional, o Nordeste se mantendo sêco, e sòmente chovendo no Pará, onde estaciona a FIT.

A frente permanece depois em tórno ao trópico de 13 a 15, com a pressão subindo em Campos. O centro de ação é impelido para norte e domina a Bahia, mantendo elevada a temperatura; já o Nordeste fica ainda mais sêco, o deslocamento produzido no *doldrum* recuando as chuvas para norte, em Clevelândia.

Nova formação frontal surge a 15 na Argentina, atenuando a que se encontrava no Rio, e caminha ràpidamente até o dia 18, fazendo baixar a pressão no Nordeste, com um recuo da célula tropical para o oceano, em virtude da massa polar ter avançado também pelo interior, em Mato-Grosso. Ao aquecimento prefrontal a sul de 15° corresponde assim um resfriamento litorâneo ao norte desta latitude, com a saída daquele anticiclone. O Nordeste se mantém sêco a 15 e 16, a penetração violenta da frente em Mato-Grosso deslocando depois a massa Ec para leste, quando ela volta a dominar o Piauí e parte do Ceará, as suas chuvas cobrindo maior área a 18.

A 19 a descontinuidade recua ligeiramente no sul, avançando a 20, quando se dissolve; a pressão se mantém elevada em Campos, sob

a baixa temperatura da massa polar, o mesmo sucedendo em Goiás. Contudo, a reconstituição da FPA na Argentina no último dia, e o enfraquecimento conseqüente da que se encontrava no Rio, aliados à transformação do ar frio em Mato-Grosso, obrigam um retôrno à circulação normal. o centro de ação volta com aumento da pressão a 19 e 20, e provoca aquecimento em Alagoas e Barra. Em conseqüência a FIT recua, o Nordeste permanecendo sêco, enquanto ainda chove no Maranhão e Pará.

Sob a oposição da fraca massa polar anterior, é rápido o avanço da nova frente, que alcança a 22 o trópico, dois dias mais tarde já se encontrando em Minas. A sua passagem em Campos se verifica naquela data, com chuvas e trovoadas, o ar frio provocando desta vez fraco declínio da temperatura, e não chegando a alcançar Goiás.

Com o recuo do centro de ação a 21, a pressão baixa na costa leste, mas não no Nordeste, onde as chuvas recomeçam, vindas de oeste, já a 22 cobrindo tôda a região, para a 23 e 24 invadirem o São-Francisco. Trata-se de uma típica invasão de massa Ec, impelida pelo deslocamento frontal, e dêsse modo a pressão diminui em Goiás, que fica sob a baixa dinâmica e as chuvas daquela massa

Não tendo havido um refôrço do anticiclone tropical, não chove no litoral, onde também a temperatura pouco varia. Nota-se contudo em Barra um grande resfriamento de 6° no dia 22, sob a massa Ec, o qual só a 24 se faz sentir em Quixeramobim, persistindo até o dia seguinte. A pressão sobe em virtude da chegada do ar polar norte-americano, indicada pelo anticiclone que caminha de 20 a 22 nos Estados-Unidos, e o deslocamento violento das calmas para o nosso hemisfério faz cessarem a 25 as chuvas no Pará, onde passa a dominar massa fria e estável, de alta pressão.

A frente vai depois recuando de 25 a 28, o que reconstitui a baixa central, atraindo Ec para oeste. As chuvas cessam no Nordeste a 26, com subida do barômetro no litoral, onde volta a dominar o centro de ação, agora trazendo precipitações de aliseo, encontradas a 27 e 28 de Alagoas a Natal. O São-Francisco também experimenta sêca, a temperatura se elevando muito a 28 em Barra

Contudo, o estacionamento a 27 e 28 da frente no Rio-Grande-do-Sul provoca uma descida para sul da circulação, o que permite às chuvas de *doldrum* atingirem a costa do Ceará, recuando porém a 29, sob novo avanço da FPA para o Rio-Grande. Em todo o caso, não houve aumento da pressão, antes declínio no Pará, por não se ter verificado nenhuma invasão fria dos Estados-Unidos.

Março — (figs 174 a 182, e 198) — E' muito fraca a massa polar que caminha de 1 a 3 e desaparece, sem chegar a produzir em Campos mais do que pequena queda de pressão e aquecimento prefrontal. A FPA se reconstitui logo, dando origem a um ciclone no mar, ao qual corresponde a passagem de intensa frente pelo sul do Brasil no dia 4, nos dois seguintes nova descontinuidade ocupando o Rio-Grande, para aí permanecer mais ou menos estacionária até 8.

Em Campos o mínimo da pressão se verifica a 5, o barômetro voltando depois a subir, com a permanência da frente no sul, o que desloca nesta direção a célula do Atlântico, a pressão se tornando máxima a 8, com tempo bom e quente.

Já em Goiás o regime de baixas dominante até o dia 4, para aí transfere a massa Tc, produzindo violento aquecimento. A seguir, o avanço do centro de ação impele novamente Ec para a região, onde a temperatura declina, verificando-se chuvas e trovoadas. Na costa leste porém, a variação de pressão é menos acentuada, embora semelhante à de Campos, a célula do Atlântico permanecendo de 6 a 11, acompanhada de chuvas, ventos de E e declínio da temperatura.

No Nordeste a pressão sobe um pouco a 1 e 2, em virtude do deslocamento para norte do anticiclone, com a frente fixada no trópico. Temos então um período seco, surgindo porém a 3 e 4 chuvas de alíseo na costa do Rio-Grande-do-Norte.

De 4 a 6 a presença da descontinuidade no sul do Brasil atrai como dissemos a circulação para o pólo, permitindo a descida da FIT, pancadas se verificando portanto em todo o Nordeste, vindas de oeste e de norte. Em Barra o fato provoca aquecimento a 4, seguido a 6 de resfriamento acentuado; as chuvas começam nesta data no Maranhão, onde perduram longo tempo, conquanto já a 7 voltem a diminuir no Ceará. Realmente, dêste dia até 9, o centro de ação, atraído para oeste pela frente que permanece no Rio-Grande-do-Sul, volta a dominar, causando precipitações na costa da Bahia, e aquecimento e seca no Nordeste.

A 10 por fim aquela frente começa a caminhar, alcançando o trópico no dia seguinte, quando a pressão mínima se registra em Campos, e o centro dinâmico recua para o Atlântico, produzindo queda do barômetro até 12 na Bahia, acompanhada de forte aquecimento prefrontal, e giro das correntes para N. Em Maceió, onde elas se mantêm de E, verifica-se um resfriamento.

O fato permite nova descida da FIT para sul, suas chuvas chegando a 10 na costa do Ceará, para cobrirem a 11 e 12 este Estado, o Piauí, e o Rio-Grande-do-Norte, com breve declínio térmico, que é contudo mais acentuado (3°) no Maranhão, onde a pressão sobe de forma considerável a 11; o fato deve ser atribuído a uma invasão fria do hemisfério norte, que faz cessar as trovoadas na costa, justificando também o avanço da FIT para sul.

Como dissemos, a frente passara em Campos a 12, aí se produzindo chuvas contínuas e resfriamento, cuja permanência até o dia 24, será depois justificada.

A costa leste, após o mínimo de pressão a 12, experimenta um aumento, com o retorno do centro de ação, dado que a orientação da frente é oeste-leste, causando portanto a ascensão das massas Ec e Tc, e não de Ta. A baixa do Chaco se reconstitui e produz novamente uma

circulação normal, o anticiclone voltando a dominar, com subida do barômetro até o dia 15. O fenômeno torna mais sêco o Nordeste, onde as precipitações ficam limitadas à costa do Ceará.

No dia 17 nova FPA se forma no rio da Prata, avançando lentamente a 19, para sofrer um recuo a 20 e novo progresso até 22, penetrando mesmo em Mato-Grosso. Ela recua porém no dia imediato quando outra frente aparece na Argentina.

Como vemos, tôda a atividade frontal permanece no sul do Brasil, e assim atrai continuamente o anticiclone frio anterior para maiores latitudes. Ele não chegara a se fundir com o centro de ação, e devido à proximidade do outono, a massa polar não se transforma em ar tropical, antes permanece no litoral, produzindo altas pressões e chuvas em Campos, a norte da nova FPA, e correspondendo na verdade a uma frente quente alongada sôbre Minas.

Os mínimos barométricos de 18 e 22 coincidem assim com a posição da FPA respectivamente mais longe, ou mais perto, deslocando em consequência a alta polar para sul ou para norte da estação. O fato daquela estacionar a sul de Salvador, aí mantém a pressão sempre baixa, com ventos de SE, chuvas contínuas e declínio de temperatura.

Ora, esta descida da célula dinâmica no período de 17 a 23 acarreta um movimento análogo no *doldrum*: as precipitações começam muito fracas no Ceará e Rio-Grande-do-Norte, sendo contudo mais intensas no Piauí. A 18, quando se dá o mínimo geral de pressão, a FIT avança de NW, acarretando fortes aguaceiros e baixa de temperatura no Nordeste, aquêles mais intensos a barlavento da Borborema no Ceará, com os ventos superficiais soprando de N. Já a 19, são verificados totais de 80 milímetros diários, que persistem a 20 e 21. Tais fatos correspondem a uma invasão fria que vem dos Estados-Unidos desde 16, e de norte para sul, chovendo continuamente em Clevelândia e São-Luís, onde se nota a 19 o resfriamento oriundo do ar polar americano.

A marcha geral da pressão é análoga à de Salvador, o barômetro voltando a subir após a última data, quando a frente no sul avança até o trópico, assim deslocando para o equador o centro de ação, e trazendo bom tempo para o Nordeste, de 22 a 24; as chuvas de aliseo continuam então sômente em Alagoas.

A 23 forma-se nova FPA na Argentina, quando a pressão se encontra no seu valor máximo em Campos: o novo percurso frontal se verifica com a descontinuidade orientada NW-SE nos dois dias imediatos, e a seguir de W-E, quando ela caminha mais lentamente. Atinge assim o Estado do Rio no dia 28, para recuar depois como frente quente, estacionando a 31 no paralelo 25°.

A pressão cai portanto em Campos até o mínimo frontal de 28, com aquecimento e ventos de N, voltando a subir no dia seguinte sob correntes de S, ligeiro declínio térmico e chuvas. Este aspecto difere do de Salvador, onde o barômetro se eleva de 23 a 26, notando-se aque-

cimento sob o recuo para norte do centro de ação. Este último volta depois, renovado pelo ar polar anterior, a temperatura baixando em Maceió, com os ventos de S, a 26.

A pressão sobe assim até 28 nesta estação e 29 em Quixeramobim e São-Luís, o domínio geral sendo da célula do Atlântico até o fim do mês. Isto se poderia prever pelo fato da frente se ter alongado pela costa, em vez de entrar em Mato-Grosso.

De 24 a 31 fica pois sêco o Nordeste, chovendo apenas na costa do Ceará, a 25-26 e 29-30, em ambos os casos sob invasões de ar polar setentrional, que caminham de oeste para leste, com ventos de componente N.

Abril — (figs. 174 a 182, e 199) — O percurso frontal verificado de 2 a 5 faz baixar a pressão em Campos até um mínimo no último dia, quando se produzem chuvas e trovoadas. A temperatura não diminui contudo, enquanto o barômetro sofre novo declínio sob outra FPA que se forma a 7, e permanece a 8, atraindo assim a alta polar anterior para sul; o fato acarreta neste dia um segundo mínimo com a frente em Campos, onde o vento superior passa a soprar de S.

Estando adiantado o outono, é menos notável o efeito da massa Ec, substituída em parte pelo alíseo, em Goiás por exemplo já não se verificando chuvas nem trovoadas.

Na costa leste, de 1 a 3 a pressão se mantém elevada, baixando a 4 a um mínimo quando o primeiro avanço frontal expulsa o centro de ação para o oceano. A temperatura continua alta, sob intensas chuvas de outono na Bahia, e ventos de E. Houve apenas fracas precipitações a 1 e 2 no Ceará, com ventos de N, correspondendo à posição da FPA na Argentina.

Sendo a trajetória frontal orientada W-E a 5 e 6, ela impede novamente o centro de ação para norte, a pressão voltando a subir na costa leste, com novo aumento da temperatura e das chuvas, para baixar a seguir até o dia 10, com o recuo dos sistemas para sul, sob outra FPA.

O aspecto da pressão é semelhante no Nordeste, onde ela se torna máxima a 2 e 5, e mínima a 4 e 10, a temperatura permanecendo normal. Nesta região as chuvas de alíseo na costa oriental são mais notáveis justamente nos máximos do barômetro (2 e 5) e mais fracas nos mínimos (3 e 4), verificando-se um período sêco no interior de 5 a 8, sob correntes E-SE, quando o *doldrum* recua para norte; chove em São-Luís até o dia 10, com declínio acentuado de temperatura.

De 8 em diante a nova FPA avança para o trópico, onde chega a 11, como o indica o mínimo da pressão em Campos, penetrando no dia imediato na latitude 20°; novo máximo se produz ainda a 13, quando mais uma frente surge na Argentina.

Na costa oriental a pressão alcançara o menor valor a 10, quando a frente no Uruguai atrai a circulação para sul. A seguir, com novo pro-

gresso a 11 e 12 ela estaciona, o ar sendo frio e sem chuvas. O aspecto é idêntico no Nordeste onde permanece a sêca até o dia 16, enquanto o *doldrum* se localiza no Pará, dando aguaceiros em Clevelândia.

De 13 a 15 uma extensa frente avança até a latitude 15°, com orientação NW-SE que deveria, em época de verão impelir a massa Ec para leste. O mínimo barométrico em Campos se produz a 14, dois dias depois se registando um violento declínio de temperatura no ar polar; a pressão sobe na costa leste, com o máximo a 15 até o Pará, havendo chuvas no Maranhão desde o dia 13, sob correntes de N do *doldrum*.

De 16 a 20 a massa polar de retôrno se mantém em Campos, com bom tempo e ventos de N, o avanço da nova FPA formada a 17 só se fazendo sentir a 21, quando a pressão cai a um mínimo, nêle se mantendo. A frente entra no dia seguinte, chuvas e trovoadas ocorrendo em seguida até 25.

O avanço frontal tendo-se dado também por Mato-Grosso, permite em Goiás um forte aquecimento anterior com chuvas. Na costa leste o aspecto do barograma é semelhante, aguaceiros caindo na Bahia de 15 a 21, com alta temperatura e alíseo instabilizado de E. A baixa da pressão no último dia é acompanhada de um resfriamento, e corresponde ao recuo para o Atlântico do respectivo anticiclone, cujas precipitações terminam no litoral.

No Nordeste, a 17 e 18 se verificam leves chuvas na costa do Ceará, por ocasião do mínimo, e de uma invasão polar americana. Contudo os ventos pròpriamente de N das calmas permanecem no Maranhão, não chegando mais a atingir aquêlê Estado.

De 22 a 26 a FPA fica estacionária na Argentina, o que mantém o ar polar anterior sôbre Campos até 25, com chuvas e trovoadas, a pressão continuando portanto elevada no Nordeste, totalmente sêco. Finalmente a descontinuidade se intensifica, atraindo ar do centro de ação, com queda do barômetro e aquecimento prefrontal em Campos. Ela atinge o trópico a 27, mas não o ultrapassa, antes recua para sul até 30, a pressão voltando a subir com a migração para oeste da célula do Atlântico, a partir de 28. Os valores baixam ainda no Nordeste de 24 a 27, o que corresponde ao refôrço da depressão do Chaco, com a permanência da FPA na Argentina, e presença no Ceará do talvegue da FIT. Assim a 24 os ventos de N do *doldrum*, antes no Maranhão, chegam ao Piauí e a 25 ao Ceará, cobrindo a região estudada a 26 e 27. Trazem êles chuvas e trovoadas, que caem a 26 no penúltimo Estado e a 27 no último, sempre agravadas a barlavento das serras. O Crato é atingido a 28 e 29.

A temperatura não declina porém, o que indica não se tratar de uma invasão fria dos Estados-Unidos, mas sômente de um retôrno da FIT, permitido pela circulação na Argentina.

Finalmente, novo movimento da FPA de sul para norte, entre 28 e 30, eleva a pressão no Nordeste, expulsando o *doldrum* para o Piauí, e terminando as chuvas.

II — CIRCULAÇÃO SUPERIOR

a) *Situação normal*

Antes de detalharmos as modificações acarretadas nas massas superiores pelas perturbações descritas no capítulo I, completaremos as noções dadas em nosso estudo anterior sobre a *Climatologia Equatorial* descrevendo com maior minúcia a estrutura "vertical" das diversas correntes na América do Sul.

1 — CENTRO DE AÇÃO

De um modo geral, como ficou esclarecido por VON FICKER, os ventos nas células tropicais apresentam nas camadas inferiores uma rotação no sentido anticiclônico, os alíseos de SE e ESE da borda setentrional tornando-se de E no equador, enquanto correntes de retôrno de NE e mais a sul de NW são encontradas no lado ocidental, o circuito se fechando na latitude 30° pelos ventos de W da zona temperada. O alíseo resulta assim constituído por duas camadas sobrepostas, separadas por uma inversão de temperatura.

1) — A corrente 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. Sob a intensa turbulência dêste último o gradiente da temperatura fica igual ao adiabático sêco até a base das nuvens, e ao adiabático úmido dentro destas, a umidade relativa passando de 70 % na superfície a 100 % nos Cu, mas caindo a 90 % na inversão onde geralmente se formam Sc, para baixar depois a 30 %. No trajeto para o equador a massa se aquece progressivamente por advecção e pela condensação do vapor; contudo, devido ao gradiente negativo superior, sua instabilidade não se vem a realizar.

A inversão, originada pelo atrito superficial que acarreta a forte subsidência do anticiclone dinâmico, apresenta uma rampa, elevando-se de leste para oeste e desul para norte, portanto no Atlântico da África para o Brasil e do trópico para o equador; a sua altura varia de quase 0m no deserto Kalahari a 500 metros já no oceano, e cêrca de 2000 metros no litoral brasileiro e no *doldrum*.

A fraca espessura da camada inferior e o fato de soprar o alíseo da terra para o mar, produzindo-se divergência pelo brusco aumento da sua velocidade sob o menor atrito oceânico, acarretam a estabilidade e os nevoeiros das costas ocidentais, tais como a África ou o Chile. Quanto ao salto de temperatura na inversão fica tanto maior quanto mais baixa aquela se encontra, passando assim de 8° no Kalahari a 5° no Atlântico e 0° no equador e América do Sul, as quedas de umidade variando respectivamente de 60% a 20%.

2) — A corrente superior se apresenta pelo contrário muito quente e sêca, devido à subsidência e ausência de mistura com a superficial onde está concentrado o vapor, tendo mesmo uma temperatura tanto

mais elevada quanto menor a altitude. A sua presença é notada nas sondagens por uma queda de velocidade na inversão, resultante do forte movimento descendente.

Sob a intensa subsidência do centro é grande o acúmulo das isentrópicas, a temperatura potencial aumentando bruscamente no ar superior, que é a principal *fonte* da massa S; esta, de umidade menor que 30 % possui um valor de O_e muito baixo, o *conjunto* das duas correntes citadas formando assim uma massa T_m , convectivamente instável, que pode causar grandes precipitações por ascensão frontal.

Se o salto de temperatura se atenuar ou desaparecer, como acontece nos enfraquecimentos do anticiclone, o vapor d'água inferior se distribuirá em altitude, com o conseqüente aumento de O_e , a massa ficando agora *convectivamente estável*, sem mais produzir chuvas na subida das frentes. A inversão de temperatura se apresenta aliás mais alta no inverno e mais baixa no verão, sob o refôrço ou enfraquecimento respectivos do ar inferior, pela atuação maior ou menor das massas polares.

Ao atingirem as duas correntes suas bordas extremas, no *doldrum* ou no litoral do Brasil, a descontinuidade térmica que vinha se elevando e enfraquecendo, cessa bruscamente, permitindo que se dê uma ascensão *conjunta* de ambas as camadas do aliseo, até então isoladas. A primeira, muito úmida, evolui segundo o gradiente pseudo-adiabático, enquanto a segunda o faz pelo adiabático sêco. A massa *realiza* dêsse modo a sua instabilidade, causando as fortes chuvas equatoriais e as da costa leste do continente, estas agravadas pela orografia, e pela convergência resultante de um maior atrito na passagem do oceano para a terra.

3) — Vejamos rapidamente a *evolução anual* da circulação: na primavera, quando o centro de ação avança para o interior, traz consigo a inversão de temperatura, a qual se encontra cêrca do nível 2 quilômetros. Surge então a época sêca, sendo ocupada pela bruma a camada superficial. No verão já não existe aquela inversão, o anticiclone ficando limitado ao oceano; é esta ainda a situação do outono, quando penetra na América do Sul, sob a forma de dorsal, a alta dos Açores. No inverno por fim, o quadro é o que foi descrito nos itens 1-2.

4) — Ao ser atingido o *doldrum*, a convecção eleva o aliseo até grandes altitudes, onde êle perde a sua direção de E, passando a constituir a corrente superior de *retôrno* para o pólo, ou *contra-aliseo* de N a NW, a qual, situada em média acima de 6 quilômetros no equador, baixa progressivamente com o forte resfriamento permitido pela intensa radiação do ar sêco; a ação desviante da Terra se faz aliás sentir ao longo do trajeto, a massa chegando já com direções de NW a W ao nível de 2 quilômetros na latitude de 30° , onde vem a se confundir com o próprio aliseo.

Entre as referidas correntes opostas há uma segunda camada de transição, em que a direção do ar muda e a velocidade novamente

diminui, sendo mais freqüentes as calmarias. Aquela aumenta depois já no contra-alíseo.

5) — Em resumo o quadro isobárico superior pode ser assim descrito: No *inverno* os centros de ação desaparecem dos mares a 4 quilômetros, somente se notando neste nível pequenos anticiclones sôbre os continentes a 15° S, dando lugar a ventos de E no lado equatorial e de W na margem polar. A 8 quilômetros esta mesma circulação é mais caracterizada, as correntes superiores de W atingindo o paralelo 10°, e sendo substituídas no equador pelo contra-alíseo de N a NW. Inclina-se portanto a *descontinuidade zonal*, ou limite entre os ventos W-E, de 30° no solo a 5° a 17 quilômetros.

No *verão* aquêles centros vão também se enfraquecendo nos oceanos, mas são substituídos em terra pelos anticiclones térmicos superiores que se mantêm de 3 até 8 quilômetros na zona tropical, dando lugar a ventos de SW no bordo oriental e de NW no ocidental dos continentes, continuando porém as correntes de E no equador. Tais altas se reforçam a 8 quilômetros e entre elas, sôbre os mares, correm os talwegues dos *passat-fronts*, de correntes opostas: SW, a oeste dos centros de ação, e NW, a leste dos mesmos. A descontinuidade zonal se mantêm então verticalmente a 30°, persistindo em grande altura no equador os ventos de N.

Note-se que agora as correntes de SW do anticiclone superior estão *sobrepostas* às de NE da massa Ta, e assim tomaram o impróprio nome de contra-alíseo. O mesmo se pode dizer das de NE no Chile, encontradas acima das de SW, da massa Tp. A tais ventos elevados caberia melhor a designação de *anti-alíseo*, evitando-se a presente confusão.

A estrutura descrita para a célula do Atlântico Sul se aplicará evidentemente às do Pacífico e Atlântico Norte, um maior detalhe da estação que nos interessa sendo exposto a seguir:

No verão o conjunto das *duas* correntes *inferiores* do *alíseo* apresenta uma direção de SE desde o solo até 3 quilômetros em Olinda, e 2 quilômetros em Fernando-de-Noronha, mudando para E de 3 a 5 quilômetros em ambas as localidades. Mais próximo ao equador, em Camocim e Quixeramobim, a última direção é notada do solo a 3 quilômetros. A zona de transição para o ar de retorno, com menor velocidade e freqüentes calmarias, surge a 5 quilômetros em Fernando-de-Noronha, 4 quilômetros em Quixeramobim e 7 quilômetros em Olinda.

Quanto ao contra-alíseo, os seus ventos de N já aparecem a 4 quilômetros em Fernando-de-Noronha e Camocim. Ele não representa porém uma corrente permanente, antes surge sempre em oposição à *frente superior* adiante descrita, constituída entre as direções de SW do anticiclone continental de altitude e as de NE do centro de ação. Este como já foi dito, se desloca aliás para o equador nos níveis elevados, aí dominando o Nordeste do Brasil. Vemos dêsse modo que o contra-alíseo vem a constituir uma *compensação* superior da circulação, enviando ar para o pólo por ocasião das fortes invasões frias superficiais em direção ao equador.

Já na borda de retôrno dos centros de ação a massa Tm, de ventos NE, é encontrada desde o solo até 3 quilômetros em Salvador e Caravelas, com direções de E acima daquele nível. Dados a elevação e o enfraquecimento da inversão para cêrca de 2°, a massa inferior distribui a sua umidade para a superior, o conjunto ficando agora *convectivamente estável*, com umidade específica diminuindo para o pólo sob o resfriamento superficial.

Nada de novo encontramos no centro do Pacífico, cuja estabilidade é bem maior, em virtude da mais forte inversão. Quanto ao dos Açores, só se faz notar no Brasil pelas correntes do *doldrum* de E em Belém e Manaus acima de 2 quilômetros, ou de SE em São-Gabriel além de 4 quilômetros, sofrendo contudo a perturbação adiante descrita:

2 — MONÇÃO DE VERÃO

Nos níveis inferiores o forte aquecimento continental produz uma aspiração de ar do Atlântico Norte sob a forma de monção, a qual penetra com as direções de NE a ENE, alcançando até 2,5 quilômetros em Belém, Manaus e São-Gabriel, e deslocando a FIT muito para sul da sua posição no oceano. A instabilidade realizada pela ascensão da corrente *convectivamente instável* dos Açores em virtude do aquecimento inferior, redundando em fortes chuvas, que resfriam a margem direita do Amazonas, onde fica constituída uma região de calmas e alta pressão, *fonte* da massa Ec.

Os ventos divergem então desta zona, apresentando componentes de NW para a depressão térmica do Chaco, as quais atingem até 5 quilômetros em Cuiabá. Nos períodos de altas continentais nítidas a circulação apresenta mesmo ventos de NW no Acre e de SW em Goiás, coincidindo tal fato com o enfraquecimento da monção e o derrame da massa Ec para leste no vale do São-Francisco, como foi explicado no capítulo I. A espessura da corrente de SW atinge nestes casos até 2000 metros em Barreiras e Pôrto-Nacional, embora no Amazonas fique limitada a 500 metros.

Em resumo, a monção é formada por *duas* correntes distintas: uma que circula do Atlântico Norte para o vale do Amazonas durante todo o ano, e outra, notada apenas no verão, seguindo daquela região para a depressão interior.

3 — BAIXA CENTRAL

Resta-nos examinar o panorama sub-tropical: êste no Chaco se apresenta nos níveis inferiores depressionário, com ventos da monção de NW a NE no Brasil, e correntes de SE no Chile e Bolívia. Contudo o efeito da componente térmica logo se faz notar, surgindo a partir do nível 3 quilômetros e até o de 10 quilômetros um anticiclone superior, o qual sempre *coincide* com o núcleo de maior temperatura e acarreta a circulação já descrita anteriormente, de direções SW e NW,

respectivamente no Brasil e na Bolívia. O circuito vem a se fechar na zona equatorial pelas correntes de E, e na temperada pelas de W, aí dominando desde o solo como parte do vórtex polar. Estes últimos ventos, dada a sua componente térmica, aumentam de velocidade até a tropopausa. Já nas altitudes superiores a 8 quilômetros, as direções de W alcançam como dissemos até a latitude de 15°.

O Chaco se constitui assim em *fonte* de uma massa Tc, quente e instável mas de escasso vapor, o que acarreta grande amplitude diurna da temperatura, a subsidência da alta superior impedindo o desenvolvimento das nuvens de convecção.

