

## ANÁLISE DA ESTRUTURA VERTICAL DA ATMOSFERA PARA O CICLONE SUBTROPICAL CARI

NATHÁLIA HELENA TEIXEIRA COSTA<sup>1</sup>; ANDRÉ BECKER NUNES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Meteorologia - UFPel – [nathaliahtcosta@gmail.com](mailto:nathaliahtcosta@gmail.com)

<sup>2</sup>Faculdade de Meteorologia - UFPel – [beckernunes@gmail.com](mailto:beckernunes@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Ciclones Subtropicais (CS) são sistemas de baixa pressão que ocorrem em latitudes médias entre 20 e 40°S e possuem características tanto de ciclones tropicais quanto extratropicais. São sistemas híbridos com topo frio e base quente, de desenvolvimento baroclínico e condições de temperatura da superfície do mar relativamente quentes (GUISHARD et al., 2007).

Este trabalho tem o objetivo de analisar seções verticais associadas ao ciclone subtropical Cari, ocorrido na costa sul-sudeste do Brasil de 09 à 13 de Março de 2015.

### 2. METODOLOGIA

Este estudo foi realizado para o Ciclone Subtropical Cari, ocorrido à sudeste da costa brasileira no período de 10 à 13 de Março de 2015. O domínio espacial em análise compreende as coordenadas geográficas de 0° à 60°S e 70° à 30°W. Foram utilizados dados no formato NetCDF4 do MERRA-2 (*Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2*) (BOSILOVICH et al., 2016), com resolução espacial de 0,5° x 0,625°, resolução temporal de 3 horas e 72 níveis verticais.

As variáveis consideradas para o estudo foram pressão ao nível médio do mar (PNMM), vorticidade relativa, vorticidade potencial de Ertel (EPV) e Omega em diferentes níveis verticais, nos horários sinóticos de 0000, 0600, 1200 e 1800 UTC (Universal Time Coordinated). A componente meridional do vento é usada para a análise do eixo vertical do sistema, haja vista que valores próximos a zero indicam um centro de alta (valores negativos seguidos de positivos) ou de baixa (valores positivos seguidos de negativos). Os dados foram expressos graficamente utilizando o software GrADS (The Grid Analysis and Display System). Foram utilizadas imagens de satélite, obtidas da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/INPE) para a visualização dos canais de vapor d'água (Figura 1a e 1b), entre outros. As seções verticais (longitude x níveis de pressão) foram geradas nas latitudes das posições do centro do ciclone. O campo de velocidade meridional tendendo a zero foi usado para se identificar o eixo vertical do ciclone.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho apresentaremos a análise do comportamento da estrutura vertical da atmosfera na latitude 29,5° para as 1800Z dos dias 10/03, início do Ciclone Subtropical Cari, e 11/03 quando o mesmo estava mais intenso. O sistema pode ser facilmente identificado na figura 1a e 1b, nos canais de vapor d'água do satélite GOES-13 e é confirmado pelos campos de PNMM na figura 1c e 1d.

