

MFN= 007379
01 SID/SCD
02 6017
03 INPE-6017-PRE/2132
04 MET
05 S
06 as
10 Prakki, Satyamurty
10 Etchichury, Paulo Cesar
10 Studzinski, Caarem D.
10 Calbete, Nuri Oyamburo de
10 Lopes, Rosangela Rizani
10 Grammelsbacher, Iclea Assuncao V.
10 Glammelsbacher, Ernesto Alvin
12 A primeira friagem de 1990: uma descricao sinotica
14 43-51
30 Climanalise
31 5
32 5
40 Pt
41 Pt
41 En
42 <E>
58 CPTC
61 <PN>
64 maio <1990>
68 PRE
76 ESTUDOS DO TEMPO E DO CLIMA
82 <REGIAO SUL - BRASIL>
82 <SAO PAULO>
82 <MATO GROSSO DO SUL>
82 <MINAS GERAIS>
82 <GOIAS>
83 Observou-se a ocorrencia de duas ondas de ar frio que afetaram a Regiao Sul, Sao Paulo, Mato Grosso do Sul, sul de Minas Gerais e sul de Goias na segunda quinzena de maio do ano de 1990. As massas de ar frio, com pressoes centrais da ordem de 1030 mb, levaram cerca de 72 horas para se deslocar do continente ate o litoral da Regiao Sudeste do Brasil. O padrao do fluxo na alta troposfera apresentou forte confluencia das correntes de Sul e de oeste sobre o Paraguai, precedendo a friagem e ocorrencia de geadas nestas regioes. Verificou-se que os prognosticos do National Meteorological Center(NMC), com ate 72 horas de antecedencia, apontaram o acontecimento de friagem na Regiao Sul e adjacencias.
87 MONITORAMENTO
87 PREVISAO DE TEMPO
87 FRIAGEM
90 b
91 FDB-19961016
92 FDB-MLR

A PRIMEIRA FRIAGEM DE 1990: UMA DESCRIÇÃO SINÓTICA

Prakki Satyamurty ⁽¹⁾
Paulo Cesar Etchichury ⁽¹⁾
Caarem Studzinski ⁽¹⁾
Nuri Oyamburo Calbete ⁽¹⁾
Rosangela Rizani Lopes ⁽²⁾
Icléa Assunção V. Grammelsbacher ⁽²⁾
Ernesto Alvin Grammelsbacher ⁽²⁾

(1) Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE São José dos Campos

(2) 7º Distrito de Meteorologia - DNEMET - São Paulo
Universidade Estadual de São Paulo - UNESP - Bauru

RESUMO

Observou-se a ocorrência de duas ondas de ar frio que afetaram a Região Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul, sul de Minas Gerais e sul de Goiás na 2ª quinzena de maio do ano de 1990. As massas de ar frio, com pressões centrais da ordem de 1030 mb, levaram cerca de 72 horas para se deslocar da costa oeste do continente até o litoral da Região Sudeste do Brasil. O padrão do fluxo na alta troposfera apresentou forte confluência das correntes de sul e de oeste sobre o Paraguai, precedendo a friagem e ocorrência de geadas nestas regiões. Verificou-se que os prognósticos do National Meteorological Center (NMC), com até 72 horas de antecedência, apontaram o acontecimento de friagem na Região Sul e adjacências.

ABSTRACT

Two waves of cold air invasions affected southern Brazil, States of São Paulo and Mato Grosso do Sul and southern parts of Minas Gerais and Goiás in the second fortnight of May 1990. The cold air masses with high pressure center of the order of 1030 mb took roughly 72 hours to move from Chile to the São Paulo coast. The upper tropospheric flow pattern showed a strong confluence of southern and western streams over Paraguay, which preceded the cooling and frosting in the southern Brazil and parts of São Paulo and southern Minas Gerais. The numerical guidance issued by National Meteorological Center (NMC), Washington, indicated the freezing events 48 to 72 hours in advance.

INTRODUÇÃO

O fenômeno geada tem sido objeto de constantes estudos da comunidade científica, devido aos seus efeitos danosos sobre agricultura das Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País.

É bastante conhecido que as primeiras massas de ar frio de origem polar atingem o território brasileiro, principalmente as Regiões Sul, Sudeste e sul do Centro-Oeste, no final de abril e no início de maio.

Nos últimos anos, as primeiras geadas causadas pela invasão de massa de ar frio no território brasileiro ocorreram nos meses de abril e maio. Em 1988, a primeira geada ocorreu entre os dias 24 e 29 de maio e atingiu os Estados da Região Sul e o sul do Mato Grosso do Sul (Climanálise, 1988). Já em 1989, a primeira geada ocorreu em abril, nos dias 21 e 22, afetando apenas as regiões serranas do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Climanálise, 1989).

Vale lembrar que as geadas mais fortes no passado recente aconteceram no final de maio de 1979 e na terceira semana de julho de 1981, atingindo as Regiões

Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Essas geadas foram estudadas por Fortune e Kousky (1983).

As primeiras geadas deste ano ocorreram na segunda quinzena de maio, com intensidades moderadas a fracas.

Este estudo tem como objetivo apresentar uma descrição desse episódio com base no material utilizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE, no monitoramento de tempo, e pelo 7º Distrito de Meteorologia do Departamento Nacional de Meteorologia (DNEMET) na sua rotina diária de previsão de tempo. Considera-se também que a avaliação pós-fato é tão importante quanto o monitoramento em tempo real.

CARACTERIZAÇÃO DO FENÔMENO

A) TEMPERATURAS MÍNIMAS

As temperaturas do mês de abril e início de maio do corrente ano registraram valores anormalmente quentes em todo o País ao sul de 15°S, com desvios

positivos de aproximadamente 4°C em relação à média (Climanálise, 1990).

