

PADRÕES CLIMÁTICOS DOS VÓRTICES CICLÔNICOS EM ALTOS NÍVEIS NO NORDESTE DO BRASIL, PARTE II: ASPECTOS SINÓTICOS

María Cleofé Valverde Ramírez

Nelson Jesus Ferreira

Mary Toshie Kayano

e-mail: valverde@met.inpe.br

Av. dos Astronautas, 1758 - Jd da Granja - São José dos Campos - São Paulo

CEP 12227 - 010 - Telefone: (012) 3456639.

Abstract

In this work the circulation patterns associated with the upper level cyclonic vortices (VCANs) over Northeast Brazil and Tropical South Atlantic have been studied. It has been confirmed that VCANs originate from the amplification of the ridge associated with the Bolivian high (BH). Such amplification can be caused by the equatorial incursion of midlatitude frontal systems, or by troughs in the North Pacific or in the North Atlantic aligned with BH in NW-SE or NE-SW directions. Also the vortex originates associated with the occurrence of an upper level anticyclonic circulation over southwestern Atlantic and southeastern Brazil, which is associated with stationary cold fronts (South Atlantic Convergence Zone – SACZ). The VCANs can present regular or irregular displacements. Midlatitude trough associated with frontal systems and an interhemispheric bifurcation at northwest of the South America can cause irregular displacement. For VCANs with regular displacement it was common to observe the presence of an upper level anticyclone over South Atlantic which is related to the SACZ.

1. Introdução

Uma característica marcante da circulação atmosférica na alta troposfera sobre a América do Sul é a presença da Alta da Bolívia (AB) e do cavado do Nordeste (CNE). Associado ao CNE podem se formar vórtices ciclônicos nos altos níveis (VCANs). Estes vórtices têm sido estudados desde o início da década de 80. Segundo Kousky e Gan (1981), os vórtices formam-se corrente abaixo da amplificação de uma crista em 200 hPa, associada a uma frente fria oriunda de latitudes médias e que se desloca para os trópicos. Como consequência, ocorre a amplificação do cavado em altos níveis a leste da crista e a posterior formação do vórtice.

Embora o comportamento e estrutura dos VCANs que atuam no Nordeste do Brasil tenham sido investigados anteriormente, existem vários aspectos relacionados a sua formação e deslocamento que não foram bem explorados. Neste estudo os padrões característicos da circulação de altos níveis associados aos VCANs foram obtidos através de análises sinóticas. Estes padrões são importantes para se estabelecer modelos conceituais que possam auxiliar no monitoramento e previsão desse sistema.

2. Dados e Metodologia

Utilizou-se as componentes zonal e meridional do vento em 200 hPa, no horário das 12:00 UTC derivadas das análises diárias do modelo de previsão numérica de tempo do European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF), para o período de 1980 a 1989. Esses dados estão em pontos de grade, com resolução espacial de 2,5° de latitude e longitude. A área de estudo está compreendida entre 20°W-140°W e 20°N-40°S.

Os padrões característicos da circulação associados aos VCANs foram determinados analisando-se campos de linhas de corrente e vorticidade em 200 hPa, utilizando o software GrADs (Doty,

1992). Avaliou-se somente o período de verão, já que nesta época observa-se uma maior frequência de VCANs.

3. Resultados

As análises diárias do campo do vento indicam que além da AB, do CNE e dos cavados de latitudes médias (CLMs) associados a sistemas frontais (SFs), existem outras características do escoamento em 200 hPa que também estão relacionadas aos VCANs. Destaca-se a ocorrência de uma bifurcação inter-hemisférica (BI) em altos níveis, um centro de circulação anticiclônica (AT) sobre o Atlântico Tropical Sul e cavados no Pacífico e Atlântico Tropical em ambos hemisférios. A BI é definida como uma separação do escoamento zonal de oeste nos altos níveis envolvendo as circulações do Hemisfério Norte (HN) e Hemisfério Sul (HS) a noroeste da América do Sul. Ao sudeste da BI encontra-se a AB e a nordeste um outro sistema de circulação anticiclônica denominada neste trabalho de Alta do Norte (AN) localizada no HN. A Figura 1(a) esquematiza essas características do escoamento em 200 hPa associadas ao VCAN. Na imagem de satélite (Fig. 1(b)) observa-se a nebulosidade associada a um cavado do Atlântico Norte, AB e CLM interagindo com o VCAN.