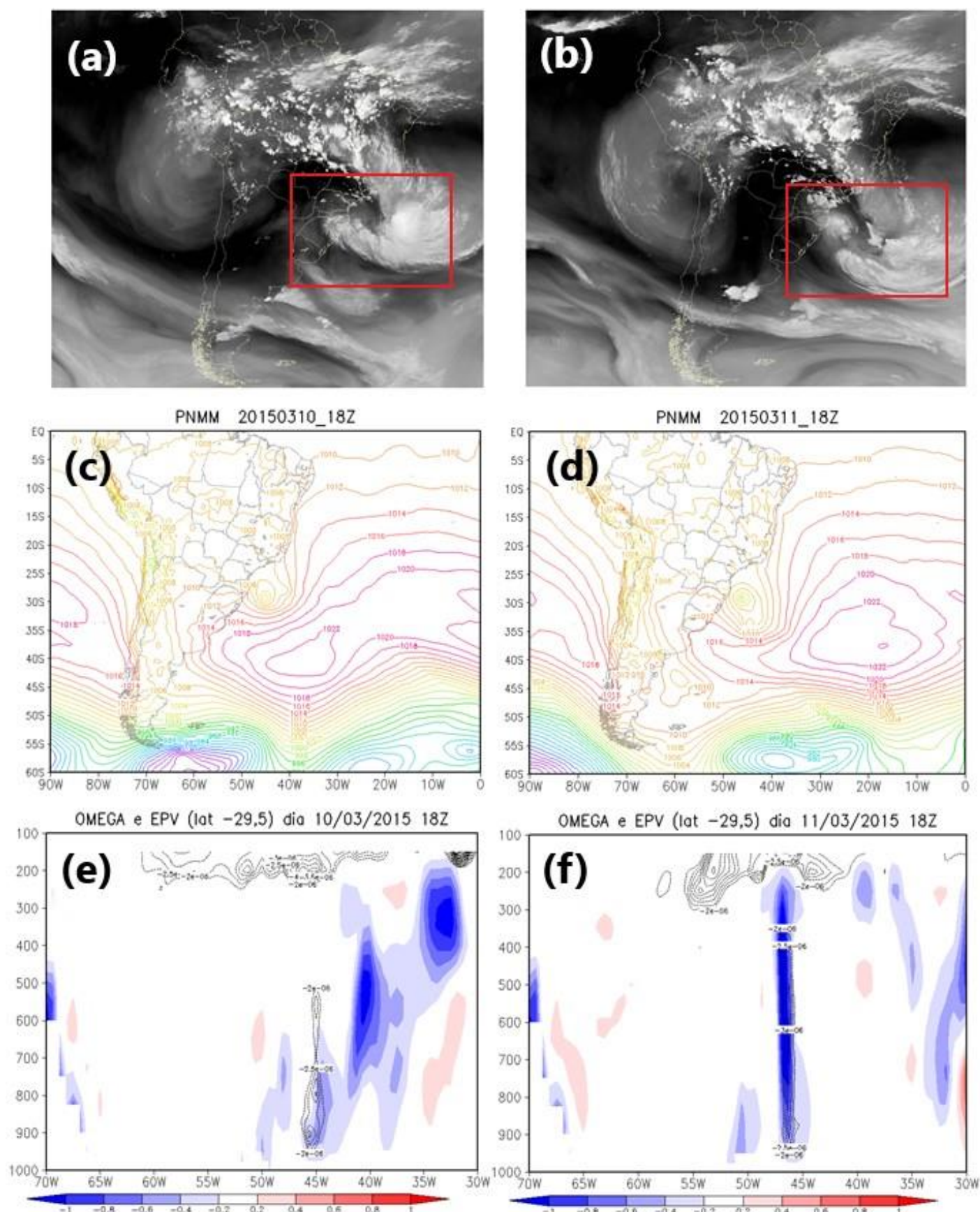


Figura 1 - Horário de 1800Z para (a) Imagem do satélite GOES-13, canal de vapor d'água para o dia 10/03/15 (retângulo vermelho: posição aproximada do CS) (b) Imagem do satélite GOES-13, canal de vapor d'água para o dia 11/03/15 (c) Pressão ao Nível Médio do Mar em hPa para o dia 10/03 (d) Pressão ao Nível Médio do Mar em hPa (contorno colorido) para o dia 11/03 (e) EPV (tracejado) em  $\text{K kg}^{-1} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ , e Omega (sombreado) em  $\text{Pa s}^{-1}$  na latitude  $29,5^\circ$  para o dia 10/03 (f) EPV (tracejado) em  $\text{K kg}^{-1} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$  e Omega (sombreado) na latitude  $29,5^\circ$  para o dia 11/03.

Ao analisarmos a figura 1e percebemos que o CS Cari demonstra, no dia 10/03 às 1800Z, uma EPV negativa (movimento ciclônico) de intensidade leve em baixos níveis (tracejado) em concordância com a variável omega (sombreado), onde os valores negativos indicam um movimento ascendente do ar, também não muito intenso neste primeiro dia de ciclogênese.

