

## ANÁLISE DO BALANÇO LOCAL DE UMIDADE E DE VORTICIDADE PARA UM EVENTO DE CHUVA OCORRIDO EM JUNHO DE 2014 NO SUL DO BRASIL

LUCIANO RITTER NOLASCO JUNIOR<sup>1</sup>; MATEUS DA SILVA TEIXEIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – nolascojr1465@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – mateus.teixeira@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Um dos fenômenos meteorológicos que mais tem causado transtornos socioeconômicos para a população na Região Sul do Brasil (RSB) é a ocorrência de chuva intensa, dada sua relevância em diversos setores socioeconômicos. Uma das consequências mais relevantes são as enchentes, que podem ser causadas por um grande acumulado de chuva em curto período de tempo ou chuva com intensidade moderada, mas com longa duração. Diversos estudos apontam que para a ocorrência de chuva intensa é necessário um alto conteúdo de umidade na região de interesse (MADDOX, 1979; DOSWELL et al., 1996). Desta forma, para analisar os processos envolvidos no evento de chuva ocorrido entre os dias 23 e 30 de junho de 2014 na RSB, o presente trabalho visa avaliar os termos da equação do balanço de umidade e de vorticidade, verificando quais termos foram mais importantes para o desenvolvimento do sistema em questão.

### 2. METODOLOGIA

Para realização do trabalho foram utilizados dados de análise do Global Forecast System (GFS), no qual possui resolução de 1°, para até 48 horas antes do inicio do evento. A partir destes dados, utilizou-se a equação do balanço local de umidade descrita por Banacos e Schultz (2004), porém com os termos rearranjados, resultando em:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -V_h \cdot \nabla q - q \nabla \cdot V_h - \frac{\partial(qw)}{\partial p}$$

sendo o primeiro termo depois da igualdade é o termo de advecção de umidade, o segundo é o termo de convergência horizontal do fluxo de umidade e terceiro é o termo de convergência vertical do fluxo de umidade.

Além disso, calculou-se o balanço local de vorticidade com o tempo, descrita por Holton (2004), como:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -V \cdot \nabla(\zeta + f) - \omega \frac{\partial \zeta}{\partial p} - (\zeta + f) \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \left( \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial p} - \frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial p} \right)$$

sendo, em ordem depois da igualdade, o termo de advecção horizontal, o termo de advecção vertical, de divergência e, por último, de inclinação.

Para uma análise pontual e temporal dos termos da equação do balanço local de umidade, foi feita a média na área na região do maior acumulado de chuva, sendo a área de -31 a -26S de latitude e -55 a -51O de longitude. O mesmo foi feito para os termos da equação da vorticidade, porém para uma área

correspondente a RSB, sendo de -34 a -22S de latitude e de -58 a -48O de longitude.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições sinóticas que propiciaram a ocorrência do caso foram descritas por Nolasco Jr e Teixeira (2017), onde foi constatado a atuação de um quadro pre-frontal no inicio do evento, a passagem de um sistema frontal e o desenvolvimento de dois centros de baixa pressão predominantemente térmico, uma vez que não havia advecção de vorticidade gerada pelo cavado em níveis médios até o último dia do evento.

A analise dos termos da equação do balanço local de umidade permitiu verificar que, pelo menos até o dia 25, pelo termo de advecção havia advecção horizontal positiva de umidade no nível de 850 hPa (Figura 1A), ou seja, a região ganhava umidade por advecção. Além disso, o termo de convergência horizontal (Figura 1B) também mostra a predominância da convergência horizontal de umidade durante todo evento. Até o dia 24, havia divergência horizontal de umidade na camada de 1000 hPa, contudo, entre o dia 22 e 23 iniciava a convergência horizontal de umidade no nível de 850 hPa que prevaleceu em toda camada a partir do dia 24 e persistindo durante todo evento. No dia 25, foi o dia em que a convergência horizontal de umidade foi mais intensa, momento em que houve o aumento significativo nos acumulados de chuva. Pelo termo de divergência vertical de umidade (figura não mostrada) notou-se que durante todo período havia divergência vertical de umidade praticamente até o nível de 850 hPa, ou seja, toda umidade que convergia horizontalmente, divergia verticalmente, que é mostrado pela convergência vertical de umidade acima do nível de 850 hPa. Isso mostra que toda umidade que a região recebia em baixos nível por convergência e advecção horizontal era elevada para altos níveis. Ressalta-se que a divergência vertical era mais intensa durante os dias 25 e 26, sendo que o dia 25 foi o momento de maior convergência horizontal de umidade, como citado anteriormente.