Na segunda quinzena de maio ocorreu uma mudança nesta situação com a chegada da primeira massa de ar frio, que atingiu o extremo sul do Brasil no dia 16, causando queda acentuada de temperatura. A Tabela 1 apresenta as temperaturas mínimas registradas em algumas estações meteorológicas de superfície selecionadas, representativas das regiões atingidas pela massa de ar frio.

Pode-se verificar que as temperaturas mínimas no Rio Grande do Sul, principalmente no interior, caíram da ordem de 5°C do dia 15 para o dia 16. No restante da Região Sul e no Mato Grosso do Sul, registraram-se quedas da ordem de 6 a 7°C do dia 17 para o dia 18. Um dia após, no dia 19, o Estado de São Paulo e sul de Minas Gerais também sofreram queda de aproximadamente 6°C nas temperaturas mínimas.

Observa-se também, através da Tabela 1, que entre os dias 19 e 21 houve um ligeiro aumento nas

temperaturas mínimas, voltando a declinar no dia 22 em consequência da entrada de uma segunda massa de ar frio.

Foi observada a ocorrência de geadas amplas nos estados da Região Sul, entre os dias 22 e 25, inclusive com registros de temperaturas negativas no abrigo meteorológico. É interessante notar que em algumas estações meteorológicas localizadas nas regiões serranas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná ocorreu neve no dia 18, antecipando a geada.

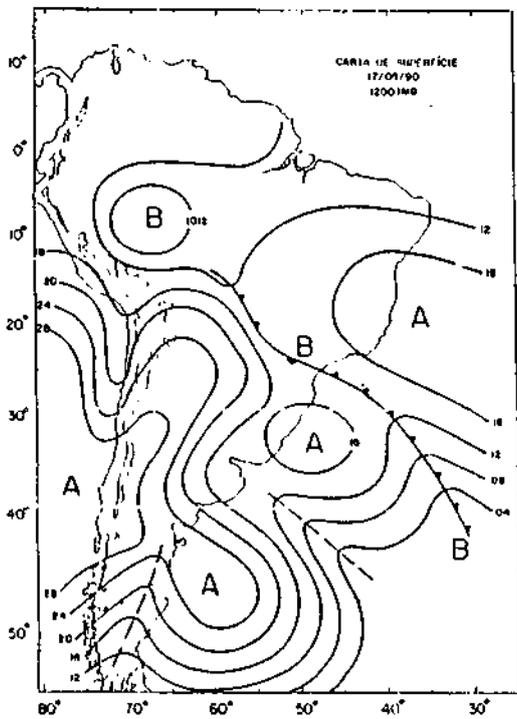
B) DESCRIÇÃO SINÓTICA EM SUPERFÍCIE

No início da segunda quinzena de maio, uma massa de ar moderadamente frio atingiu o Rio Grande do Sul, causando um decréscimo nas temperaturas mínimas. No dia 17, a carta de superfície das 12:00 TMG (Figura 1) mostra uma massa de ar frio, localizada no oeste da Argentina e Chile entre as latitudes de 30 e 45°S, com uma pressão central de 1032 mb, apresentando temperaturas de 3°C.

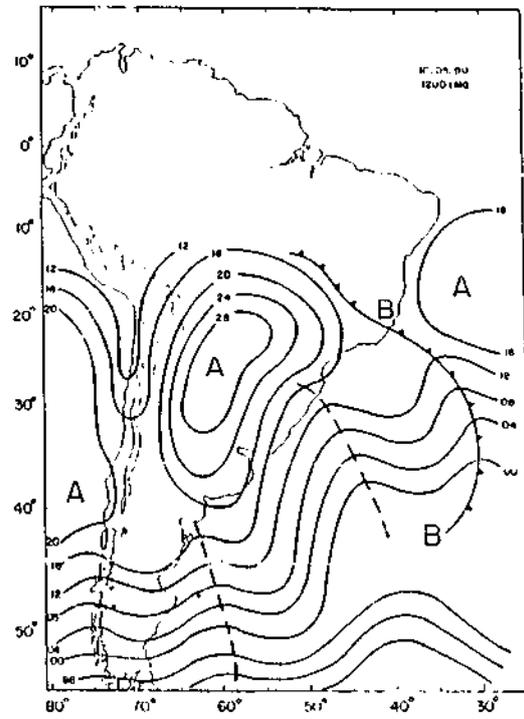
LOCALIDADE	TEMPERATURAS MÍNIMAS NO ABRIGO METEOROLÓGICO EM °C												
	DIAS												
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
BAGÉ-RS	12,4	5,7	9,0	7,5	5,2	7,7	6,4	3,8*	5,0	9,0	8,8	13,3	16,0
PORTO ALEGRE-RS	14,0	8,0	10,9	8,7	10,0	8,4	12,0	5,2	3,7	5,5	8,4	7,3	12,3
SANTA MARIA-RS	15,3	5,7	10,6	8,6	10,4	5,8	7,7	3,5*	2,4*	3,8*	6,6	10,3	18,8
BOM JESUS--RS	9,0	3,8	5,1	0,5*	2,0	4,5	4,6	0,5*	-1,8*	3,0*	5,5	5,5	8,8
CAXIAS DO SUL-RS	13,0	6,4	7,1	4,5	6,1	8,6	9,6	2,4*	3,4*	9,5	12,4	12,4	13,5
PASSO FUNDO-RS	13,2	7,4	7,6	4,5	6,4	8,3	8,7	1,0*	2,0*	5,4*	9,0	9,5	10,8
CAMPOS NOVOS-SC	10,8	7,0	9,8	2,2*	1,9	4,6	4,6	-0,3*	-0,6*	5,5*	6,8	6,3	10,6
FLORIANÓPOLIS-SC	17,1	13,5	13,1	10,5	12,2	10,7	13,0	7,0	5,3	8,5	8,9	9,4	13,0
SÃO JOAQUIM-SC	9,0	3,0	7,0	0,0†	2,0	5,6	6,6	-2,0*	1,5*	4,8*	-	10,8	10,0
LAGES-SC	10,0	6,1	10,6	4,0	6,0	5,1	8,1	2,3	-1,6*	1,2*	3,2*	4,0	5,6
LONDRINA-PR	16,2	16,6	17,4	8,0	4,2*	7,2	9,2	4,8	3,2*	5,4	8,2	10,0	12,6
CAMPO MOURÃO-PR	15,4	13,7	15,6	6,7	6,4	10,7	8,4	7,0	4,0*	5,4	6,9	9,6	11,6
CURITIBA-PR	11,6	12,2	11,7	5,2	4,3	3,2	7,0	0,6*	-1,0*	1,3*	3,4*	4,2	7,8
IRATI-PR	10,5	7,3	10,9	3,4	3,5	4,8	5,4	-1,7*	-1,6*	0,7*	2,0*	4,5*	6,8
PONTA PORÃ-MS	18,2	16,2	11,9	6,2	3,8	5,0	10,6	4,0	2,6*	7,2	11,8	14,0	13,6
CAMPO GRANDE-MS	17,6	18,2	18,9	8,2	6,4	6,4	10,2	6,2	4,6	11,7	17,8	19,0	18,0
DOURADOS-MS	17,4	17,0	14,2	7,7	3,2	6,4	8,6	7,0	3,0*	6,2	9,6	9,8	13,0
SÃO SIMÃO-SP	17,2	17,8	18,4	13,0	2,8*	4,6	7,5	6,5	4,4	8,6	12,4	10,5	11,9
FRANCA-SP	17,2	16,2	18,2	11,2	4,9	7,1	13,8	9,8	7,8	13,2	14,8	14,7	15,9
SÃO PAULO-SP	15,7	17,6	16,7	11,3	5,4	9,8	11,4	10,5	5,8	9,5	11,0	12,2	13,0
CAMPOS DO JORDÃO-SF	7,2	12,3	13,9	10,6	-2,4*	-1,2*	3,2	1,4	-2,0	-1,0	3,0	3,8	3,2
SÃO LOURENÇO-MG	10,0	14,5	-	14,8	2,7*	4,0*	5,2	4,5*	2,7*	4,4*	6,4	5,5	7,0

