

Universidade de São Paulo – USP
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG
Departamento de Ciências Atmosféricas – ACA
Meteorologia Sinótica

Geadas

É o processo através dos quais cristais de gelo são depositados sobre uma superfície exposta, que resulta do fato de que a temperatura da superfície caiu até a temperatura do ponto de orvalho, havendo a condensação do vapor d'água adjacente sobre a superfície e em seguida seu congelamento (sendo esta passagem *muito rápida*).

Na *Meteorologia*, define-se a ocorrência de geada quando há deposição de gelo sobre plantas e objetos expostos ao relento. Isso ocorre sempre que a temperatura atinge valores abaixo de 0°C e tem umidade na atmosfera. No entanto, mesmo com formação de gelo sobre as plantas pode não haver morte dos tecidos vegetais, por elas estarem em repouso vegetativo.

Em *Agronomia*, entende-se geada como fenômeno atmosférico que provoca a morte das plantas ou de suas partes, em função da baixa temperatura do ar que acarreta congelamento dos tecidos vegetais, havendo ou não formação de gelo sobre as plantas.



Figura 1



Figura 2



Figura 3

Período de ocorrência

Durante o período maio-setembro, toda a Região Sul sente os efeitos típicos do inverno. Sucessivas e intensas invasões de frentes de altas latitudes trazem, geralmente, chuvas abundantes seguidas por massas de ar muito frias. A entrada dessas massas é acompanhada de forte queda de temperatura que atinge valores pouco superiores a 0°C, e não raramente chega a temperaturas negativas, proporcionando a ocorrência de geadas (Nimer, 1979).

Em algumas localidades serranas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina podem ocorrer geadas durante todo o ano.

Tabela 1: Massas de ar frio, geadas amplas ou parciais e precipitação de neve ocorrida no período de 1988-1996 sobre a Região Sul. Fonte: Climanálise especial. Edição comemorativa de 10 anos.

Massas de ar frio				
Meses	Total	Ampla	Parcial	Neve
Abril	10	00	10	00
Mai	30	07	23	03
Junho	33	11	21	04
Julho	28	11	17	12
Agosto	28	09	14	06
Setembro	25	04	16	02
Outubro	13	00	08	00

Regiões mais afetadas

Região Sul, Mato Grosso do Sul, oeste e sul do Estado de São Paulo, região da Serra da Mantiqueira (norte de SP e sul de MG), e, ocasionalmente, no sul de Goiás e Triângulo Mineiro.

Classificação

- Quanto à intensidade, as geadas são classificadas em:
 - **Fraca** (temperatura do ar no abrigo está entre 3 e 5°C);
 - **Moderada** (entre 1 e 3°C) e forte ($\leq 0^\circ\text{C}$);
- Quanto a gênese, que considera os processos de formação, as geadas são classificadas em:
 - **Advectiva**: provocadas por injeção de ar com temperaturas muito baixas; está associada com o deslocamento de uma

massa de ar frio, com a presença de ventos fortes, temperaturas muito baixas e alguma nebulosidade acompanhando o sistema.

- **Radiativa:** ocorre o resfriamento intenso da superfície, que perde energia durante as noites de céu limpo e sob o domínio de sistemas de alta pressão, os quais favorecem a perda de radiação infravermelha para o espaço e o consequente resfriamento da superfície e do ar adjacente. Portanto este tipo de geada está associada a noites frias, sem nuvens, em condições de vento calmo e inversão térmica.
- **Mista:** ocorre quando ambos os processos citados acima estão presentes.

Obs: Para a nossa região o processo radiativo é crucial para o fenômeno; porém este não ocorrerá sem a intrusão de massas de ar frio e seco.

- Quanto ao aspecto visual:
 - **geada "branca"** (mais comum): congela a parte superficial da cultura, ocorre em condições de maior umidade do ar, quando efetivamente existe o congelamento de água;
 - **geada "negra"**: congela a parte interna da cultura, ocorre em condições de pouca umidade.



Figura 4

Em geral, a geada branca não provoca danos para culturas mais tolerantes, pois embora a água congele a 0°C , a temperatura letal pode estar bem abaixo deste valor.

A suscetibilidade das culturas agrícolas às geadas varia com a espécie e com o estágio fenológico das plantas no momento da ocorrência. Considera-se que -2°C seja a temperatura crítica mínima da folha abaixo da qual se iniciam os danos nas plantas de espécies menos resistentes, como a bananeira, o mamoeiro, e o arroz. Para espécies mais resistentes, como o cafeeiro, a cana-de-açúcar e os citros, o limite é de -4°C . Os danos serão mais graves e extensos quanto maior for a queda de temperatura abaixo desses limites.

Na geada negra, a planta morre antes que ocorra formação e congelamento do orvalho. Em alguns casos, mesmo que a temperatura do ar esteja um pouco superior a 0°C , a intensidade do vento associada com a baixa umidade provocará a desidratação dos tecidos vegetais, podendo causar-lhes a morte.

Condições para formação

- Noite de céu claro: quando não há nebulosidade a temperatura pode cair cerca de 7°C em 12 horas devido à perda radiativa (perda da energia na forma de radiação de onda longa).
- Massas de ar frio (advecção térmica negativa): quando há advecção térmica negativa e perda radiativa a queda de temperatura poderá atingir mais de 12°C em 12 horas.
- Temperatura da relva: em noites de céu claro, a temperatura da relva (ou a temperatura medida com o termômetro em contato com a superfície ou a vegetação) registra aproximadamente 4°C abaixo da temperatura do abrigo meteorológico (aproximadamente 1,5 metros acima da superfície). Portanto, se a temperatura do ar for $\leq 4^{\circ}\text{C}$ haverá condições de formação de geada.
- Vento calmo: noites de céu claro favorece a formação da geada "branca".
- Regiões Montanhosas ou regiões relativamente elevadas.
- Depressões (Vales) em regiões montanhosas: nestas regiões formam-se "lagos" de ar frio devido ao acúmulo de ar que desce as encostas vizinhas.

Estudos realizados

Vários estudos relacionados à situação sinótica favorável para a ocorrência de geada foram realizados no passado, com o objetivo de detectar evidências sobre a ocorrência deste fenômeno com alguns dias de antecedência.

Muitos desses trabalhos procuraram observar os aspectos da circulação atmosférica por meio de estudos de casos.

A evolução típica da ocorrência de geada no Sul do Brasil inicia com a entrada de um anticiclone extratropical sobre o continente da AS, associado com uma massa de ar frio proveniente do Oceano Pacífico (Marengo *et al.*, 1997). Esse sistema se intensifica ao propagar-se rapidamente pela Argentina, devido a sua interação com a onda topográfica gerada pelos Andes (Seluchi e Neri, 1992; Gan e Rao, 1994). A baixa nebulosidade, devido à subsidência do ar na região do sistema anticiclônico, juntamente com a diminuição de velocidade do vento e a perda radiativa de onda longa da atmosfera para espaço, favorece a queda acentuada de temperatura.

Frequentemente ocorre a intensificação de um centro de alta pressão na Argentina devido ao acúmulo de ar frio a leste dos Andes sobre o continente, proporcionado por um sistema de baixa pressão na costa Atlântica da AS (Pezza, 2003). Segundo Seluchi *et al.* (1998), a presença de um anticiclone à leste da montanha propicia acúmulo de ar frio a noroeste do mesmo, em parte pelo efeito da advecção fria e em parte pela presença da barreira topográfica. A grande extensão meridional da cordilheira, e o fato dela ser mais elevada ao norte são fatores fundamentais neste sentido.

Em geral os anticiclones migratórios associados a massas de ar de origem polar, cruzam o Oceano Pacífico, invadem o continente entre as latitudes de 35 e 45°S, e deslocam sobre o Oceano Atlântico entre 25 e 35°S (Lima e Satyamurty, 1991), se unindo com a Alta Subtropical do Atlântico Sul.

Entretanto, as incursões de ar frio sobre as regiões subtropicais dependem das características do escoamento em altos níveis, que em determinadas condições podem dar indícios do deslocamento dos sistemas frontais e das massas de ar frio com alguns dias de antecedência.

Fortune e Kousky (1983)

Analísaram as geadas 1979 e 1981 com os seguintes dados:

- GARP: programa internacional de coleta de dados no HS (1979);
- 50 bóias de deriva no Pacífico e Atlântico Sul;
- Sondagens do TIROS-N;
- Radiosondagens convencionais;
- Vetores de vento a partir de movimento das nuvens do NESS-USA;
- Imagens IR a cada 90 minutos recebidas pelo INPE (1981 somente até 42°S);
- Análises operacionais do NMC (1981 sem temperatura).

O caso de 1979:

- O caso de 31 de maio e 1 de junho de 1979 atingindo 4 estados;
- A pior desde 1975 (que foi a pior do século) e ocorreu antes do normal (junho-julho);
- Divisão em três fases:
 - Aquecimento prévio (26 e 27 de maio) que antecede a formação frontal na AS; serão analisadas as condições no Pacífico;

- Frontogênese que envolve a formação de uma frente fria na Argentina e seu subsequente avanço para o sul do Brasil em 28-29 de maio;
- Invasão do ar frio, com ênfase nos locais de menores temperaturas observadas;
- Aquecimento prévio, como indicado nas Figuras 5 e 6.
 - Dois cavados de onda longa no Atlântico e no Pacífico meio parados por cerca de 6 dias;
 - Em 24 e 25 de maio, as temperaturas quase chegaram a 0°C no sul do país;
 - Poucos indícios sobre o desenvolvimento do cavado no Pacífico;
 - Presença de um fluxo de oeste-noroeste sobre o Pacífico e crista sobre Chile;
 - Um cavado de onda curta passeando por este escoamento causou todo o estrago; à medida que caminhou da crista para o cavado, em direção a latitudes mais baixas, teve sua circulação ciclônica aumentada (conservação de vorticidade absoluta).