Convém notar por fim que na costa leste a região de frontogênese situada em São-Paulo, e à qual nos referimos na *Climatologia Equatorial*, faz destacar pequena bôlha no sul, verdadeira dorsal do centro de ação, constituindo uma zona de transição para o ar polar. Tal formação persiste até no máximo 1,5 quilômetros, detendo-se geralmente a 1 000 metros, quando o domínio da célula tropical se firma melhor, fazendo desaparecer a referida anomalia. No estudo das perturbações descreveremos a origem daquela frente secundária.

Tendo em mente o quadro exposto, será fácil detalhar a circulação para os diversos níveis (fig. 123).

4 — CIRCULAÇÃO DE VERÃO

500 metros — neste nível são encontradas tôdas as correntes anteriormente descritas, com os mesmos limites já referidos. Nota-se perfeitamente a zona frontal de São-Paulo, mas a falta de dados não permite detalhar as altas da massa Ec.

1 500 metros — a circulação oceânica já se desenha com maior nitidez, a célula tropical avançando superiormente para o interior e dominando grande parte do Brasil. No sul do país desaparece a pequena dorsal da superfície, começando o progresso para o equador da baixa polar. No norte por fim, o recuo da FIT, que penetra nesta época em forma de *cunha* no hemisfério sul, permite a ocorrência das direções de E a ESE do centro do Atlântico Sul ou do *doldrum*, sobrepostas às de NE da monção inferior.

3 000 metros — como já foi explicado, a circulação apresenta agora um anticiclone continental, situado sôbre a baixa interior de aquecimento, os centros de ação ficando deslocados para noroeste, e o vórtex polar caminhando ainda mais na direção do equador. Entre aquela alta central e a própria célula oceânica forma-se um talvez que prolonga na longitude 50° a depressão do mar de Weddell.

Convém acentuar que numa situação normal é geralmente *imprecisa* a alta superior do Chaco, o centro de ação se encontrando muito ao sul e produzindo uma circulação de E na costa setentrional. Ao se acentuar a frontogênese na FPA, o aquecimento prefrontal e a convergência acarretam um refôrço da baixa de aquecimento e a for-

mação correspondente daquele anticiclone, cujos ventos de SW começam então a surgir sobre os de NE da massa Tm, o talvegue acima referido ganhando maior nitidez.

Quanto à posição da alta é sempre muito variável, encontrando-se em novembro sobre Mato-Grosso, mas descendo ao Paraguai em janeiro, uma vez que deve coincidir com o centro de maior temperatura. A sua presença acarreta uma época de seca na região por ela ocupada.

6 000 metros — o anticiclone central, já de maiores dimensões, domina agora o continente, no oceano permanecendo os centros de ação muito reduzidos. O talvegue se encontra um pouco a leste da sua posição a 3 000 metros, já na longitude 45°, uma vez que a advecção interior quente de SW, oposta à marítima fria de NE, redundando em queda de pressão maior a leste, com o deslocamento daquele para o mar.

10 000 metros — convém lembrar que a formação no solo da zona depressionária central aí acarretara, pelo efeito da *sucção* de Palmen uma tropopausa mais baixa. Dessa forma a temperatura das massas superiores, maior em terra, como tal se mantém na estratosfera, resultando na permanência do anticiclone continental ainda além de 10 000 metros.

Ja nas altas do oceano a tropopausa é mais elevada, com a queda vertical da temperatura se verificando ainda acima de 15 quilômetros, e a coluna total de ar, em média mais fria, resultando na formação superior de uma baixa. O efeito hidrostático citado conduz progressivamente ao domínio cada vez maior do anticiclone interior, com o recuo para leste e oeste dos talvegues entre o mesmo e os centros de ação. Estes desaparecem por fim, surgindo apenas, acima de 10 quilômetros, *troughs* marítimos entre as várias altas da América, África e Austrália, e que constituem na realidade um prolongamento do ciclone polar.

Na *estratosfera* — o talvegue deve se encaminhar ainda mais para leste no oceano, uma vez que a advecção do ar quente de sul no seu lado ocidental, e do mais frio de norte, no oriental, determinam maior queda de pressão naquele sentido.

5 — CIRCULAÇÃO DE OUTONO

As modificações a registrar são muito pequenas: o contra-alíseo surge acima de 4 quilômetros em Olinda e Maceió, apresentando porém notáveis calmarias a 5 quilômetros, enquanto em Cuiabá os ventos de SW já se desenham além do último nível. A alta superior fica mais próxima do equador, acompanhando a migração geral do aquecimento, as circulações dos anticiclones frios atingindo igualmente mais baixas latitudes.

b) *Perturbações*

Já descrevemos em detalhe no capítulo VII o trajeto das várias massas: devemos lembrar apenas que, iniciadas como ondulações da FPA, as frentes caminham para o equador produzindo as seguintes modificações na circulação:

1 — NÍVEIS INFERIORES

Zona temperada — (0-3000 metros) — (fig. 206) — entre o rio da Prata e o trópico, as discontinuidades encontradas no solo são seguidas de um corpo de ar frio, ou anticiclone polar, de espessura e dimensões variáveis, geralmente localizado durante o verão, no oceano. Como foi descrito em I — b, sobre um tal conjunto, de ventos SW ou SE, se elevam as correntes tropicais de N a NW.

Ora, nos níveis superiores, a maior densidade da massa fria vai transformando a alta polar em uma depressão, e dessa forma o talvegue da KF *recua* com esta em altitude para o pólo, as direções de N do centro de ação dominando assim cada vez mais para sul, mas sempre se *opondo* às de SW-SE do ar Pm.

É por êsse fato que a célula tropical, reduzida como vimos a 500 metros, já se apresenta a 1 500 metros mais nítida, ocupando uma grande área a sudoeste da sua posição nos níveis inferiores. O quadro descrito se mantém até 3 000 metros com o recuo gradual da frente, as perturbações do verão não ultrapassando em geral aquêle nível.

Com o seu estacionamento no trópico nota-se por fim a formação de uma KF em Mato-Grosso de movimento lento, enquanto o ramo oriental permanece como WF na costa, um aspecto típico de ciclone extra-tropical surgindo então claramente no sul do Brasil.

É neste percurso das perturbações que se produz a já citada frontogênese em São-Paulo, cuja origem é a seguinte: (fig. 124 a, b).

O desvio para oeste do litoral no Estado do Rio-de-Janeiro, obriga a circulação de N a NW do centro de ação a proceder de uma zona quente terrestre em Minas, para outra fria no oceano, a componente perpendicular às isotermas diminuindo na direção do movimento em virtude da curvatura anticiclônica que vai modificando as correntes para NW e por fim W. Contudo, tal fato não basta para caracterizar a formação de uma frente, em virtude do campo anticiclônico, de ação frontolítica.

Aquela se dará no entanto se ao mesmo tempo se produzir na região uma zona de convergência ou de isalóbaras negativas, como o provou PETERSEN, havendo pelo contrário frontólise sob aumento da pressão. Nestas condições a primeira se verifica no Estado de São-Paulo que prolonga em terra a direção E-W do litoral fluminense, tão cedo uma *reativação* da FPA na Argentina acarreta a queda do barômetro no sul do Brasil. A frente assim formada produz logo em seguida o clássico ângulo nas isóbaras do centro de ação, com a criação de um talvegue em São-Paulo, a sul do qual passa a soprar com a direção de SE ar

Tem resfriado, sobre este ascendendo o de NE da mesma massa, aquecida em Minas.

No inverno o fenômeno acarreta leve garoa, característica do tempo na região. Dêse modo a frente paulista somente aparece em *ressonância* com a FPA, não se podendo considerar as correntes de SE prefrontais da dorsal como ar polar genuíno, mas sim tropical modificado. Fica assim explicada a razão pela qual aquela região constitui uma zona de *fixação* das frentes frias, que aí se tornam em lentas WF.

Como já ficou dito, qualquer aumento sensível da pressão, com reforço do centro de ação, origina frontólise e conseqüentemente bom tempo.

A baixa notada em Minas durante todo o ano, com exceção do inverno, é portanto análoga à depressão central do Chaco, sendo como esta produzida a norte de uma zona de frontogênese.

Zona equatorial — (0-3 000 metros) — (fig. 206) — segundo vimos no capítulo I, quando de uma invasão frontal no sul a pressão e a temperatura aumentam a princípio no Nordeste, enquanto a inversão superior se agrava e se abaixa. Somente dois dias mais tarde, sob o desvio da KF para leste, é que o centro de ação recua na mesma direção; a temperatura declina agora, com o enfraquecimento e a subida da inversão.

A FIT, que desde o princípio ficara colocada paralelamente à frente no sul, penetrando pelo Piauí, consegue então atingir o Ceará. No nível de 500 metros o fato é confirmado pelos ventos de vorticidade anticiclônica N—NW que penetram o Pará e Goiás como dorsal dos Açores através do equador, atingindo o paralelo 10°, e aí se opõem às correntes de E do centro de ação. Sendo na época mais frias aquelas massas avançam em cunha, desaparecendo geralmente acima de 1 500 metros, quando começam a surgir as direções normais de E.

Como já foi dito no mesmo capítulo, o avanço frontal no sul impelia Ec para leste, com a invasão correspondente do vale do São-Francisco. Os ventos de SW a W das altas interiores equatoriais atingem então o nível de 2 quilômetros, sendo comumente registrados em Barreiras e Pôrto-Nacional, enquanto no próprio centro de pressão aparecem calmarias.

Na zona equatorial é igualmente mais nítido a 1,5 quilômetros o domínio do anticiclone marítimo.

2 — NÍVEIS SUPERIORES

3 000 metros — (fig. 206) — já vimos que nesta camada se encontra comumente uma alta central, que nos casos de perturbação fica deslocada para NE da KF; sobre Minas, uma vez que deve coincidir, pela sua própria formação, com a zona mais aquecida no solo, sob o domínio dos ventos prefrontais de N. Ao mesmo tempo o centro de ação avança em altitude para NW, o que o situa em parte sobre o continente, na região seca do Brasil.

Dêsse modo a circulação a 3 000 metros apresenta, além da dorsal nordestina, uma baixa polar no sul e um anticiclone sôbre os Estados de Minas e Goiás, colocado a leste da sua posição normal no Chaco, em virtude do avanço frontal.

Tal formação acarreta correntes de S a SW sôbre o Brasil, as quais *prolongam* para muito *adiante* da própria KF no solo a circulação superior do ciclone polar; seus ventos giram mais a norte para SE e E, vindo por fim a se confundir com os equatoriais no vale do Amazonas.

Quanto mais baixo, em virtude do maior aquecimento, se formar a alta superior (desde 1 500 metros às vêzes), mais descera a componente W dos ventos, e maior sêca será registrada na região prefrental. Inversamente, se esta se encontrar resfriada pelo ar polar velho ou chuvas de massa Ec, o anticiclone só chegará a se constituir acima de 6 quilômetros, permanecendo úmida a zona em questão.

A circulação de SW vem agora se opor à de NE do centro de ação, o qual se estendera até o Ceará, em virtude do deslocamento dinâmico da sua dorsal e do efeito hidrostático de aquecimento no Nordeste, que mantém a formação anticiclônica em altitude. No caso normal, como tínhamos visto, com a célula tropical mais a sul, ali dominavam os alíseos de SE a E.

Assim se consegue explicar porque motivo o *contra-aliseo* de NE no equador sempre coincide com as invasões frontais no sul do Brasil, trazendo superiormente o ar do *doldrum* para a costa em Natal, com o aumento conseqüente da umidade específica e da temperatura equivalente.

Tais fatos intensificam o talvegue ou *frente superior* entre as duas altas em questão, o qual se estenderá agora de sul para norte ao longo do São-Francisco, terminando no Ceará. Esta *formação elevada* precede de 500 a 1 500 quilômetros a *frente* no solo, e caminha desde a sua posição normal no Chaco até à que foi acima referida, simultaneamente com o percurso da segunda desde a Argentina ao trópico; nos fortes deslocamentos de massa o talvegue alcança mesmo o litoral da Bahia.

Torna-se interessante notar que a baixa do ciclone frontal é em grande parte térmica, coincidindo aliás com a de aquecimento. Nessas condições, a formação sôbre ela de uma alta superior a 3 000 metros, impede o seu aprofundamento, as frentes ficando dêsse modo mal definidas e dotadas de pouca energia no verão.

Já no inverno, ou no caso das *secundárias* que seguem uma primeira invasão polar, como a região anterior está resfriada, a baixa aludida ainda se mantém naquele nível, e portanto sujeita a maior agravação, o que explica a extrema intensidade de tais perturbações.

A razão do fato é muito simples: para aprofundar a depressão é preciso *distribuir* a sua energia potencial, e se a 3 000 metros ela já se tornou em anticiclone, é necessário primeiramente converter êste último em ciclone, o que é mais demorado.

6 000 metros (fig. 206) — a alta central ocupa agora maior área, a frente superior se encontrando a leste da sua posição a 3 quilômetros.

Os ventos continentais quentes de SW vão dessa forma ascendendo sôbre os de NE a E mais frios e marítimos do centro de ação, o qual fica progressivamente limitado à costa.

É fácil verificar, traçando o hodógrafo com as direções de NE do último de 0 a 1 500 metros, e as de SW da alta superior entre 1 500 e 3 000 metros, que estas indicam ar mais quente a noroeste.

Vemos assim como se constituiu uma *rampa*, a qual principia a 2 000 metros e ultrapassa o nível de 10 quilômetros, elevando-se de W para E e delimitando a massa quente *superior* continental de SW, da mais fria marítima *inferior* de NE.

10 000 metros — pouco há que acrescentar ao que foi dito para o caso normal, a frente estando agora situada no próprio oceano.

Nota — Nos casos comuns, embora possuindo maiores dimensões, a alta a 6 quilômetros permanece *centrada* sôbre a de 3 quilômetros, mas se a primeira estiver recuada para oeste, com o centro de ação acima da última, simples consideração hidrostática revela que a zona de Minas já está resfriada em altitude, enquanto a do Chaco recomeça a aquecer. Pode-se então prever para o dia imediato um retorno à circulação normal, com a FPA novamente reconstituída, e a KF no trópico sofrendo frontólise.

Convém lembrar que a formação da alta superior sôbre o Brasil depende em grande parte da intensidade frontal: assim ela surgirá mais freqüentemente nas grandes chuvas nordestinas quando, tão cedo uma frente atinge o trópico, logo a renovação da FPA arrasta os sistemas para sul, a massa polar não conseguindo atingir o Estado de Minas que permanece aquecido sob Tc, com gradiente vertical fraco e céu sempre limpo. Tornam-se então comuns as *frentes superiores* descritas. A mesma sêca aí se produz paradoxalmente após longos períodos de inatividade frontal, quando o centro de ação domina boa parte do Brasil, a massa Ta se apresentando igualmente estável.

Se no entretanto o ano fôr de precipitações normais no equador, sob lentas renovações da FPA, as KF no Rio se dissolvem vagarosamente, e o ar polar se mistura ao tropical, que adquire assim os característicos de massa Ec resfriada e instável, apresentando chuvas e trovoadas à tarde.

Nestes casos, permanecendo o interior sob baixa temperatura, as novas frentes não provocam a formação da alta a 3 quilômetros, nem a do talvegue correspondente, caminhando então com o caráter clássico da escola de BERGEN, sem o sistema de nuvens préfrontal.

Nos níveis mais altos, assim como o primeiro caso acarretara um anticiclone em Minas, o segundo produz uma depressão. Teremos portanto, respectivamente: ou violenta atração de ar sêco Tc, com forte aquecimento anterior e queda de umidade, ou avanço até a costa da massa Ec, sob ventos de N que atingem o Rio-de-Janeiro, para aí trazendo as chuvas e trovoadas do setor quente.

A elevação da temperatura é menor em tal situação, sendo grande contudo o aumento da umidade. Como dissemos, êste caso exige a repe-

tição das lentas passagens de ar polar, e se verifica no arrastamento para sul de todos os sistemas, a cada nova frontogênese da FPA.

c) *Estrutura das frentes*

Do que ficou dito sôbre as modificações da circulação superior, concluímos pela existência de *dois* sistemas de nuvens nas trajetórias tropicais das frentes: O *primeiro*, de evolução normal, apresenta uma rampa estendida para o pólo, com formações do tipo Ns ou Cb, às quais se seguem os As ou Ac, e por fim Cs ou Ci. Em relação a êste conjunto, em geral observado na Argentina e sul do Brasil, nada há que acrescentar às descrições clássicas dos tratados.

O *segundo* é a princípio constituído naquele país pelo avanço pre-frontal dos Ci, tratando-se então de uma verdadeira *convecção* entre o ar quente tropical, anterior à frente, e o polar de W mais frio, que sôbre êle extravasa com o aumento da velocidade em altitude. Já no Brasil tal formação se complica numa "frente superior", que precede a do solo, e se estende em rampa na direção W-E (fig. 124c).

Como já vimos, êste sistema sômente se constitui acima do nível de 2 000 metros, não possuindo portanto nuvens baixas, mas apenas As ou Ac, e mais a leste Ci ou Cs, todos colocados muito *antes* da frente polar, e alcançando até o paralelo de 10° na costa. Por êsse motivo, as descontinuidades que caminham de sul para norte apresentam um *falso* caráter de oclusão: para o observador no trópico surgem sucessivamente: Ci ou Cs e Ac ou As da frente superior, depois Ns ou Cb da polar inferior, acompanhados de chuvas, às quais se segue novamente As, terminando pela limpeza do céu ou formação de Sc na dorsal fria da massa Pm.

Oriundas do aquecimento continental, aquelas nuvens costumam se atenuar quando o mesmo se reduz, assim se explicando o freqüente desaparecimento à noite no verão das formações de Ci e As.

Recentes estudos dos sistemas elevados nos E. Unidos mostraram aliás que se as isóbaras a 3 ou 6 quilômetros giram ciclonicamente como no caso da frente citada, sômente nesse ponto se produzem vorticidade depressionária, convergência e chuvas, sendo sêca a zona de contôrno anticiclônico, mais para oeste.

A explicação do fenômeno se torna mais clara num corte W-E da atmosfera sôbre o trópico (fig. 124d). A elevada temperatura do interior, faz baixarem as isentrópicas, que se elevam contudo para sul e leste, devido respectivamente ao resfriamento do ar polar e do oceano. Surge dêsse modo a estrutura típica de *occlusão*, com a massa continental, de direções W-SW, subindo sôbre a marítima de NE, ao longo da frente superior. As nuvens correspondentes têm contudo fraca espessura, em virtude da baixa umidade específica de Tc, chuvas sendo assim pouco prováveis, e apenas se formando As e Cs tênues.

Como já explicamos, a rampa do próprio sistema de nuvens é muito mais forte que a das isentrópicas, o ar subindo nestas apenas enquanto,

não saturado, e passando após a condensação a galgar superfícies de maior valor. A inclinação das mesmas constitui somente a *trigger-action* do fenômeno.

Muito embora a figura indique uma ascensão a oeste sobre a frente fria, esta se limita aos níveis inferiores. Em altitude a circulação de NW a W não a permite, havendo mesmo descida de ar, com limpeza antes da KF acima de 3 quilômetros, ou formação de Ac prefrontal.

Deve-se notar (fig. 124e) que sendo tais sistemas originados pela acentuada diferença meridional de temperatura entre o ar tropical, muito aquecido, e o polar frio, a amplitude das isotermas médias resulta na carta de 3 quilômetros *maior* que a das isóbaras e portanto, conforme os estudos de ROSSBY, num movimento *lento* do talvegue superior para E. Isto porque os dois elementos estão *em fase*, a alta naquele nível correspondendo à temperatura mais elevada e causando uma velocidade da frente para leste, embora inferior à da corrente geral de W.

Após efetuada a invasão fria na zona tropical, o gradiente meridional diminui, a amplitude das isotermas ficando primeiramente igual à das isóbaras, com estacionamento da descontinuidade, e depois inferior, mas ainda em fase. Começa então a frente superior a retornar lentamente à sua posição normal a oeste. Esta volta será mais rápida se nova frontogênese se anunciar na FPA, e ocorre sempre a 6 quilômetros 24 horas antes de se realizar no solo, servindo portanto como um ótimo elemento de previsão. A perturbação não tem dêsse modo no trópico senão uma trajetória muito limitada e de fraca velocidade, contrariamente ao que sucede na zona temperada. Com o deslocamento retrógrado que constitui o reinício da atividade frontal, o centro de ação domina o interior até grande altura, mas geralmente desviado para SW.

Não chega a se realizar o terceiro caso, de isotermas e isóbaras em oposição de fase, com baixa quente e alta fria, devido à ação climática do verão que sempre mantém o aquecimento a norte. Teríamos nessas condições forte velocidade para leste como nos ciclones da zona temperada.

Sob a nova e acentuada frontogênese a baixa do Chaco dá origem a pequena alta superior a oeste, a frente a 6 quilômetros permanecendo ainda sobre o meridiano 55°, antes de se dissolver.

Vejam os em maior detalhe o mecanismo físico do fenômeno: em virtude da invasão fria, o ar polar que chegou ao trópico é agora levado pela convecção para os níveis superiores, onde a circulação de SW da alta central o conduz para as latitudes equatoriais, assim se renovando pelo resfriamento a instabilidade da massa Ec. As chuvas correspondentes destroem então, através do declínio da temperatura, a formação do anticiclone a 3 quilômetros, num processo que dura cerca de 4 dias. Cessa portanto a instabilidade, o que já permite em altitude novo domínio das correntes de NE, com o retôrno do centro de ação para oeste. Parece-nos dessa forma que todos os movimentos da atmosfera despertam, pela sua própria realização, os fatores que lhes são adversos, tudo tendendo a devolvê-la ao seu quadro normal, que é o de menor energia potencial.

d) *Movimentos da FIT*

Êstes dizem respeito unicamente à zona equatorial: Como vimos no capítulo I, quando muito rápida e acentuada a formação de nova FPA, todos os sistemas são *arrastados* violentamente para sul. Nesse caso as observações superiores revelam de modo nítido a entrada dos ventos do hemisfério norte, com direções de N a NW em Belém e Manaus, e que galgam o equador adquirindo vorticidade anticiclônica.

A descida para o pólo do centro de ação também faz girar tôdas as correntes para SE a 500 metros entre Natal e Maceió, a 1 500 metros a circulação ficando contudo melhor definida. Assim aquêle deslocamento é bem nítido nos níveis acima de 3 000 metros, notando-se mesmo o contra-alíseo de NE em Natal, proveniente do *doldrum*.

O fato da circulação elevada preceder a inferior nos seus movimentos, constitui uma regra de *previsão* nos trópicos. É assim que um centro de ação recuado para sul a 6 quilômetros indica estacionamento da KF na Argentina e avanço no dia imediato do *doldrum* para o Nordeste.

e) *Ondulações da tropopausa*

1 — SITUAÇÃO NORMAL

Como já foi explicado no capítulo I, esta superfície sofre forte descida do equador ao pólo, registrando-se na média entre os paralelos 25° e 50° um declínio de 17 até 10 quilômetros, com rampa portanto muito acentuada. O fato se deve evidentemente à maior intensidade da convecção nas baixas latitudes, onde a queda vertical da temperatura se mantém até maior altura.

Teremos dêsse modo uma estratosfera equatorial fria e outra polar quente, em virtude de se anular na segunda mais cedo o gradiente térmico, o fato acarretando maior pressão em altitude na primeira zona, e menor na última.

Segundo ficou dito no mesmo capítulo, o equilíbrio da estratosfera é radiativo, enquanto o da troposfera permanecia sobretudo convectivo. Dêsse modo a forte ascensão equatorial se traduzirá por um resfriamento superior muito intenso, aí ficando mais nítida que no pólo a inversão de temperatura na tropopausa.

Ao desnivelamento norte-sul há que acrescentar outro semelhante leste-oeste, entre o oceano e o continente nos trópicos. Isto porque, segundo observações de PALMEN e VAN-MIEGHEEN realizadas na Europa (fig. 207a), aquela superfície se encontra mais elevada nos anticiclones e mais baixa nos ciclones. Nos primeiros realmente o ar sofre divergência e subsidência abaixo de 5 e acima de 10 quilômetros, apresentando convergência e movimento ascensional entre os mesmos níveis, o que provoca a elevação da tropopausa. Já nos últimos o esquema será oposto, havendo convergência abaixo de 3 e acima de 11 quilômetros, e divergência acompanhada de contração vertical e descida da estratosfera entre tais altitudes, aquela podendo descer mesmo a 5 quilômetros nos grandes ciclones oclusos.

Embora a pequena intensidade das perturbações não permita acentuadas variações na zona equatorial, um raciocínio semelhante explicará a maior altura da tropopausa sobre os centros de ação, e o seu abaixamento nos ciclones térmicos continentais ou o talvegue da FIT, as diferenças médias sendo de 2 quilômetros entre tais situações extremas.

Vejamus melhor a razão das oscilações em questão: o vento, cujo sentido de W na zona temperada se mantém na troposfera, aumentando sempre sob a componente *térmica* de mesma direção, sofre na estratosfera uma oposição de E, com o gradiente inverso pólo-equador. A velocidade, que atingira o máximo na tropopausa, decresce então mais acima, a fórmula de MARGULES obrigando a uma inclinação da superfície de descontinuidade tanto maior quanto mais forte a *queda* do vento, sendo a mesma portanto muito grande nos ciclones e anticiclones *fechados*, de intensa velocidade turbilhonar inferior que decresce acentuadamente na estratosfera. O referido declive será também maior nas grandes baixas oclusas, de forte rotação, que nos centros de alta pressão, onde aquela é mais reduzida.

O esquema exposto indica também que a contração das isentrópicas, produzida pela ascensão superior nos anticiclones, aí tornará mais nítidas as inversões de temperatura, a da tropopausa ficando portanto melhor definida. Já nos ciclones, onde existe um movimento de descida, o afastamento daquelas superfícies em relação à camada fixa mais alta atenuará a tropopausa, cuja inversão se enfraquece. A estratosfera ficará portanto nítida e elevada nos centros de ação, porém baixa e mal desenhada na FIT e ciclones térmicos tropicais.

2 — PERTURBAÇÕES

Estabelecidas as características normais, vejamos agora as variações que os fenômenos anteriormente descritos devem produzir na tropopausa.

Zona temperada — Sendo *estáveis* as oscilações da descontinuidade superior, em virtude do declínio da componente W na estratosfera, as mesmas não podem constituir a *causa*, mas apenas o *efeito* das ondas da frente polar. Como mostrou BJERKNES (fig. 207b) a ascensão de ar na WF vai se restringindo gradativamente nos níveis elevados, acabando mesmo por desaparecer na tropopausa. Haverá assim convergência vertical a leste da frente quente superficial, o que redundará em divergência horizontal, com a conseqüente formação de uma dorsal superior.

Já atrás da KF a descida do ar tropical que vem de W, proveniente do ciclone mais jovem, é maior no nível de 4 quilômetros que no da tropopausa onde se anula. O fato acarretará divergência vertical, e portanto convergência horizontal com a formação de uma baixa superior a oeste da KF no solo.

Os principais efeitos da circulação descrita serão os seguintes: na WF uma mudança na direção das nuvens superiores, que acabam por

se mover paralelamente à frente (os Cs vêm geralmente de SW) e desaparecem cerca de 7 quilômetros, altura em que o deslocamento passa a apresentar descida na superfície frontal. Já na KF o declínio do ar tropical superior não somente impede a formação das nuvens de convecção (Cu e Cb) acima de 4 quilômetros, como ainda arrasta sob a forma de Ac prefrontal o tópo das últimas, constituindo o chamado *föhn* da atmosfera livre.