Fonte: 7^o DISME

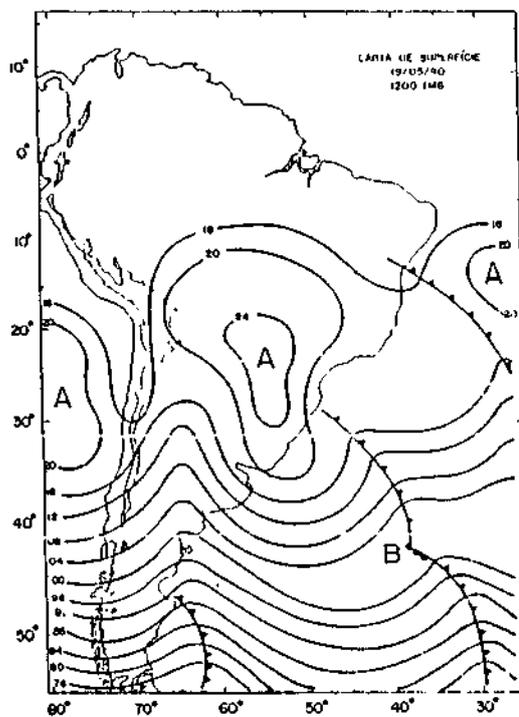
Tabela 1: Temperaturas mínimas de algumas estações representativas das regiões atingidas pelas massas de ar frio, em maio de 1990. * significa ocorrência de neve e • ocorrência de geada.



a)



b)



c)

Figuras 1a, 1b e 1c: Sequência correspondente à situação sinótica em superfície nos dias 17, 18 e 19 de maio de 1990.

A Figura 2 apresenta esquematicamente a progressão desta massa de ar frio e o sistema frontal na sua vanguarda. No dia 17, as 12:00 TMG a frente fria localizava-se entre os Estados do Paraná e São Paulo. A sua passagem causou chuvas intensas da ordem de 40 mm nas 24 horas precedentes, sobre Santa Catarina e sul do Mato Grosso do Sul. A seqüência da situação sinótica em superfície nos dias 17, 18 e 19 está mostrada nas Figuras 1a, 1b e 1c.