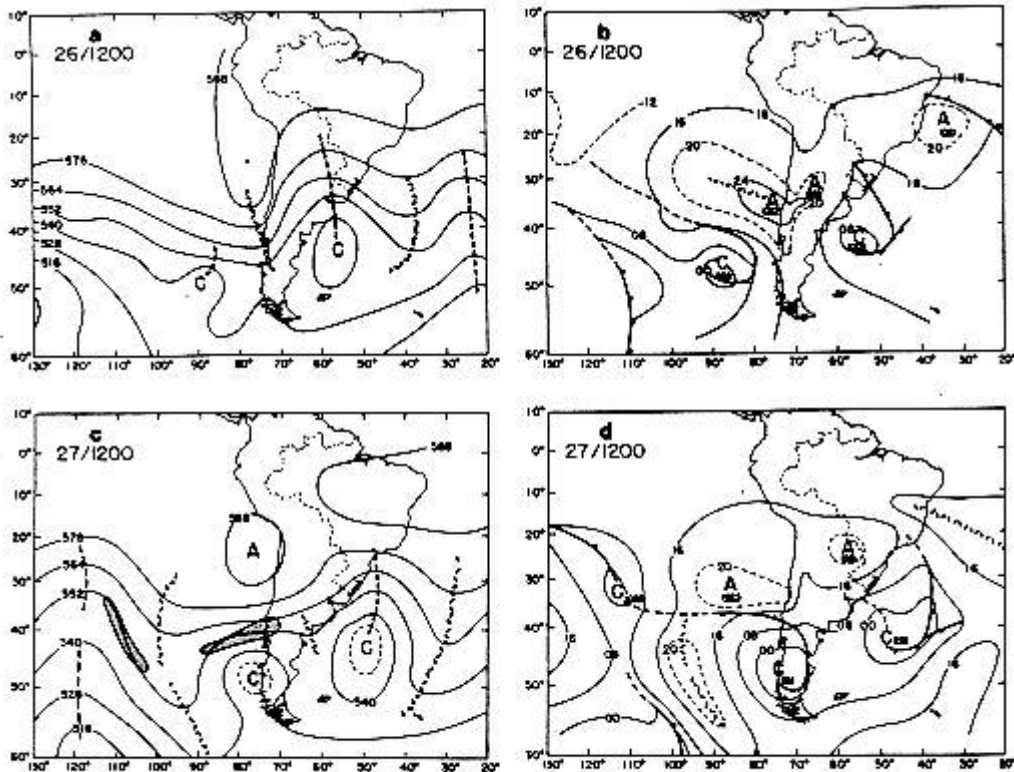


FIG. 2. Analyses for 26 May 1979, (a) at 500 mb and (b) at the surface; and for 27 May 1979, (c) at 500 mb and (d) at the surface. In (a) and (c), height contours are drawn at 12 dam intervals, and zones where winds exceed 50 m s^{-1} ($\sim 100 \text{ kt}$) at the 250 mb level are shaded. In (b) and (d), isobars of sea-level pressure are drawn at intervals of 8 mb, anticyclones (A) and cyclones (C) are shown with central pressure underlined, and troughs, ridges and fronts are drawn conventionally.

Figure 5

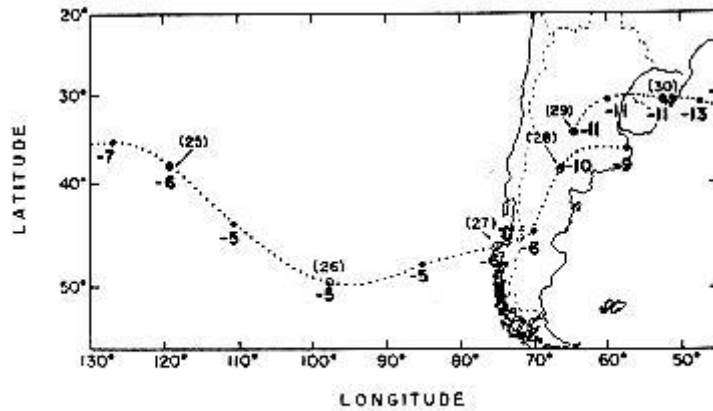


FIG. 3. Trajectory of the vorticity center V of a short-wave trough. The alternating large dots and circled dots represent the 0000 and 1200 GMT positions, respectively. They are labeled by the day in parentheses and by the vorticity (negative, in units of 10^{-5} s^{-1}).

Figure 6

- Frontogênese, como mostrado nas figuras 7, 8 e 9:
 - O cavado no Pacífico se intensificou e a alta em superfície abrangeu toda a costa do Chile orientando-se meridionalmente e estando um pouco a leste do cavado em altitude.
 - Mais a leste, o cavado de onda curta, agora na Argentina, está se mergindo com o cavado de onda longa do Atlântico; assim uma frente é formada na Argentina.
 - Além disso, a presença de um jato de altos níveis bem posicionado propicia maior intensificação do sistema advectando vorticidade ciclônica do cavado de onda longa para a região do distúrbio baroclínico.
 - Em 500 mb, a crista no Pacífico atinge seu máximo em 29 de maio e estabeleceu-se um fluxo para norte no lee-side dos Andes por cerca de 2500 km e depois se curvava entrando no Brasil por noroeste.
 - Em superfície, a alta cruzando os Andes formou uma “engrenagem” com o ciclone que se localizava no Atlântico, ocasionando fortes ventos advectando ar frio na direção norte.
 - Isto fez com que a frente fria experimentasse rápido desenvolvimento, expandindo-se e avançando para nordeste.
 - O domo de ar frio advectado pode ser visto nas isotermas de 700 mb.
 - Algumas linhas de instabilidade também se desenvolveram adiante e na retaguarda da frente.

- Aparentemente a frente fria se dissipou sem avançar muito mais, porém as estações de superfície a detectaram a 60 km do equador em 1 de junho.

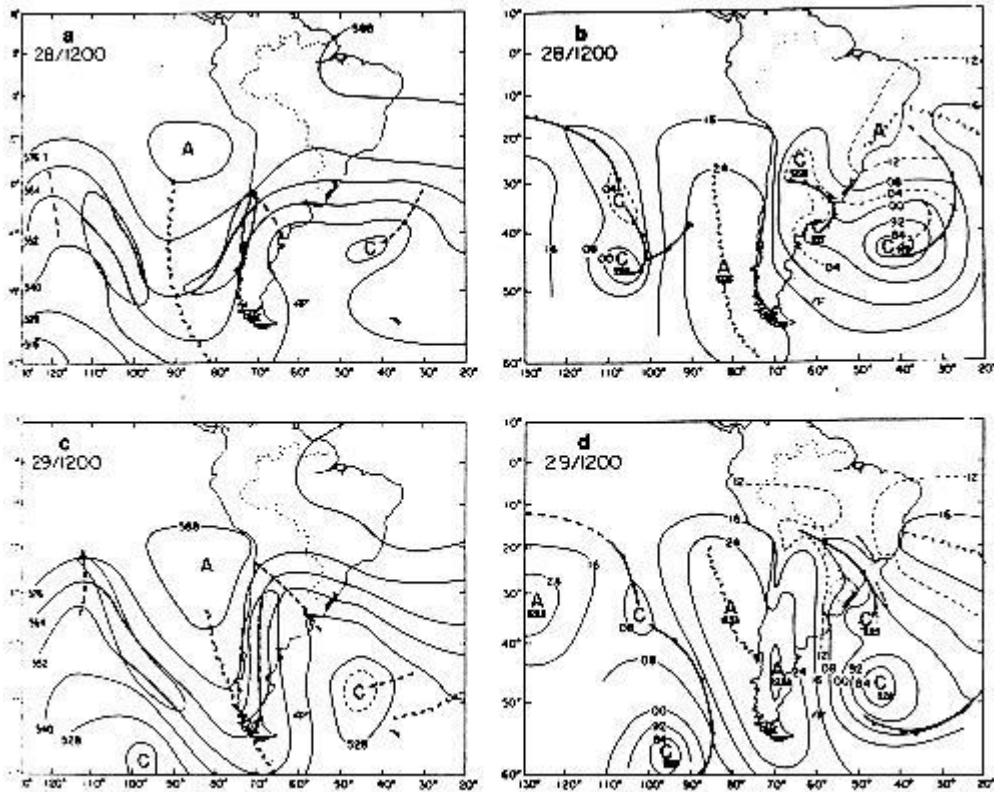


FIG. 5. Analyses for 28 May 1979, (a) at 500 mb and (b) at the surface; and for 29 May 1979, (c) at 500 mb and (d) at the surface. Symbols as in Fig. 2.

Figura 7

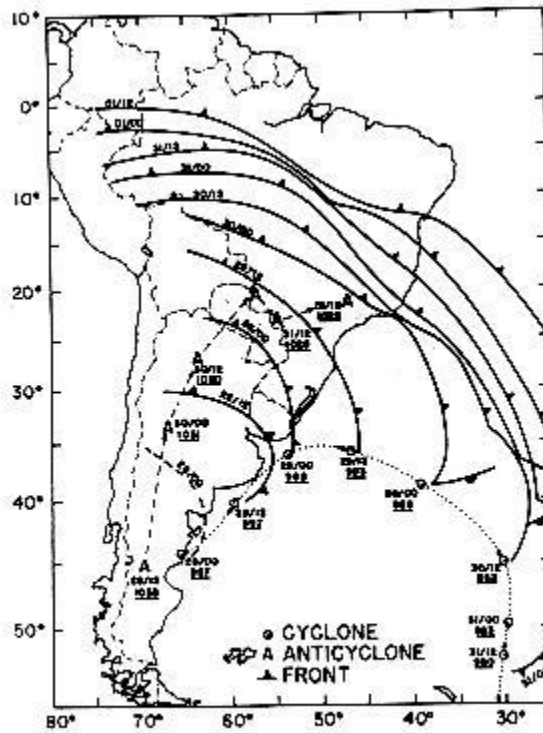


FIG. 5. Advance of the cold front from formation until dissipation. Day and hour of frontal passage are written on the left end of the front. The trajectory of the associated cyclone is shown as a dotted line; circled dots indicate position every 12 h, and the central pressure is underlined. The trajectory of the polar anticyclone, with central pressure similarly indicated, is shown by the dashed line.

Figura 8

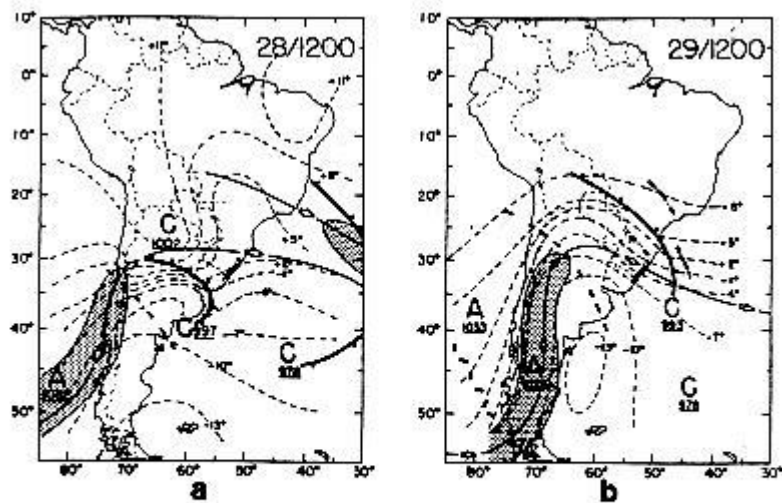


FIG. 6. Composite analyses of frontogenesis, at 1200 GMT on (a) 28 May 1979 and (b) 29 May 1979. Surface fronts (heavy lines with bars), anticyclones A and cyclones C as in Fig. 2, isotherms at 700 mb (dashed lines) at intervals of 3°C, and jet stream axis at 250 mb (thin line with arrow) with areas of wind speed > 30 m s⁻¹ (100 kt) shaded. Trough axis at 250 mb is a heavy dashed line. Squall lines are heavy dashed-dot lines.