O fenômeno será de fácil compreensão se notarmos que o movimento geral da atmosfera é de W para E, e assim as correntes de E que sobem na KF não podem se estender a grande altura. Também, confirmando o que dissemos, a forte queda de pressão na coluna superior atrás desta frente, onde o ar é mais frio, aí origina um talvegue que recua para oeste em altitude. Já sobre a WF, de massa polar mais quente e grande espessura de ar tropical, o menor peso da camada total redundando na criação de uma *alta* superior.

Uma outra ordem de considerações permitiria explicar a dorsal antes da WF pelo aumento de pressão produzido em um nível dado com a subida de partículas através do mesmo, e o talvegue atrás da KF pela descida de massa abaixo da superfície correspondente, com a conseqüente queda do barômetro.

Dessa forma o ar nos níveis elevados tem o seu movimento retilíneo inicial de W-E todo perturbado, passando a sinussoidal, com a formação de *troughs* após as KF, e de dorsais antes das WF. Tais ondulações alcançam a tropopausa, que será conduzida por *advecção* segundo as linhas de fluxo. Uma vez que aquela superfície vai descendo do equador para o pólo, ela formará cristas, de estratosfera fria, nas dorsais superiores em que o ar provém das baixas latitudes, e vales de estratosfera quente, onde o mesmo vem de sul, nos *troughs* de pressão.

Fica assim demonstrado por que motivo, no nível de 10 quilômetros, a pressão máxima, resultante da primeira condição, se produz antes da WF, e a mínima da última *após* a KF no solo. Se à tal variação elevada somarmos a inferior, de caráter advectivo mas simétrico, e proveniente do peso da coluna de ar troposférica, teremos demonstrado o clássico aspecto dos barogramas no solo.

É interessante constatar, como o fez VAN MIEGHEM, que justamente pelo afastamento das isentrópicas na descida do ar, a tropopausa, em vez de baixar e tornar a subir atrás da KF, aí sofre um corte, havendo certo trecho sem aquela superfície sobre o domo frio, e no qual se passa diretamente da troposfera tropical para a estratosfera. A descontinuidade reaparece mais elevada a oeste, subindo depois para atingir sua maior altura a leste da nova WF do ciclone mais jovem da série. Sobre as frentes quentes não há porém ruptura.

Conviria lembrar que o fluxo superior da massa tropical, que volta resfriada do pólo a oeste do talvegue sobre a KF, faz com que a mesma entre em *cunha* sob o ar Tm mais quente oriundo do equador, a leste do mesmo *trough*. Teremos assim novo aumento de temperatura em altitude, a descontinuidade entre as duas massas da mesma origem ficando situada acima da inversão correspondente à própria KF.

Zona equatorial — Tentaremos aplicar o citado raciocínio de BJERKNES às perturbações desta região (fig. 207c).

Numa situação normal, e em virtude da própria advecção, o domínio dos ventos de NE na costa para aí traz a tropopausa elevada e fria do centro de ação. Já no interior, as correntes de SW da alta superior arrastam a estratosfera baixa e quente da depressão central e do ar polar.

Na hipótese daquele autor, tudo se passava num corte NW-SE, segundo a orientação da FP. No nosso caso, releva notar que a dorsal de altitude sobre a WF é *muito mais acentuada*, formando o grande anticiclone superior, que precede o ciclone extra-tropical.

Ao longo da FPA a frente fria se encontra geralmente no Brasil-Central, com uma orientação N-S, ficando a quente estendida W-E no Sul. A tropopausa, mais baixa sobre a primeira superfície, eleva-se um pouco na depressão térmica e muito mais sobre a última frente. Ora, o estudo da circulação já indicara que o contra-alíseo de NE surgia no litoral logo que a FPA se encaminhava para o trópico. Traz ele assim para o interior a estratosfera fria do centro de ação, com a subida de pressão no Nordeste já descrita no capítulo I, e que aí produzia melhoria do tempo pela subsidência.

O mesmo fato se verifica mais a oeste, no Amazonas, sob a advecção do NW da corrente de retôrno da alta superior, e a correspondente entrada da dorsal dos Açores.

Dias depois, dominando a circulação de SW cada vez mais para leste, a tropopausa se abaixa, trazendo uma estratosfera mais quente, e fazendo cair a pressão em tôda a zona equatorial, o que se *traduz* nas isóbaras por um recuo do centro de ação para o oceano.

A terminação dos fenômenos se realiza como dissemos pela volta do anticiclone superior para oeste, a advecção trazendo agora ar de E da estratosfera oceânica, com maior pressão novamente na costa, e novo retôrno da célula do Atlântico.

Dessa maneira, embora as perturbações da zona temperada comecem nos níveis inferiores, elas produzem, como efeito secundário as ondas na tropopausa, que por sua vez se propagam até a região equatorial, aí acarretando um efeito de *cima para baixo* e modificando o tempo, pela forma adiante demonstrada. As chuvas tropicais serão assim de *origem superior*, e sempre em *ressonância* com as da frente polar. Na zona em estudo não há como se sabe grande *advecção* de massas na superfície, mas apenas *configurações* isobáricas diversas, sob o efeito de *mudanças* na estratosfera.

Na perturbação da FIT, a brusca reativação da FPA acarreta um retôrno de todos os sistemas para sul: a advecção traz então ao Brasil a tropopausa mais baixa da primeira, a do centro de ação descendo na direção da Argentina.

De qualquer maneira as variações de altitude da descontinuidade superior são muito pequenas, não se podendo comparar às do paralelo 40°. Serão fracas, dessa maneira, as oscilações da pressão na zona tropical.

III — MASSAS DE AR

O estudo desta questão já foi feito por nós em um trabalho anterior. Dêsse modo iremos aqui detalhar exclusivamente as massas que interessam ao Nordeste na época do verão, a saber: *Ea*, constituindo o domínio da célula do Atlântico Sul, o *doldrum*, sob os aguaceiros da FIT, e *En*, o alíseo proveniente dos Açores. A segunda massa toma no interior do Brasil a denominação de *Ec*, como foi explicado no capítulo VI.

Para uma melhor compreensão as várias mudanças, tôdas registradas nas figs. 208, 209 e 210, serão primeiramente descritas na ordem em que sucedem, só mais tarde sendo exposto o mecanismo que as produz.

Inversão superior

Massa	Estação	BASE			FIM		
		Alt.	Temp.	H. rel.	Alt.	Temp.	H. rel.
Ea	Ascensão	1 322	14	83	1 713	18	54
	Natal	1 552	15	80	1 906	16	60
	Belém	—	—	—	—	—	—
FIT	Ascensão	1 347	14	88	1 750	17	62
	Natal	1 530	16	86	1 886	17	64
	Belém	1 483	17	92	1 684	17	87
En	Ascensão	1 560	11	85	1 720	17	60
	Natal	—	—	—	—	—	—
	Belém	—	—	—	—	—	—

Massa Ea

ESTAÇÃO	Nível	t	RH	w	Od
Ascensão	Solo	23	75	13,4	298
	1 525	16	67	9,0	304
	3 050	10	40	4,5	314
	6 100	—7	32	1,5	328
Natal	Solo	25	81	16,0	299
	1 525	16	76	10,4	305
	3 050	10	49	5,2	313
	6 100	—6	34	1,7	328
Belém	Solo	24	96	17,5	298
	1 525	17	84	12,2	306
	3 050	9	70	7,9	313
	6 100	—7	76	3,5	328

Massa "doldrum"

ESTAÇÃO	Nível	t	RH	w	Od
Ascensão	Solo	24	76	14,2	299
	1 525	15	81	10,2	304
	3 050	10	52	5,6	313
	6 100	-7	35	1,5	328
Natal	Solo	26	80	16,7	300
	1 525	17	78	11,6	305
	3 050	9	53	5,7	313
	6 100	-7	46	2,2	327
Belém	Solo	24	96	17,6	297
	1 525	17	87	12,9	306
	3 050	9	75	8,0	313
	6 100	-7	75	3,5	327

Massa En

ESTAÇÃO	Nível	t	RH	w	Od
Ascensão	Solo	24	62	12,2	300
	1 525	13	84	9,7	301
	3 050	10	45	4,8	314
	6 100	-8	35	1,6	327
Natal	Solo	—	—	—	—
	1 525	—	—	—	—
	3 050	—	—	—	—
	6 100	—	—	—	—
Belém	Solo	24	95	17,7	298
	1 525	16	72	11,8	305
	3 050	8	78	8,1	312
	6 100	-7	81	3,8	328

a) *Ea*

1 — Na ilha de *Ascensão* — em pleno Atlântico, o domínio desta massa somente se verifica quando, sob um avanço frontal no sul do Brasil, o centro de ação recua para nordeste; aumentam então naturalmente a pressão e a temperatura, a variação sendo maior nos níveis elevados; intensifica-se ao mesmo tempo a inversão superior, que se estende em média de 1 322 a 1 713 metros, apresentando um salto de temperatura de 4° (14 para 18°), com queda na umidade de 83 para 54%.

O crescimento da pressão acarreta imediatamente subsidência e divergência. A ação da primeira e a do gradiente negativo superior fazem baixar de muito a umidade em altitude, assim se originando grandes quantidades de massa S, na qual novo salto de temperatura, característico da descida do ar, é encontrado de 4,7 a 5,0 quilômetros.

Vejamos as várias fases do fenômeno: normalmente Ascensão permanece sob o *doldrum*, assim apresentando acentuados valores de umidade específica. Ao começar o domínio de Ea, este não se caracteriza propriamente, como frisamos no capítulo I, pela *substituição* de uma massa por outra, segundo as regras da zona temperada. Antes, o deslocamento já citado da circulação geral para nordeste, sob o avanço da KF no sul, obriga a que a configuração de *equilíbrio* da mesma, isto é, o centro de ação, venha a dominar a ilha, que a princípio sob a forte ascensão do *doldrum*, passa agora a sofrer subsidência. Não há dêsse modo na zona equatorial, e nem isto seria possível com a fraca advecção verificada, a conhecida *troca* de massas, mas apenas uma variação na estrutura vertical da *mesma* massa, em virtude das modificações no equilíbrio da atmosfera.

A passagem descrita do *doldrum* para a célula tropical se caracteriza de início exclusivamente pela maior inversão de temperatura, continuando elevadas a umidade relativa e a específica superior. Só dois dias mais tarde a subsidência consegue reduzi-las aos valores típicos de Ea, com áreas negativas nos diagramas, e menor instabilidade convectiva.

Estudemos em detalhe aquela descida do ar: ela se faz adiabaticamente, as partículas trazendo assim para baixo tôdas as superfícies isentrópicas. Logo em seguida a radiação acarreta um resfriamento dos diversos blocos, com o conseqüente declínio da sua temperatura potencial, o que faz subir ao nível primitivo as respectivas isolinhas; enquanto isso, o afastamento do ponto de saturação dá origem à formação da massa S. Terminada a transformação, o teor de mistura passa então a sofrer a queda brusca na inversão, característica da subsidência.

2 — Vejamos as condições na estação de *Natal* — sob o domínio da célula tropical registra-se primeiramente um *aumento* superficial da pressão e temperatura, não nos sendo necessário repetir o que já dissemos mas somente acrescentar que a passagem do ar do oceano para o continente mais aquecido, acarreta a sua descida ao longo das isentrópicas, mais baixas em terra, assim se explicando a limpeza característica da massa a sotavento das montanhas.

A estrutura vertical é semelhante à de Ascensão, a inversão subindo porém com o progresso da corrente para oeste, ao mesmo tempo que se enfraquece. É assim que a sua base se encontra em Natal a 1 552 metros, com o tôpo a 1 906, e um salto na temperatura apenas de 1° (15 para 16°), a queda na umidade sendo de 80 para 60%.

É agora bem maior a instabilidade convectiva, o aspecto termodinâmico, todo em áreas negativas, traduzindo a profunda estabilidade do ar.

A subsidência ainda se conserva notável, com inversões a 4 quilômetros, seguidas mais acima de forte gradiente vertical, em virtude do maior afastamento das isentrópicas que desceram, a umidade atingindo 34% a 6 quilômetros, na massa S.

Uma vez firmado o domínio do centro de ação, o teor de mistura começa gradativamente a aumentar na camada inferior, por não permitir a primeira inversão uma distribuição vertical do vapor. Sob a rubrica da FIT voltaremos a estudar a evolução desta massa.

3 — *Belém*, por fim, já se encontra nas bordas do anticiclone tropical, cujo domínio no verão é aí mal definido, sendo fraca a sua estrutura característica. Não há mais uma inversão, mas somente pequena camada de gradiente nulo. A massa, ainda convectivamente instável, revela alguma subsidência, com isotermia a 3 quilômetros e áreas negativas. A umidade relativa, agora muito forte em altitude, onde ultrapassa 70%, apresenta uma diminuição a 3 quilômetros proveniente da lenta descida, e novo aumento a 6 quilômetros quando surge o ar quente e úmido superior, que elevado no *doldrum* mais a norte, retorna sobre Belém para fechar o circuito vertical do centro de ação.

De um modo geral, na transição das condições de FIT para as de Ea os ventos giram a princípio para NE-E; a massa permanece ainda por um a dois dias com aspecto marítimo no diagrama de Rossby, enquanto a subsidência começa a se caracterizar acima de 4 quilômetros; o ar ficando cada vez mais estável, e as chuvas e trovoadas se atenuando lentamente.

b) FIT — Ec

1 — Em *Ascensão*, quando a célula do Atlântico volta para oeste no restabelecimento das condições normais, a massa do aliseo readquire as características de *doldrum*: a pressão cai, muito mais em altitude que na superfície, baixando a temperatura, e o diagrama de Rossby assumindo uma feição marítima, com os valores da umidade específica já superiores ao de Ea, em resultado da mais intensa convecção.

A circulação passa agora nos níveis elevados a provir da direção N. Quanto à inversão térmica logo se atenua para 3°, aumentando de altitude com a maior turbulência, até desaparecer por fim, a evaporação das chuvas, que então recomeçam a cair, sendo em parte responsável pelo aumento do teor de mistura.

2 — Já em *Natal*, à proporção que vai surgindo o domínio do *doldrum* a inversão se atenua, permanecendo somente pequenas camadas isotérmicas a 2 e 4 quilômetros. A energia global porém raramente se torna positiva, em geral apenas se anulando. O aspecto da massa, sob o giro dos ventos superiores para N, é marítimo acima de 3 quilômetros, as umidades relativa e específica aumentando com a advecção equatorial. Tal fato, aliado à convecção, faz crescer os valores de Oe, devendo-se notar que o contra-aliseo de N principia sempre *além* da segunda inversão.

Como é de regra na zona equatorial, as transformações começam a se produzir em grande altura, constituindo um primeiro indício de posterior afastamento do centro de ação, o ar nos níveis elevados passando à direção N, enquanto inferiormente permanece de SE. Isto se deve à chegada da *Frente Superior* tropical, que também permite explicar a queda geral de pressão e temperatura.

Se o domínio de Ea não fôr imediatamente substituído pelo da FIT, o declínio barométrico será acompanhado de um maior aquecimento, com a troca do aliseo frio de SE pelo mais quente equatorial de N. Produz-se então uma dilatação na coluna vertical, a queda do barômetro na superfície sendo assim neutralizada, e dando mesmo origem a um aumento da pressão em altitude, com o aparecimento de pequena alta a 3 quilômetros no Nordeste, depois substituída pelo talvez da frente superior.

Começam por fim as chuvas, tornando-se muito intenso o gradiente térmico, sem mais traços de subsidência. A área positiva é agora acentuada, resultando numa nebulosidade média de 8. Em resumo, teremos a seguinte sucessão:

1.º) domínio do centro de ação, caracterizado por altas pressões, subsidência e temperatura elevada;

2.º) afastamento do mesmo, com queda do barômetro e um resfriamento proveniente da falta de subsidência;

3.º) chegada do *doldrum*, acarretando baixa da pressão, aquecimento pela advecção equatorial, e instabilidade.

A situação descrita difere portanto da que foi registrada em Belém ou Ascensão, onde a advecção de N trazia ar *frio* do *outro* hemisfério, então no inverno.

Quanto ao retôrno do centro de ação será igualmente caracterizado a princípio em altitude pela forte subsidência e maior secura, aparecendo uma inversão a 4 000 metros. A pressão sobe no nível de 6 quilômetros 24 horas antes de fazê-lo no solo, as correntes se tornando em seguida de SE a 3 quilômetros, com a temperatura diminuindo mais abaixo em relação à da circulação anterior de NE da FIT, só por último vindo a se caracterizar a inversão a 1 552 metros.

Isto confirma o que já constatamos no capítulo II, o domínio do anticiclone marítimo surgindo de início a 6 e 3 quilômetros. Na zona equatorial tudo parece provir de *cima para baixo*, contrariamente ao que sabemos suceder na faixa temperada.

3 — Em Belém, sob o *doldrum*, a convecção e falta de subsidência permitem um aumento da umidade relativa, formando-se o gradiente térmico pseudo-adiabático característico de chuva contínua, com leve isotermia inicial. As áreas são positivas e o diagrama de ROSSBY apresenta inclinação marítima, o aumento superior da umidade específica lhe emprestando mesmo um aspecto de frente quente.

A passagem das condições do centro de ação para as da FIT leva de um a dois dias, notando-se mesmo resfriamento de radiação pela ma-

drugada, com a queda de umidade específica no solo, pela condensação do vapor.

Os aguaceiros dominam tôda a região, embora mal indicados nos diagramas, devido às condições pseudo-adiabáticas que muito diferem das de trovoadas locais. A pressão baixa a um mínimo, suas variações negativas sendo maiores a 6 e 3 quilômetros que na superfície, o declínio referido produzindo a convergência necessária para despertar a convecção na FIT.

Se o *doldrum* permanecer deslocado para sul por vários dias, a advecção vai trazendo ar de N do oceano, com o decréscimo gradual da temperatura e portanto da umidade específica. O resfriamento é maior sob os ventos de NW, que correspondem a uma invasão polar americana, alcançando até 5° a 3 000 metros em apenas 3 dias, e sendo acompanhados como vimos, por chuvas e trovoadas.

De Belém para o interior, então mais frio sob as pancadas de Ec, as isentrópicas se elevam, os ventos de N a NE produzindo a ascensão do ar e formação de nuvens no vale do Amazonas.

c) *En*

1 — Quando as perturbações da circulação conseguem forçar a descida do *doldrum* até 10° S, o centro dos Açores passa a dominar *Ascensão*, em geral como já foi explicado, através as invasões polares do hemisfério norte. O barômetro se eleva no solo, sob a advecção fria, enquanto a temperatura diminui na camada 0-1,5 quilômetros, uma vez que não chega à ilha o próprio *centro* semi-fixo, mas apenas sua dorsal.

Surge dêsse modo entre 1 560 e 1 720 metros, portanto mais elevada que nos casos anteriores, uma inversão de *tipo* WF, com 6° de salto, à qual se segue em maior altura o próprio ar quente do *doldrum*, de Oe constante.

2 — Em *Belém*, nas mesmas condições, portanto com a FIT no Nordeste do Brasil, começa o domínio do aliseo dos Açores. O ar se transforma a princípio em altitude, provindo de E, e se apresenta sêco pela subsidência anticiclônica, embora inferiormente possua os característicos marítimos, de vento NE. A umidade relativa a 1 500 metros desce a 72%, baixando também a específica, e as áreas assumindo valores negativos nos diagramas. A pressão sobe, agora em virtude da advecção fria inferior, aliada ao efeito dinâmico da célula setentrional. Se o seu aumento fôr muito acentuado, é porque se trata de uma invasão polar dos E. Unidos, e então a temperatura baixa consideravelmente, como na zona temperada. Tal fenômeno difere do observado no *doldrum*, quando caíam *conjuntamente* temperatura e pressão.

Aparece assim uma *cunha* na FIT, de massa *En* fria interior até 1,5 quilômetros, a inversão neste nível traduzindo a passagem para as calmarias. A primeira massa provém de NE a N, enquanto a segunda

sopra de E a ESE. Com o declínio da temperatura a umidade específica diminui muito, a seguir surgindo áreas negativas e a subsidência sendo caracterizada pela baixa da umidade relativa.

O diagrama de ROSSBY revela agora massa convectivamente instável dos Açores até 1,5 quilômetros, e mais acima a marítima, de Oe elevado, do *doldrum*. Realmente, a cunha fria apenas eleva as calmas em Belém, mais a sul continuando as mesmas a tocar o solo, como Ec.

Em alguns casos o ar polar fica aquecido superficialmente no oceano, penetrando contudo na forma já exposta.

3 — Em *Natal*, de latitude mais elevada, a massa En não chega a se caracterizar.

d) *As variações superiores*

As mudanças na zona equatorial, tanto da pressão e temperatura, como da própria estrutura atmosférica, dependem integralmente como foi visto em I, das ondulações da FPA. Ora, através da circulação superior é-nos fácil confirmar que as variações de altura da tropopausa, oriundas da advecção, são a causa principal das modificações registradas no tempo.

1 — No domínio da massa Ea aquela descontinuidade permanece elevada, em virtude da sua origem equatorial, com estratosfera fria e portanto grande peso total de ar, redundando em alta pressão no solo. A troposfera contudo fica aquecida pela subsidência, a configuração referida dominando em regra nos oceanos.

A tropopausa declina a seguir para a FIT e o interior do continente, sobre a baixa central. Dessa forma, se pelos motivos expostos em II, vem a dominar a estratosfera fria equatorial, a pressão se eleva na região: como a troposfera correspondente é quente, a dilatação faz elevar as suas partículas, que passam a níveis mais altos. Assim, embora a subida geral do barômetro seja fraca no solo, ela se torna muito mais intensa a 3, 6 e 10 quilômetros, em que fica agravada pela chegada do ar inferior aquecido (Palmen).

Isto permite explicar porque são quase insignificantes as variações na superfície; diríamos melhor que, induzidas como são pelas mudanças da tropopausa, as oscilações se *atenuam* para baixo, o aquecimento da troposfera contrariando dêsse modo a ação da estratosfera. O fenômeno se apresenta portanto oposto ao da zona temperada, onde as trocas de massas no solo *induzem* as da tropopausa, que por sua vez *provocam* as equatoriais, tudo conforme já ficou esclarecido.

2 — Com o avanço da FPA de sul para norte, a circulação além de 3 quilômetros, no anticiclone de altitude, gira para SW e S, a frente superior se deslocando para leste, e levando à costa oriental a tropopausa baixa e quente da depressão térmica ou do ar polar, através uma advecção de S. Na zona temperada as observações indicam neste caso um declínio da pressão superior, pela ação da estratosfera polar, à qual se

segue no dia imediato forte aumento no solo, sob a advecção de massa fria. No equador, porém apenas o primeiro fenômeno chega a ser notado: a queda, muito grande nos níveis acima de 10 quilômetros, vai-se atenuando para o solo, uma vez que a coluna inferior troposférica, agora mais fria, sofre contração, com a passagem de partículas das altas camadas para as baixas. Tal fato ao mesmo tempo agrava o declínio da pressão superior e tende a anular o do solo, que resulta muito pequeno. Confirma-se aqui novamente a propagação dos fenômenos de *cima para baixo*.

3 — Resta-nos demonstrar o mecanismo das mudanças de temperatura: como vemos na fig. 211, em virtude da queda da tropopausa, embora a massa permaneça invariável, o ponto A do seu gráfico de temperatura passa ao valor B, muito menor, enquanto a princípio se mantém fixa a temperatura do solo, em S. Logo porém o novo e mais intenso gradiente térmico resultante, ao longo de SB, produz forte convecção, com chuvas e trovoadas, praticamente traduzidas pela transformação da massa Ea para os tipos Ec ou de *doldrum*. Sob o intercâmbio vertical o gradiente é por fim reduzido às suas proporções normais em torno ao valor pseudo-adiabático, e dêsse modo a temperatura da troposfera vem a *declinar em bloco*, a do solo passando agora de S para S'.

Esta queda geral de SA para S'B abaixa o nível da isoterma 0° , assim favorecendo a formação dos cristais de gelo indispensáveis às trovoadas dos Cb.

Quando, terminadas as invasões polares frias no trópico, a circulação retorna ao normal, a costa leste passa a sofrer a advecção superior de E da célula oceânica, que lhe traz a tropopausa alta e fria equatorial. O ponto D, antes na estratosfera, volta agora a C, a curva da temperatura se tornando mais estável em CS', o que acarreta subsidência e lento aquecimento do ar. O fenômeno vai se propagando *para baixo*, com o retorno posterior ao gradiente normal, CAS.

Nas cartas de altitude esta fase é representada pela fusão do anticiclone frio polar inferior, que avançou até o trópico, com o próprio sistema de alta pressão na estratosfera equatorial, de volta para oeste. Os dois passam então a constituir um único bloco, que é o centro de ação.

e) *Evolução do tempo*

1 — Sob o anticiclone tropical a região do Nordeste, varrida pelo alíseo fresco de SE, apresenta as pressões elevadas características da massa Ea. As chuvas precedentes vão cessando, o domínio da alta principiando paradoxalmente pela costa selentrional, os Cu, antes livres de se desenvolverem em Cb, sofrem agora uma atenuação para o tipo L7, enquanto mais para o interior permanecem nas formas L2 — L8 — L9, uma vez que a inversão ainda não se definiu. Finalmente as trovoadas desaparecem sob a estabilidade geral e o aumento de vortacidade

anticiclônica, notando-se com o recuo da FIT para o equador que os ventos de W da massa Ec no Piauí se destacam mais nitidamente dos de NE no litoral do Ceará.

Nas raras ocasiões no verão em que uma frente fria consegue atingir o litoral de leste, a massa Ea torna-se instável pela sua mistura com o ar polar, produzindo leves chuvas na costa, desde Pernambuco ao Rio-Grande-do-Norte, as quais caem das nuvens simbolizadas L8-L9, por ser a inversão superior obrigada a se elevar sob a maior instabilidade adquirida pela massa fria em contacto com a superfície quente do mar. Aquelas chuvas contudo em absoluto não atingem o interior, detendo-se logo na vertente leste da Borborema, que naturalmente as reforça. Já no inverno tais fenômenos são muito comuns.

Sob massa Ea a nebulosidade sofre uma redução violenta, mal atingindo pela manhã os valores de 3 no interior e de 5 na costa. No Estado de Alagoas, porém, dotado de extensa área ao nível do mar, a massa do *doldrum* permanece *retida*, as suas precipitações persistindo por mais alguns dias sob o próprio centro de ação, e resultando nas grandes inundações da região.

Estudemos agora a variação diurna: as nuvens, tôdas típicas de inversão, se constituem sobretudo pela madrugada, devido à estabilidade da massa. Nesse período realmente a ausência de convecção e a radiação da camada superior de gotas d'água ou vapor agravam a inversão, surgindo os tipos L5 no litoral, que nos vales do interior dão lugar aos denominados L1, quando a forte convecção mistura o alíseo com a sua massa sêca superior, resultando num ponto de condensação mais alto e fraca umidade geral.

Ao se intensificar o domínio do centro de ação as nuvens evoluem finalmente para L4 ou L7, notando-se também os Ac de radiação (M3), ou os associados a As, do tipo M7.

O quadro descrito se mantém até a costa norte onde a FIT permanece localizada, aí principiando as calmarias e os Cu L1.

No decorrer do dia a nebulosidade diminui, a convecção misturando o alíseo à massa mais sêca de altitude. Os respectivos valores descem a 3 à tarde no litoral de leste, a 0 na planície salineira de Macau, e novamente a 3 no interior. Deve-se isto a que a evolução para a direita das adiabáticas, no decorrer do aquecimento, resulta num *lift* cada vez mais elevado, o qual acaba ultrapassando a inversão.

As temperaturas máximas oscilam em tórno a 33° no Ceará e 36° no Rio-Grande-do-Norte. Quanto aos ventos ficam mais intensos pela aspiração continental, conforme foi explicado no capítulo VI.

