

CAMPOS DIAGNÓSTICOS ASSOCIADOS AO EPISÓDIO DE CHUVAS FORTES NA REGIÃO DA SERRA DE MANTIQUEIRA DO COMEÇO DO ANO 2000

Prakki Satyamurty, Luis Gustavo G. Gonçalves, Luiz Fernando de Mattos, Nuri Oyamburo Calbete e Lúcia Helena Ribas Machado

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) – Instituto nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Cachoeira Paulista – SP – Brasil

Abstract: Heavy rainfall over the Mantiqueira mountains region in the beginning of 2000 was caused by the South Atlantic Convergence Zone (SACZ). A weak low pressure system development and stayed stationary in the Atlantic near southern coast of Brazil causing water vapor convergence in the continental part of SACZ over eastern São Paulo and southern Minas Gerais states. Lower tropospheric frontogenesis caused by regional circulation maintained vertical upward motions in the region. A thermally direct circulation in the vertical plane caused subsidence over Northeast and South Brazil, indicated by absence of rains, during this episode. Mean values of the instability index were maintained high by the warm air advection in the lower levels along the SACZ.

Resumo: As chuvas intensas sobre a região da Serra de Mantiqueira no começo do ano 2000 foram causadas pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Desenvolvimento e permanência de um fraco centro de baixa pressão no Atlântico próximo do litoral sul do Brasil fortaleceu a convergência de umidade na parte da ZCAS continental sobre leste de São Paulo e sul de Minas Gerais. Frontogênese na baixa troposfera causada pela circulação regional manteve os movimentos verticais na região. A circulação direta no plano vertical teve subsidência sobre as regiões Nordeste e Sul, indicada pela ausência de chuvas, durante o episódio. Índice de instabilidade média do período esteve alto mantido pela advecção de ar quente nos baixos níveis ao longo da ZCAS.

1. Introdução

Chuvas fortes do começo do ano 2000 na região de Serra de Mantiqueira no Sudeste do Brasil causaram grandes transtornos às atividades sócio-econômicas da região e perdas de dezenas de vidas humanas. Esse episódio foi uma das calamidades naturais que mais prejudicou a população da região nos últimos 30 anos. As chuvas fortes duraram cerca de 5 dias desde a noite de 31 de dezembro até o dia 06 de janeiro. Em algumas estações (ex. Campos do Jordão) a chuva totalizou mais de 400 mm num período de 4 a 5 dias.

Propõe-se apresentar as condições sinóticas deste caso, através de campos meteorológicos observados, que favoreceram a ocorrência do episódio. A idéia básica é de entender um pouco mais sobre situações meteorológicas que propiciam chuvas da intensidade extrema.

Figura 1 mostra a chuva observada acumulada no período de 1-6 de janeiro de 2000 sobre a região sudeste e arredondezas. A banda de chuvas intensa se estende do litoral de Rio de Janeiro e litoral norte de São Paulo a sul de Goiás e Mato Grosso, que é característica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

2. Situação sinótica

Na noite de 31 de dezembro uma frente fria aproximou-se do litoral de São Paulo com muita convecção. Nos dias seguintes, propiciado pela forte advecção quente, formou-se um centro de baixa pressão no oceano Atlântico adjacente ao litoral entre São Paulo e Rio

Grande do Sul. Os mapas obtidos da análise do NCEP de pressão ao nível médio de mar (p_{mm}) e a temperatura em 925 hPa mostram a formação e permanência da baixa fraca com seu núcleo relativamente quente (Fig. 2). Os centros de baixa pressão que formam no verão, em geral, não são intensos como no inverno, todavia, a massa de ar sobre continente é quente e quase saturada, e portanto a atividade convectiva é forte.

Os ventos médios durante 31 de dezembro - 6 de janeiro de 2000 em 850 hPa (Fig. 3) mostram uma corrente confluyente e intensa de ventos de noroeste com uma larga pista desde sul e oeste da região amazônica até 35°S;40°W no Atlântico sobre a região de ZCAS. Em altos níveis os ventos (figura não apresentada) mostram um cavado sobre Paraná e oeste São Paulo com ventos difluentes sobre a região de fortes chuvas. A alta de Bolívia e o vórtice fechado sobre Atlântico tropical adjacente à região Nordeste vistos nos ventos de altitude são ingredientes típicos dos episódios de ZCAS (Figuerola et al. 1994, Quadro 1993).