Figura 9

- Invasão de ar frio, como mostrado na Figura 10:
 - A configuração do escoamento que promoveu a advecção para norte de ar frio persistiu sobre o continente por mais de 2 dias, quando uma massa realmente fria atingiu o Brasil.
 - O cavado do Atlântico em seu estágio mais desenvolvido e as espessuras em 30°S são como valores típicos para 55°S.
 - Em termos de vorticidade, o valor incomum de $-13 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ foi alcançado no cavado.
 - Com o céu claro e condições calmas, as temperaturas nas duas noites seguintes foram muito baixas.

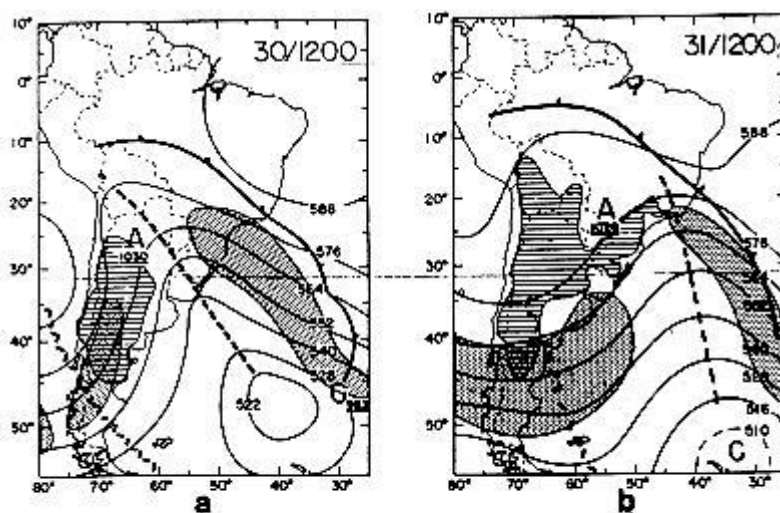


FIG. 9. Composite analyses at 1200 GMT on (a) 30 May 1979 and (b) 31 May 1979. Height contours, ridges and troughs at 500 mb are shown as in Fig. 2a. Positions of surface fronts, highs and lows are superimposed as in Fig. 6. Winds at 250 mb exceed 50 m s^{-1} in the shaded areas. Horizontal-line hatching indicates areas where minimum temperatures at the surface were at or below 0°C during the previous night.

Figura 10

O caso de 1981:

- Em certos aspectos, a fase de aquecimento prévio foi parecida com a de 1979, mas a condição sinótica foi bem distinta.

- Um cavado invadiu o sul da AS em 14-15 de julho, e essa situação persistiu por quase toda a semana.
- Além disso, uma onda curta (para variar!) que passeava pelo escoamento amplificou o sistema crista-cavado.
- O eixo do cavado começou a se inclinar para oeste, desprendendo um vórtice ciclônico, que ao se propagar para leste e depois sudeste fez avançar o ar frio e seco pelo interior do país.
- A perda radiativa das noites subsequentes promoveu a ocorrência de geadas em uma grande área.
- A advecção fria causou uma alta de superfície que fez com a frente avançasse pelo interior do Brasil, chegando a cruzar o equador.

É ilustrativo comparar as condições precedentes aos eventos de 1979 e 1981, os pontos em comum são:

- Frontogênese no Pacífico imediatamente corrente abaixo a um cavado se amplificando em 120°W, cerca de 4 a 5 dias antes do evento.
- Uma crista se amplificando que se entende em direção a sudeste, 3 dias antes.
- Um período de 2 dias que as linhas de corrente se orientaram norte-sul na Argentina.
- A formação ou intensificação de um sistema frontal no norte da Argentina ou no Sul do Brasil, 1 a 2 dias antes.

Porém, elas diferiram basicamente em duas maneiras:

- As cristas e cavados sucessivos atingiram seus máximos em amplitude defasados em cerca de 10° em longitude para oeste em 1979, com efeito de introduzir o ar mais frio pelo oeste.

- Em 1981, após a amplificação, a porção norte do cavado se fechou, fazendo com que a massa de ar frio se propagasse mais lentamente do que em 1979.
- Desta forma, desde os primeiros indícios de formação de um anticiclone polar na Argentina até a noite de geada mais intensa no Brasil, tem-se seis dias em 1981 contra apenas dois em 1979.

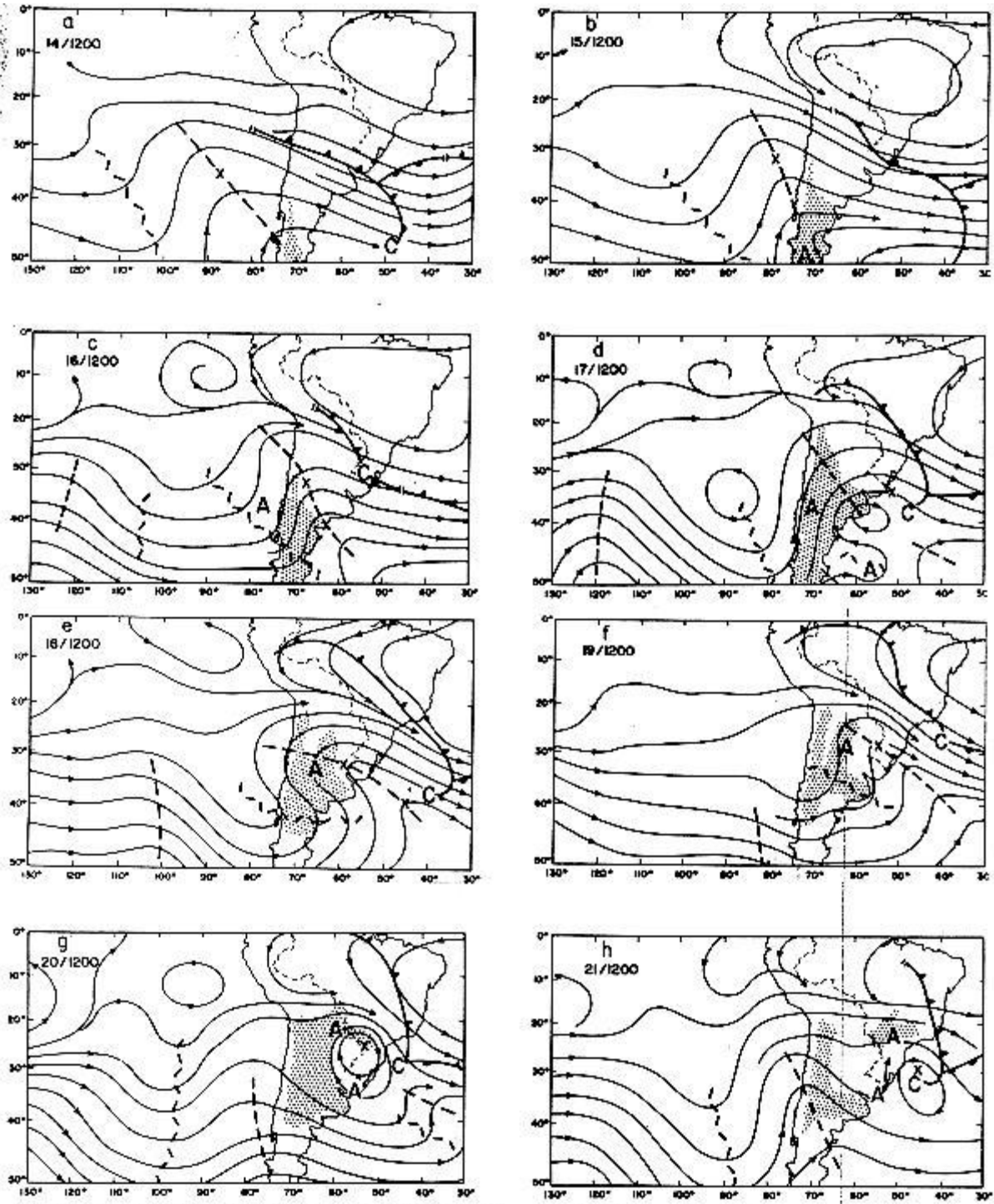


FIG. 10. Synoptic analyses of the South American sector from 14 to 21 July 1981; day and hour GMT in the upper left corner. Thin contours are 500 mb streamlines; the troughs, ridges and cyclonic vorticity centers (X) at this level, and the fronts at the surface are drawn conventionally. A and C mark anticyclones and cyclones at the surface respectively. Shaded area had minimum shelter temperatures at or below 0°C.

Figura 11

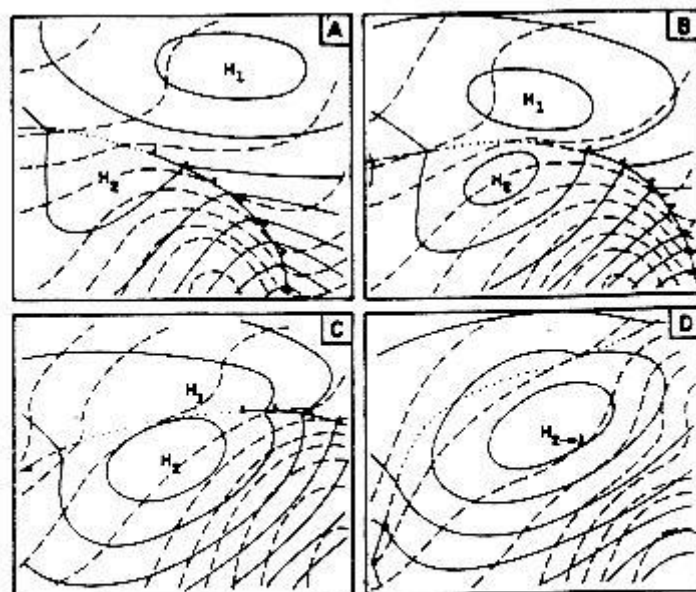


FIG. 1 - POLAR-OUTBREAK HIGHS. (MAINLY AFTER V. BJERKNES, J. BJERKNES, H. SOLBERG, AND T. BERGERON). (Adaptado para o hemisfério sul).

Figura 12

Poço dos Andes

No continente sul-americano, durante o inverno, a insurgência de ar polar em algumas situações adquire características peculiares com a formação de um centro de alta em níveis baixos e médios, denominado Poço dos Andes, que é o principal indicador da ocorrência de geadas.

Muitas vezes, ocorre o desenvolvimento da “Polar Outbreak High” que é a formação de uma alta subtropical na intrusão fria que se fecha e domina na circulação;

Nas imagens de satélite, são caracterizados por ausência de nebulosidade na costa do Chile, indicando a presença de um anticiclone frio na região.