Finalmente às 21 horas surgem o *Aracati* de NE ou então calmarias. A nebulosidade desce agora ao seu menor valor, entre 0 e 2, com nuvens L1, as mínimas posteriores ficando cêrca de 2° abaixo das registradas sob as chuvas da FIT, dada a maior radiação permitida pelo

céu limpo, atingindo em média 19 a 20°. Sòmente pela madrugada uma nova formação de Sc vai se definindo.

Deixamos confirmado que a menor altura da inversão sob massa Ea permite maior amplitude diurna, traduzindo a estabilidade do ar. Igualmente o caráter noturno da nebulosidade vai acarretando, pela forte radiação diurna, um aumento progressivo nas temperaturas.

2 — Vejamos agora o quadro correspondente às épocas úmidas, sob o domínio da FIT: surgem a princípio alguns Ci, derivados da frente superior que se formou no sul (cap. II). A pressão diminui, a convergência resultante acarretando logo subida do nível da inversão; esta se atenua ràpidamente acabando por desaparecer na chegada do *doldrum*. A temperatura declina de 1 a 3°, e então principiam as chuvas e trovoadas, oriundas de Ec ou da própria FIT, e que caminham de oeste ou de norte, respectivamente.

O progresso do *doldrum* é via de regra de norte para sul, notando-se dêsse modo no interior um céu L1 de bom tempo, com ventos de SE, enquanto no litoral já surgem os tipos L3, L8 ou L9, acompanhados por chuvas e ventos de E.

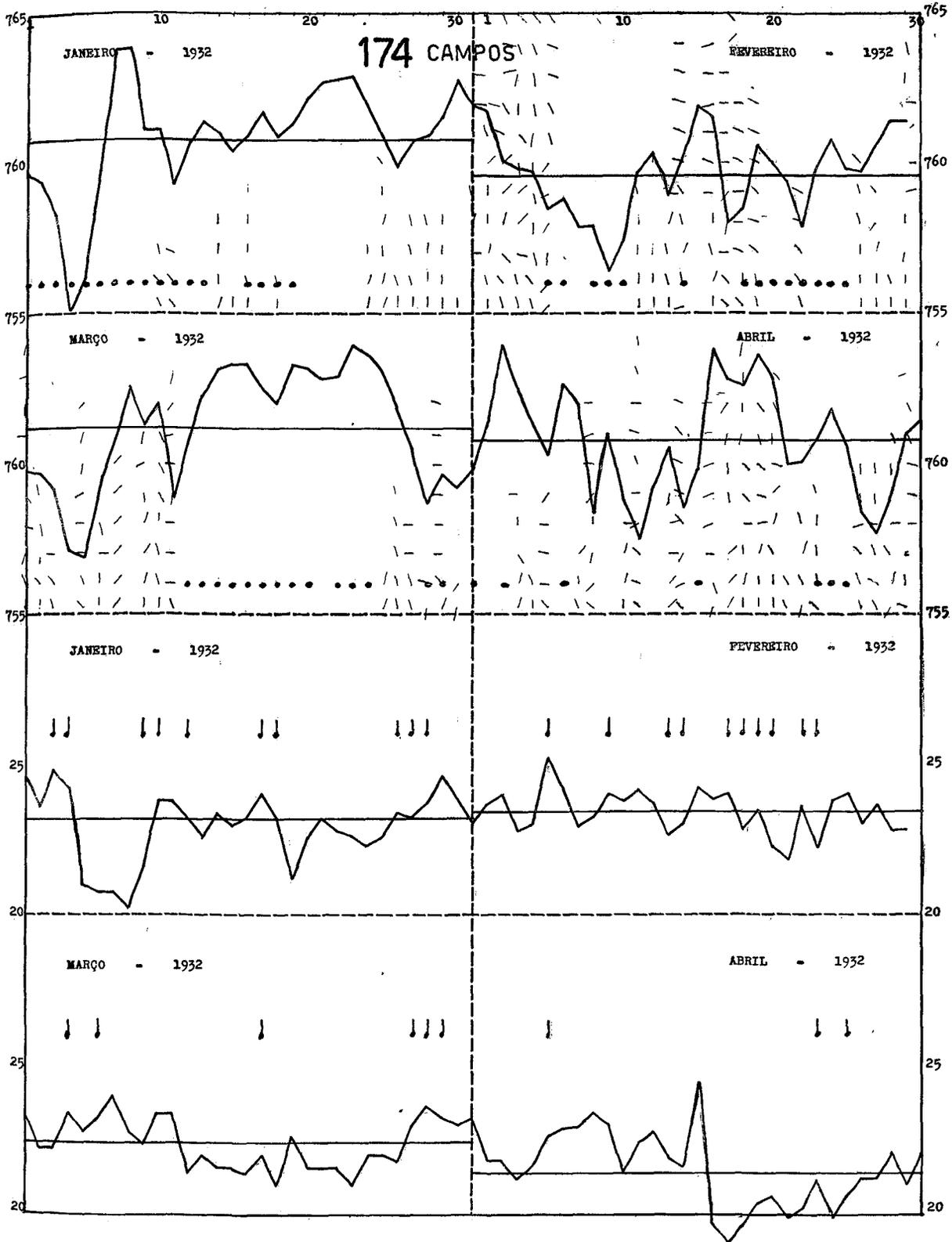
A zona de pancadas apresenta correntes de NE a N no Ceará e Rio-Grande-do-Norte, e de NW no Piauí, com uma nebulosidade 7-8, o seu talvegue de pressão mínima estacionando em geral no paralelo 7°, onde se encontra a FIT, a sul desta permanecendo porém as correntes de SE, com nebulosidade 0-2.

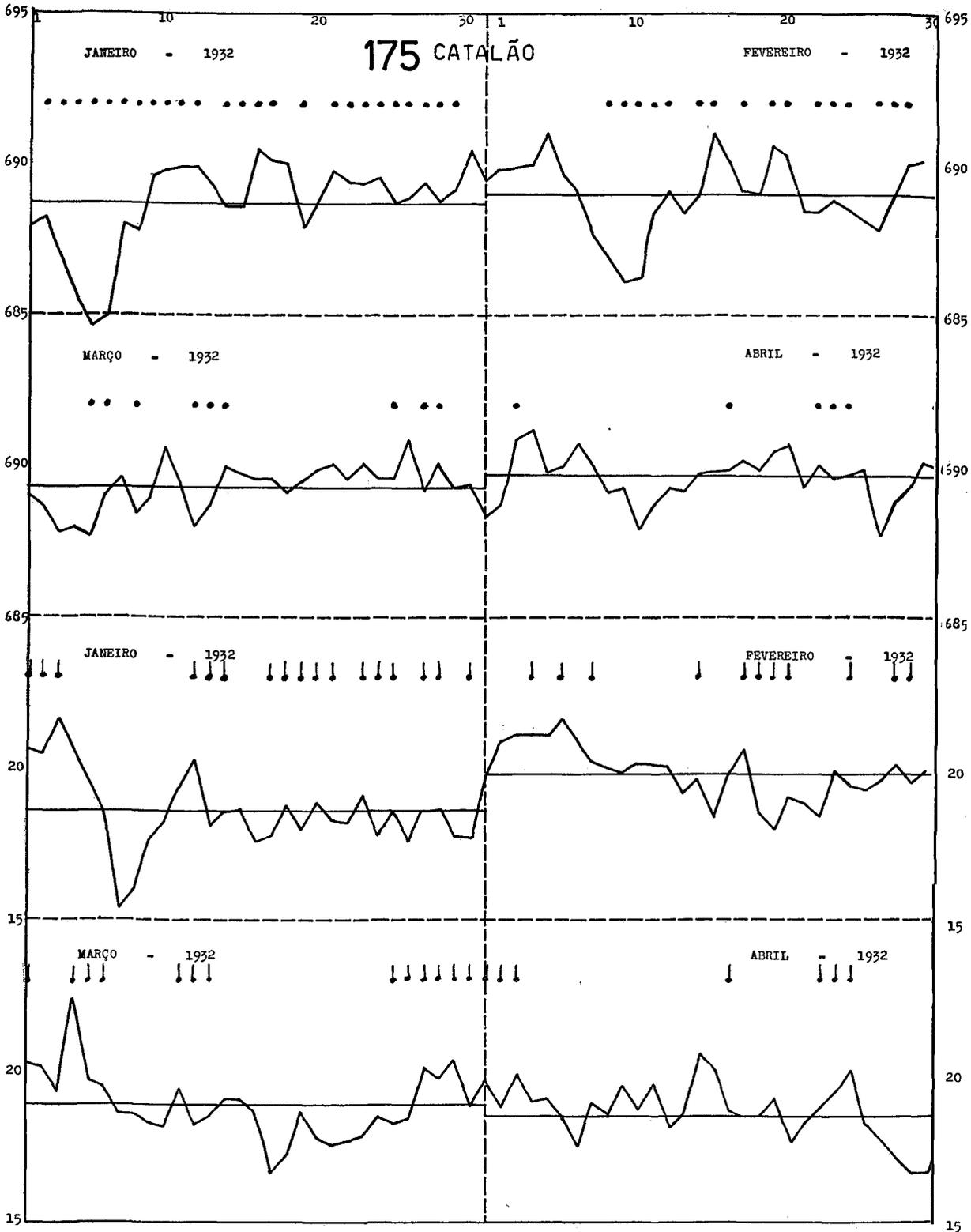
A forte umidade específica existente aliada ao gradiente superior condicionalmente instável permitem a formação dos Cb e trovoadas, estas agravadas pela convergência resultante da queda de pressão, e se apresentando mais freqüentes no Piauí, em que pertencem à massa Ec, ou em Alagoas onde o aquecimento diurno fica intensificado pela vasta planície existente. Dominam em geral por um a dois dias, cessando então para ceder lugar às chuvas pròpriamente ditas.

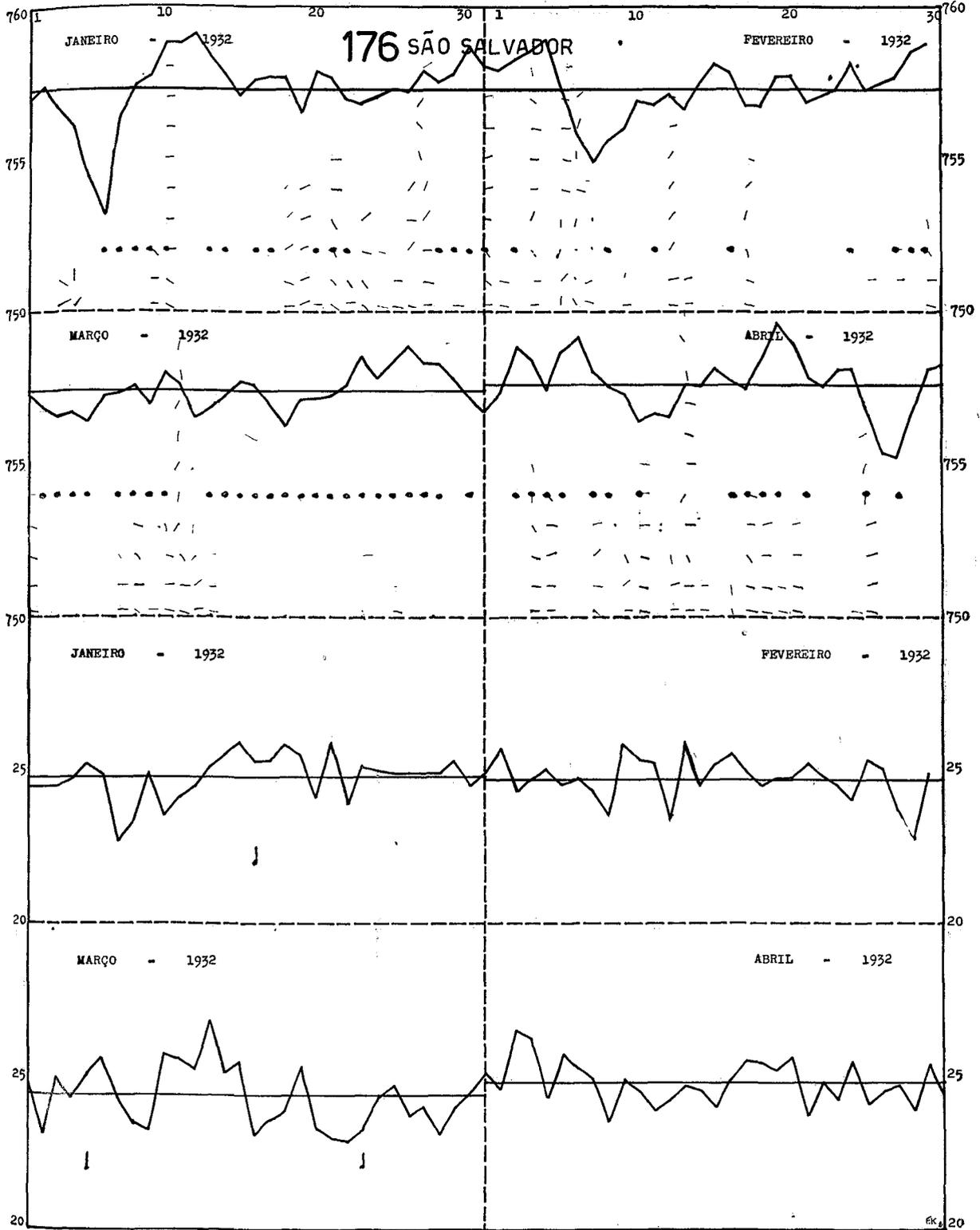
Na costa leste são mais comuns os tipos L6 ou L9, quase não aparecendo as nuvens de estabilidade.

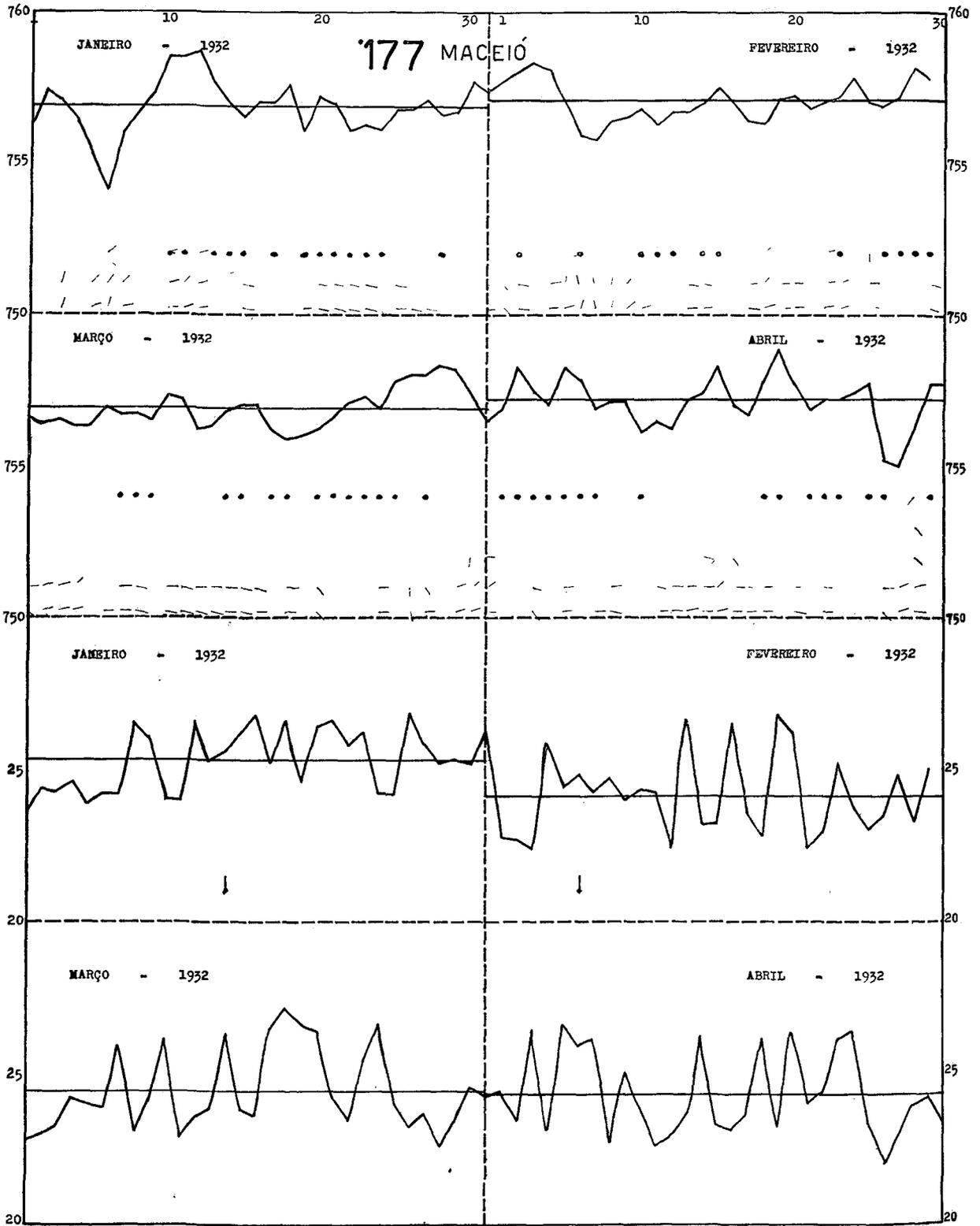
A variação diurna é agora mais interessante: sendo a massa instável, a nebulosidade se agrava durante o dia, alcançando no litoral o valor 10 e no interior o de 5, as temperaturas máximas, embora inferiores às de Ea, variando de 30° a 34°, enquanto as mínimas permanecem elevadas, em tórno a 22°. A menor amplitude diurna caracteriza a instabilidade do ar.

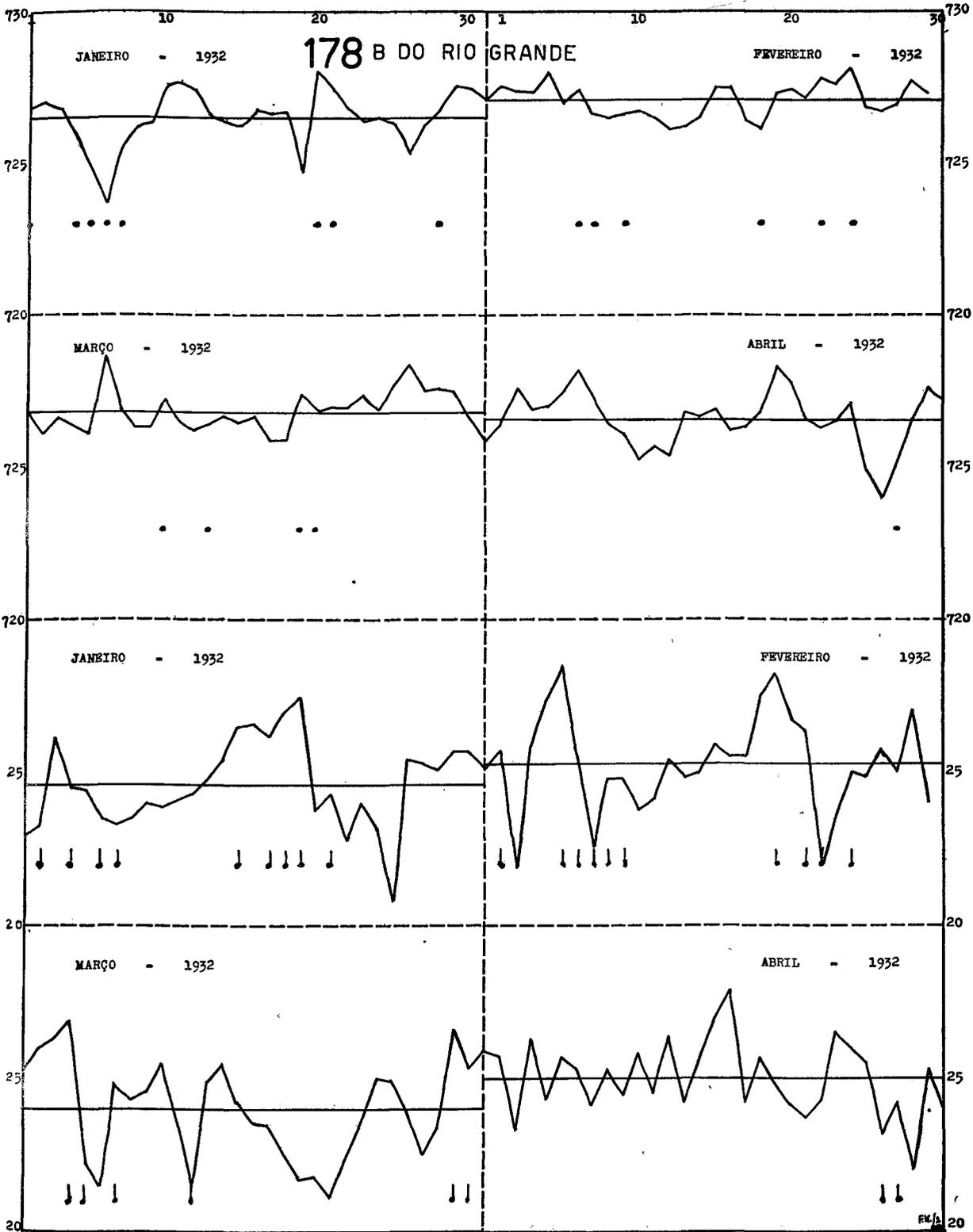
As 21 horas os ventos enfraquecem, dominando as calmarias no interior e correntes de NE na costa, enquanto a nebulosidade, menor a sotavento das serras, já se agrava a barlavento. O céu tende a limpar à noite, à proporção que o domínio da FIT vai cessando. De qualquer modo a forte instabilidade redundando em fraca variação diurna da cobertura. Por outro lado, sendo esta maior de dia, fica justificada a queda progressiva da temperatura.