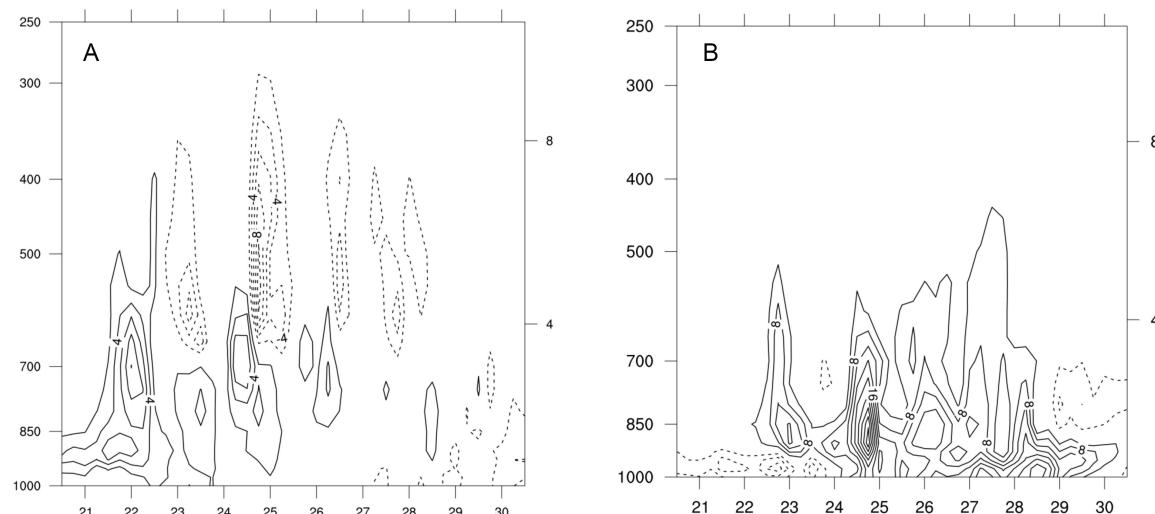


Figura 1 – Seções de pressão por tempo de a) advecção horizontal de umidade em  $g \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$  e b) convergência horizontal de umidade em  $g \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$  com ordem de magnitude de  $1 \times 10^{-5}$ .

Através da análise dos termos da equação do balanço local de vorticidade permitiu-se verificar que o termo de advecção horizontal de vorticidade (Figura 1A) não contribuiu para a geração de vorticidade na maior parte do evento, uma vez que a advecção de vorticidade ciclônica é vista com grande intensidade somente no final do evento, a partir do dia 27, no nível de 500 hPa. Sendo interessante notar que do dia 22 até o último dia do evento, havia advecção de vorticidade anticiclônica em toda camada em torno de 700 hPa. Já o termo de estiramento/divergência de vorticidade (Figura 2B) mostra a geração de vorticidade ciclônica a partir do dia 23 desde a superfície até o nível de 500 hPa, aproximadamente. Enquanto que em altos níveis há divergência, o que resulta na geração de vorticidade anticiclônica. O termo de advecção vertical de vorticidade (Figura 1C) e de torção/inclinação (Figura 1D) praticamente anulam-se, uma vez que ambos são muito semelhantes, porém com sinais opostos, indicando que não havia transporte de vorticidade de baixos para altos níveis e não havia vorticidade horizontal tornando-se vertical, respectivamente.