"POÇO DOS ANDES"

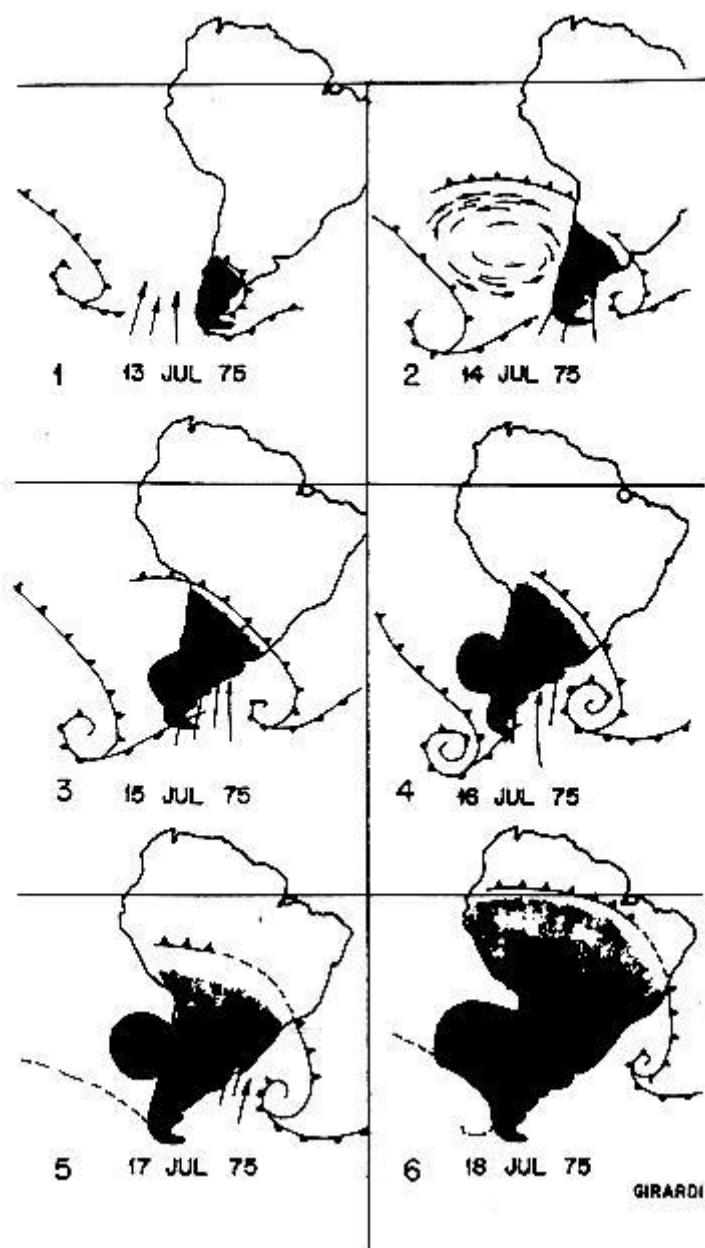


Figura 13: Esquematização do evento “Poço dos Andes”, baseada na seqüência fotográfica do satélite Geostacionário SMS-2, entre 13 e 18 de julho de 1975.

- Quadro 1 (Fig 13): Um ciclone extratropical no sul da AS e um sistema frontal no Pacífico, sendo que entre eles existe uma grande invasão de ar frio propiciada pelo ciclone extratropical.

Obs: Observe a inclinação da frente sobre o Pacífico, indicando cavado de grande amplitude meridional.

- Quadro 2 (Fig 13): Indícios da formação de um anticiclone na rampa de ar frio na costa do Chile, através dos movimentos das nuvens baixas sobre o Pacífico; enquanto isso, o ciclone extratropical continua evoluindo sobre o Atlântico, puxando mais ar frio.
- Quadro 3 (Fig 13): Ambos sistemas bem desenvolvidos e o anticiclone entre eles aumenta ainda mais a invasão de ar frio nas latitudes progressivamente mais baixas; o “buraco” começa a ficar mais evidente.
- Quadro 4 (Fig 13): A frente sobre o Pacífico não se alterou enquanto que a do Atlântico evoluiu barbaramente, efeito este devido ao intenso centro de alta na costa do Chile; isto propiciou uma fortíssima intrusão de ar frio.
- Quadro 5 (Fig 13): A frente do Atlântico continua avançando, apesar de um pouco dissolvida pela subsidência do Poço dos Andes, que está em seu estágio maduro; daí para frente, ele se transforma em uma alta subtropical.
- Quadro 6 (Fig 13): A frente cruza o equador, estando o continente sul-americano totalmente tomado pelo ar frio.

Pedrotti e Fedorova (2000)

- Situações sinóticas associadas a formação de geadas em Pelotas no ano de 1996.
- Centro do anticiclone em baixos e médios níveis da atmosfera.

- 01-06-1996: a circulação na periferia da frente favoreceu a incursão de ar frio.
- 02-06-1996: outro sistema de alta pressão sobre o Oceano Atlântico.
- 03-06-1996: os dois anticiclones uniram-se.
- 04-06-1996: o sistema de alta pressão deslocou-se para o Oceano Atlântico Sul e uma crista, associada ao anticiclone, localizou-se sobre o RS.

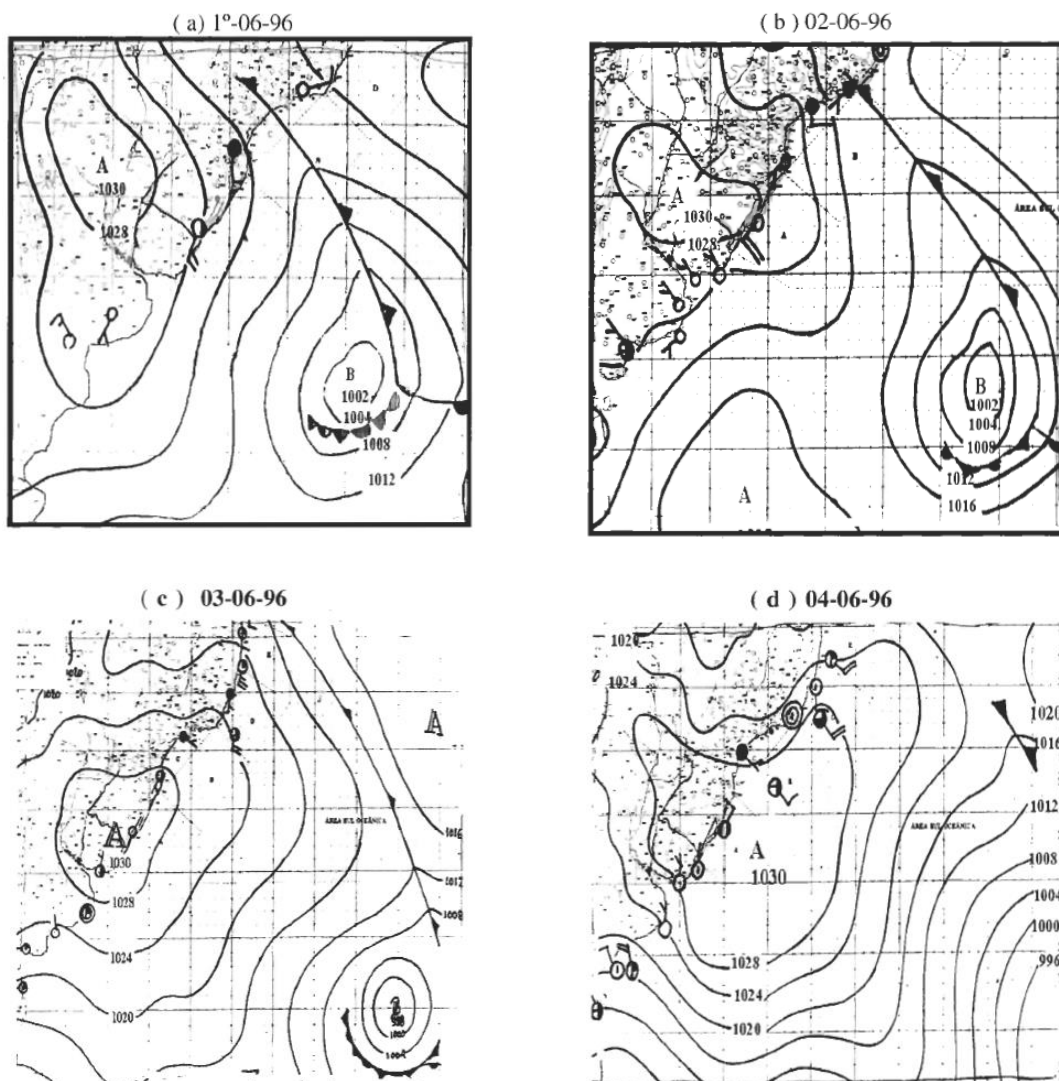


Figura 14: Cartas de pressão à superfície (12h TMG) do Ministério da Marinha, para os dias 01, 02 e 03 de junho de 1996 (dias que antecederam a ocorrência de geada) e também para o dia 04 de junho de 1996 (dia da ocorrência da geada de radiação). Fonte: Pedrotti e Fedorova, 2000.

- A formação de geada ocorreu na terceira noite, depois da passagem da frente fria, no centro do anticiclone moderado.
- As trajetórias em todos os níveis foram zonais.
- A zona frontal principal está localizada sobre o Oceano Atlântico (700 e 500 hPa).
- No nível de 300 hPa, aparece mais um ramo da zona frontal sobre o norte da Argentina, o qual foi mais fraco.
- A geada se formou fora da zona frontal (700 hPa).