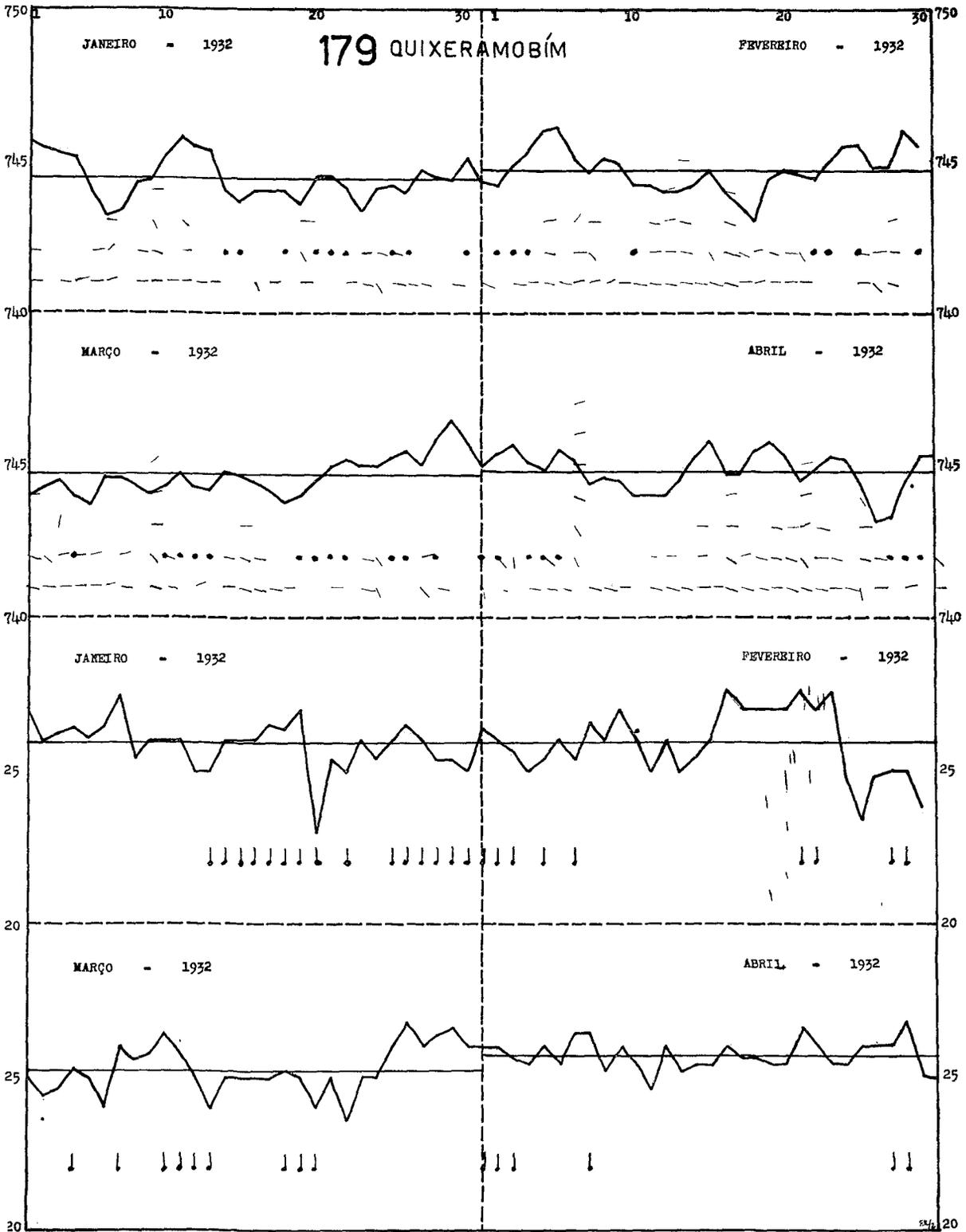


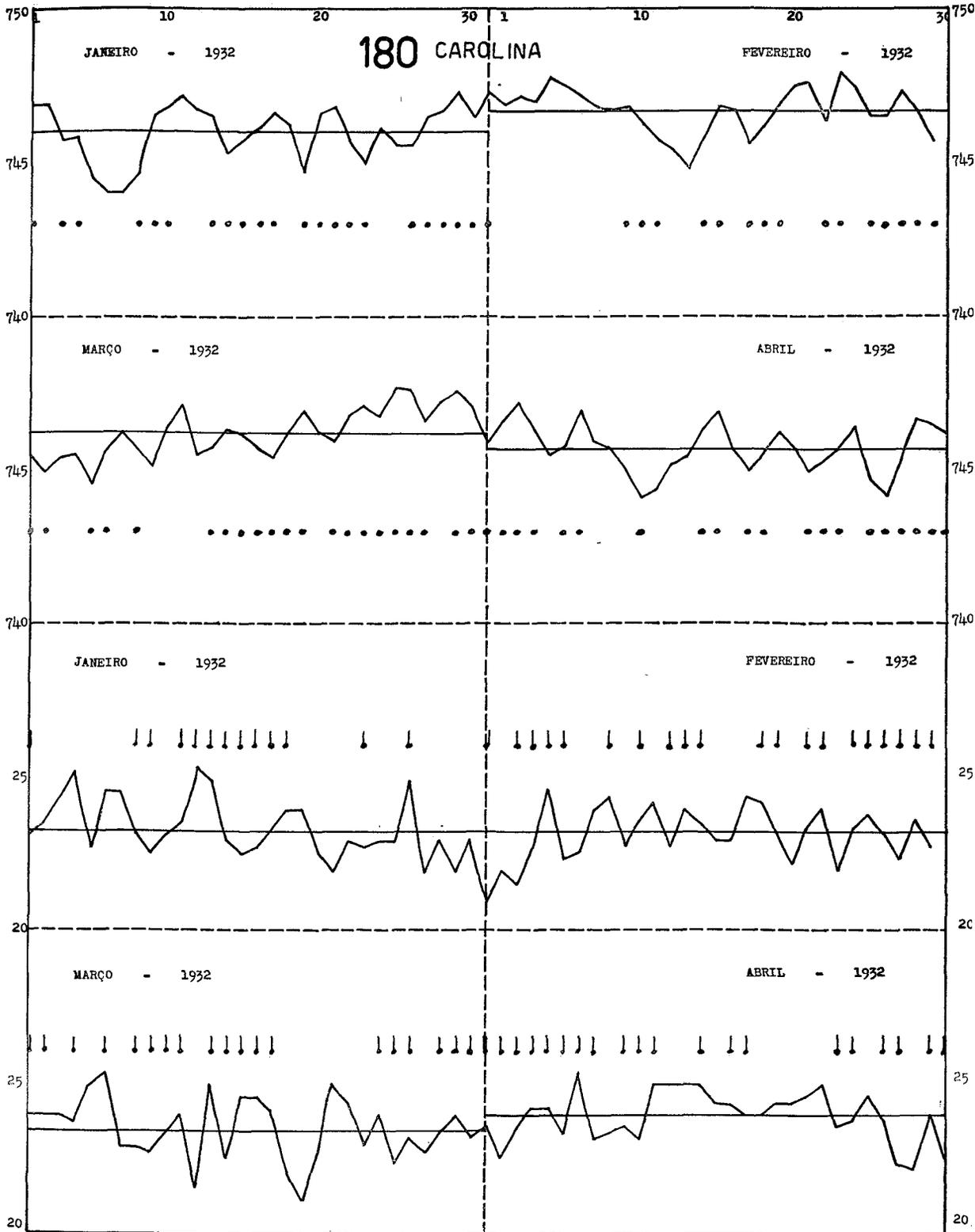


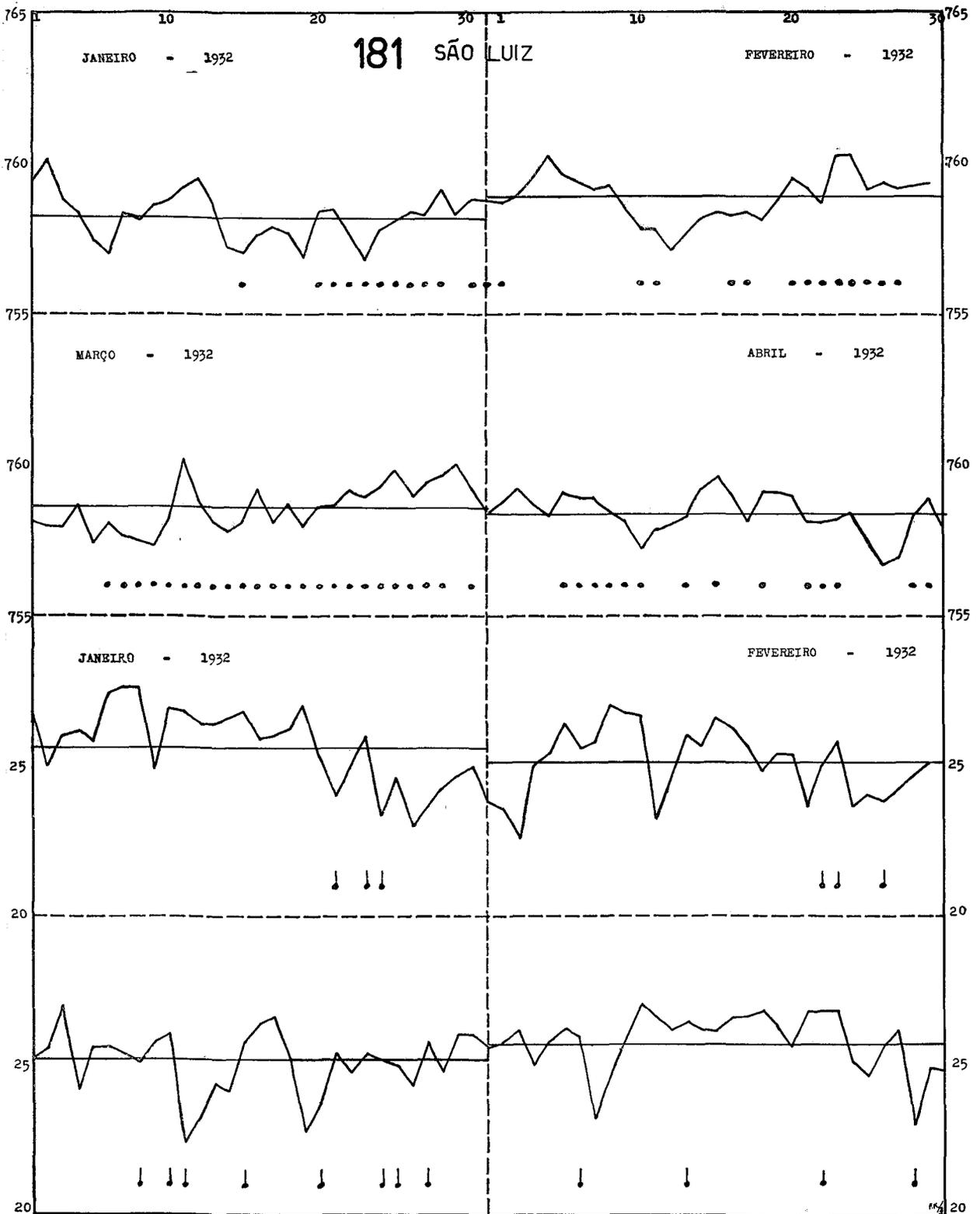


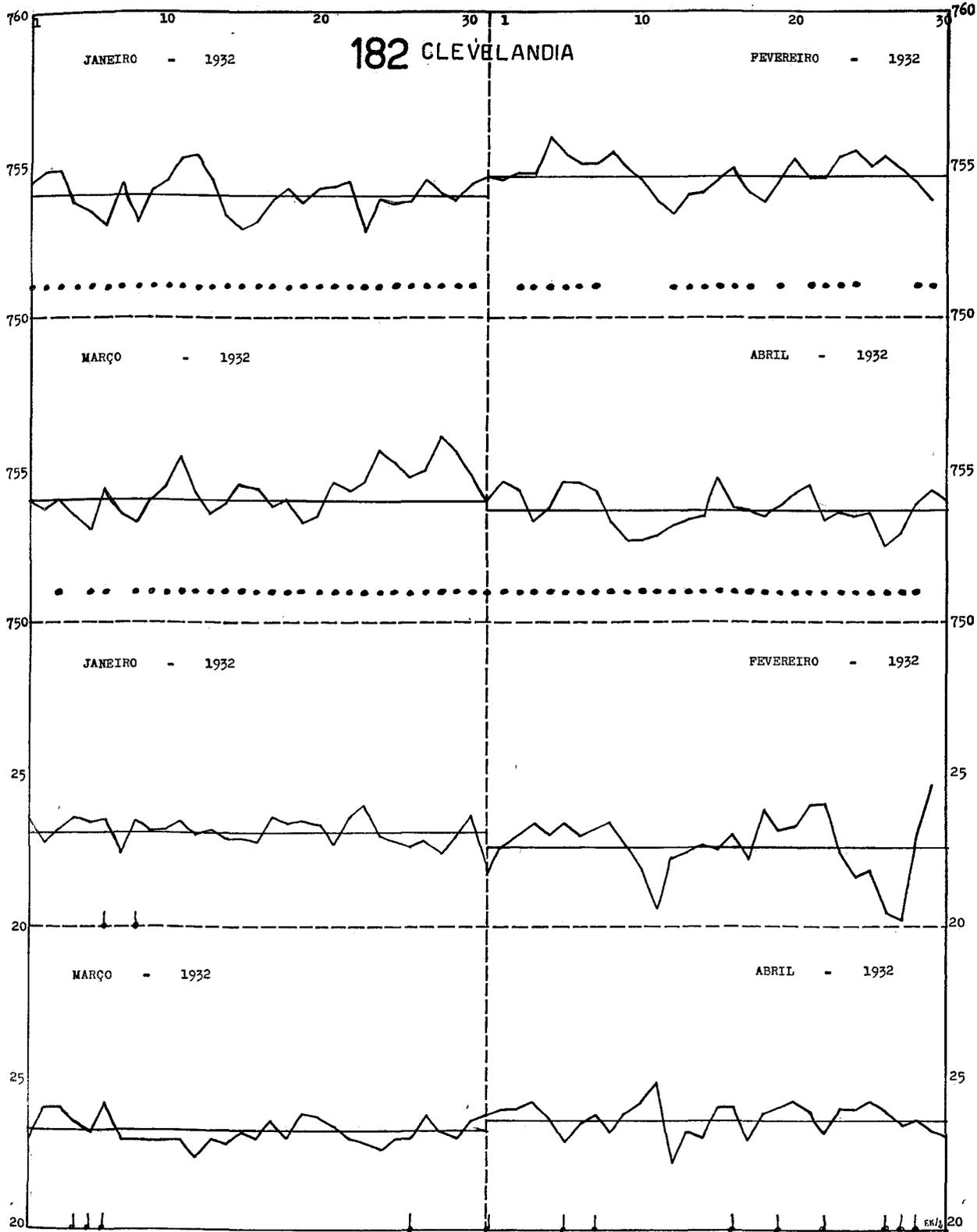


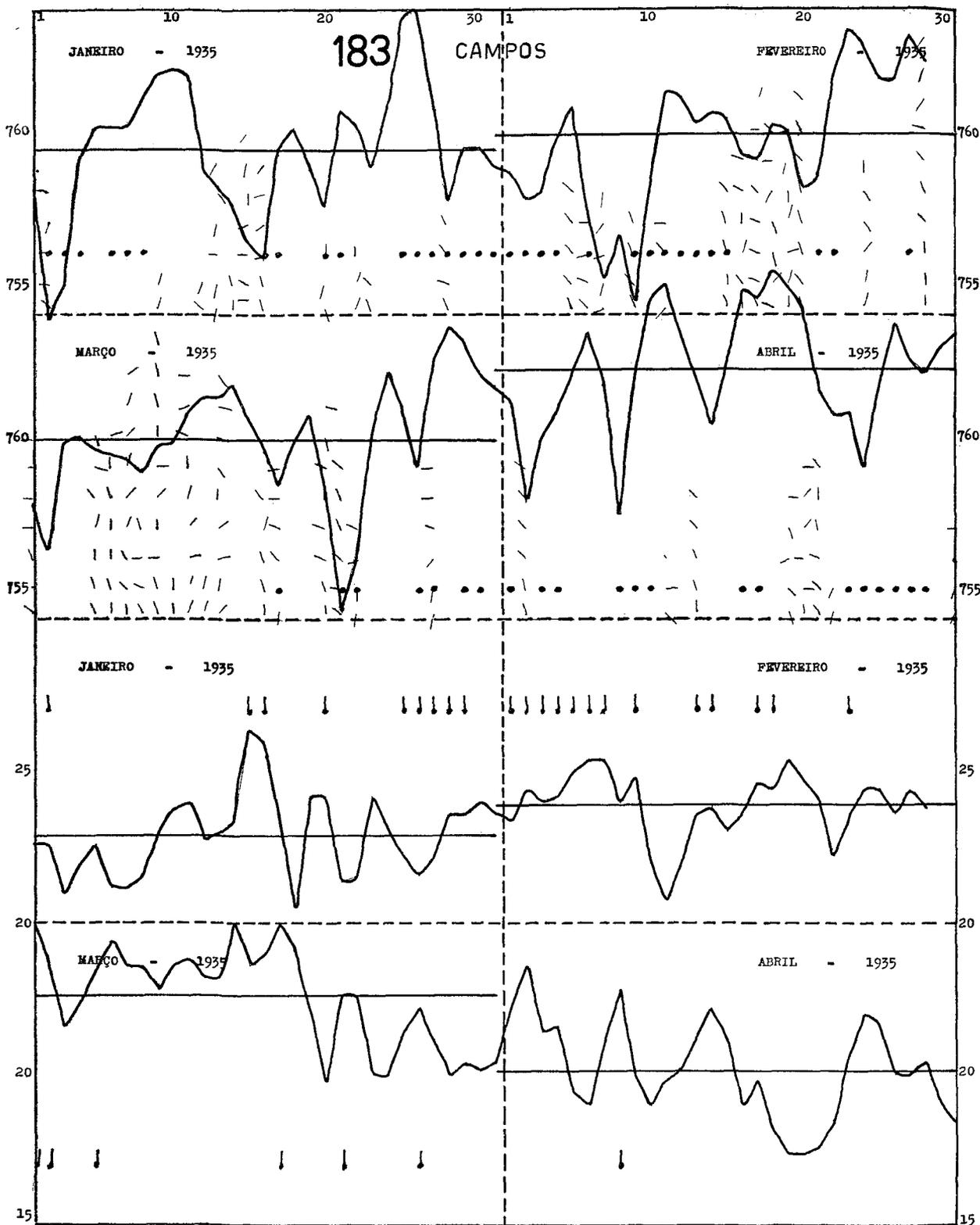


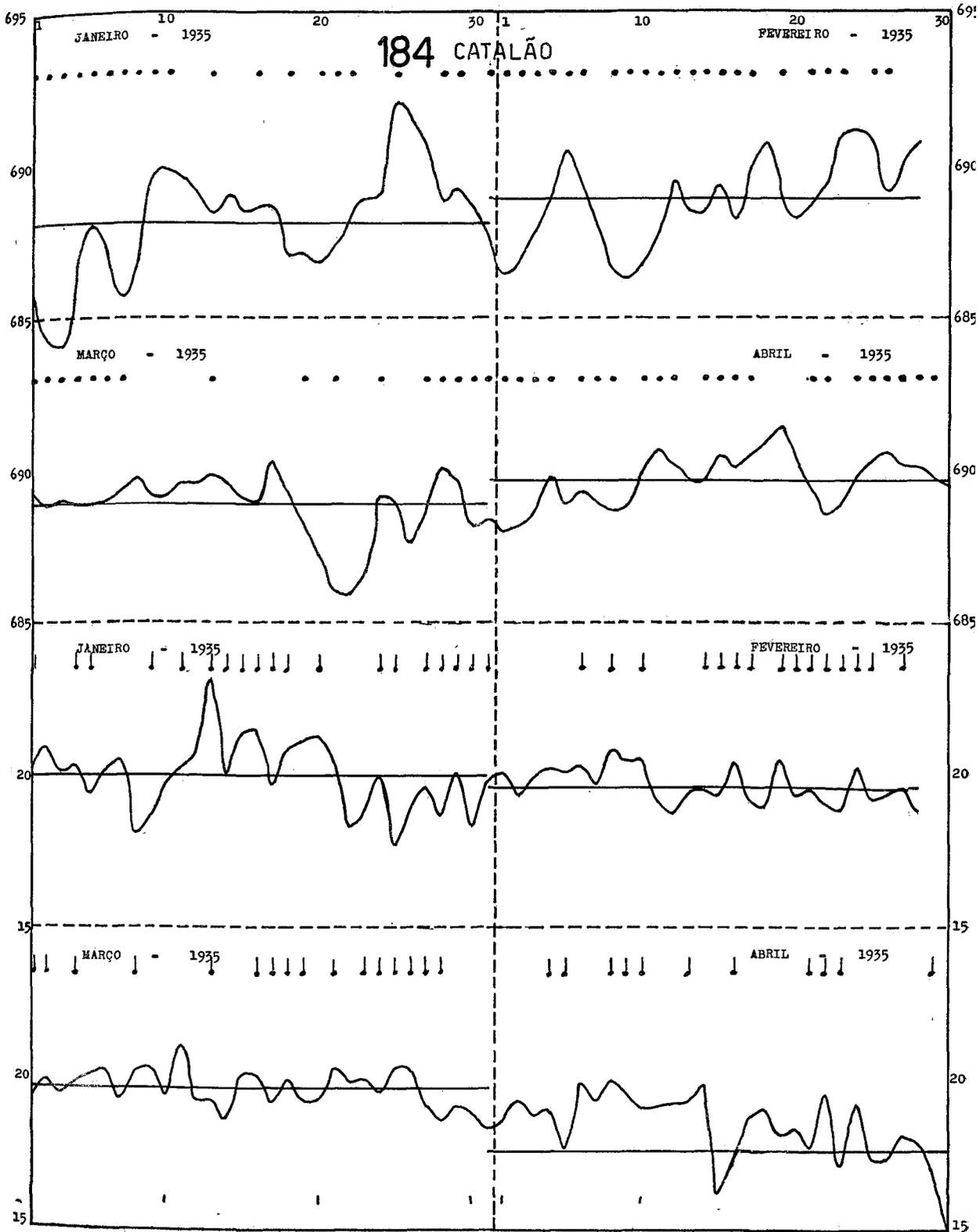


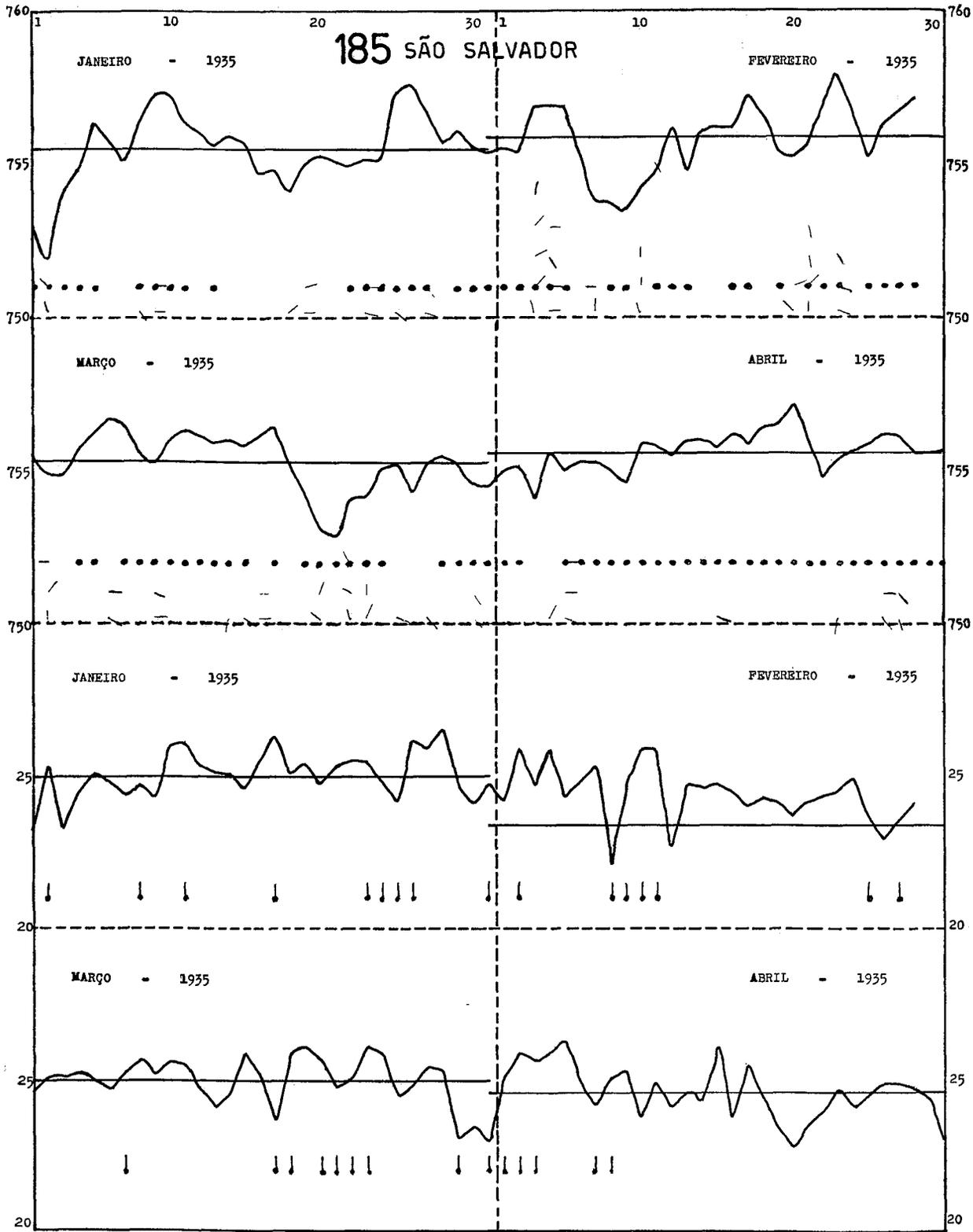


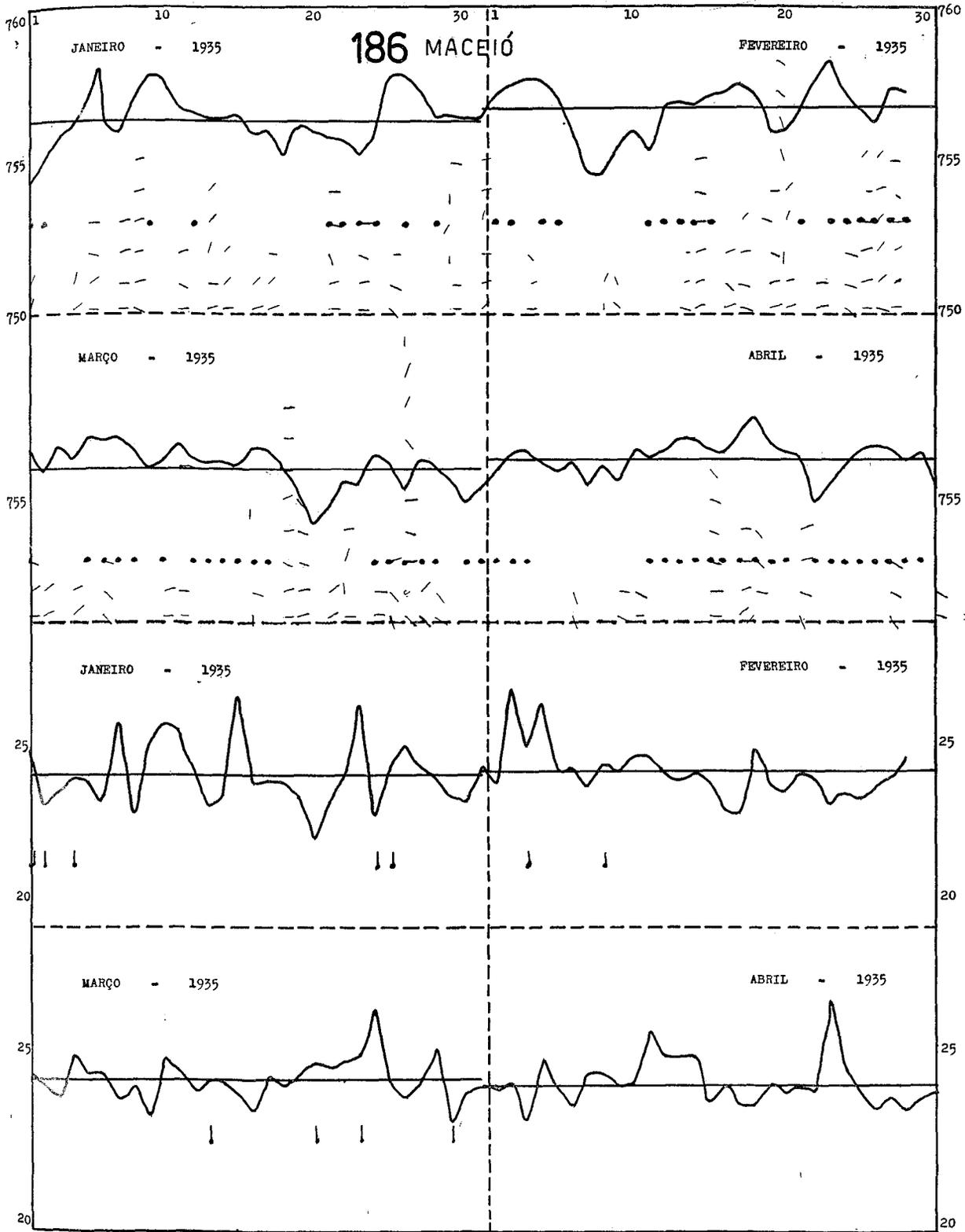


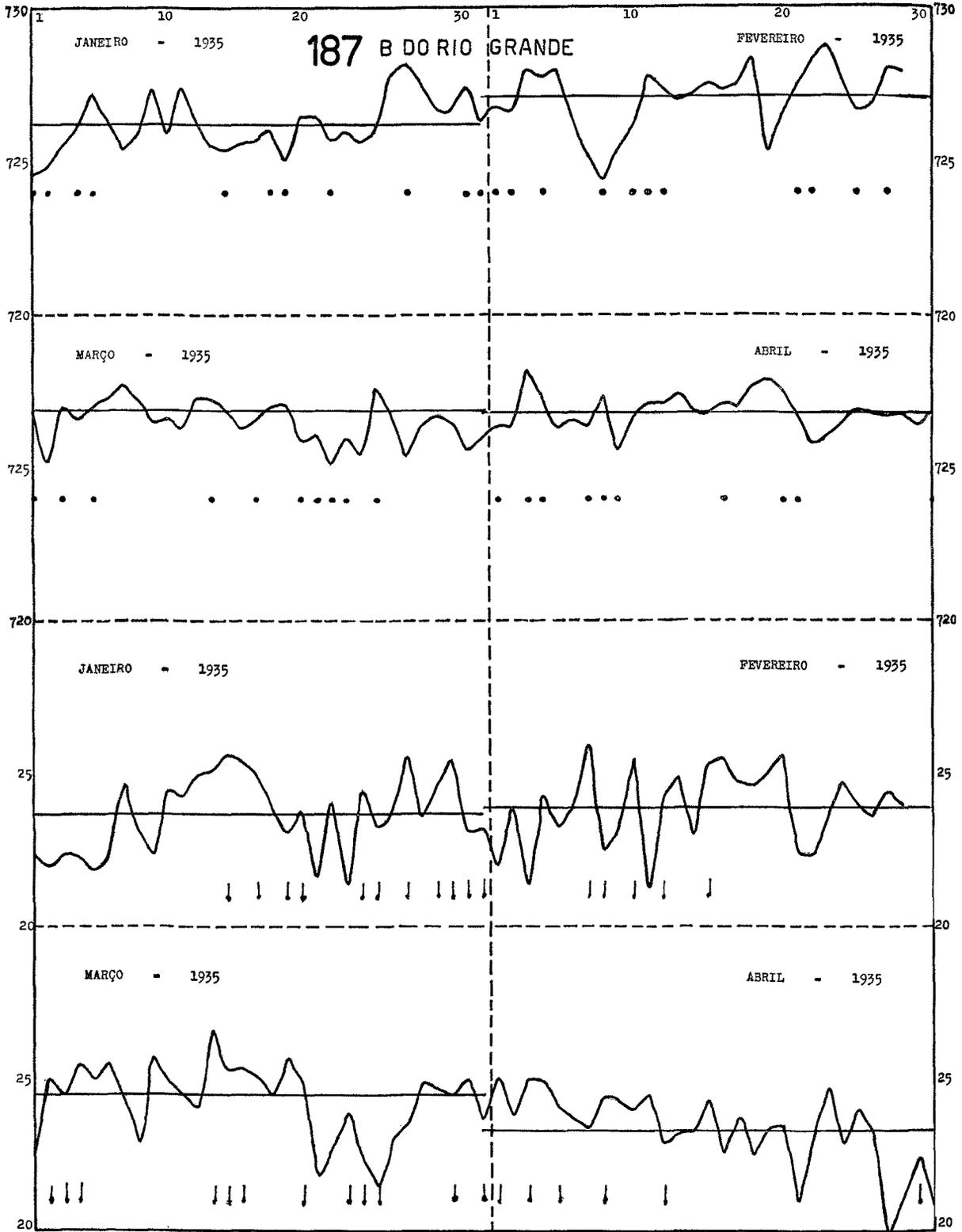


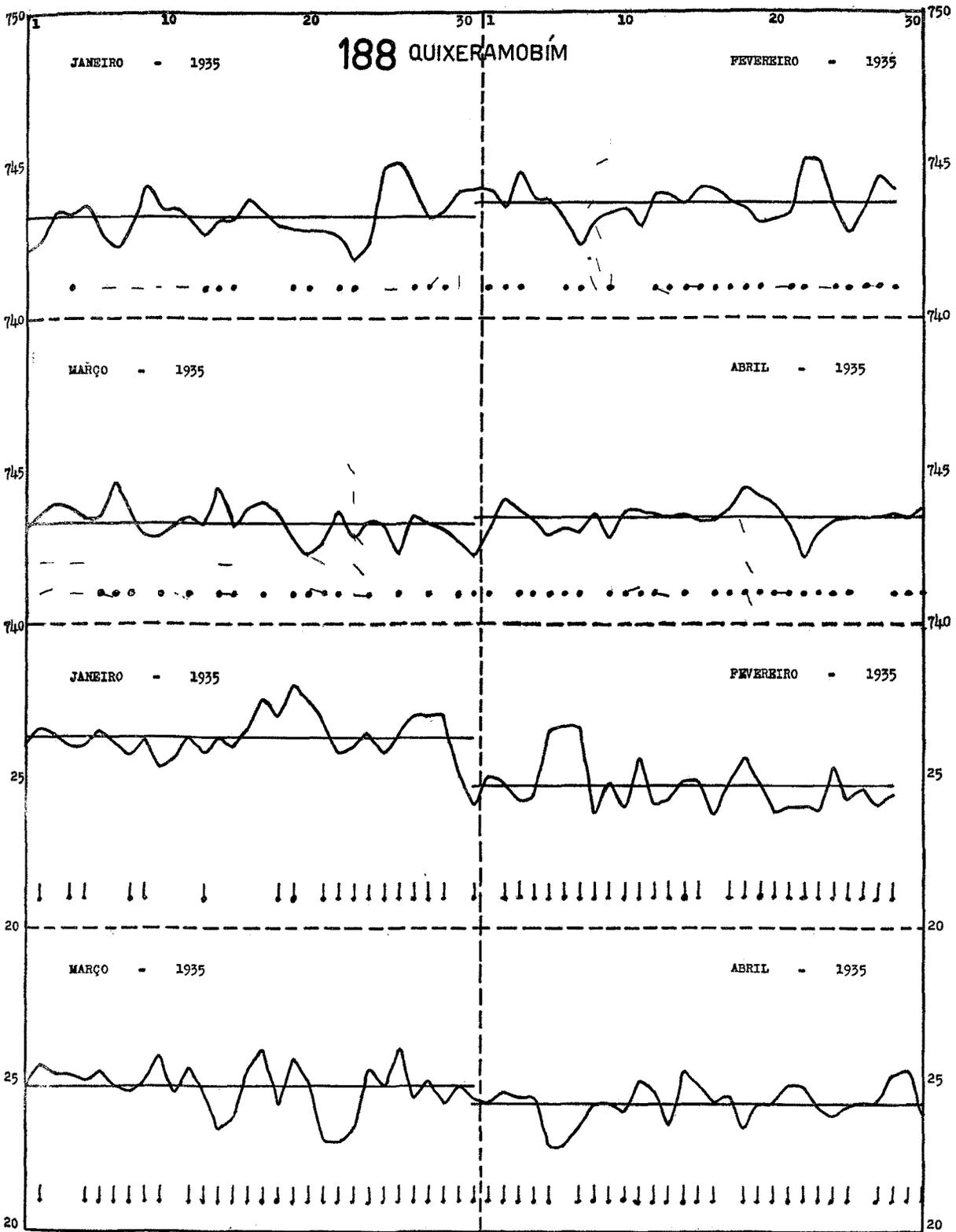


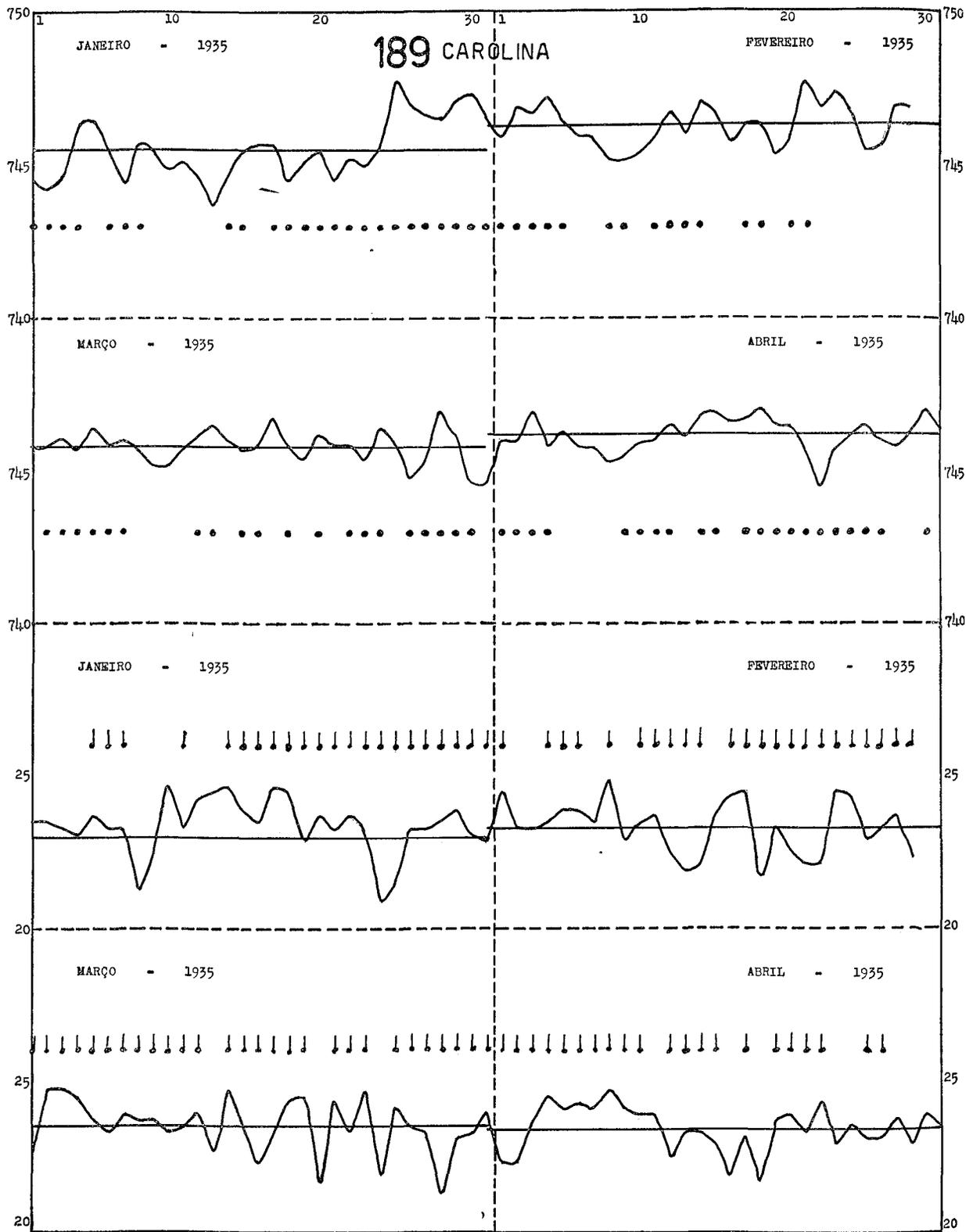


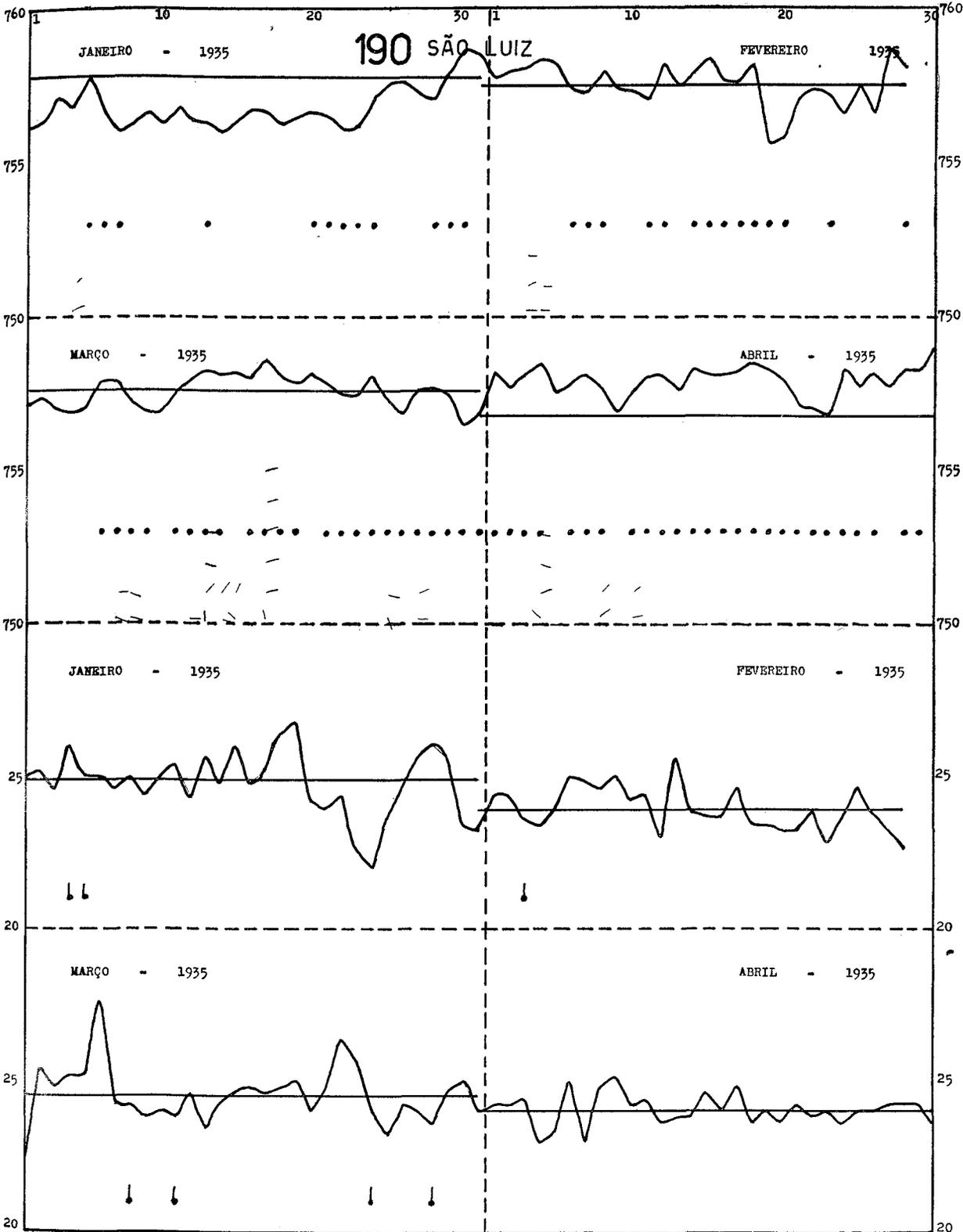


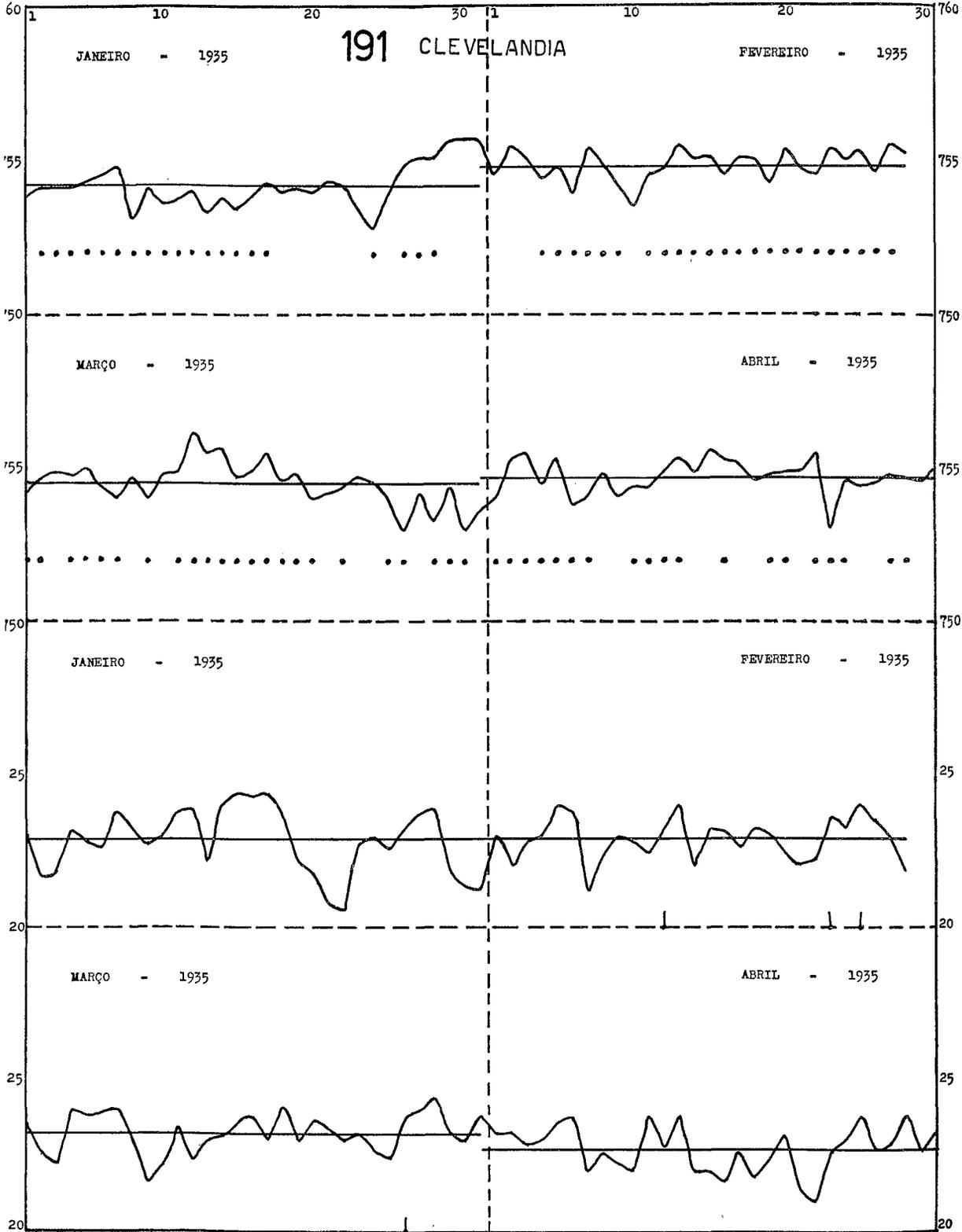












JANEIRO

1955

JANEIRO

1955