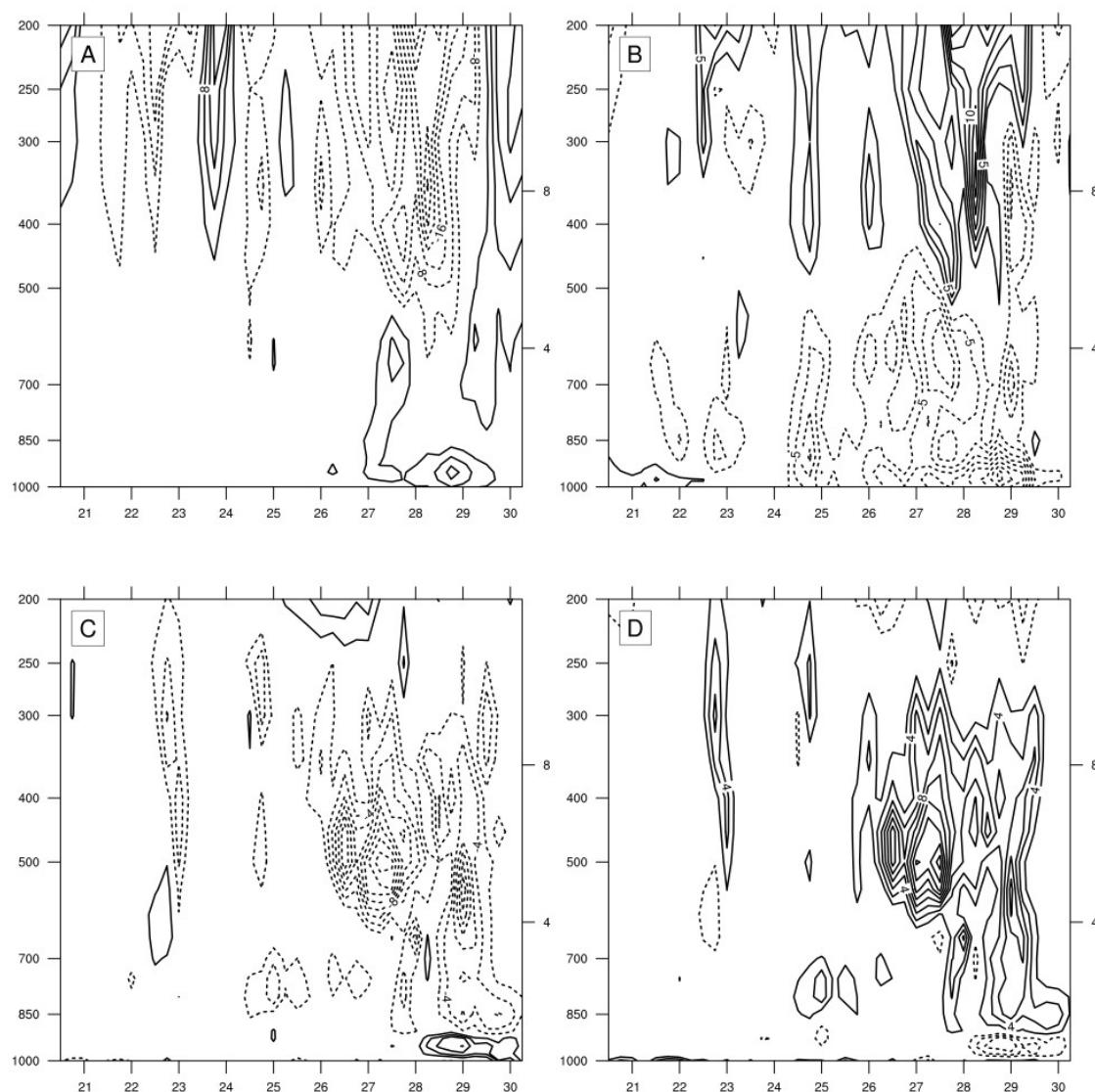


Figura 2 – Seções transversais de pressão por tempo dos termos de a) advecção horizontal de vorticidade, b) torção/divergência horizontal de vorticidade, c) advecção vertical de vorticidade e d) estiramento/inclinação de vorticidade com ordem de  $1 \times 10^{-10} \text{ s}^{-2}$ .

#### 4. CONCLUSÕES

A analise dos termos da equação do balanço local de umidade mostrou que todos os termos contribuiram para desenvolvimento do sistema. Porém, devido a sua maior magnitude, o termo que mais predominou foi o de convergência de umidade, uma vez que no dia 25, o termo era de até uma ordem de magnitude maior que o de advecção horizontal e também pela persistencia da convergência de umidade em grande parte da ocorrência da chuva.

Os termos da equação do balanço local de vorticidade mostraram que o único termo que contribuia para a geração de vorticidade ciclônica era o termo de convergência, chegando a ser uma ordem de magnitude maior no inicio do evento, uma vez que a advecção contribuia para o transporte de vorticidade anticiclônica no final do evento para a região e os termos de advecção vertical e de inclinação se anulam por serem semelhantes e possuirem sinais opostos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANACOS, P. C.; SCHULTZ, D. M. The use of moisture flux convergence in forecasting convective initiation: historical and operational perspectives. **Weather and Forecasting**. v. 20, n. 3, p. 351–366, June 2004. 12, 107, 130

DOSWELL III, Charles. BROOKS, Harold, MADDOX, Robert. Flash Flood Forecasting: An Ingredients-Based Methodology. **Weather and Forecasting**. V.11.n.4. p.560-581. 1996.

HOLTON, James R.; HAKIM, Gregory J. **An introduction to dynamic meteorology**. 4. ed. San Diego: Academic Press, v.88, 2004.

MADDOX, Robert A., A Methodology for Forecasting Heavy Convective Precipitation and Flash Flooding. **National Weather Digest**. v.4. n.4. p.30-42. 1979.

NOLASCO JR, L. R.; TEIXEIRA, Mateus da S.. Condições Sinóticas que Favoreceram a Ocorrência de um Evento de Chuva Intensa em Junho de 2014 na Região Sul do Brasil. In: VII Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia. 7, 2017, Pelotas. **Anais do...** Pelotas, 2017.