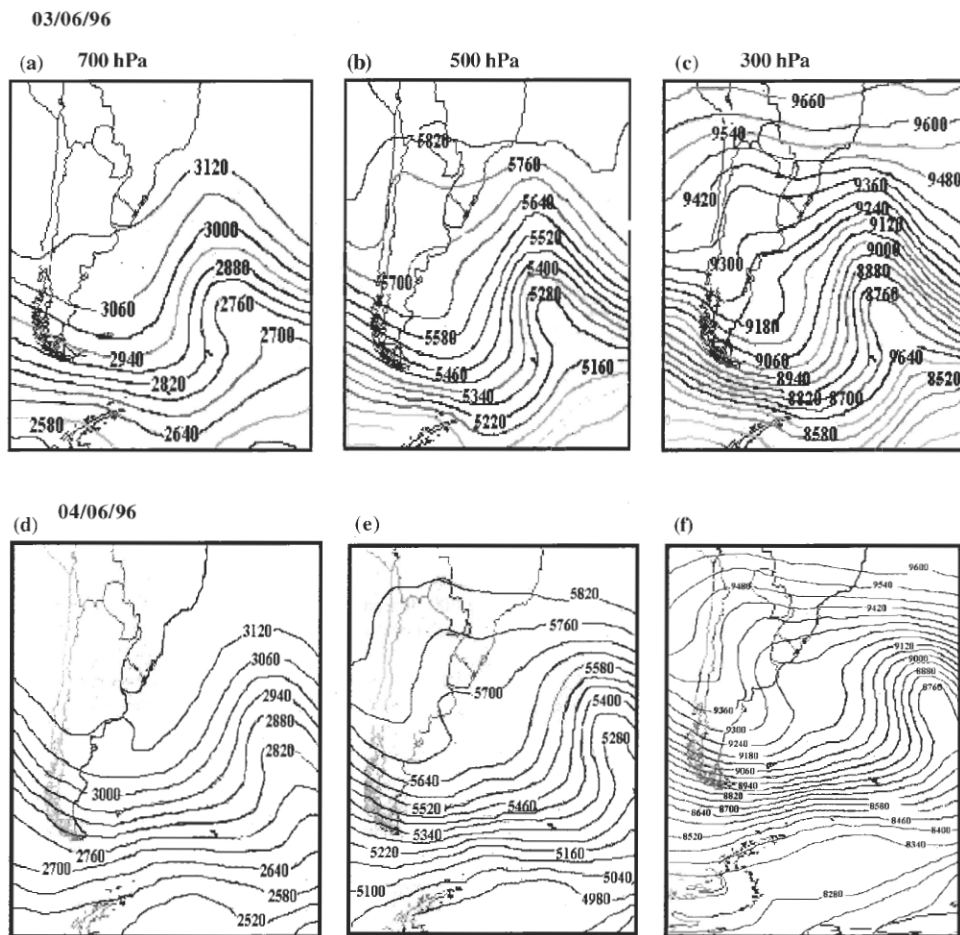


Figura 15: Campos de altura geopotencial (00h TMG) nos níveis de 700, 500 e 300hPa para os dias 03-06-1996 (dia anterior à ocorrência de geada) e 04-06-1996 (dia da ocorrência da geada de radiação). Fonte: Pedrotti e Fedorova, 2000.

- No caso do dia 03 e 04-06-96, o anticiclone foi observado em baixos e médios níveis da atmosfera.
- Ausência de advecção de ar frio na crista e no centro do anticiclone.
- Ar frio na retaguarda da frente fria. Isotherma de 0°C ao norte do RS.
- A zona frontal, determinada por fortes gradientes de temperatura, localizada sobre o Oceano Atlântico.

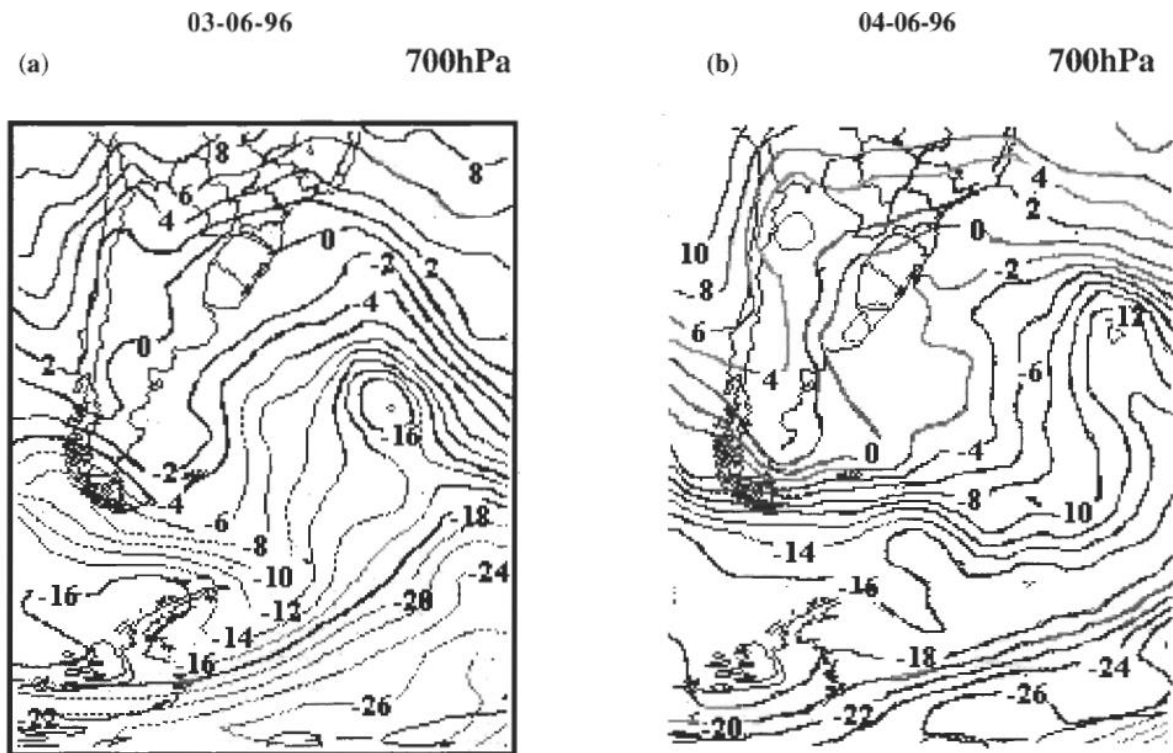


Figura 16: Campos de temperatura (00h TMG) no nível de 700hPa para os dias 03 de junho de 1996 (dia anterior à ocorrência de geada) e 04 de junho de 1996 (dia da ocorrência da geada de radiação). Fonte: Pedrotti e Fedorova, 2000.

- 13-07-96: Observa-se um ciclone sobre o Oceano Atlântico e um sistema de alta pressão ao sul do continente da AS.

- 15-07-96: O sistema de alta pressão dominou quase todo o sul do continente. O céu apresentou pouca nebulosidade.
- 16-07-96: O anticiclone deslocou-se para leste. Este sistema ainda influenciou o RS, devido à permanência de uma crista sobre o Estado.

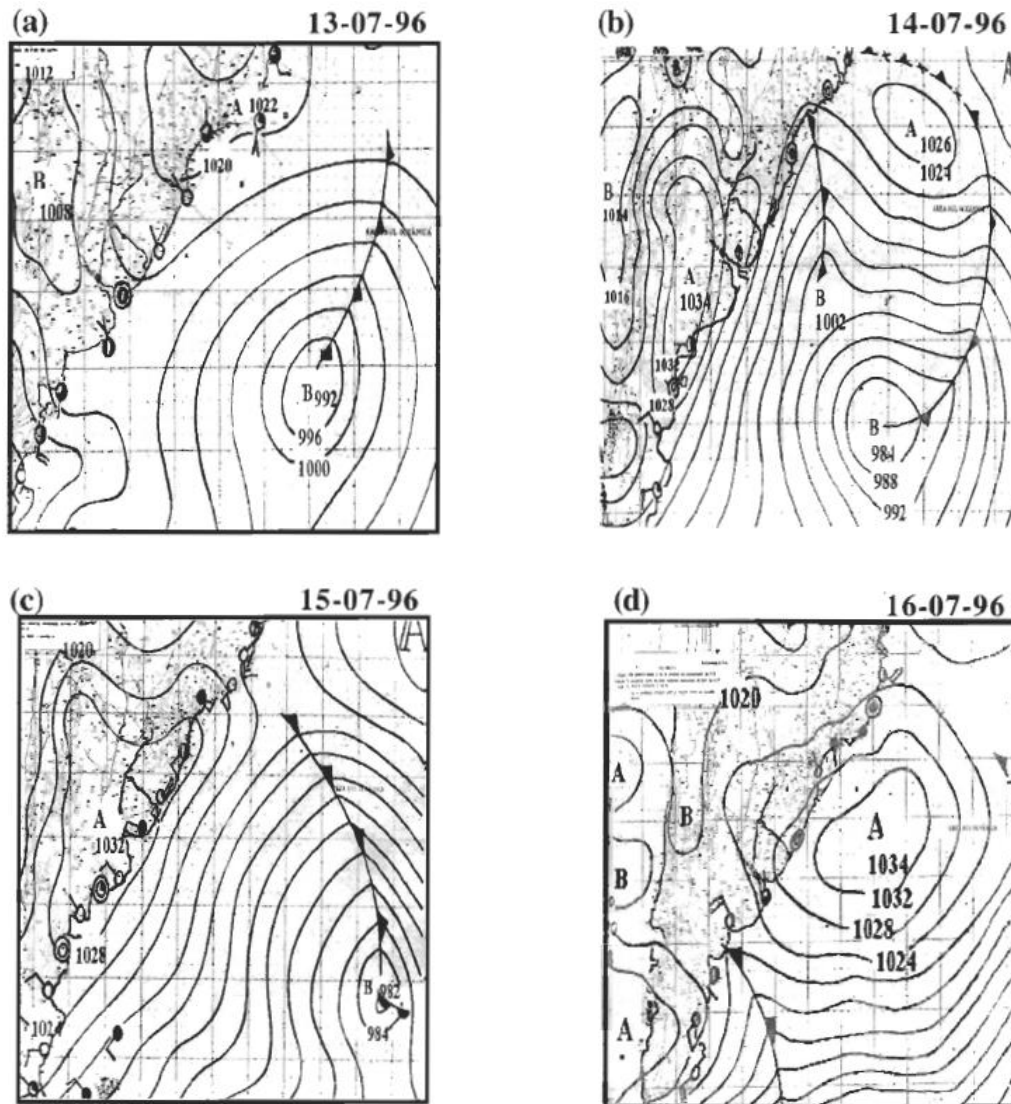


Figura 17: Cartas de pressão à superfície (12h TMG) do Ministério da Marinha, para os dias 13, 14 e 15 de julho de 1996 (dias que antecederam a ocorrência de geada) e também para o dia 16 de julho de 1996 (dia da ocorrência da geada de advecção). Fonte: Pedrotti e Fedorova, 2000.

- A geada ocorreu na segunda noite após a entrada do intenso anticiclone, que se intensificou na retaguarda da frente secundária.
- As trajetórias foram mais meridionais.
- Parte norte da zona frontal em altos níveis localizada sobre o Estado do RS.
- A zona frontal encontrou-se mais próxima do RS, quando comparada com a situação de geada do dia 04-06-96.