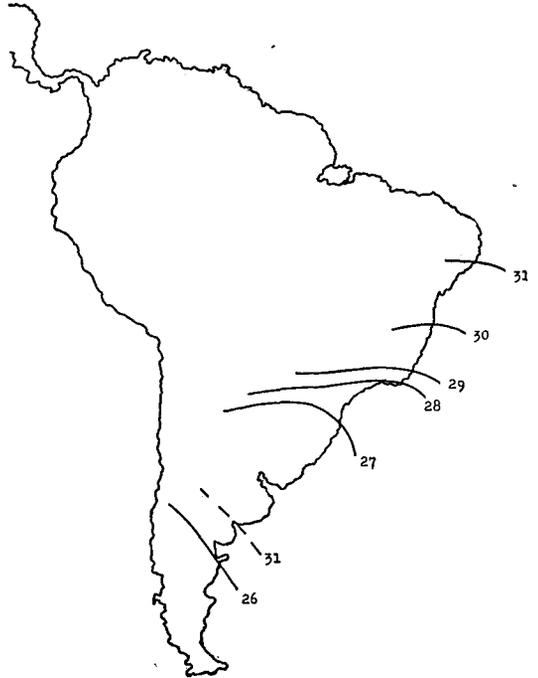
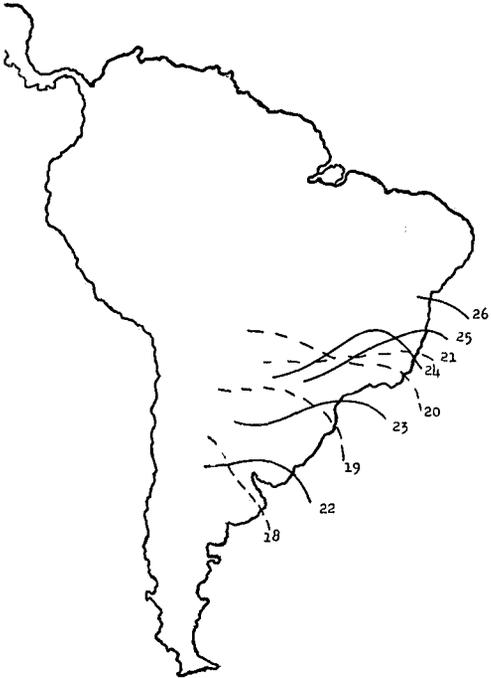


JANEIRO

1955

JANEIRO

1955



FEVEREIRO

1935

FEVEREIRO

1935



FEVEREIRO

1935

FEVEREIRO

1935



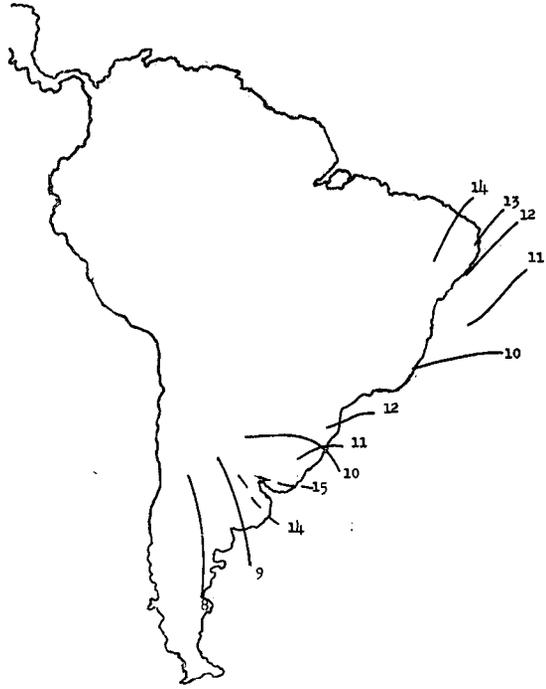
194

MARÇO

1935

MARÇO

1935

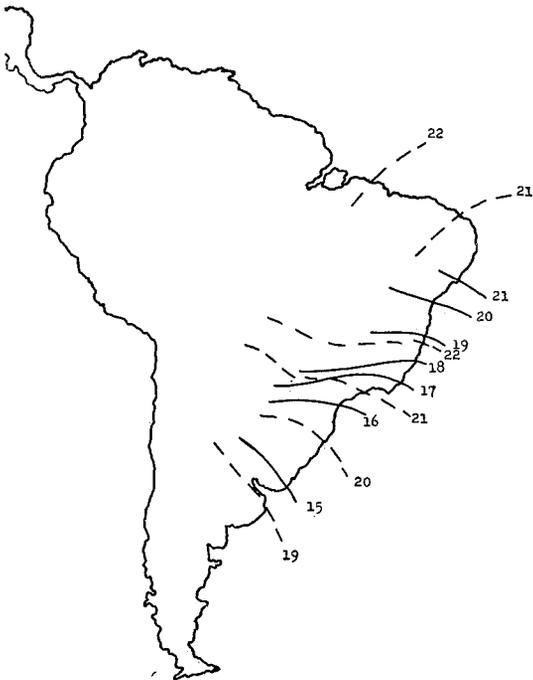


MARÇO

1935

MARÇO

1935



195

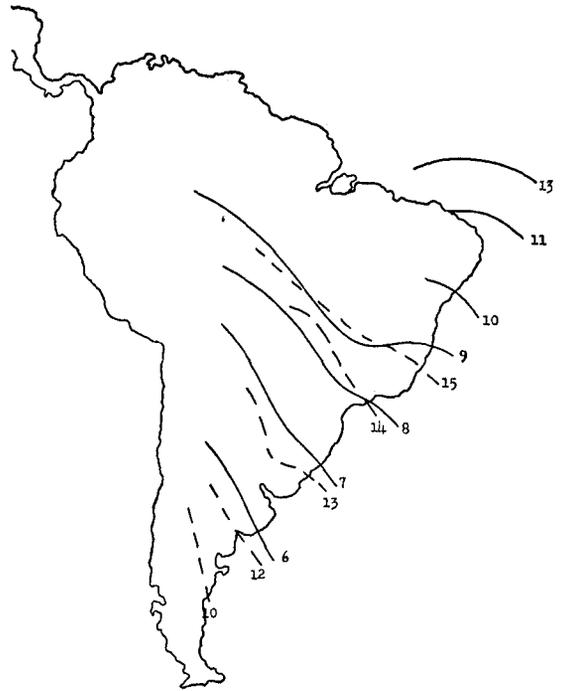
ABRIL

1935



ABRIL

1935



ABRIL

1935



ABRIL

1935



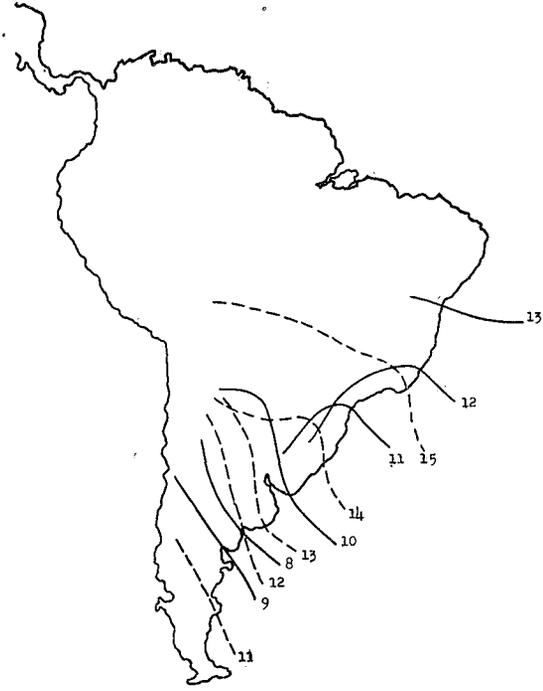
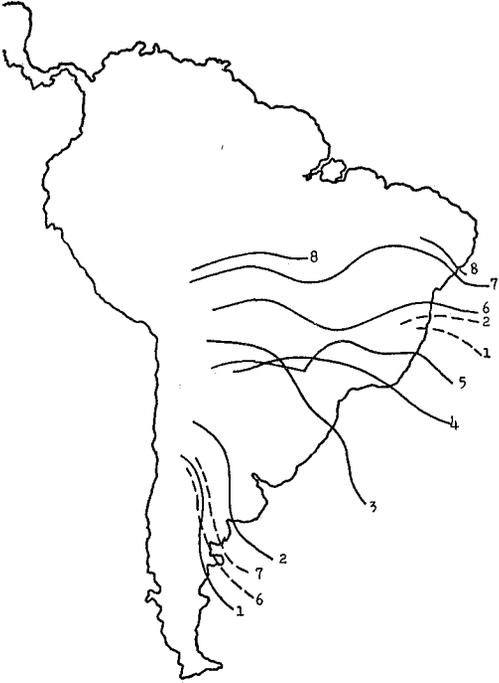
196

JANEIRO

1932

JANEIRO

1932

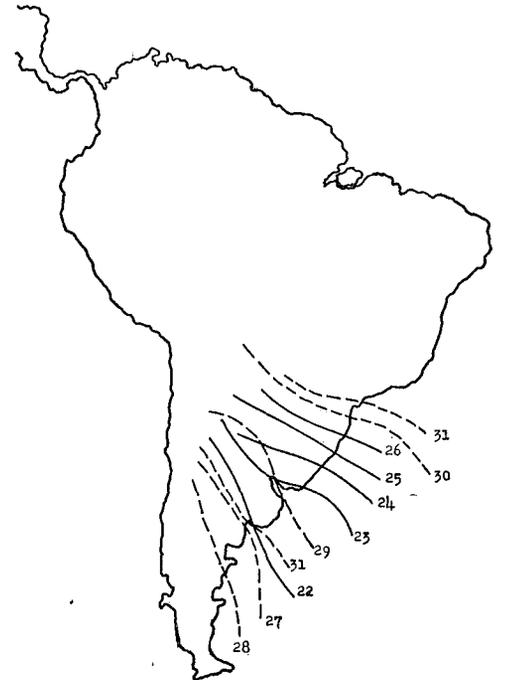
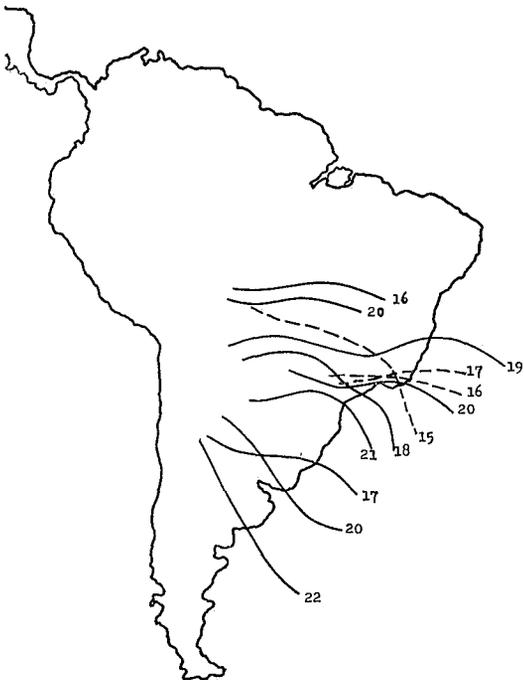