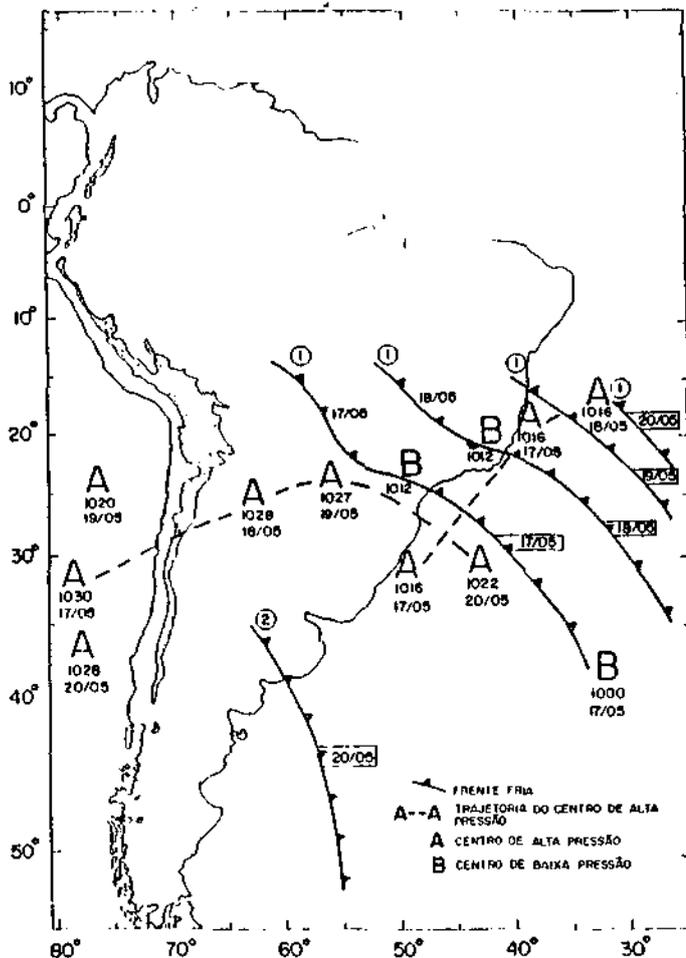


Figura 2: Percurso do centro da alta pressão associado à primeira massa de ar frio entre os dias 17 e 20 de maio.

Verifica-se que no dia 18 o centro da alta pressão com valor de 1030 mb deslocou-se para norte, a leste da cordilheira dos Andes, e situou-se próximo de 25°S-62°W. A frente fria associada situava-se no norte do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Goiás, com a atividade pluviométrica bastante reduzida. O centro de baixa pressão e a oclusão desta frente situavam-se em 35°S-45°W. Um cavado de mesoscala desenvolveu-se na retaguarda do sistema frontal, dentro da massa de ar frio, sobre o litoral de Santa Catarina, o qual foi responsável pela queda de neve nos pontos mais altos das regiões serranas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. A Figura 3 mostra a imagem do satélite GOES no canal infravermelho termal do dia 18 de maio de 1990, na qual se verifica a presença de nebulosidade sobre o Rio Grande do Sul e Santa

Catarina, associada a esse cavado de mesoscala dentro da massa de ar frio, que propiciou a formação de neve.

Observou-se que o campo de vento em superfície apresentava componente ageostrófica para fora do centro da alta pressão, indicando o posterior enfraquecimento do centro de alta pressão e a queda de temperatura no norte da Região Sul e sul das Regiões Sudeste e Centro-Oeste. No dia 19, verificou-se o enfraquecimento do centro da massa de ar frio para 1024 mb, que se localizou no sudeste do Mato Grosso do Sul, com sensível diminuição das temperaturas mínimas nos Estados de São Paulo e Mato Grosso e regiões adjacentes. Neste dia, ocorreram geadas isoladas no norte e centro-leste do Paraná e em alguns pontos da Serra da Mantiqueira em São Paulo. Esta situação permaneceu no dia 20.

Uma alta polar continental, com seu centro de 1032 mb em 33°S 66°W no dia 21, repetiu o comportamento sinótico e percurso da massa anterior, com mais intensidade e maior área de abrangência, afetando regiões até 10°Sul (Figura 4). Aliada às condições já existentes de baixas temperaturas e umidade do ar, esta nova massa de ar intensificou o frio e as condições favoráveis à ocorrência de geadas.

As baixas temperaturas e condições de geadas permaneceram até o dia 23, com o deslocamento do centro da alta pressão para leste.

No dia 24 o centro da Alta já se localizava sobre o Oceano Atlântico em 27°S-35°W. Os ventos de norte a nordeste desse centro propiciaram o aumento das temperaturas nas regiões ao norte de 22°Sul.

Pode-se observar através das Figuras 2 e 4 que o centro da alta pressão (massa de ar frio) levou 72 horas para atingir o litoral da Região Sudeste, desde que ultrapassou os Andes, entre aproximadamente 35-40°S.

C) AR SUPERIOR

No dia 17, o centro de baixa pressão em 700 mb localizou-se no litoral do Uruguai, com o cavado associado em 500 mb estendendo-se de Buenos Aires para o norte da Argentina. Este sistema deslocou-se no dia 18 para o litoral norte do Rio Grande do Sul. A corrente de jato em 250mb, a noroeste do cavado registrou 100 nós, com uma forte confluência das correntes de sul e de oeste sobre o norte da Argentina (Figura 5a), indicando uma intensa baroclinia na região neste dia.

No dia 19, houve indicação de deslocamento do núcleo do jato para leste. Neste dia observou-se uma circulação anticiclônica bem definida em 850 mb sobre norte da Argentina, Paraguai, Uruguai e sul do Brasil, mostrando assim uma extensão vertical da massa de ar frio na atmosfera.