3. Campos diagnósticos

Para a formação de chuvas em excesso a soma de água precipitável e evaporação é somente possível quando existe a convergência de fluxo de umidade sobre a região (Satyamurty et al. 1998). Divergência de umidade ($\nabla \cdot qV$, onde q é umidade específica e V é vetor vento) média (Fig. 4) mostra valores da ordem de até $10^{-7} s^{-1}$ que equivale uma precipitação de 30 mm por dia. Os campos médios de divergência do escoamento ($\nabla \cdot V$) em 850 e 250 hPa (Fig. 5) mostram forte convergência na baixa troposfera e forte divergência em altos níveis, indicadores da ZCAS desde sul de Amazônia até o Atlântico Sul (Kodama 1992). É interessante notar que a região de maior intensidade de ZCAS continental é a região de leste São Paulo e sul de Minas Gerais. É bastante conhecido o fato de apresentar uma região anticiclônica na alta troposfera sobre ZCAS. A figura 6 confirma esta situação.

O movimento vertical ascendente de larga escala é essencial para a formação e permanência da convecção sobre uma vasta região como ZCAS. A ZCAS pode ser vista como uma frente estacionária. Movimento vertical de larga escala forçado pelos processos quasigeostróficos está ligado a função frontogenética (através do vetor-Q, vide Bluestein (1992)). Portanto a função frontogenética do Petterssen, $F = \frac{1}{2}|\nabla T|(D \cos 2b - \delta)$ onde D é deformação e δ é divergência, é um bom diagnóstico para verificar a posição e intensidade da atividade convectiva associada a ZCAS. Fig. 7 mostra F média para o episódio em estudo. Observa-se que a região de sul de Minas Gerais e leste de São Paulo está com a ação frontogenética durante o período, o qual foi responsável pela permanência da ZCAS. O índice K médio durante o episódio, dado na Fig. 8, mostra valores altos (> 40) ao longo da ZCAS.

É interessante notar que na Fig. 1 as regiões ao sudoeste e ao nordeste da ZCAS não registraram chuvas ou registraram chuvas insignificativas. Isto é, movimentos subsidentes se posicionaram para nordeste e para sudoeste da banda de ZCAS que se estende de noroeste para sudeste. Conclui-se que a circulação no plano vertical perpendicular a ZCAS era direta, que converte energia potencial disponível para a energia cinética da perturbação na escala da ZCAS às custas de baroclinia. O escoamento regional ciclogênico por sua vez reconstrói a baroclinia da ZCAS.

4. Sumário e conclusões

Aproximação de uma frente fria no litoral do estado de São Paulo no dia 31 de dezembro de 2000 causou uma advecção quente forte sobre norte de São Paulo, sul de Minas e Rio de Janeiro e oceano adjacente. Esta situação propiciou a formação de um centro de baixa pressão no oceano Atlântico próximo do litoral entre São Paulo e Rio Grande do Sul e fortaleceu a convecção na região frontal. A subsidência causada pela formação do vórtice em altos níveis no Atlântico tropical próximo do litoral do Nordeste bloqueou a frente no Sudeste

e casou a permanência da frente caracterizou ZCAS. Em média, durante o episódio, convergência e vorticidade ciclônica na baixa troposfera e divergência e vorticidade anticiclônica na alta troposfera estavam fortes sobre a região da ZCAS. Convergência de umidade média em 850 hPa sobre a região de fortes chuvas apresentou valores da ordem de 10^{-7} s^{-1} que é considerada intensa. O índice K médio durante o episódio atingiu valores acima de 40. Valores instantâneos acima de 40 nas latitudes subtropicais da América do Sul já indicam instabilidade e a possibilidades tempestades. Em geral, uma média sobre 6 dias apresenta valores menores que 20. No presente episódio a instabilidade estática esteve muito elevada. Os processos frontogênicos mantiveram a ZCAS durante aproximadamente uma semana. A função frontogênica é um forte diagnóstico nos casos de chuvas na forma de bandas largas.

Referências bibliográficas

Bluestein, H. B., 1993: *Synoptic-dynamic meteorology in midlatitudes. Vols. I e II.* Oxford University Press, New York, 431pp; 594pp.

Figueroa, S. N., Satyamurty, P. and P. L. Silva Dias, 1995: Simulations of the summer circulation over the South American region with an Eta coordinate model. *J. Atmos. Sci.*, **52**, 1573-1584.