Formação do Vórtice

Dos 80 VCANs observados no verão do período de estudo, 57% originaram-se conforme o mecanismo proposto por Kousky e Gan (1981) e 27% como consequência de um sistema de circulação anticiclônica sobre o Atlântico Tropical Sul e costa sul do Brasil (AT). Os 16% restantes formaram-se devido a amplificação de cavados provenientes do HN. Para os casos dos VCANs que se originam devido à presença do AT, as imagens de satélite mostram que estes estão associados à ZCAS intensa. A Figura 2(a) ilustra o mecanismo de formação de VCAN proposto por Kousky e Gan (1981), mas inclui características da circulação a grande escala (BI, AN, CAN, CPN) não observadas por esses autores. O CLM ao deslocar-se para latitudes baixas amplifica a crista no setor sudeste da AB e posteriormente ocorre a formação do vórtice. Os campos de vorticidade confirmam esta intensificação. A Figura 2(b) ilustra o mecanismo no qual o AT está presente. A intensificação e amplificação do AT em seu setor sudeste origina o vórtice.

Deslocamento dos VCANs

O deslocamento do VCAN é analisado a partir das características dos padrões de circulação mencionados anteriormente. Os VCANs podem ter tanto deslocamento regular como irregular. Deslocamento regular foi definido como sendo aquele que ocorre só na direção para oeste, e irregular quando a direção de propagação muda de oeste para leste e vice-versa.

Deslocamento irregular

VCANs com deslocamento irregular movimentam-se em geral numa área compreendida entre o Atlântico Tropical Sul e o Nordeste do Brasil, embora alguns movimentem-se apenas sobre o Atlântico Tropical Sul. Além disso, durante o tempo de vida destes VCANs, a BI está presente, com ventos relativamente fortes circundando o setor sul e sudeste da AB. Uma vez formado um VCAN, a incursão de CLMs em altos níveis associados a SFs aparentemente colabora para seu deslocamento irregular. A Figura 3 ilustra um caso típico de deslocamento irregular. Inicialmente, o CLM ingressa entre 20°W-50°W (Dec. 13), ao estender-se até 30°S amplifica o setor sudeste da crista associada à AB na direção SE-NW. Como consequência, o VCAN adquire a mesma orientação deslocando-se ligeiramente para o oeste (Dec. 15). Quando o CLM sofre amplificação estendendo-se até 20°S, o setor leste da crista associada à AB adquire uma orientação mais meridional. Isto faz com que o VCAN adquira essa mesma orientação, deslocando-se para leste (Dec. 16). Em seguida o CLM em seu deslocamento para leste atinge o mesmo meridiano que o VCAN (Dec. 17). Posteriormente, um novo CLM incursionando pelo Atlântico Sul entre 40°W-65°W amplifica a crista no sentido NW-SE e consequentemente desloca o VCAN para oeste.

Deslocamento regular

Neste caso os VCANs geralmente são mais intensos, estendem-se na vertical até 500 hPa e diferenciam-se dos demais pela ausência da AN associada à BI. Além dos VCANs com deslocamento regular que atingem a região leste e Nordeste do Brasil, existem outros raros, que se deslocam até o centro do continente e em alguns casos alcançam a costa oeste da América do Sul. A Figura 4(a) ilustra o caso do VCAN com deslocamento até centro do continente. Quando o VCAN inicia o movimento para oeste a AB alonga-se nos setores oeste e sudeste, estendendo-se sobre o sul do Brasil e Atlântico Sul e adquirindo alongamento quase zonal. Neste caso ventos fortes são observados no setor sudeste da AB. Em seguida o VCAN inicia seu movimento sobre o setor nordeste da AB e esta adquire uma orientação de SW-NE. Posteriormente o VCAN movimenta-se até o centro do continente deslocando o centro da AB para sudoeste.

VCANs que se deslocam sobre o setor nordeste do Anticiclone do Atlântico Sul (AT).