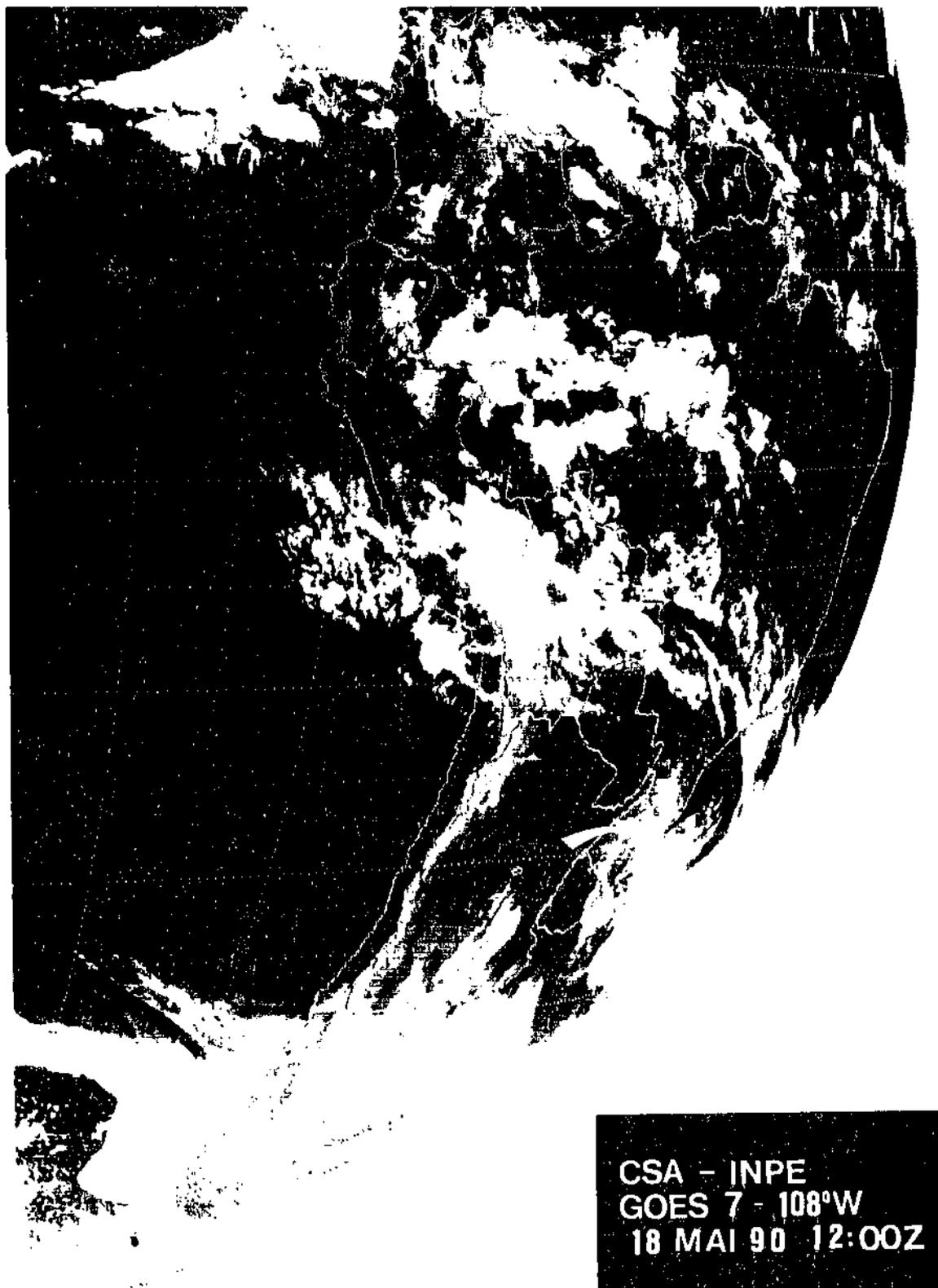


Figura 3: Imagem do satélite GOES do canal infravermelho às 12:00 TMG do dia 18 de maio de 1990, que mostra a situação sinótica que ocasionou neve na região serrana da Região Sul.

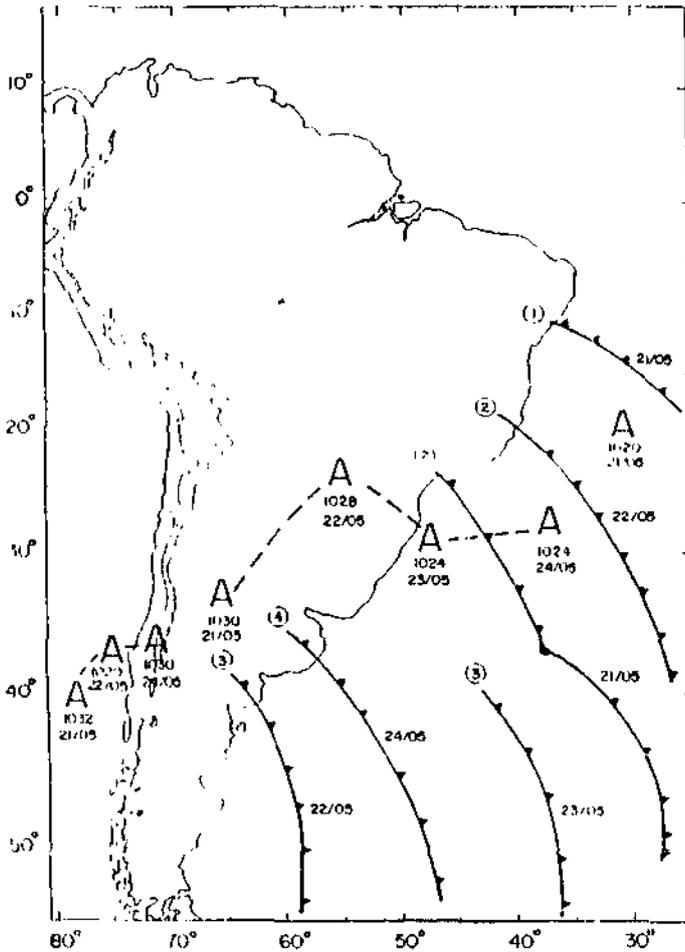


Figura 4. Percurso do centro da alta pressão associado à segunda massa de ar frio entre os dias 21 e 24 de maio.

No dia 20 a circulação em 250mb mostrava dois cavados, um sobre o sudeste do Brasil e outro na Argentina Central. O cavado sobre a Argentina Central se amplificou no dia 21, mais uma vez mostrando a forte confluência das duas correntes no nordeste da Argentina e sul do Paraguai (Figura 5b). Esta configuração precedeu a penetração da segunda massa de ar frio no território brasileiro.