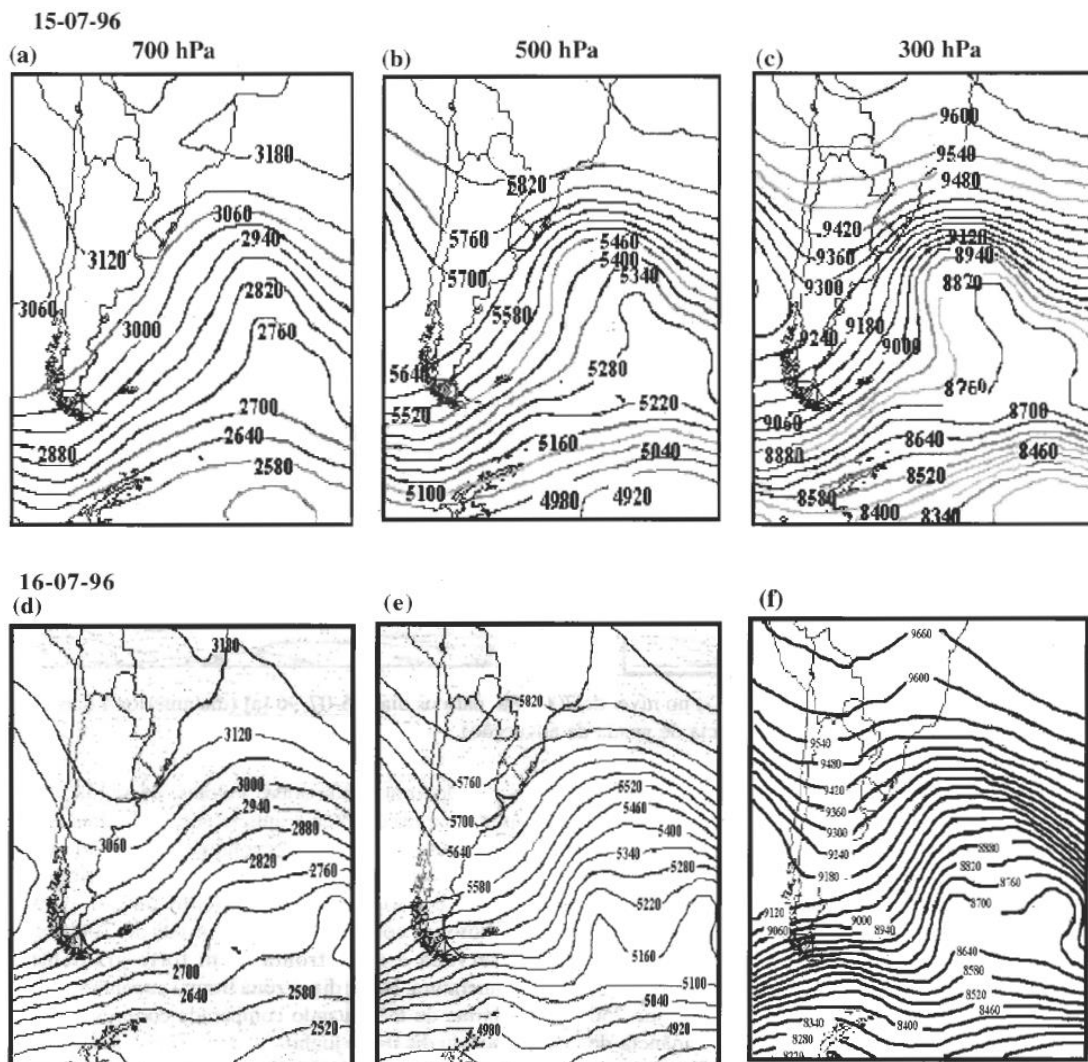


Figura 18: Campos de altura geopotencial (00h TMG) nos níveis de 700, 500 e 300hPa para os dias 15-07-1996 (dia anterior à ocorrência de geada) e 16-07-1996 (dia da ocorrência da geada de advecção). Fonte: Pedrotti e Fedorova, 2000.

- No caso do dia 15 e 16-07-96, o anticiclone existiu somente em baixos níveis e, no nível de 700 hPa, localizou-se a parte norte da zona frontal, e no nível de 300 hPa, se posicionou o centro da zona frontal.
- 15-07-96: Núcleo de ar frio sobre o Oceano Atlântico, próximo da costa gaúcha, com fortes gradientes de temperatura sobre o Estado do RS.
- 16-07-96: o núcleo frio deslocou-se para o sudeste e os gradientes de temperatura enfraqueceram.

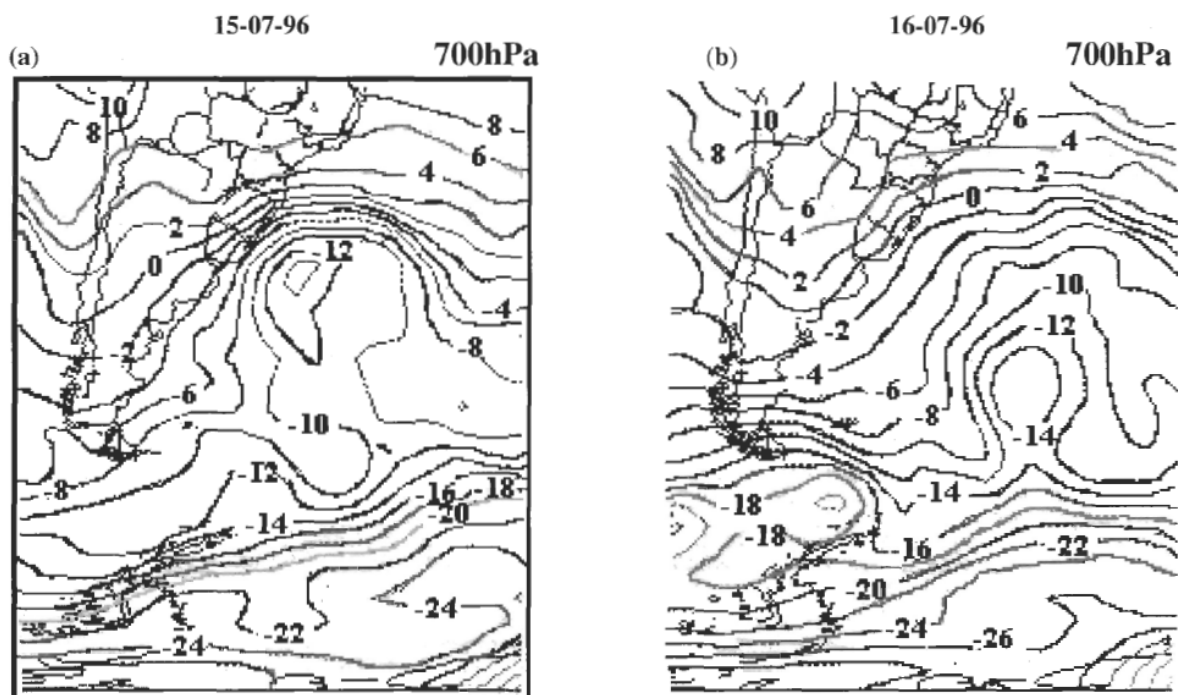


Figura 19: Campos de temperatura (00h TMG) no nível de 700hPa para os dias 15 de julho de 1996 (dia anterior à ocorrência de geadas) e 16 de julho de 1996 (dia da ocorrência da geadas de radiação). Fonte: Pedrotti e Fedorova, 2000.

Reinke *et al* (2006)

- (1) Sistema de alta pressão cruzando os Andes e o outro secundário no sul da Argentina. Sobre o Oceano Atlântico, localiza-se um centro de baixa pressão.
- As zonas frontais podem ser vistas através do forte gradiente de temperatura.

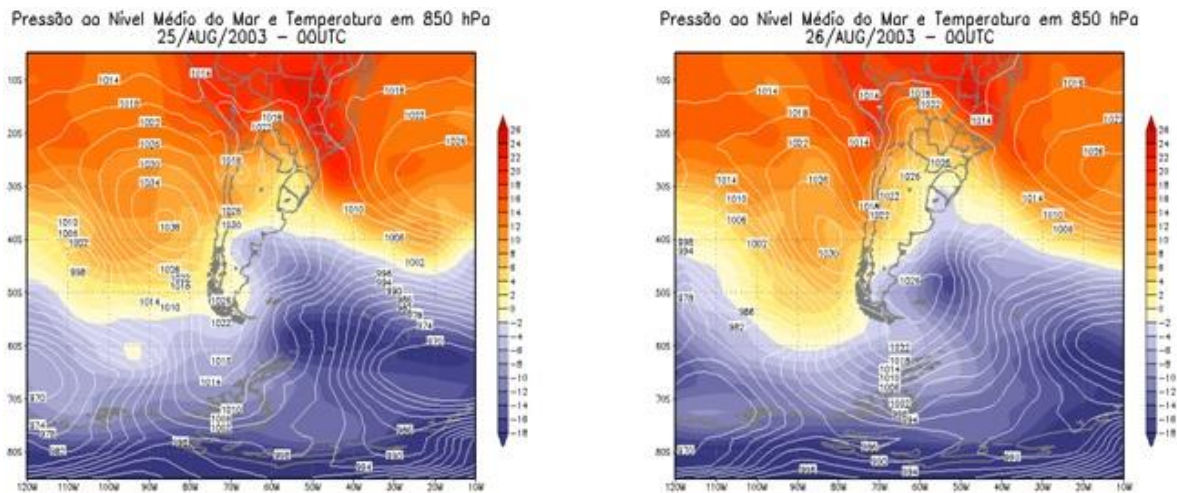
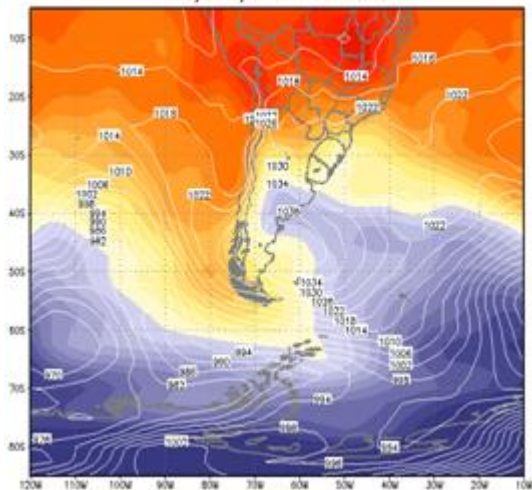


Figura 20: Campo de PNM e temperatura em 850 hPa às 00 TMG para os dias 25-26 de agosto de 2003. Fonte: Reinke *et al.*, 2006.

- (3) O sistema de alta pressão cruzou totalmente para leste dos Andes e intensificou.
- (4) Um centro de pressão de 1022hPa à leste do sistema de alta pressão e um outro de 990hPa ao sul deste. Um segundo centro de baixa pressão é observado sobre o Oceano Pacífico. Observa-se uma língua de ar frio em direção ao sudeste da AS.