Kodama, Y., 1992: Large scale common features of subtropical convergence zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ and the SACZ) – part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *J. Meteorol. Soc. Japan*, **70**, 813-836.

Quadro, M. F. L., 1993: Estudo de episódios de Convergência do Atlântico sul (ZCAS) sobre a América do sul. Dissertação de Mestrado, INPE, S. J. Campos, SP, 97pp.

Satyamurty, P., Nobre, C. A., P. L. Silva Dias, 1998: Tropics – South América. *Southern Hemisphere Meteorology*, Eds. Karoly, D. A. and Vincent, D. A., Meteorological Monograph 49, American Meteorological Society, Boston, USA, 119-139.

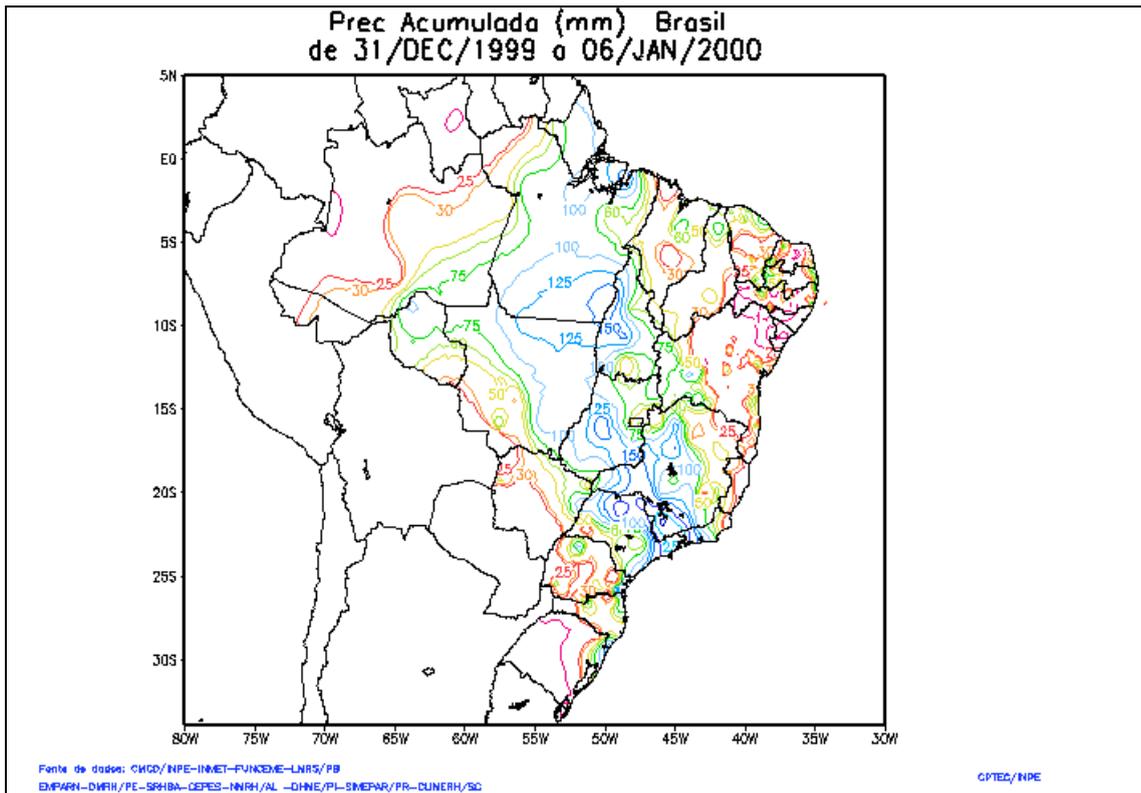


Fig. 1 : Distribuição de precipitação acumulada (mm) no período de 1-6 de janeiro de 2000 sobre a região Sudeste do país.