O núcleo da corrente de jato deslocou-se para o litoral de São Paulo no dia 22. A situação em 850 mb, verificada nesse dia, repetiu a do dia 19.

Um fator importante que contribui para as incursões das massas polares e subtropicais em latitudes médias e subtropicais é a amplificação das ondas de larga escala (onda número 5 ou 6). Este fator não foi possível verificar por falta de disponibilidade de dados hemisféricos. Na escala regional a situação sinótica que favorece friagens e geadas no outono e inverno no território brasileiro tem uma crista intensa no litoral do Chile e um sistema ciclônico extratropical em desenvolvimento no litoral Argentino em torno de 40°S, com seu cavado associado projetando-se para noroeste sobre a Região Sul do Brasil, Paraguai e adjacências. A Figura 6 mostra esta situação em 500 mb no dia 17. A mesma situação se repetiu no dia 21, precedendo a

incursão da segunda massa de ar frio para norte de 25°S no Brasil.

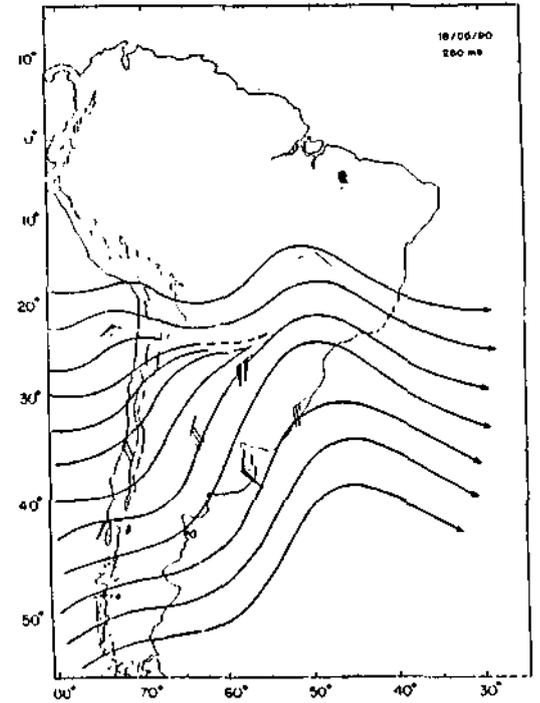


Figura 5a: Linhas de corrente em 250 mb, correspondentes ao dia 18 de maio às 12:00 TMG, mostrando uma forte confluência das correntes de sul e oeste sobre o norte da Argentina.

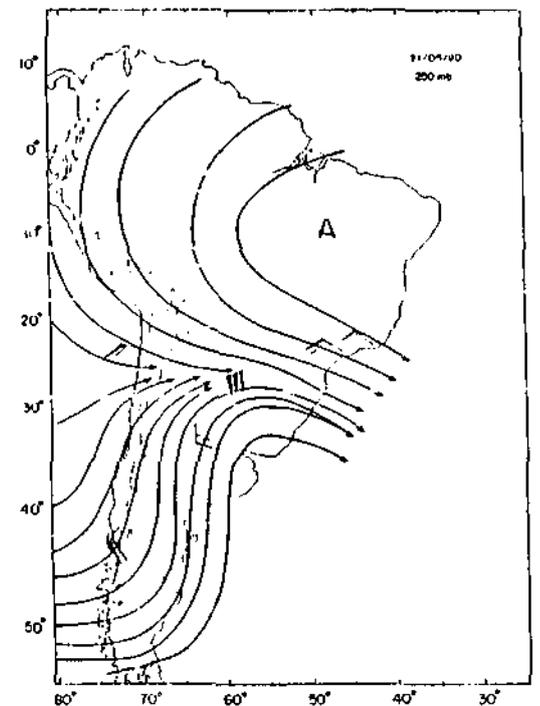


Figura 5b: Linhas de corrente em 250 mb do dia 21 de maio às 12:00 TMG, que mostram uma forte confluência das correntes de jato sobre o nordeste da Argentina e sul do Paraguai.

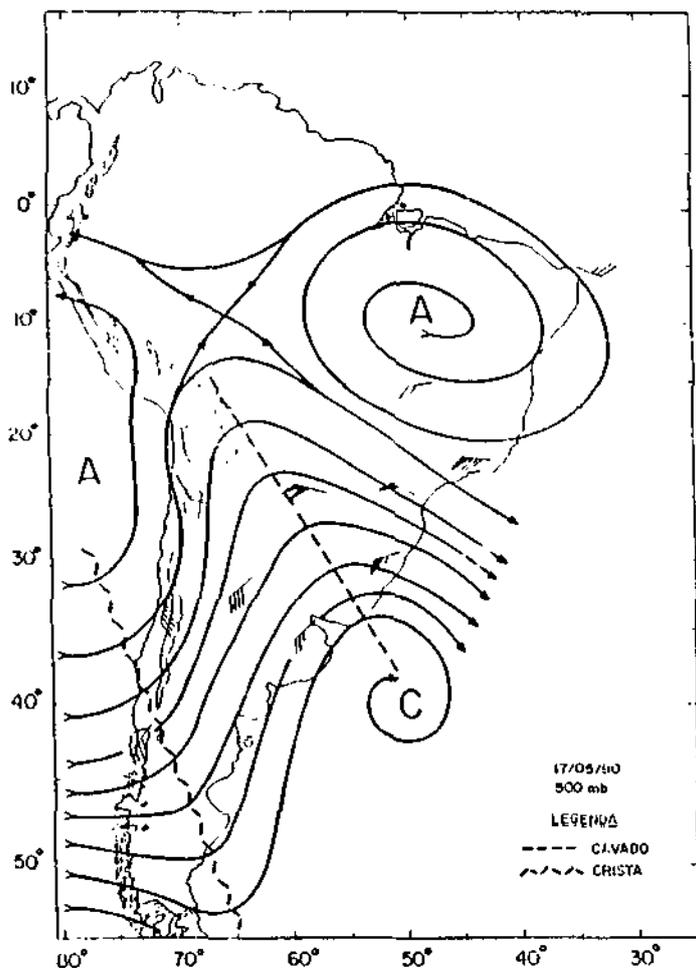


Figura 6: Linhas de corrente em 500 mb do dia 17, que mostram uma crista intensa no sul do continente e um sistema ciclônico extratropical em desenvolvimento no litoral da Argentina.