Pressão ao Nível Médio do Mar e Temperatura em 850 hPa
27/AUG/2003 - 00UTC



Pressão ao Nível Médio do Mar e Temperatura em 850 hPa
28/AUG/2003 - 00UTC

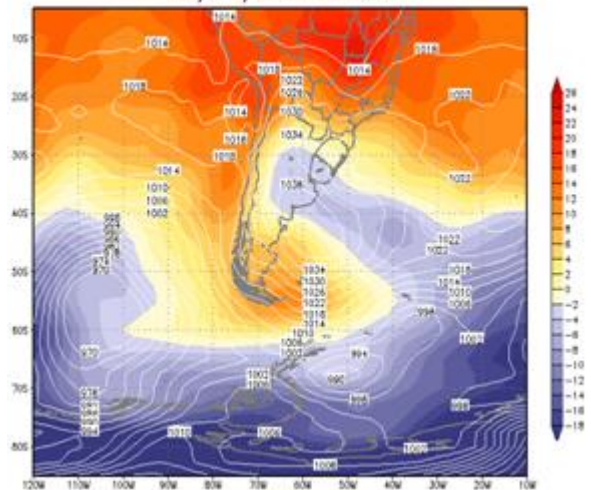
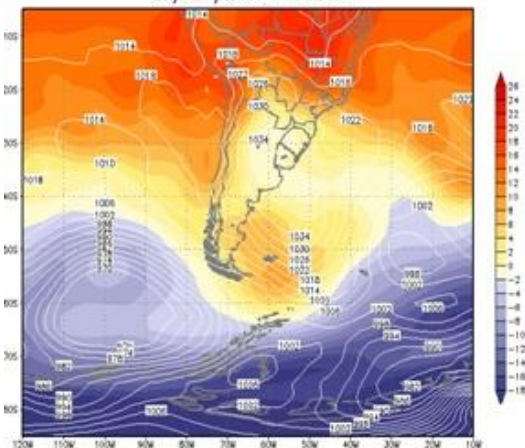


Figura 21: Campo de PNM e temperatura em 850hPa às 00 TMG para os dias 27-28 de agosto de 2003. Fonte: Reinke *et al.*, 2006.

(6) Os sistemas continuam deslocando-se para leste

Pressão ao Nível Médio do Mar e Temperatura em 850 hPa
29/AUG/2003 - 00UTC



Pressão ao Nível Médio do Mar e Temperatura em 850 hPa
30/AUG/2003 - 00UTC

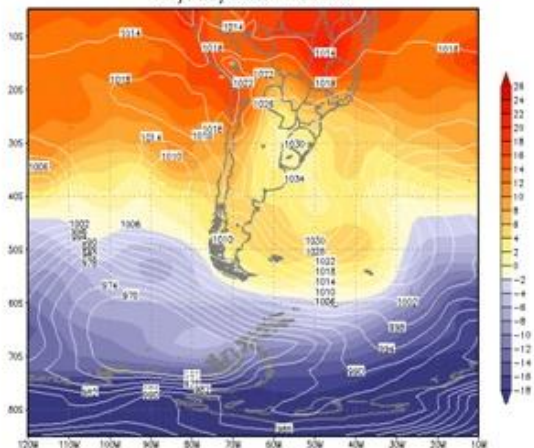


Figura 22: Campo de PNM e temperatura em 850hPa às 00 TMG para os dias 29-30 de agosto de 2003. Fonte: Reinke *et al.*, 2006.

- (3) Sobre o Oceano Atlântico, o cavado desprendido do centro de baixa passou a ter uma circulação quase fechada.

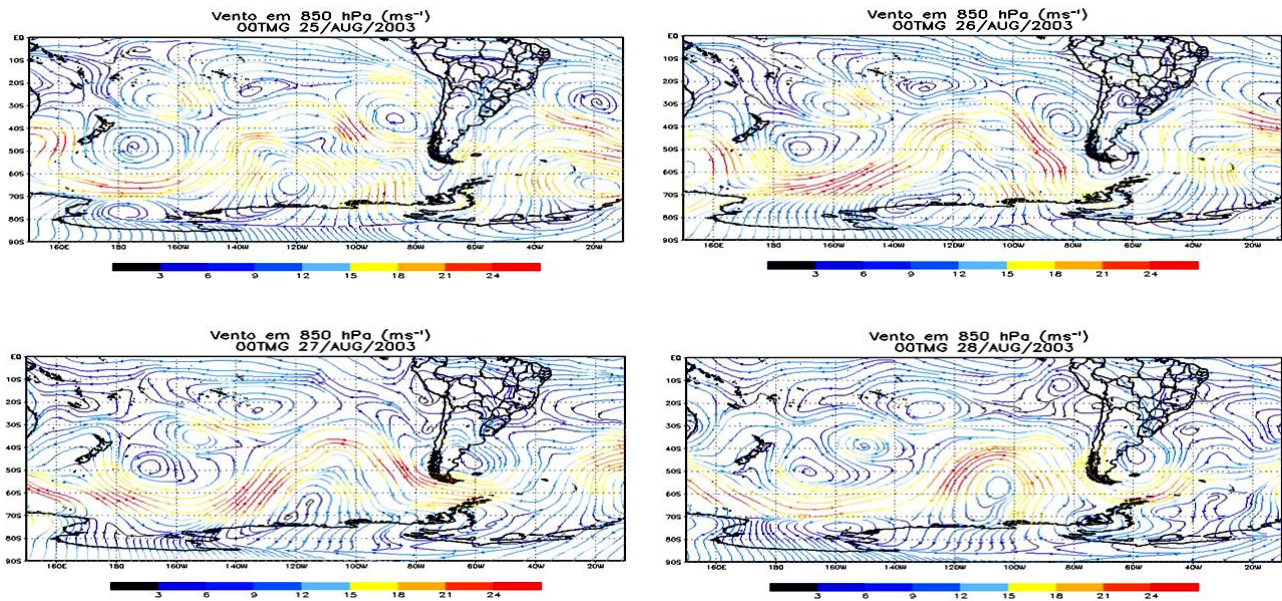


Figura 23: Campo de linhas de corrente e magnitude do vento em m/s (vide escala de cores) no nível de 850hPa às 00 TMG para os dias 27-28 de agosto de 2003. Fonte: Reinke et al., 2006.

- (4) O cavado próximo à Região Sul do Brasil passou a ter uma circulação fechada, e a circulação anticiclônica a leste dos Andes intensificou, formando ao sul deste anticiclone uma nova circulação anticiclônica. Tal configuração somada ao forte gradiente de pressão entre estes sistemas, o ar frio foi canalizado da região polar para as latitudes mais baixas.
- (1) Cavado que se estende do Oceano Atlântico até o norte da Argentina, e uma crista à oeste dos Andes.
- (2) A crista a oeste dos Andes amplificou. O setor sul do cavado sobre o Oceano Atlântico deslocou-se para leste.

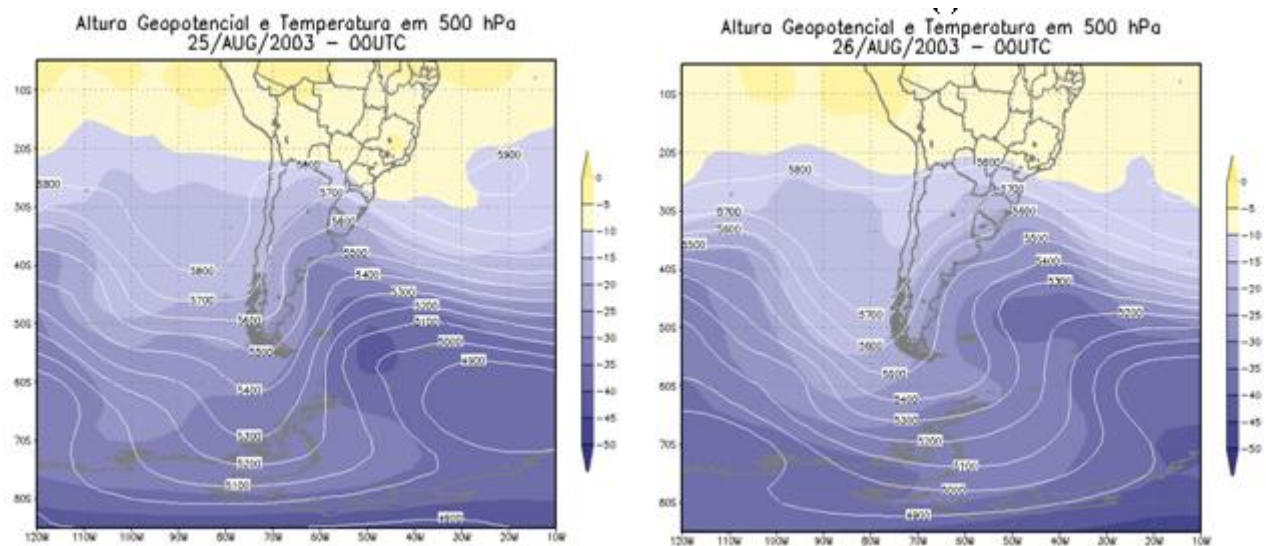


Figura 24: Campo de altura geopotencial e temperatura no nível de 500hPa às 00 TMG para os dias 25-26 de agosto de 2003. Fonte: Reinke *et al.*, 2006.

- (3) Ramo mais ao sul do cavado continua a se propagar para leste. Nota-se um padrão de dipolo, com uma configuração tipo “S”. Configuração semelhante em 850 e 250 hPa, mostrando penetração de ar frio em todos os níveis da atmosfera.
- (4) Circulação mais fechada da crista e do cavado. Com o deslocamento para leste do cavado sobre o Oceano Pacífico, a crista intensificou e praticamente se fechou, formando um padrão “S”, configuração esta semelhante aos casos de bloqueio que caracterizam o escoamento estacionário nessa faixa de latitude. Nota-se uma língua de ar frio na região do cavado desprendido, caracterizando a advecção de ar frio das latitudes mais altas para as mais baixas.

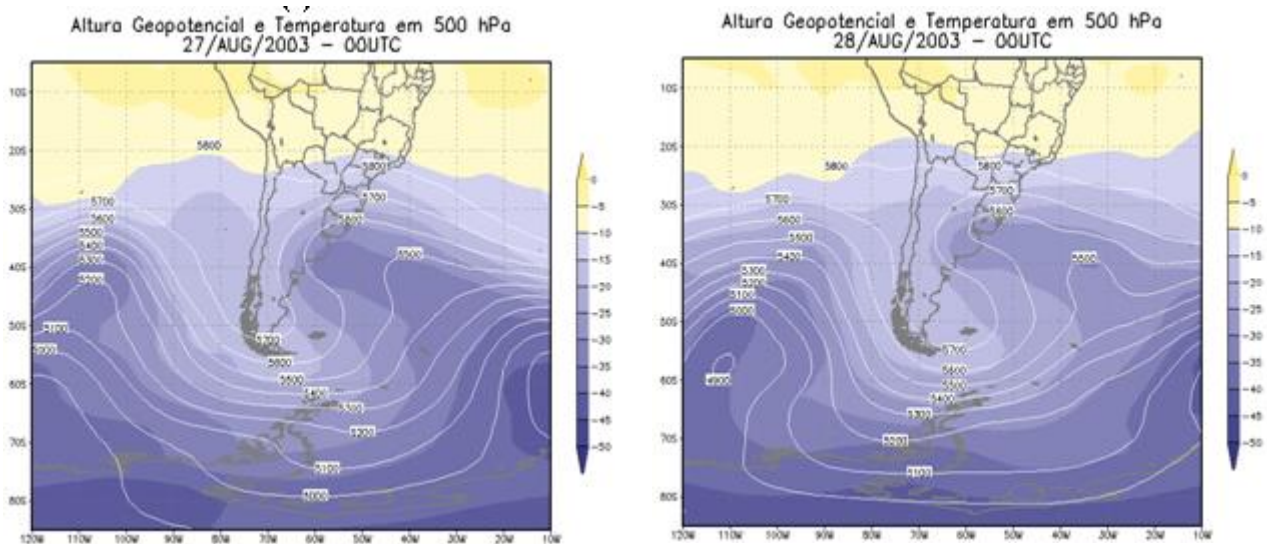


Figura 25: Campo de altura geopotencial e temperatura no nível de 500hPa às 00 TMG para os dias 27-28 de agosto de 2003. Fonte: Reinke *et al.*, 2006.