Já na figura 1f (24 horas depois) é possível perceber uma intensificação na EPV, atingindo níveis próximos à 400 hPa e também um aumento significativo no omega negativo (movimento ascendente do ar), indicando uma grande instabilidade no sistema, o que vai de acordo com o esperado para este tipo de evento meteorológico. Grandes instabilidades sinóticas, como ciclones explosivos, estão relacionadas ao rebaixamento da tropopausa (normalmente situada em torno de 250 hPa, identificada no Hemisfério Sul com valores de EPV de  $-1,5 \times 10^{-6} \text{ K kg}^{-1} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ).

Ainda nos campos de EPV e Omega (figura 1e e 1f) averiguamos que em altos níveis a vorticidade não indica um grande rebaixamento da tropopausa, o que poderia justificar este CS não ter sido um sistema de maior intensidade.

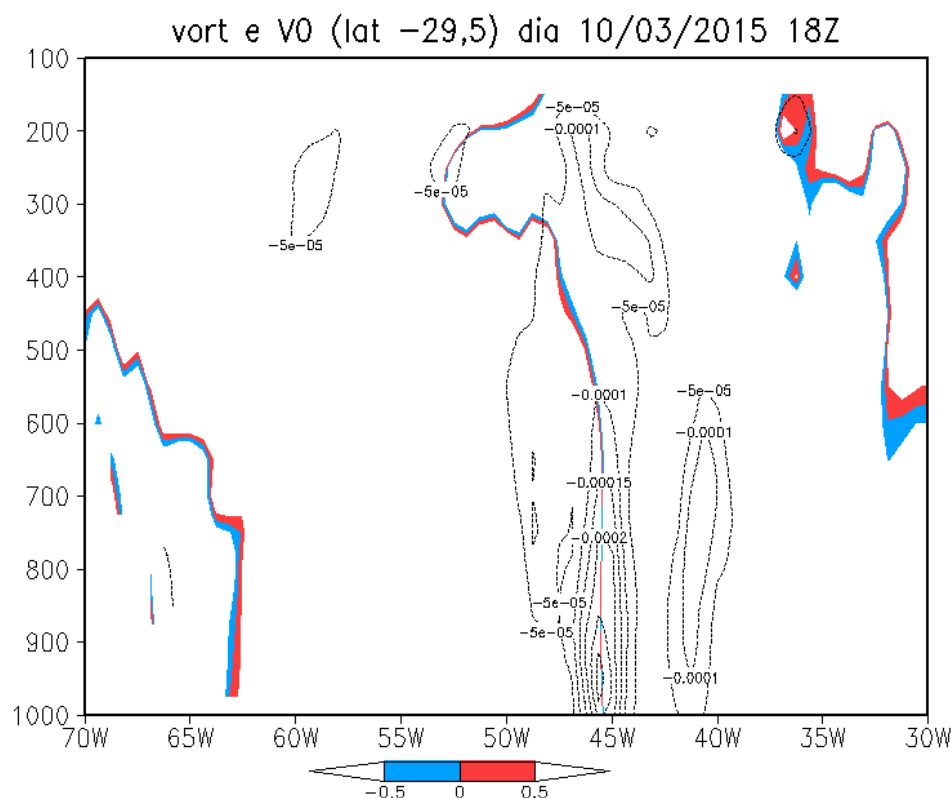


Figura 2 - Vorticidade Relativa (tracejado) e componente meridional do vento (sombreado) das 1800Z para o dia 10/03/2015.

Ao analisarmos o comportamento do vento meridional na atmosfera, desde a superfície até níveis superiores, observamos no dia 10/03 (figura 2) uma leve inclinação para oeste no eixo do sistema, o que indicaria que se trata de uma instabilidade baroclínica. Contudo, a inclinação maior ocorre em altos níveis (acima de 500 hPa), enquanto que em instabilidades baroclínicas em desenvolvimento a maior inclinação se observa até 700 hPa (HOLTON, 2004). Observa-se, como esperado, concordância da vorticidade relativa (tracejado) com a EPV presente em baixos níveis, associadas com o ciclone subtropical.