VERIFICAÇÃO DOS PROGNÓSTICOS

A verificação dos prognósticos dos modelos numéricos de previsão de tempo é imprescindível para a atividade de previsão do tempo, mais ainda quando ocorrem fenômenos de grande importância, tais como geadas.

As previsões de curto e médio prazo provenientes dos modelos do National Meteorological Center (NMC) mostraram concordância com as observações. A Figura 7 apresenta os campos prognósticos de pressão em superfície gerados para os dias 17, 18 e 19 (como prognósticos para 24, 48 e 72 horas), a partir de 00:00 TMG do dia 16 de maio. Pode-se observar nesta figura que o centro da alta pressão com o valor central superior a 1028 mb, adentrando o continente vindo do Pacífico no dia 17, deslocou-se para norte no dia 18 para se posicionar no norte da Argentina (28°S, 65°W), permanecendo o mesmo valor central. No dia seguinte este centro deslocou-se para leste (28°S, 60°W).

Considerando a defasagem de 12 horas entre os prognósticos e as análises (Figura 1), pode-se dizer que houve concordância com observações segundo as quais

o centro de alta pressão localizou-se em 26°S, 60°W às 12:00 TMG do dia 18 e em 25°S, 55°W às 12:00 TMG do dia 19.

Todavia o cavado de mesoscala, responsável pela neve na Região Sul, não foi resolvido nos prognósticos do NMC apresentados. Sistemas desta escala realmente precisam de maior densidade de dados de entrada e de uma alta resolução na sua saída, o que não é possível através dos dados GRID (boletins numéricos em forma de grade igualmente espaçada, que contêm os campos prognósticos) recebidos no INPE, pois estes são transmitidos com espaçamento de 5 em 5 graus.

A Figura 8 mostra os prognósticos de 48 e 72 horas válidos para as 12:00 TMG dos dias 17 e 18, provenientes do Centro Europeu (ECMWF), correspondentes aos painéis a e b da Figura 1. As posições previstas do centro da Alta localizaram-se cerca de quatro graus ao sul das posições observadas, isto é, em 39°S, 68°W no dia 17 e em 30°S, 64°W no dia 18, e os valores centrais da pressão foram de quatro a seis milibares maiores do que os observados. As discrepâncias nas intensidades dos centros de pressão entre ECMWF e NMC foram observadas em outras épocas também (Satyamurty e Etchichury, 1990).

Os boletins do "South American Desk" (SAD) do NMC (Bonner et alii, 1989), emitidos somente em dias úteis da semana, indicaram a queda de temperatura na Região Sul e progressivamente nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, durante o período de 17 e 18 de maio, um ligeiro aumento nos dias 19 e 20 e uma nova queda da temperatura no dia 21, o que estava de acordo com a observação (vide Tabela 1).

Ressaltou-se que o SAD apresenta apenas uma descrição geral dos fenômenos previstos, não se preocupando com a regionalização e quantificação destas previsões.

CONCLUSÕES

A segunda quinzena do mês de maio registrou friagens fortes e geadas isoladas na Região Sul, nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e no sul de Goiás e de Minas Gerais, devido às incursões de duas massas de ar frio de origem polar. As duas massas apresentaram aproximadamente o mesmo percurso, levando cada uma delas por volta de três dias para se deslocar do Pacífico leste em torno do 40°S para o norte da Argentina, Paraguai e Litoral Paulista. Em ambos os casos a situação na alta troposfera (250 mb), que precedeu a entrada da massa de ar frio no Território Brasileiro, apresentou uma confluência de duas correntes de jato, uma vinda do sul e outra do oeste, confluindo sobre o Paraguai. Em 500 mb observou-se uma crista intensa no litoral chileno e um ciclone extratropical no Litoral Argentino nos dias que antecederam as friagens.

Os prognósticos dos modelos numéricos do NMC e do ECMWF previram bem o movimento do centro da alta pressão na superfície com até 72 horas de antecedência. Todavia, o cavado de mesoscala, responsável pelo fenômeno de neve, na retaguarda de um grande sistema frontal, não foi indicado devido a problemas de resolução.

Esta friagem não pode ser considerada anormal; pode-se esperar até o final da estação de inverno a ocorrência de novos episódios desta natureza.

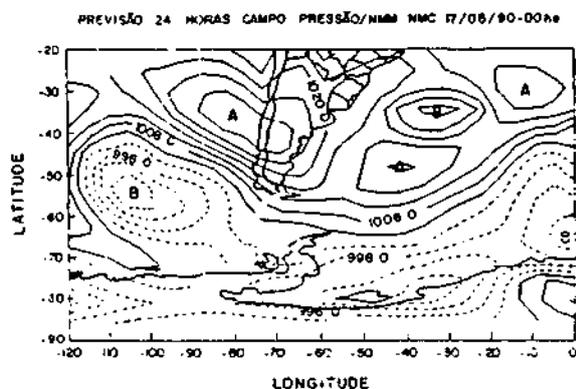
Este trabalho serviu para captar e documentar alguns padrões meteorológicos que acompanharam o evento, para os quais o previsor deve estar atento.