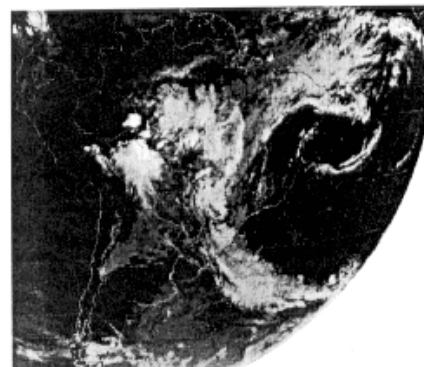
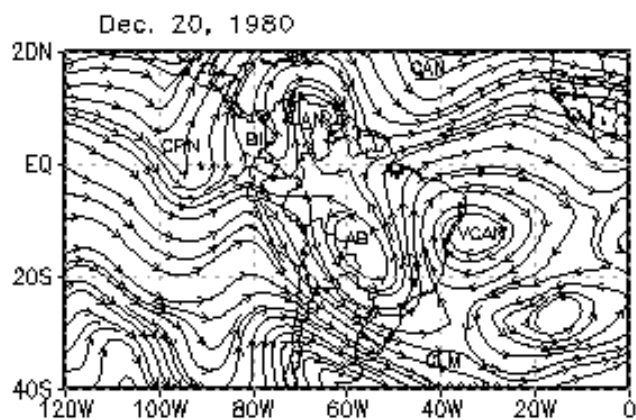
Neste caso os VCANs originam-se em associação ao AT, e tendem a deslocarem-se sobre o setor nordeste do AT até posicionarem-se sobre o Nordeste do Brasil. A Figura 4(b) ilustra este caso. Ao norte do AT forma-se uma configuração tipo bloqueio de pequena escala, a qual está associada a SFs que permanecem estacionários.

4. Conclusões

A análise dos padrões de circulação associados à formação dos VCANs, confirma que a maioria deles origina-se pelo mecanismo proposto por Kousky e Gan (1981). No entanto observou-se que VCANs podem originar-se também como consequência do Anticiclone do Atlântico Tropical Sul (AT) associado à ZCAS. Aparentemente a liberação de calor latente na ZCAS intensifica o centro anticiclônico em altitude e por conservação da vorticidade o centro de circulação ciclônica se origina. Uma das características marcantes associadas ao AT é a existência de uma faixa de vorticidade relativa positiva em 200 hPa orientada na mesma direção da ZCAS (Kodama, 1992 e Quadros, 1994). Todavia existem casos nos quais os VCANs originam-se pela contribuição de CPN ou CAN que, ao se alinharem com a AB na direção NW-SE ou NE-SW, amplificam a crista associada à AB. O deslocamento dos VCANs pode ser regular ou irregular. No caso de VCANs com deslocamento irregular, a AN associada à BI está presente durante quase todo o tempo de vida do vórtice. Neste caso os CLMs associados a SFs, influenciam diretamente no deslocamento. Os VCANs com deslocamento regular, deslocam-se para o Nordeste do Brasil ou para o centro do continente e em alguns casos alcançam a costa oeste da América do Sul. Quando os vórtices iniciam seu movimento para o Nordeste a AB amplifica-se e se estende até o sudeste do Brasil - Atlântico Sul. Posteriormente a AB adquire uma extensão quase horizontal com orientação NW-SE, facilitando o deslocamento dos VCANs para o centro do continente.