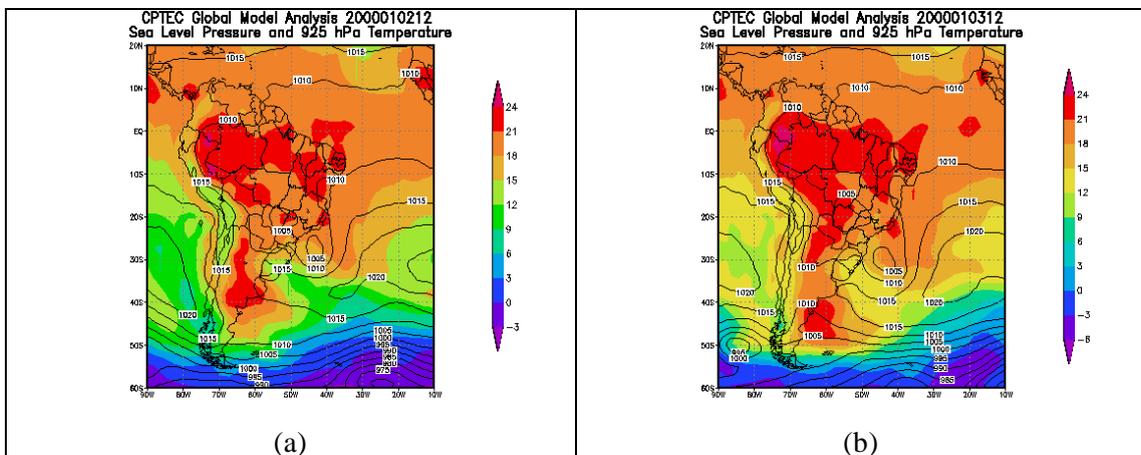


Fig. 2 : Pressão ao nível médio do mar (hPa) e temperatura em 925 hPa (C) sobre América do Sul nos dias 2 e 3 de janeiro às 12 UTC.

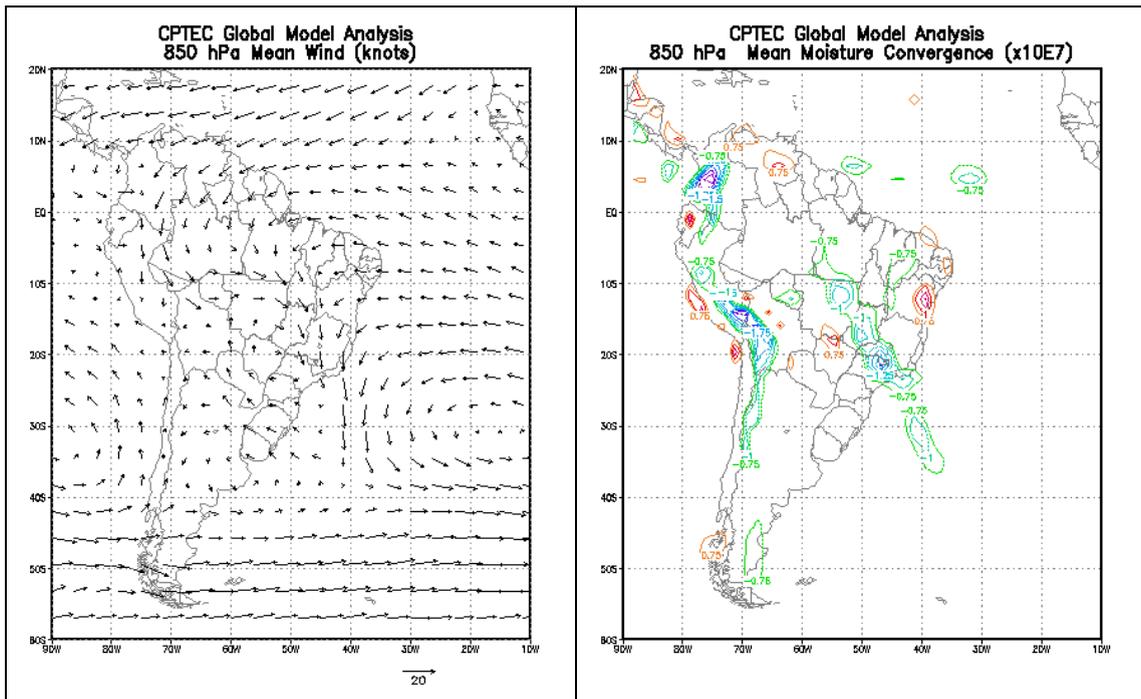


Fig. 3 : Ventos médios (ms^{-1}) durante o período de 1-6 de janeiro de 2000 em 850 hPa sobre América do Sul.

Fig. 4 : Convergência de umidade média no período de 1-6 de janeiro de 2000 sobre América do Sul. Intervalo de isolinhas = 10^{-7} s^{-1} .