JANEIRO

1932

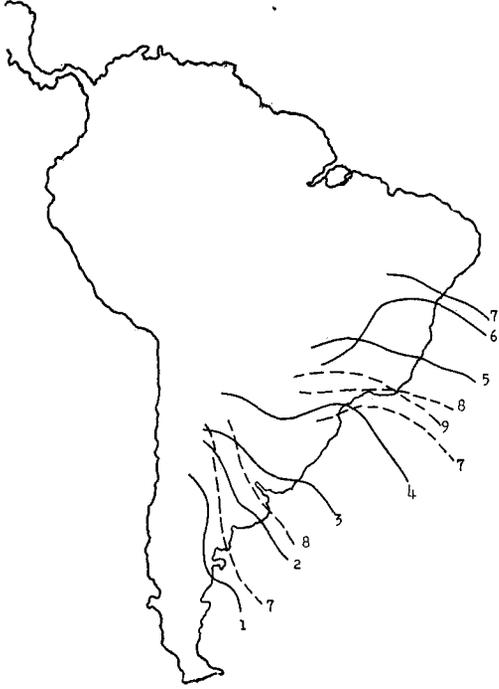
JANEIRO

1932



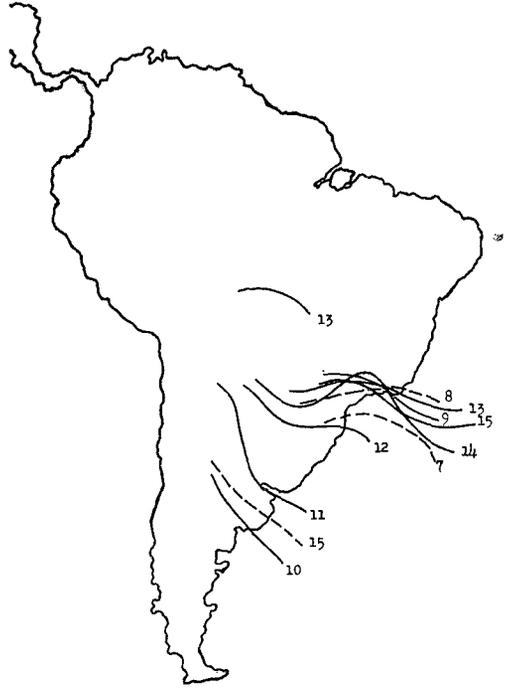
FEVEREIRO

1952



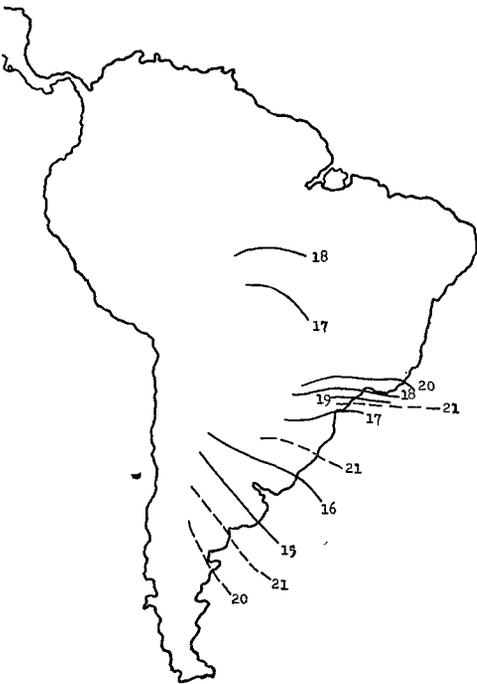
FEVEREIRO

1952



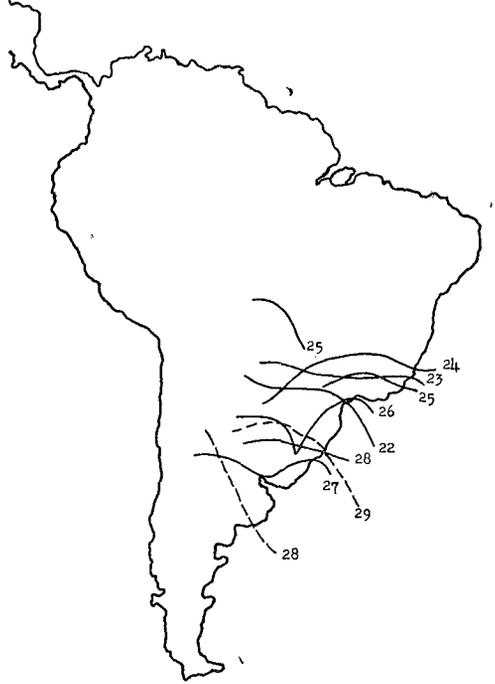
FEVEREIRO

1952



FEVEREIRO

1952



MARÇO

1932

MARÇO

1932



MARÇO

1932

MARÇO

1932

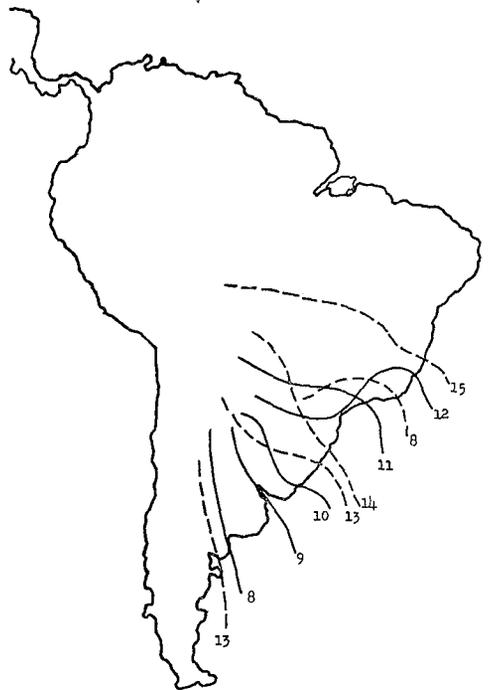


ABRIL

1932

ABRIL

1932

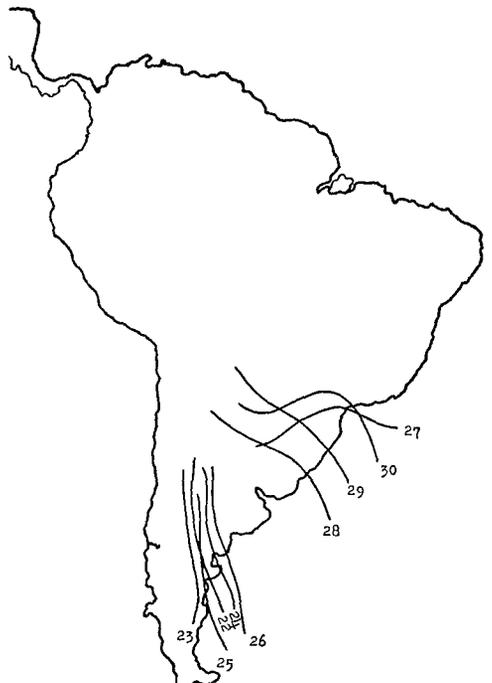
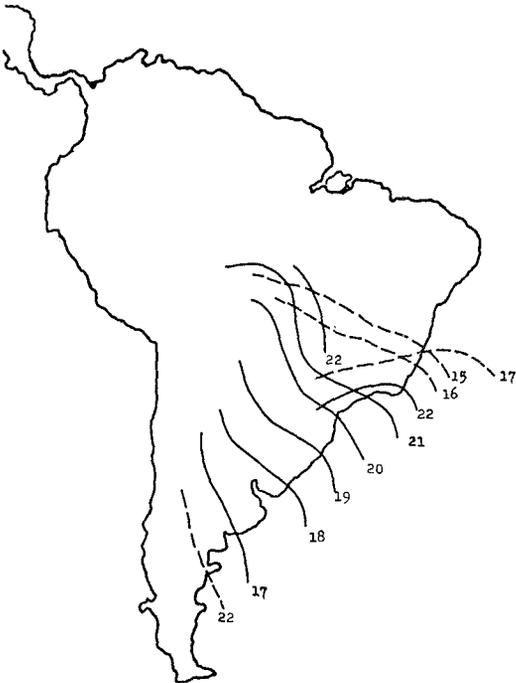


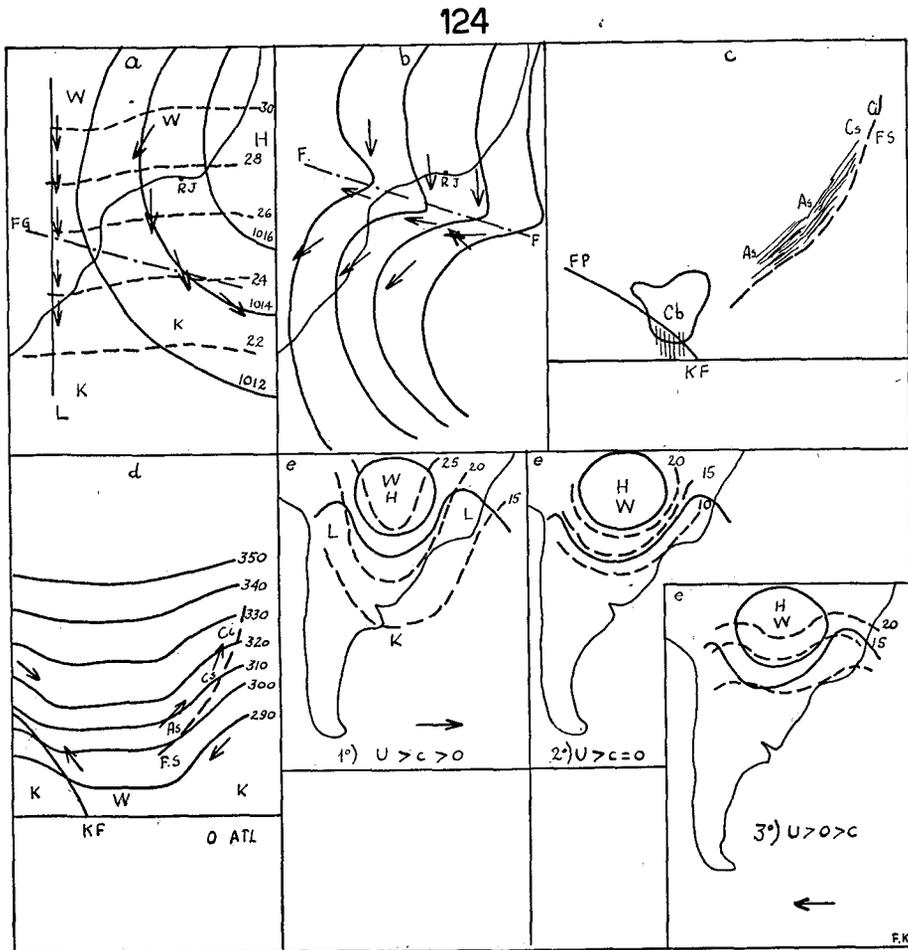
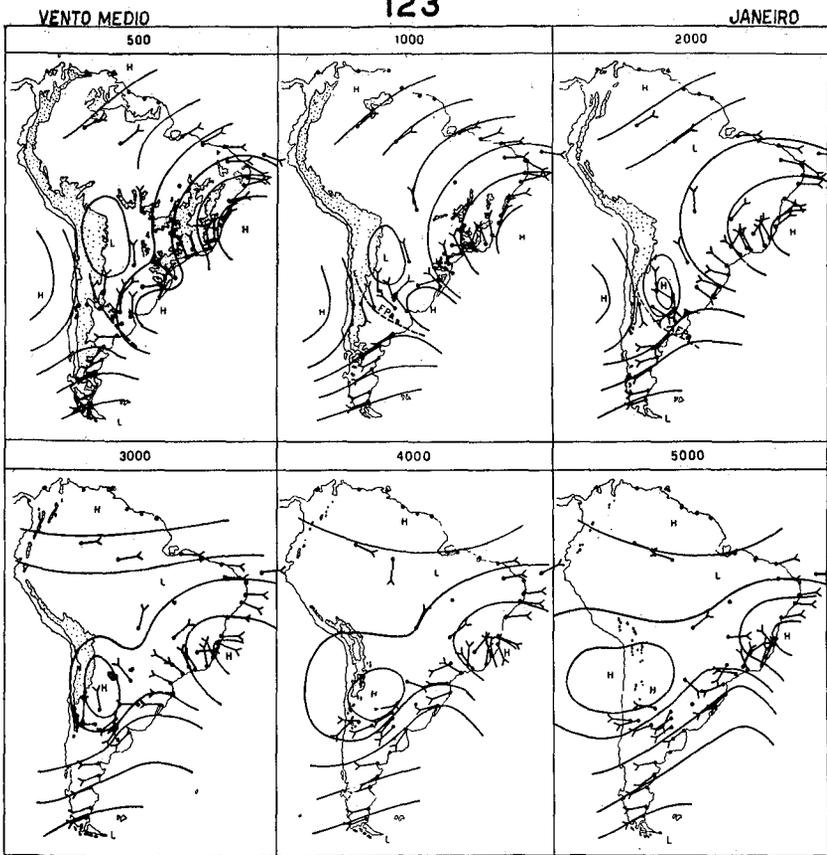
ABRIL

1932

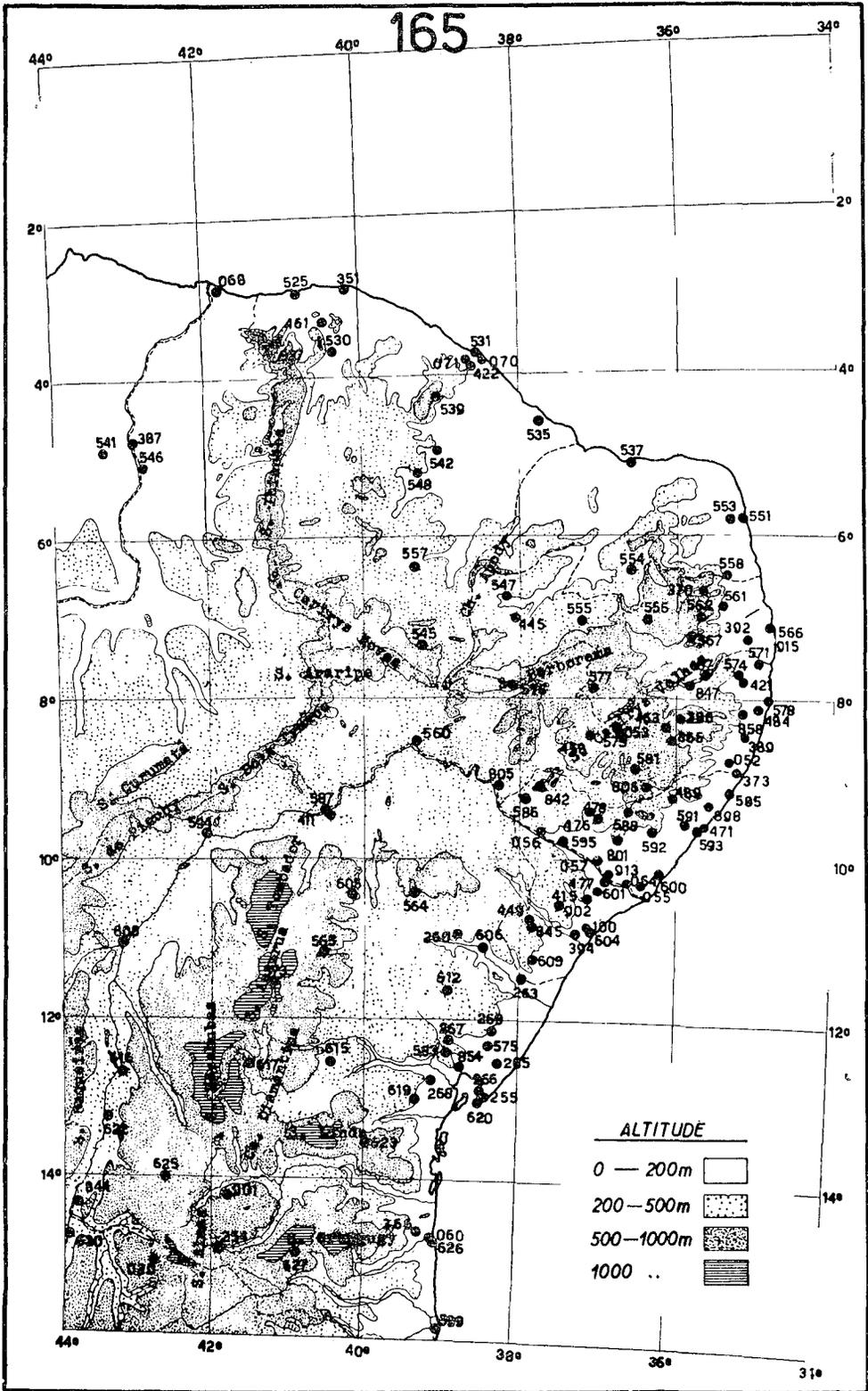
ABRIL

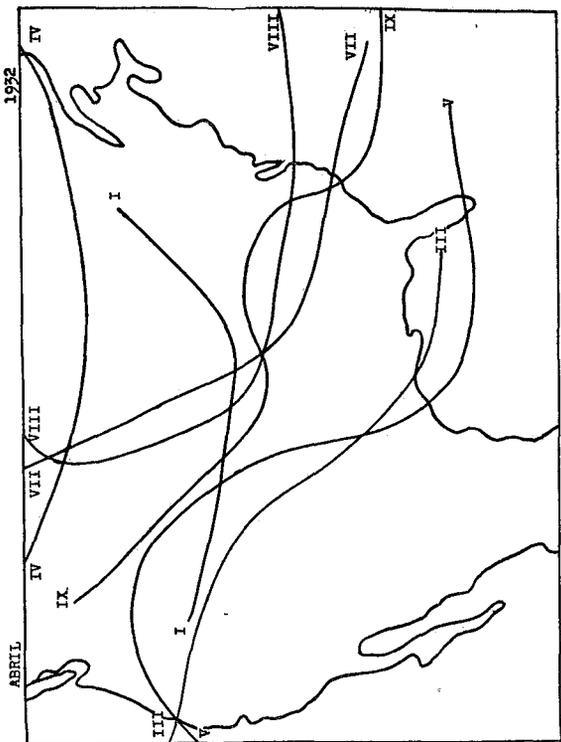
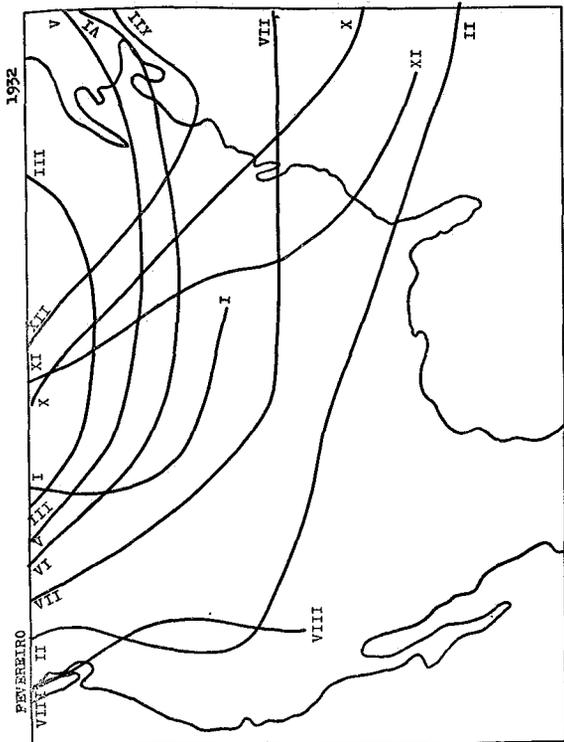
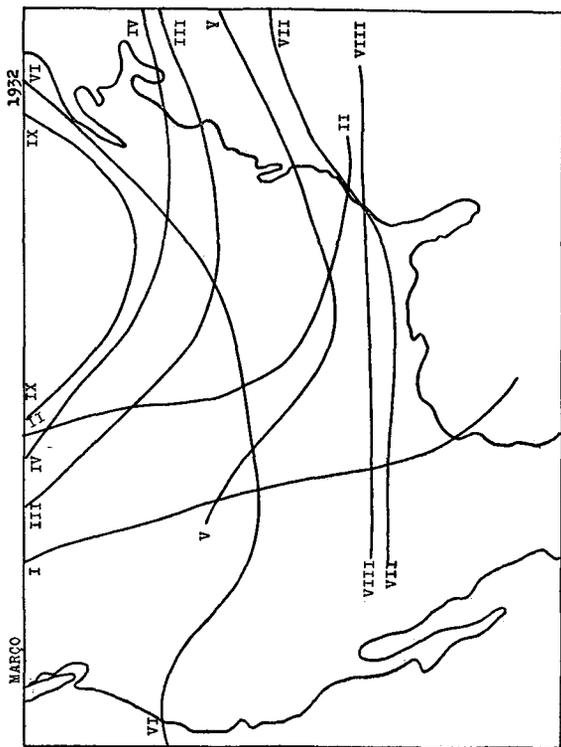
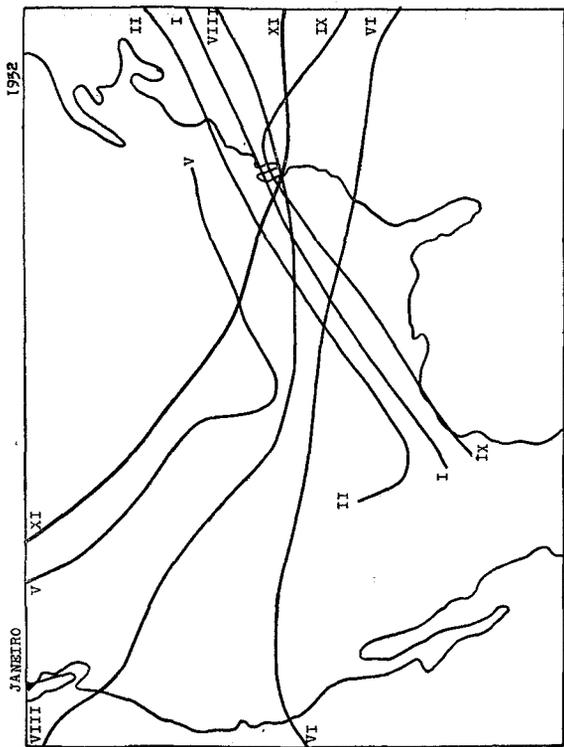
1932



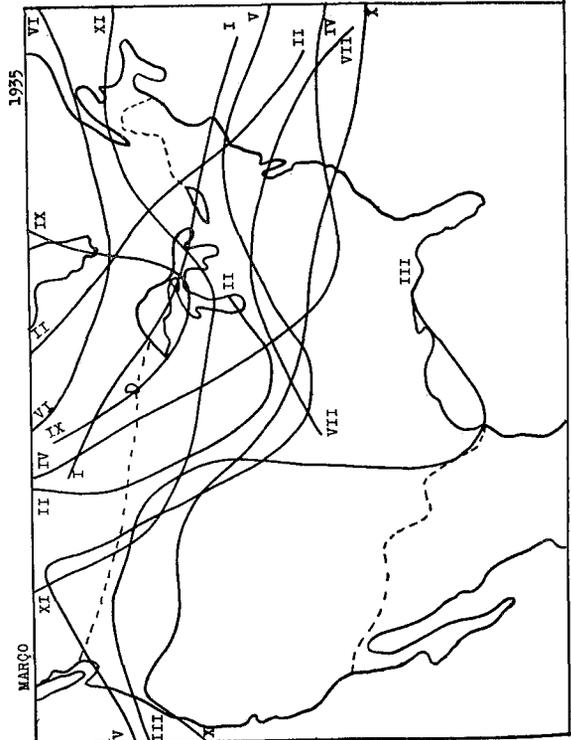
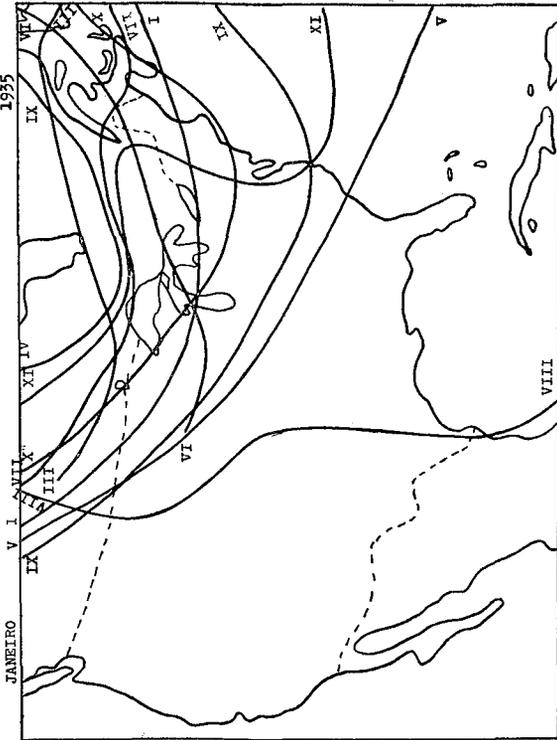
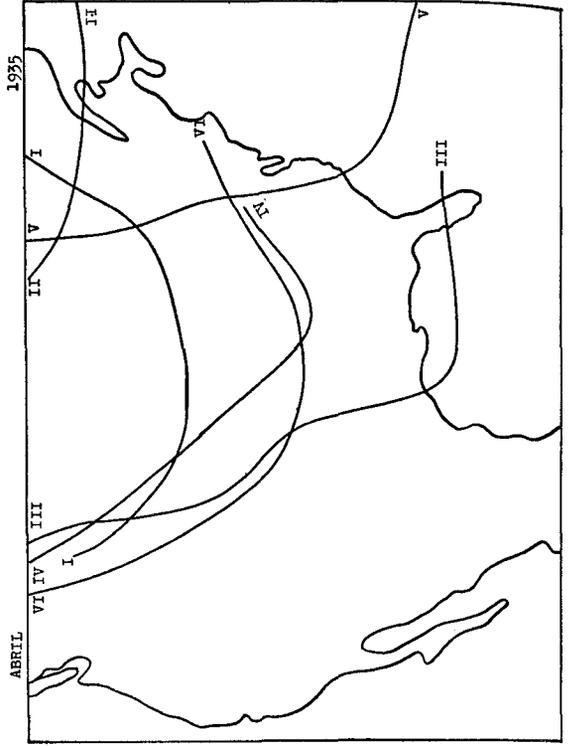
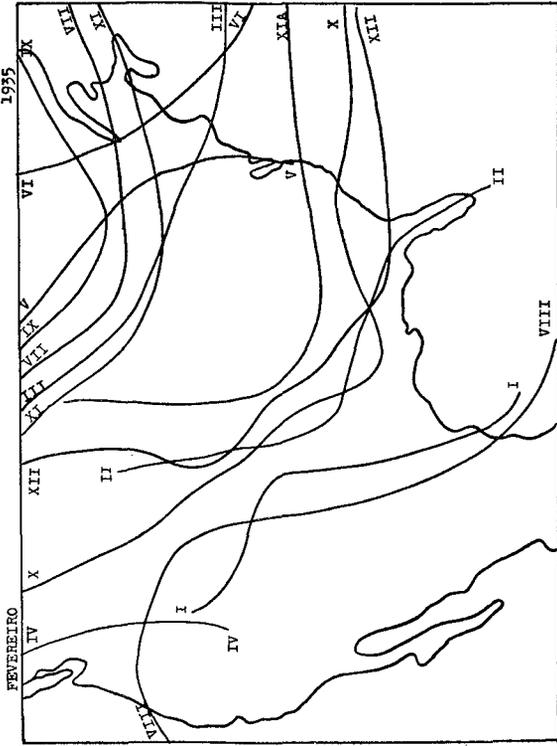