5. Referências Bibliográficas

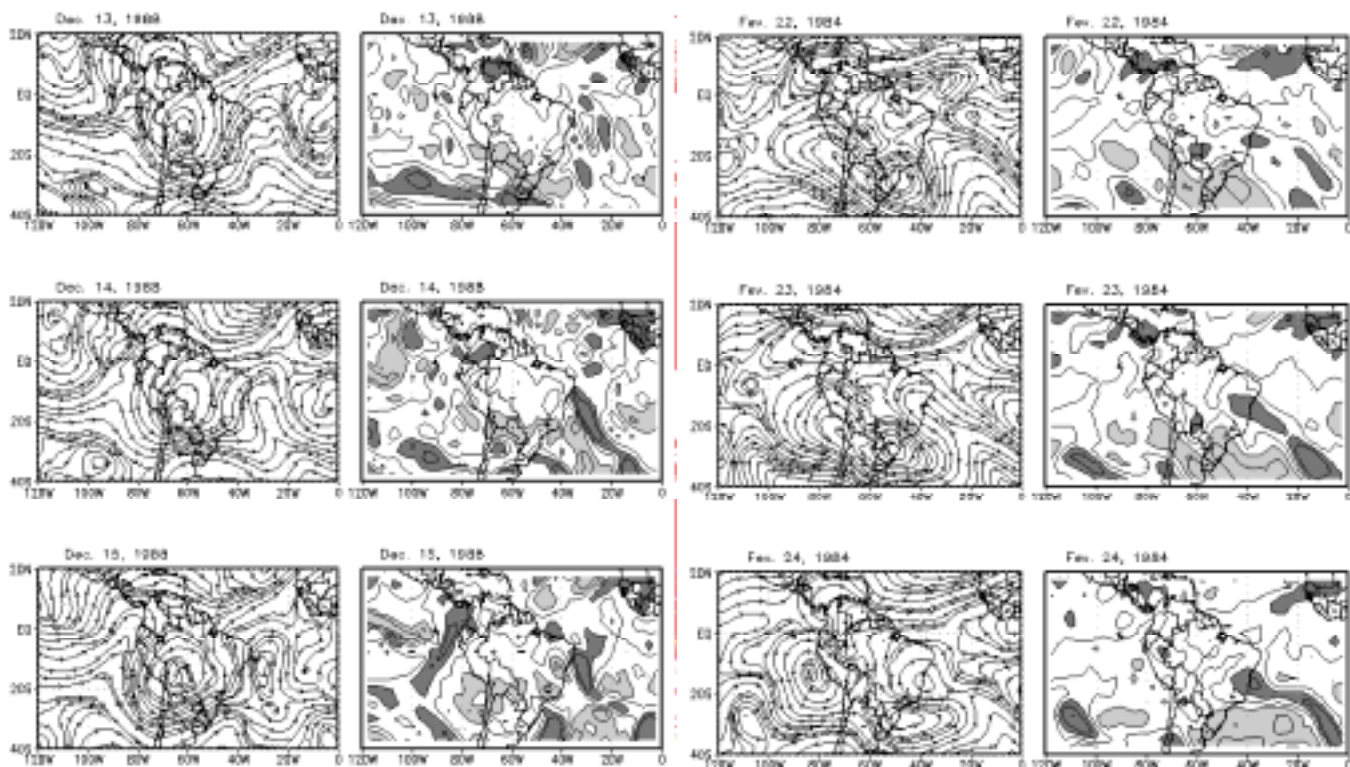
- 1 - Doty, B. E. **Using the Grid Analysis and Display System**. Center for Ocean-Land-Atmosphere Interactions (COLA), University of Maryland. Maryland. Jan. 1992.
- 2 - Kodama, Y. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (The Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ) Part I: characteristic of subtropical frontal zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 70(14):813-835, Aug. 1992.
- 3 - Kousky, V.E.; Gan, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, 36(5):538-551, Dec. 1981.
- 4 - Quadros, M. F. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. Dissertação de mestrado em Meteorologia (no prelo), São José dos Campos. INPE, 1994.



(a)

(b)

Fig. 1 (a) Linhas de corrente em 200 hPa ilustrando características do escoamento associado ao VCAN, (b) imagem infravermelha do satélite GOES-5, para 20 de dezembro às 15:46Z



(a)

(b)

Fig. 2 (a) Campos de linhas de corrente e vorticidade ilustrando o mecanismo de formação de Kousky e Gan (1981), (b) Campos de linhas de corrente e vorticidade ilustrando a formação do VCAN devido ao AT. Nos campos de vorticidade as áreas escuras (claras) indicam valores menores (maiores) que $-3 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$ ($3 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$).