AGRADECIMENTOS

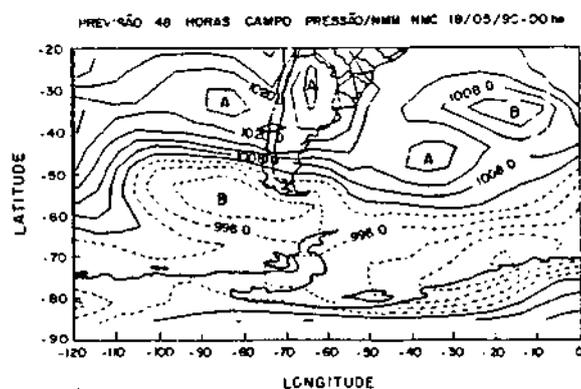
Agradecemos aos Drs. Carlos A. Nobre e Pedro Leite da Silva Dias a revisão do trabalho e as valiosas sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

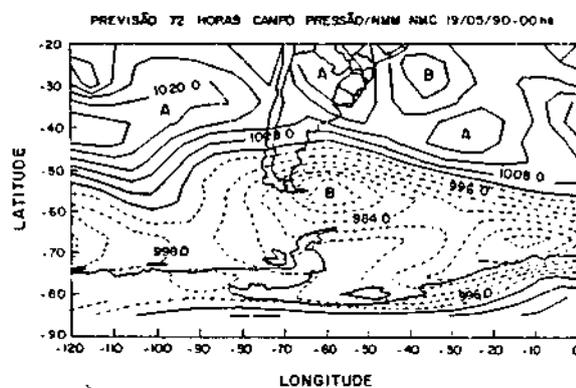
- Bonner, W. D.; Kalnay E.; Satekpole J. D.; Kousky V. E., 1989: Numerical Weather Prediction For The Southern Hemisphere At NMC Washington. Extended Abstracts Third International Conference On Southern Hemisphere Meteorology & Oceanography, 13-17 Novembro 1989, Buenos Aires, Argentina.
- CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática, 3, no 5, 1988.
- CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática, 4, no 4, 1989.
- CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática, 5, no 4, 1990.
- Fortune, M.A. and Kousky V. E., 1983: Two Severe Freezes in Brazil: Precursors and Synoptic Evolution. Monthly Weather Review, 111, 181-196.
- Satyamurty, P. e Etchichury, P. C., 1990: Uma Avaliação Subjetiva dos Produtos Numéricos do NMC Sobre a Região da América do Sul no Verão de 1988-89. (a ser publicado).



a)

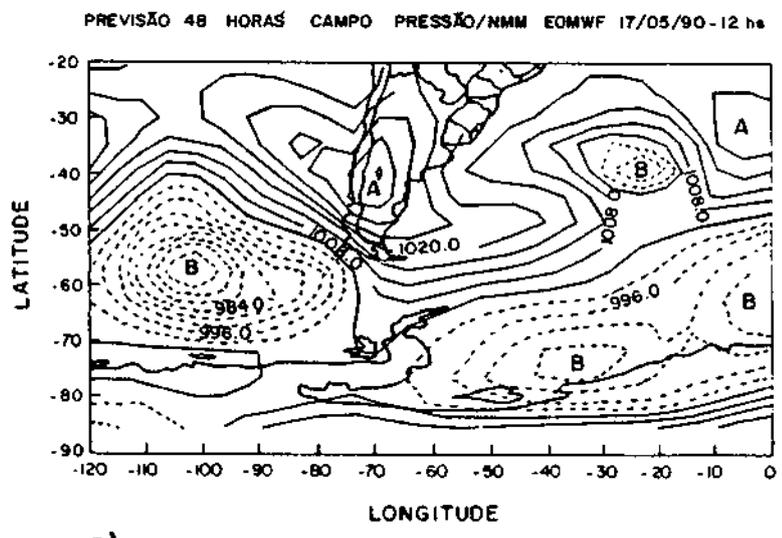


b)

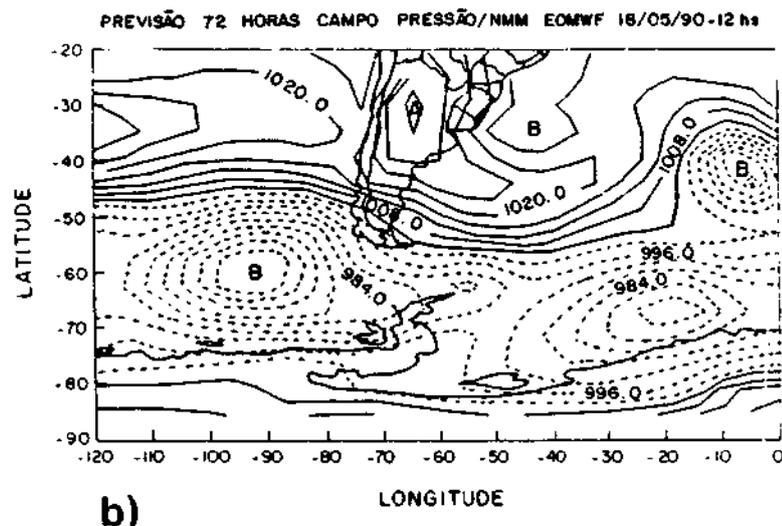


c)

Figuras 7a, 7b e 7c: Campo de pressão à superfície. Prognósticos de 24, 48 e 72 horas respectivamente, gerados pelo National Meteorological Center (NMC).



a)



b)

Figuras 8a e 8b: Campo de pressão à superfície. Prognósticos de 48 e 72 horas, respectivamente, gerados pelo Centro Europeu (ECMWF).