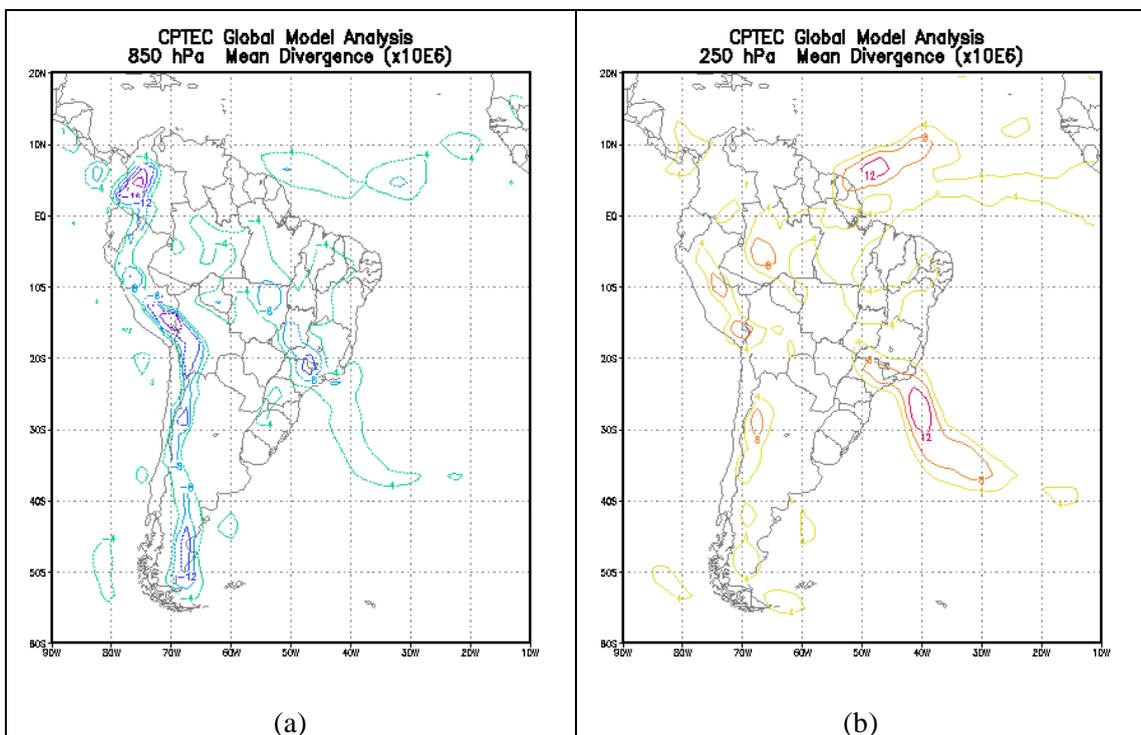


Fig. 5 : Divergência do escoamento em (a) 850 hPa e (b) 250 hPa. Intervalo de isolinhas = 10^{-6} s^{-1} .