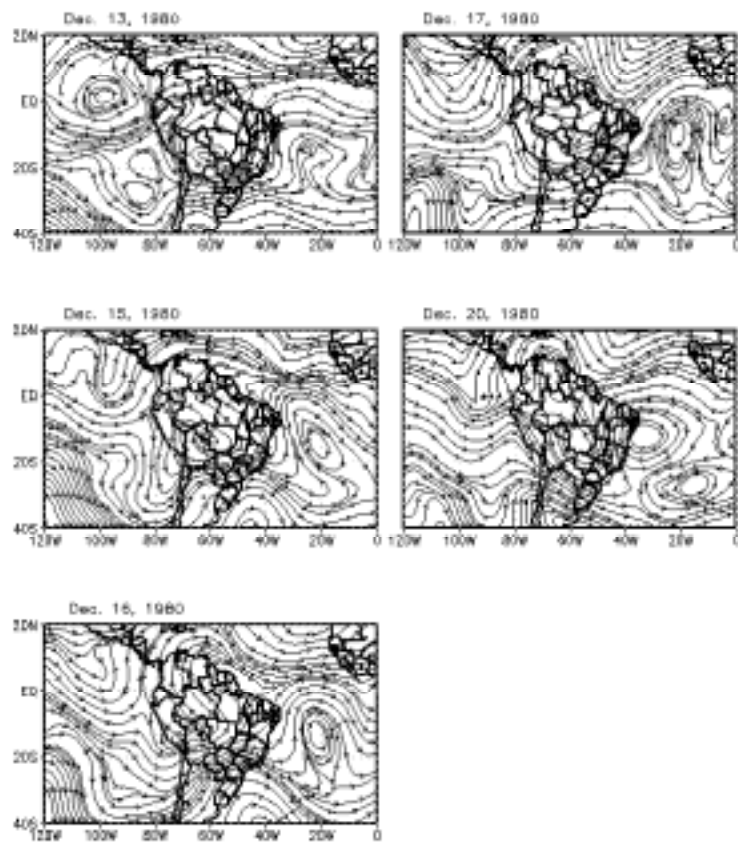
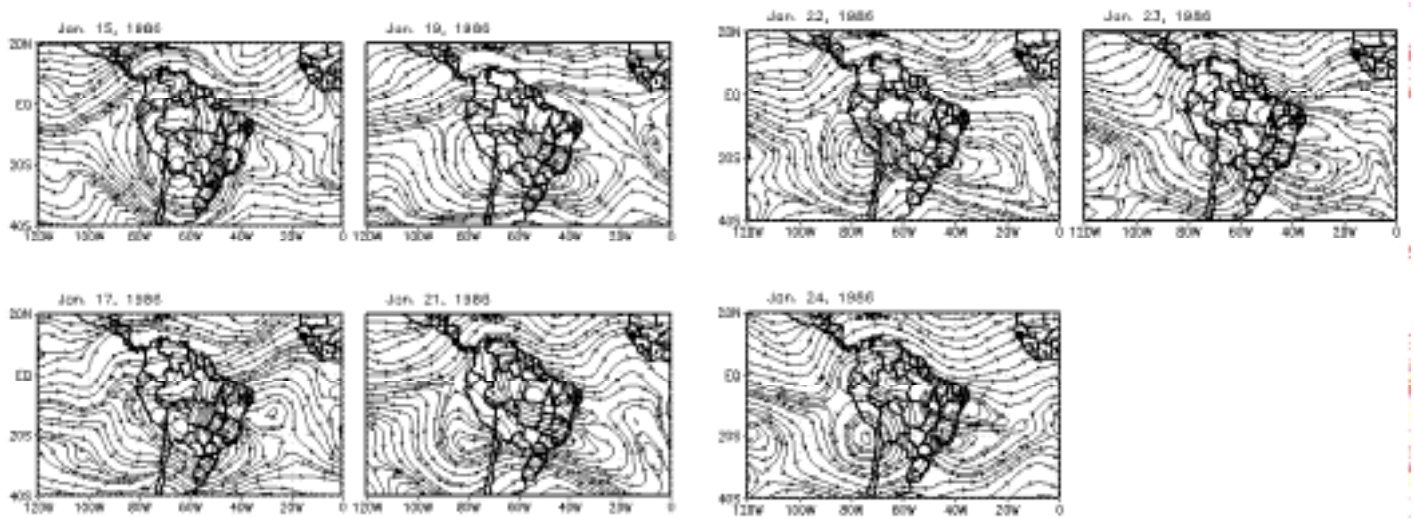


Fig. 3 Campos de linhas de corrente ilustrando o deslocamento irregular



(a)

(b)

Fig. 4 (a) Campos de linhas de corrente ilustrando deslocamento do VCAN até centro do continente
(b) Campos de linhas de corrente ilustrando o deslocamento do VCAN até o Nordeste do Brasil.