- (5) O cavado associado à circulação ciclônica do padrão “S” desprende-se.
- (6) Padrão “S” desaparece. Centro frio sobre o RS.

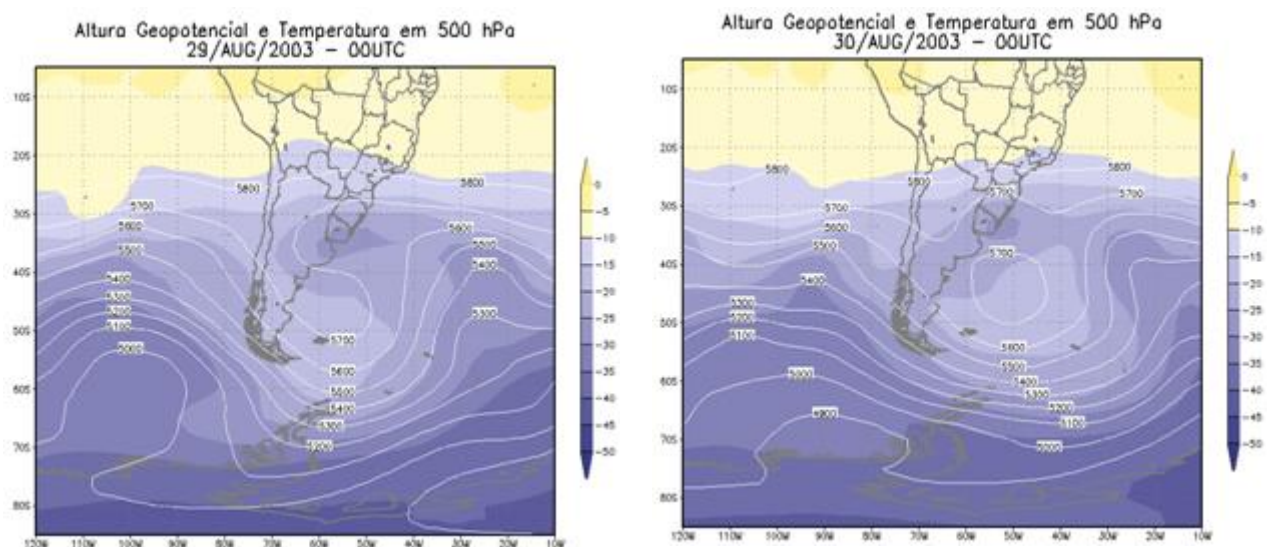


Figura 24: Campo de altura geopotencial e temperatura no nível de 500hPa às 00 TMG para os dias 29-30 de agosto de 2003. Fonte: Reinke *et al.*, 2006.

- (1) VCAN, indicando que o ciclone extratropical apresentava uma estrutura barotrópica. Corrente de jato sobre a Região Sul do Brasil. Bloqueio no Pacífico.

- (2) Alta desprendida na costa oeste da AS.

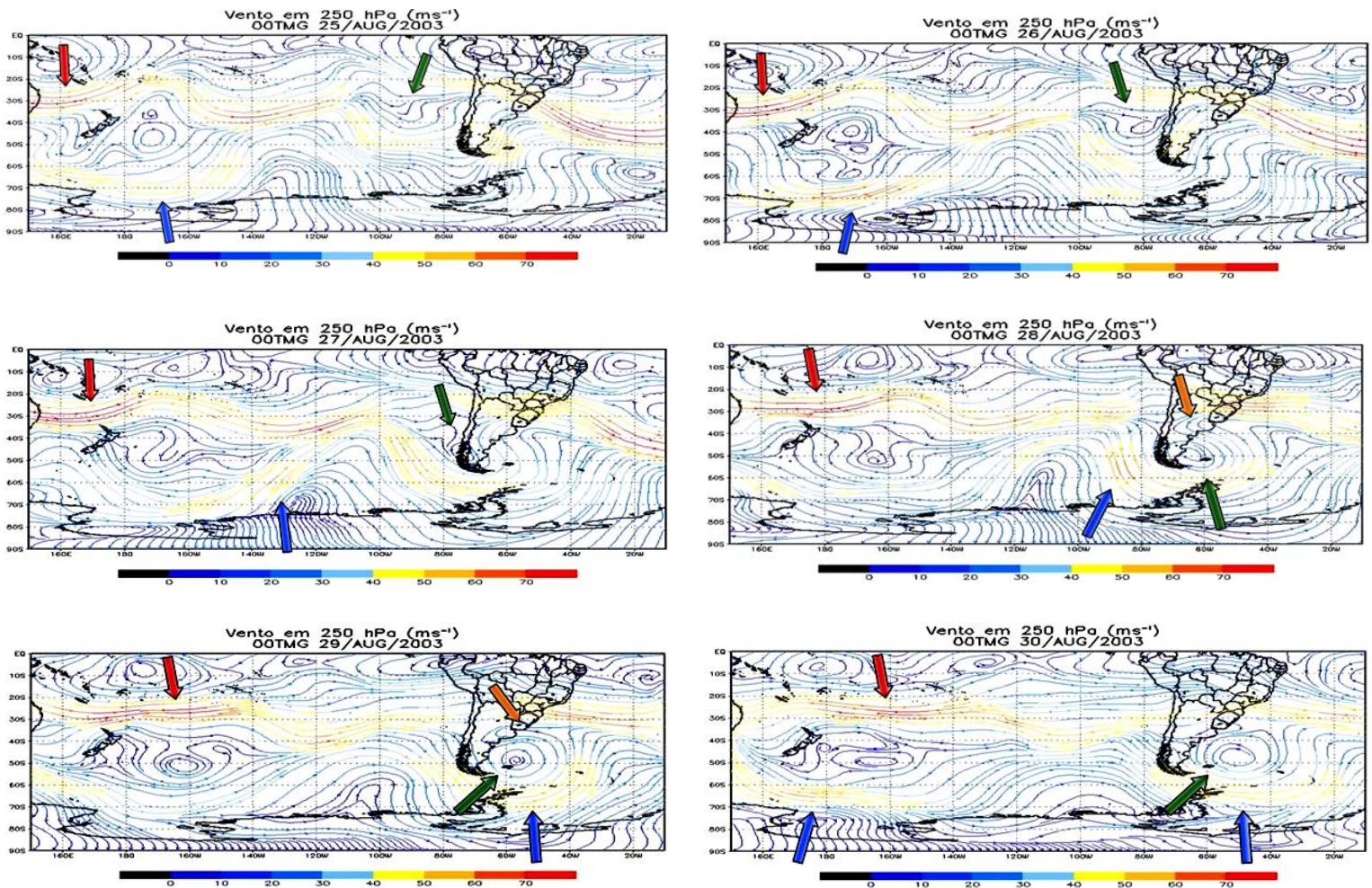


Figura 25: Campo de linhas de corrente e magnitude do vento em m/s (vide escala de cores) no nível de 250hPa às 00 TMG para os dias 25-30 de agosto de 2003. Propagação para leste do núcleo do JST (seta vermelha) e do núcleo do JP (seta azul) do Oceano Pacífico Oeste. A alta desprendida é indicada pela seta verde, e o cavado desprendido pela seta laranja. Fonte: Reinke et al., 2006.

- A partir do dia G-3, a configuração de **bloqueio** observada sobre **Pacífico Oeste enfraqueceu**, com o **JP propagando mais rápido** para leste que o **JST**. No dia G-2, a formação da **alta desprendida** em 250hPa sobre o **Pacífico Leste** ocorreu **devido à propagação diferencial dos jatos no Pacífico**. À medida que o JP, inicialmente localizado sobre o Pacífico Oeste, propagou mais rápido para leste

do que o JST, a **alta despreendida intensificou-se** e o **cavado corrente abaixo se despreendeu**. Semelhante ao caso estudado por Fortune e Kousky (1983), observou-se neste evento uma **configuração de onda longa** desde o **Pacífico Oeste até a AS**, com um deslocamento para leste três dias antes da ocorrência de geada no Brasil.

- A partir do dia G-1 até o dia G+1, a **circulação** troposférica **canalizou o ar de origem polar** para as **latitudes subtropicais da AS** com uma **configuração tipo “S”**.
- No dia G+1 o **movimento subsidente do ar** foi mais **intenso** sobre o **RS**, na vizinhança de 30°S, o que possibilitou uma **maior perda de radiação** de onda longa do continente para o espaço, **devido à ausência de nuvens**, o que é uma **característica** em regiões de atuação do centro do **VCAN**.

Questionário

- 1) O que é e como é formado a geada? Por que a geada preocupa tanto a população?
- 2) Qual é a época do ano e a região propícia a formação de geada? Por que?
- 3) O que é geada mista?
- 4) Kousky e Fortune (1983) estudaram eventos de geada no Brasil. Quais os campos foram avaliados e por quê?
- 5) Quais as diferenças marcantes entre as geadas de 1979 e 1981?
- 6) Associe a presença da alta continental com o ciclone extratropical (em termos da advecção de temperatura).

Referências

Girardi, C., 1983: “O Poço dos Andes”, Relatório Técnico ECA 01/83, Centro Técnico Aeroespacial.

Fortune, M.A. & V.E. Kousky, 1983: “Two severe freezes in Brazil: Precursors and synoptic evolution”, M.W.R., 109, 599-610.

Seluchi, M.E. & J.T. Nery, 1992: “Condiciones meteorologicas asociadas a la ocurrencia de heladas en la region de Maringá”, R.B.Met., 7(1), 523-534.

Sites:

http://www.dca.iag.usp.br/www/material/ritaynoue/aca-0422/2009_aulas%20amanda/ (acessado em 15/08/10)

<http://www.portaldocampo.com.br/meteorologia/geada/index.html>

<http://tempo.weather.com/safeside/geada.html>

http://www.atmos.ucla.edu/ugrads/classes/win99/win99_3/scrns/top09/Note01.html