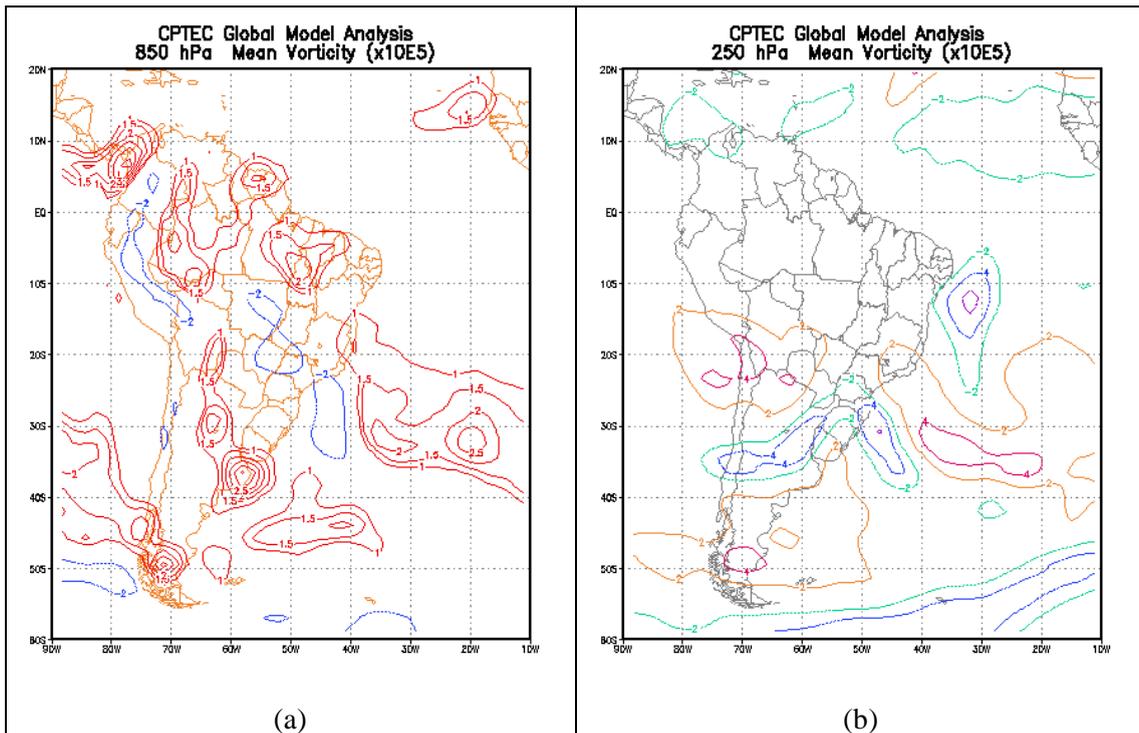


Fig. 6 : Vorticidade relativa em (a) 850 hPa e (b) 250 hPa. Intervalo de isolinhas = 10^{-6} s^{-1} .

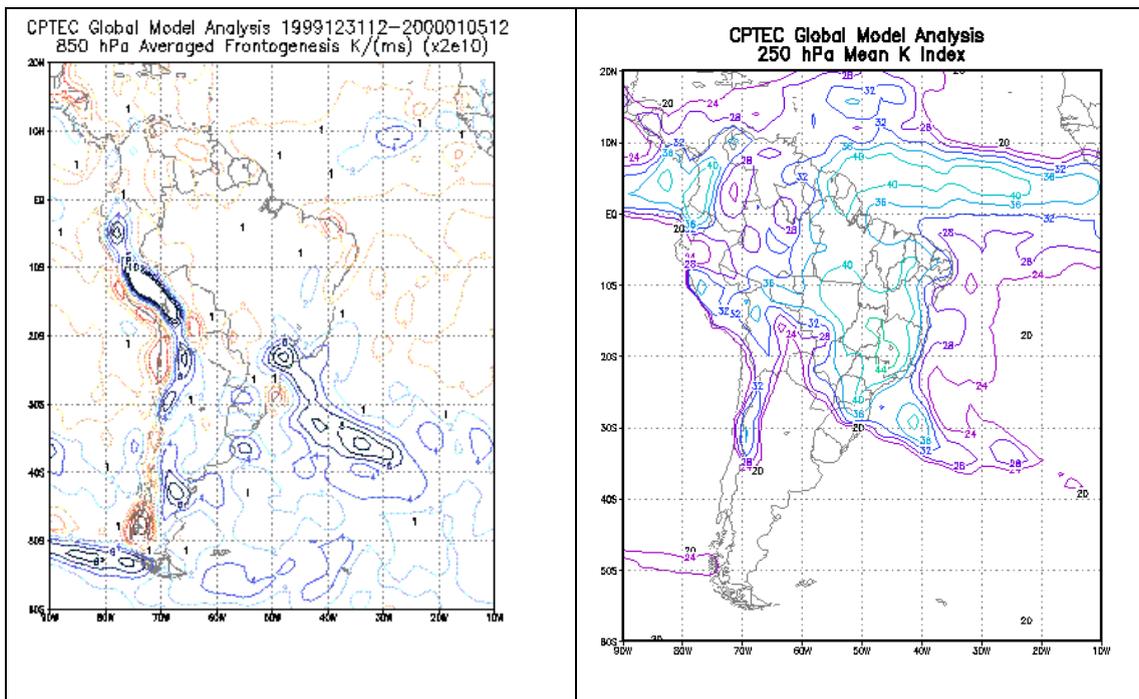


Fig. 7 : Função frontogenética média no período de 1-6 de janeiro de 2000 em 850 hPa sobre a região de América do Sul. Intervalo de isolinhas = $10^{-11} \text{ C m}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Fig. 8 : Índice de instabilidade K médio no período de 1-6 de janeiro de 2000. Intervalo de isolinhas = 10.