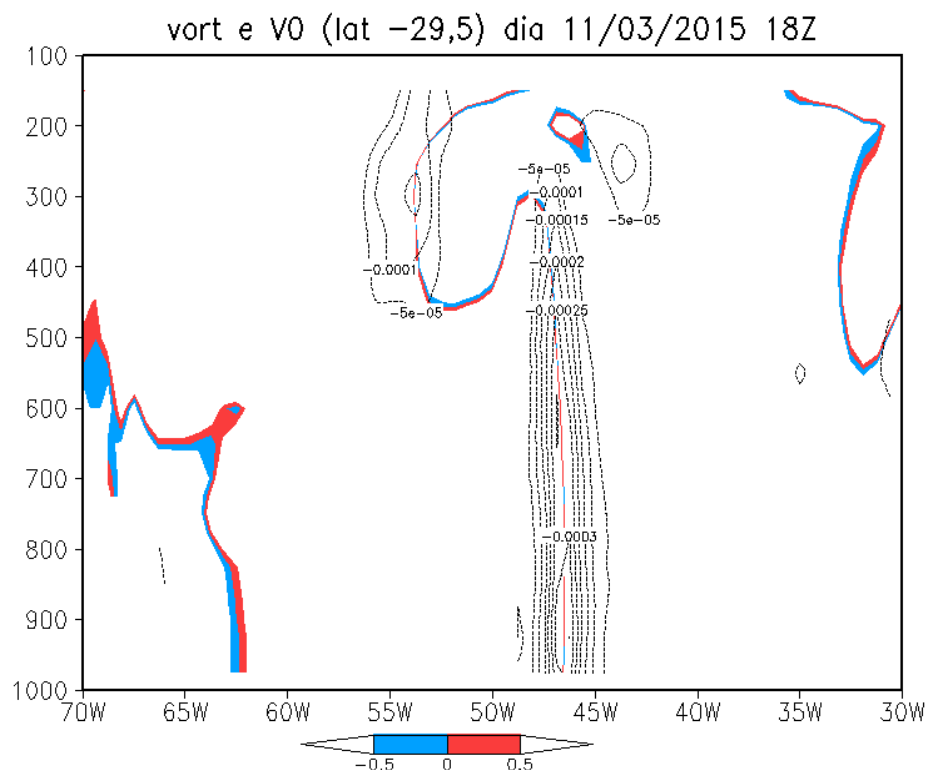


Figura 3 - Vorticidade Relativa (tracejado) e componente meridional do vento (sombreado) das 1800Z para o dia 11/03/2015.

Nas 24 horas seguintes (figura 3) o sistema se intensifica, o eixo perde quase que completamente sua inclinação, tornando-se completamente barotrópico (estágio maduro) e aliada a isto a vorticidade sofre um grande aumento alcançando os níveis mais superiores até cerca de 300 hPa.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste estudo foi possível identificar similaridades com a atual literatura a respeito deste tipo de evento meteorológico, ainda que estudos para casos ocorridos nas latitudes médias do hemisfério sul sejam escassos. Os resultados obtidos demonstram a relação direta entre a vorticidade em baixos níveis com o movimento ascendente do ar em ambas fases do desenvolvimento. Associamos ainda, a pouca profundidade deste rebaixamento da tropopausa como um possível fator para uma menor intensidade do ciclone estudado. Este entendimento do comportamento da estrutura vertical da atmosfera durante eventos de tempo severo como este nos permite buscar alternativas de prevenção, proteção e alerta à sociedade bem como entender os possíveis riscos que os Ciclones Subtropicais oferecem.

#### 5. AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à FAPERGS pela bolsa de iniciação científica.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GUISHARD, M. P.; NELSON, E. A.; EVANS, J. L.; HART, R. E.; O'CONNELL, D. G. **Bermuda subtropical storms**. *Meteorology and Atmospheric Physics*, v. 97, p. 239-253, 2007.
- HOLTON, J. R. **An introduction to dynamic meteorology**. 4. ed. Burlington: Elsevier, 2004. 535 p. (International geophysics series. v. 88) ISBN 0123540151.