BRASIL NORDESTE

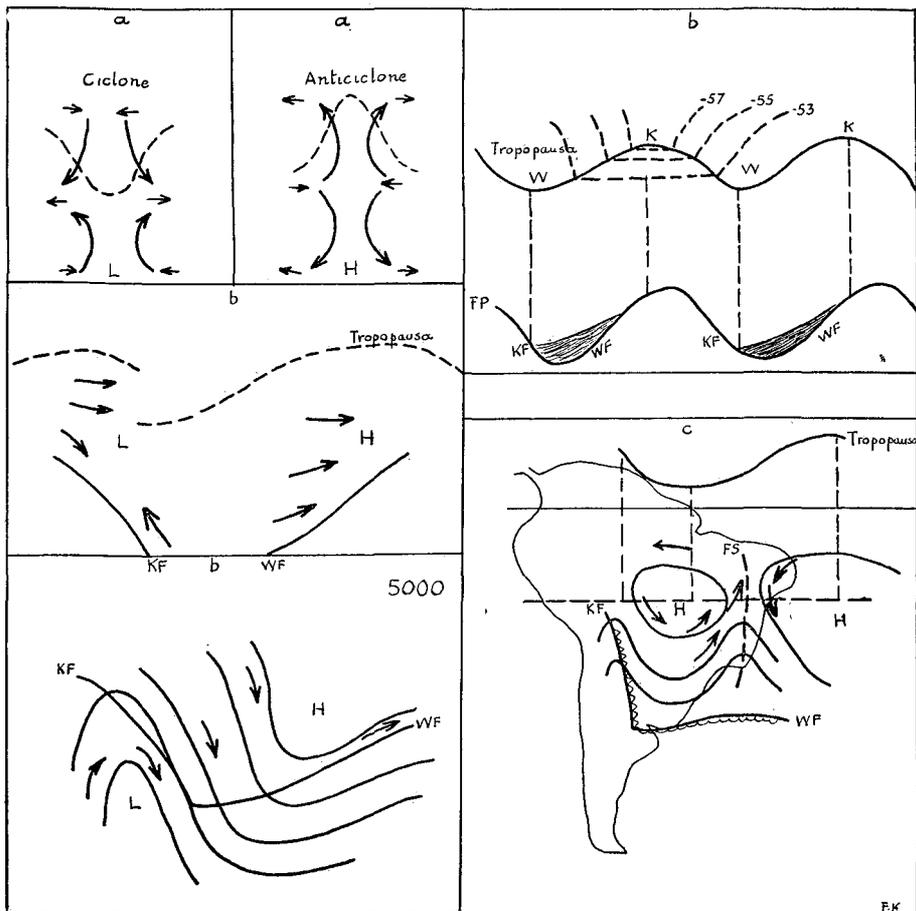
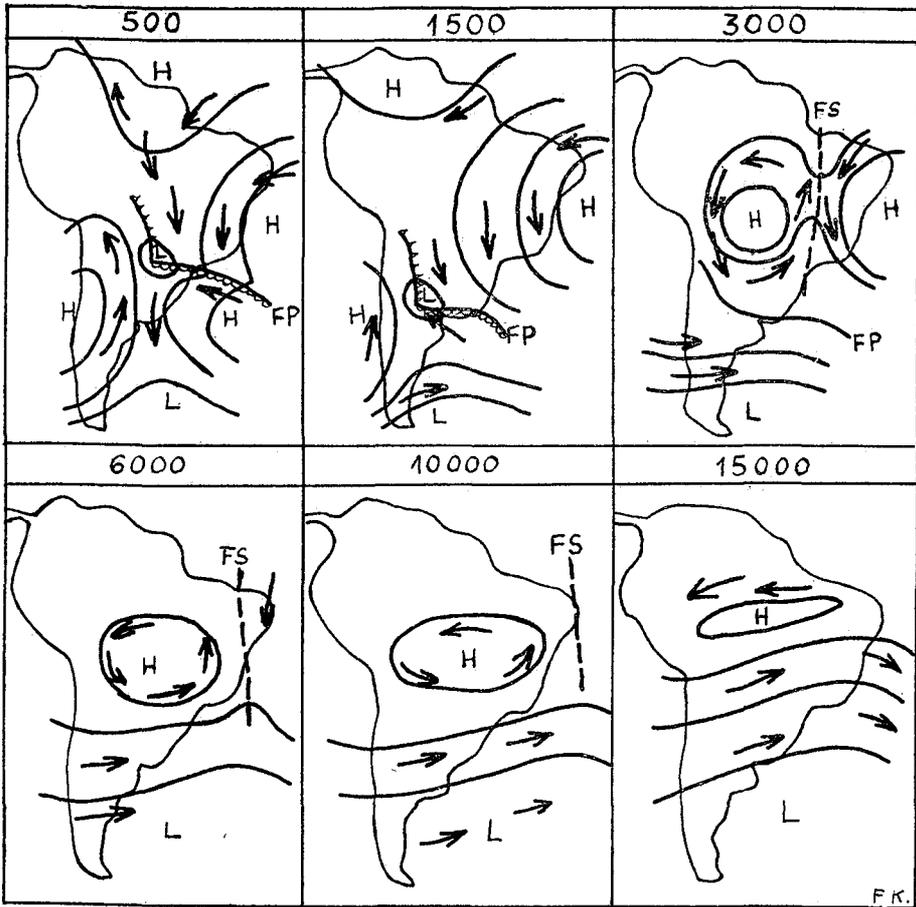


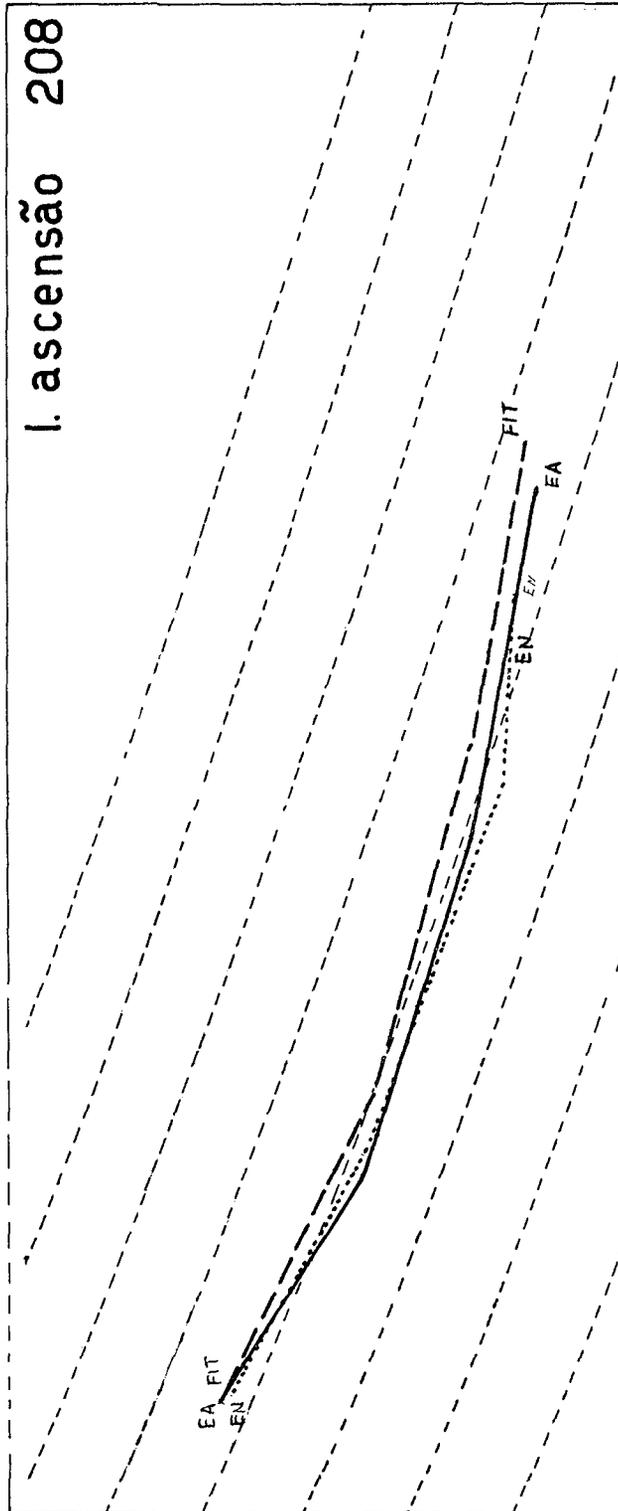


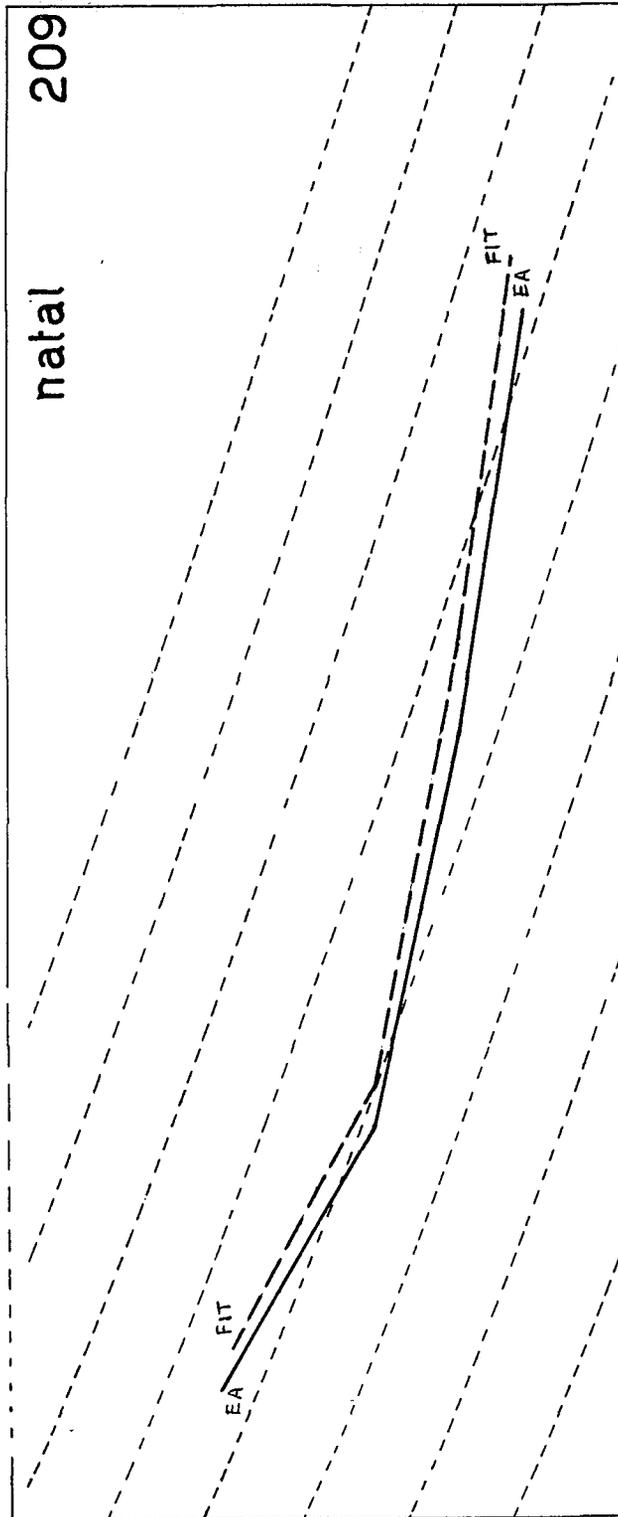
204

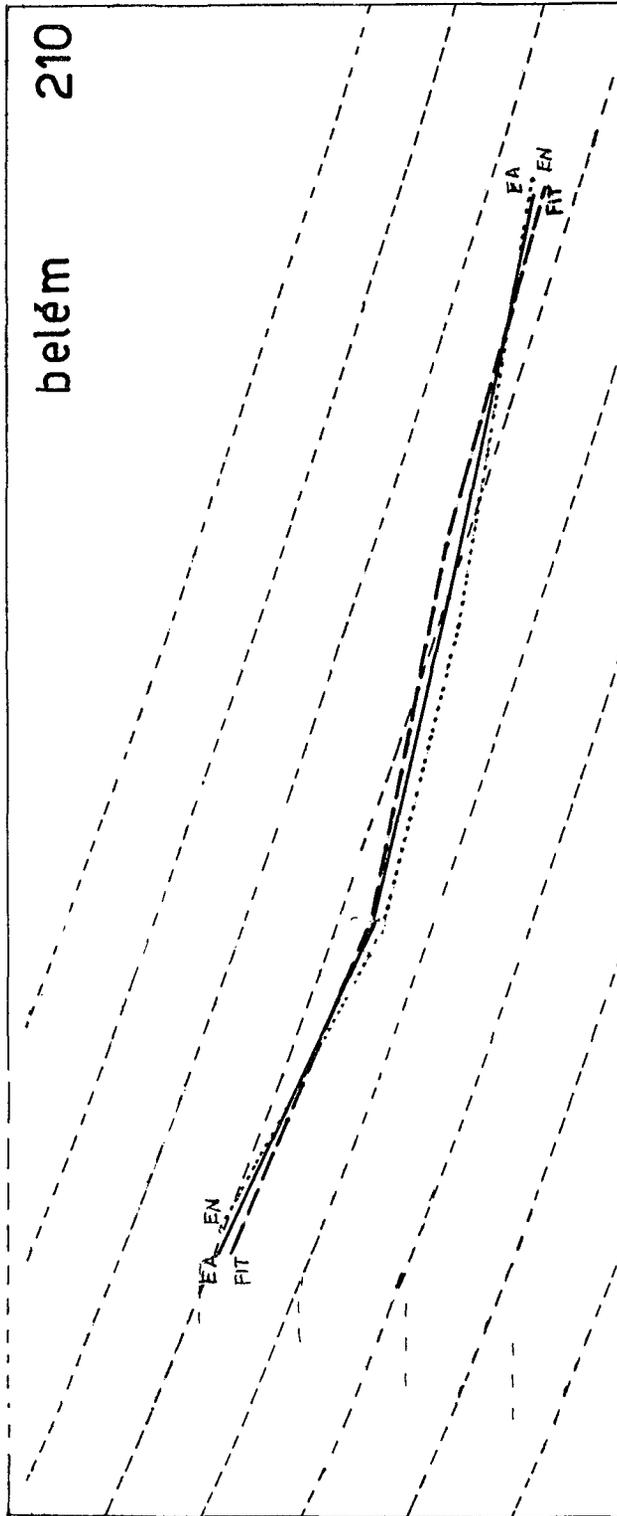


205

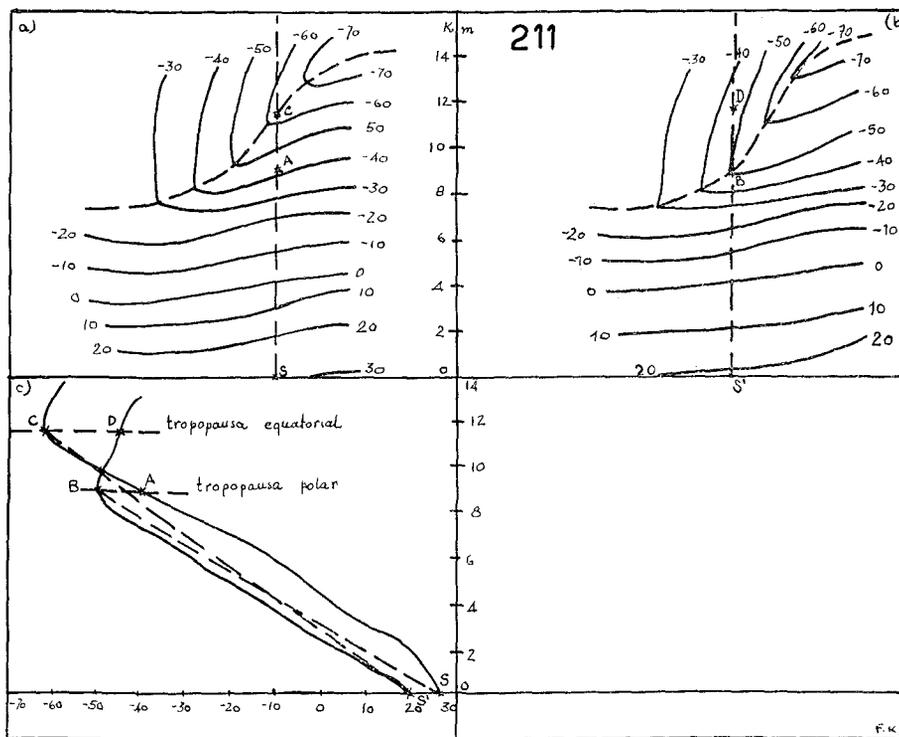












RÉSUMÉ

Cet article représente une suite aux études sur les sécheresses du Nord-Est, déjà commencées lors de la publication intitulée "Climatologie Équatoriale". Il contient une analyse de la migration annuelle des précipitations qui accompagnent le Doldrum et qui ont lieu entre les mois de Janvier et Avril dans la région du Nord-Est. Pour justifier les notables anomalies constituées par les années de sécheresse ou d'inondation, l'auteur a jugé préférable, vu la complexité du problème, de commencer par l'étude des "variations diurnes" du temps, dont les causes sont décrites en détail.

Dans le premier chapitre, les années de 1932 et de 1935, qui correspondent respectivement à des périodes sèches et humides, ont été étudiées à travers 300 cartes synoptiques, ce qui a permis d'établir que les jours clairs coïncident avec les avancements des fronts provenant du Sud du Brésil, d'où résulte que les alisés du SE envahissent la région en provoquant, en même temps, une augmentation de la pression et de la température.

Les jours de pluie sont provoqués par les fronts qui se déplacent du SW vers le NE, qui chassent le centre d'action vers l'océan et permettent ainsi aux orages continentaux d'atteindre la région de Ceará. D'une manière analogue, la formation des grands cyclones dans la région de l'Argentine, provoque une aspiration de la circulation vers le Sud, tout en attirant les pluies du Doldrum jusqu'à la rivière du São Francisco.

Dans le second chapitre, l'auteur étudie la circulation normale supérieure, ainsi que leurs modifications, tout en montrant la grande importance de l'anticyclone qui se forme en altitude pendant l'été lequel pousse la tropopause, plus basse pendant l'été, vers l'Est et forme une discontinuité caractéristique. Ce fait est mis en valeur dans la troisième partie.

Une description des masses d'air, basée sur les sondages exécutés pendant l'année de 1944, est faite dans la troisième partie, et le mécanisme des changements du temps est ainsi expliqué d'une manière logique par les modifications de l'altitude de la tropopause, ce qui explique la raison pour laquelle les phénomènes équatoriaux se propagent toujours du haut vers le bas.

L'auteur n'a pas envisagé l'application des résultats acquis à la prévision des sécheresses, quoiqu'il juge le problème parfaitement résoluble, vu l'état actuel des connaissances scientifiques.

RESUMEN

El presente artículo prosigue las pesquisas sobre las sequías, ya iniciadas con la publicación de la "Climatología Ecuatorial". En ésta analizamos en conjunto la inmigración anual de las precipitaciones del doldrum quedando demostrado que las mismas ocurren desde enero hasta abril en la región noroeste. Para justificar las notables anomalías que constituyen los años de sequía o inundación, juzgamos mejor, dada la complejidad del problema, principiar por el estudio de las "variaciones diurnas" del tiempo, cuyas causas describimos en detalle.

En el primer capítulo las perturbaciones en dos años recientes, 1932 y 1933, respectivamente de lluvias escasas y excesivas, fueron examinadas a través 300 cartas sinópticas, quedando demostrado que los días claros coinciden con pequeños avances en el Brasil meridional, el aliseo de SE avanzando entonces sobre la zona en cuestión, donde se verifica un aumento simultáneo de presión y temperatura.

Ya las épocas húmedas son determinadas por las frentes de trayectoria suroeste-noroeste, las cuales, alejando el centro de acción para el océano, permiten que las tempestades continentales alcancen el Ceará. Igualmente la formación de los grandes ciclones en la Argentina, atrayendo toda la circulación para sud, arrastra los aguaceros del doldrum hasta el río San Francisco.

En el segundo capítulo, después de estudiar la circulación normal superior, las respectivas modificaciones son descritas, provandose la extrema importancia del anticiclón elevado de verano, el cual, fuera de formar una discontinuidad característica, conduce para este la tropopausa más baja de la depresión central, la influencia del facto siendo salientada en la tercera parte.

En ésta por fin, fuera de una descripción de las masas de aire, calcadas en los sondeos de 1944, el mecanismo de las mudanzas del tiempo encuienta su explicación lógica, de modo original, por medio de las modificaciones de altura de la tropopausa, así se justificando la razón de los fenómenos ecuatoriales que se propagan siempre de "arriba para abajo".

No cogitamos absolutamente en estas páginas de una previsión práctica de las sequías, que aunque perfectamente posible en el estado actual de la ciencia, permanece muy encima de los recursos del autor.

RIASSUNTO

Il presente articolo prosegue le ricerche sulle secche, iniziate con lo studio sulla "Climatologia equatoriale". In codesta opera l'autore analizzò in generale la migrazione annuale delle precipitazioni del "doldrum", ed accertò che queste precipitazioni avvengono de gennaio ad aprile nella regione del Nord-Est. Per spiegare le grandi anomalie, costituite dagli anni di secca o inondazione, l'autore preferisce, data la complessità del problema, cominciare con lo studio delle "variazioni diurne" del tempo, delle quali indaga le cause.

Nel primo capitolo espone i risultati dell'esame, compiuto su 300 carte sinottiche, delle perturbazioni in due anni recenti, 1932 e 1935, rispettivamente con piogge scarse e eccessive, dimostrando che i giorni sereni coincidono con piccole avanzate frontali nel Brasile meridionale; in tali periodi, l'aliseo di Sud-Est si estende sulla zona in questione, dove si manifesta un aumento simultaneo di pressione e di temperatura.

Le epoche di umidità sono determinate dalle fronti di traiettoria Sud-Ovest — Nord-Est, le quali, spostando il centro d'azione verso l'oceano, permettono alle tempeste continentali di raggiungere il Ceará. Analogamente, la formazione dei grandi cicloni nell'Argentina, attirando tutta la circolazione verso Sud, trascina gli acquazzoni del "doldrum" fino al fiume S. Francisco.

Nel secondo capitolo, l'autore, dopo aver studiato la circolazione superiore normale, ne descrive le modificazioni, dimostrando la grande importanza dell'alto anticiclone estivo, che, oltre forma una discontinuità caratteristica, conduce verso Est la tropopausa più bassa della depressione centrale. L'influenza di questo fatto è studiata nel terzo capitolo.

In questo capitolo, oltre una descrizione delle masse d'aria, fondata sui sondaggi del 1944, trova luogo una spiegazione originale e razionale dei cambiamenti di tempo, che vengono collegati con le modificazioni di altezza della tropopausa; così si spiega anche perché i fenomeni equatoriali si diffondono sempre dall'alto verso il basso.

L'autore non si propone di giungere alla previsione pratica delle secche. La ritiene possibile, allo stato attuale della scienza, ma non si sente sufficientemente preparato per tentarla.

SUMMARY

The present article continues the research studies on the "dry seasons", which were initiated with the publication of "Equatorial Climatology". In this study, we first analyze the overall picture of the annual migration of the doldrums precipitations, which we deduce occur from January in the northeast region. In order to explain the notable anomalies which constitute the years of dryness or of inundation, it seems better in view of the problem's complexity, to begin by studying the "daily variations" of the weather, the causes of which are described in detail.

In the first chapter by means of 300 synoptic maps, careful examination is made of disturbances in two recent years, 1932 and 1935, of scarce and excessive rainfall respectively. It is shown that clear days coincide with small frontal advances in southern Brazil, the aliseo of the southeast then advancing upon the northeast where a simultaneous increase of pressure and temperature takes place.

On the other hand, the humid epochs are determined by the front with a southeast-northeast trajectory. These push the center of action toward the ocean and permit the continental thunderstorms to reach Ceará. Likewise, the formation of great cyclones in Argentina attracting all circulation towards the south, pulls the showers of the doldrums as far south as the São Francisco river.

In the second chapter, after studying the normal upper circulation, various modifications are described. The extreme importance of the raised anticyclone of summer is demonstrated. The latter, besides forming a characteristic discontinuity, draws the lower tropopause of the central depression to the east. In the third part, the influence of this last fact is emphasized.

In the third and last part, besides a description of air masses, based on 1944 soundings, the mechanism of weather changes meets its logical explanation in an original manner. The mechanism is judged to be the modifications in the height of the tropopause. Thus is delineated the cause of equatorial phenomena always moving from "above to below".

It is not the author's intent or indeed his specialty to consider in this article the problem of practical prediction of these Northeastern dry seasons, although such prediction is perfectly possible in the present state of science.

ZUSAMMENFASSUNG

Der nachfolgende Artikel fährt in den Forschungen über die Trockenheiten, welche mit der Veröffentlichung über das "Equatoriale Klima" angefangen hat, fort. In diesem analysiert er die jährliche Wanderungen der Precipitationen des Doldrums und beweist dass dieselben von Januar bis April in der Gegend des Nord-Osten vorkommen. Um die bedeutenden Anomalien welche die Jahre der Trockenheit oder der Überschwemmungen bilden, zu rechtfertigen, halten wir es für besser, wegen der Komplexität des Problems, mit dem Studium der "täglichen Veränderungen" des Wetters, deren Ursachen wir in genauen beschreiben, anzufangen.

Im ersten Kapitel wurden die Veränderungen von zwei nicht zu weit entfernten Jahren, 1932 und 1935, welche das eine kaum, das zweite sehr viel Regen hatten, in 300 sinotischen Landkarten studiert und es wurde bewiesen, dass die hellen Tage mit den kleinen Vorläufern in Süd-Brasilien zusammenfallen, wo ein gleichzeitiges Steigen der Pression und der Temperatur festzustellen ist.

Die feuchten Perioden sind festgelegt durch die Trajekte Südwesten-Nordosten, welche, durch Abweichungen des Weges in die Richtung des Meeres, es ermöglichen, dass die Unwetter des Festlands Ceará erreichen.

Das Bilden von grossen Ciklonen in Argentinien, welche die ganze Circulation nach dem Süden hinzieht, treibt die Unwetter des Doldrums bis zum S. Francisco-Flusse.

Im zweiten Kapitel werden, nach dem Studium der normalen Circulation, die respektiven Veränderungen beschrieben und bewiesen, wie die erhöhten Asticlonen des Sommers wichtig sind, denn sie verursachen nicht nur eine charakteristische unterbrochene Kontinuität sondern bringen auch die Tipopausa in zentraler viel niedriger Depression nach dem Osten, deren Bedeutung in dem dritten Kapitel hervorgehoben wird.

In diesem werden nun der Mechanismus des Wetters und seine logische Erklärung erwähnt, wie auch der Grund dieser Phenomene welche immer von "oben nach unten" wirken.

In dieser kurzen Abhandlung wollen wir nicht versuchen, eine praktischen Voraussetzung der Trockenheiten festzulegen; denn obgleich solch ein Prozess absolut möglich ist, fehlen dem Verfasser doch die dazu nötigen Mittel.

RESUMO

La nuna artikolo daŭrigas la enketon pri la senpluvecoj, jam komencitan per la publikigo de la "Ekvatora Klimatologio". En tiu ĉi ni analizas tutkune la jaran migradon de la precipitaĵoj de la doldrums, per kiu elmontriĝis, ke ili okazas de januaro al apilo ĉe la nordorienta regiono. Por pravigi la notindajn anomaliojn, kiujn konsistigas la jaroj kun senpluveco aŭ inundo, ni preferas, pro la kompleksaĵo de la problemo, komenciĝi per la studo de la "tagaj variaĵoj" de la vetero, kies kaŭzojn ni priskribas detale.

En la unua ĉapitro la perturboj en du jursaj jaroj, nome 1932 kaj 1935, respektive kun malabundaj kaj abundaj pluvoj, estis ekzamenataj tra 300 sinoptikaj kartoĵoj, kaj tio elmontris, ke la helaj tagoj koincidas kun malgrandaĵ frontaj antaŭaĵoj ĉe la suda Brazilo, kaj tiam la tiado el sudoriento antaŭiras sur la parolitan zonan, kie efektiviĝas samtempa pligrandiĝo de premado kaj temperaturo.

Dume la malsekaj epokoj estas determinitaj de la frontoj de sudokcident-nordorienta trajektorio, kiuj, forigante la ag-centron al la oceano, permesas, ke la kontinantaj fulmotondroj atingu ŝtaton Ceará. Same la formado de la grandaj ciklonoj en Argentino, altiante la tutan cirkuladon suden, kuntienas la pluvegojn de la doldrums ĝis rivero São Francisco.

En la dua ĉapitro, post la studo de la supera normala cirkulado, estas priskribataj la respektivaj modifoj kaj oni pruvas la ekstreman gravecon de la alta somera anticiklono, kiu, kiom formi karakterizan nekontinuecon, kondukas orienten la tropopauzon pli altan de la centia malaltaĵo; la influon de tiu fakto reliefigas la tuta parto.

Fine, en tiu ĉi parto, krom priskribo de la aer-amasaĵoj, bazita sur la sondaĵoj de 1944, la mekanismo de la veteraj ŝanĝoj trovas ilian logikan klarigon, je originala maniero, de la altec-modifoj de la tropopauzo, kaj tiel pravigas kial la ekvatoraj fenomenoj diskreskas ĉiam de "supro malsupron".

Ni tute ne pripensas en tiuj ĉi paĝoj pri praktika antaŭkalkulo de la Senpluvecoj, kiu tamen estante tute ebla ĉe la nuna stato de la sciencoj, restas tre supera al la kapabloj de la aŭtoro.