

## ANÁLISE SINÓTICA DE UMA LINHA DE INSTABILIDADE PRÉ-FRONTAL OCORRIDA EM DEZEMBRO DE 2012 NO RIO GRANDE DO SUL

LUIZ GABRIEL CASSOL MACHADO<sup>1</sup>; FERNANDO RAFAEL BATISTA RIBEIRO JUNIOR<sup>2</sup>; HUMBERTO CONRADO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – gabrielcassol09@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – fernando.rafael23@hotmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – hconradohc1@gmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

Linhos de instabilidade (ou, genericamente, bandas de precipitação) consistem de, basicamente, um conjunto de cumulonimbus alinhados que se deslocam de maneira uniforme, mantendo uma certa identidade durante seu tempo de vida, que varia entre poucas horas até um dia (SILVA DIAS, 1987).

Em latitudes médias, estão normalmente associadas a sistemas baroclinicos, como os sistemas frontais, e tendem a se formar paralelamente (e muitas vezes à frente) das frentes frias (AHRENS, 2000). Tais fenômenos podem ser responsáveis por condições meteorológicas severas – tempestades, inundações – tornando seu estudo de grande importância científica e social (RIBEIRO et al., 2011).

Na madrugada do dia 11 de dezembro de 2012, o Rio Grande do Sul (RS), em especial a região sul e campanha sofreu enormes prejuízos devido à passagem de uma linha de instabilidade associada a uma frente fria que provocou fortes rajadas de vento. Os jornais noticiaram inúmeros problemas à população, dentre eles, cita-se (Valor Econômico, 2012): 708 mil pessoas ficaram sem energia elétrica, sendo que destes, 530 mil foram nas regiões sul, sudeste e Porto Alegre (região mais atingida).

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo analisar as características sinóticas e os fatores que levaram a formação desta forte linha de instabilidade que afetou o RS e trouxe inúmeros prejuízos e impactos a muitos municípios do estado com a finalidade de compreender e prever melhor estes importantes fenômenos.

### 2. METODOLOGIA

A análise do estudo do caso em questão foi feita por meio de campos meteorológicos, obtidos de dados de reanálises do Modern Era Retrospective Analysis for Research and Applications – Version 2 (MERRA-2) (GELARO et al., 2017). Os dados têm resolução espacial de 0.66° de longitude e 0.5° de latitude (cerca de 50 km na direção latitudinal), 42 níveis verticais e intervalo de tempo de 3 horas, com domínio espacial cobrindo o centro-sul da América do Sul. Os dados foram visualizados via software Grid Analysis and Display System (GrADS), do Center for Ocean -Land-Atmosphere Interactions (COLA). A nebulosidade associada ao sistema foi observada por meio de imagens do satélite GOES-12 (Geostationary Operational Environmental Satellite 12), obtidas da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/INPE).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos campos sinóticos é possível observar que na madrugada do dia 11 de dezembro de 2012, havia a presença da Baixa do Noroeste Argentino (BNOA) sobre a América do Sul, conforme definição de Seluchi e Saulo (2012). Nota-se na figura 1A a presença de um Jato de Baixos Níveis (JBN) direcionado a região da campanha e o sul gaúcho, que proporciona transporte de calor e umidade do norte do Brasil.

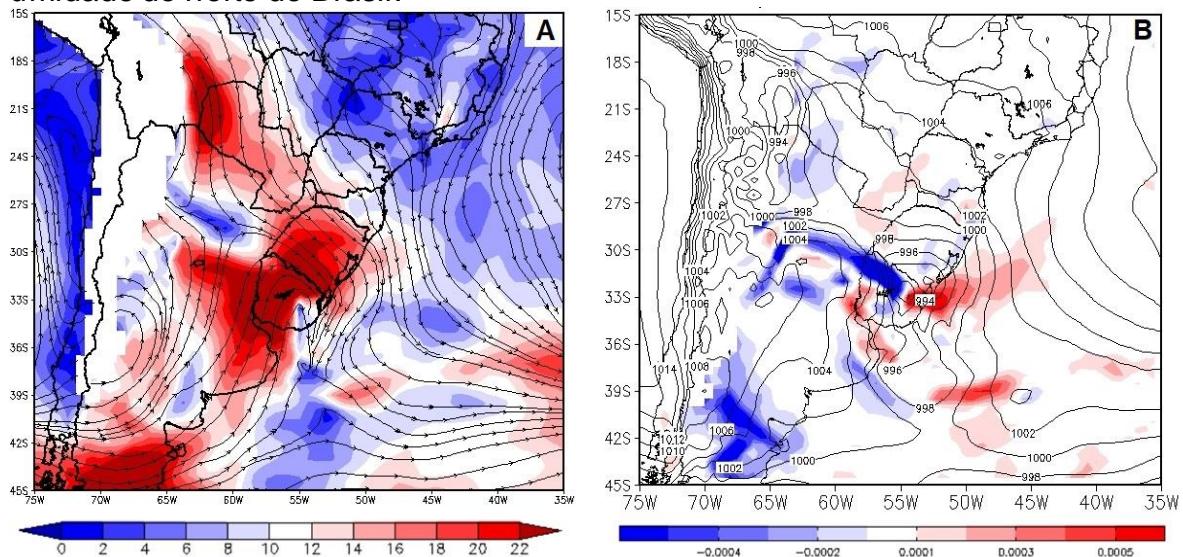


Figura 1 – (A) Campo de magnitude (sombreado) e linha de corrente (contornos em preto) em m s<sup>-1</sup> em 850 hPa as 0300 UTC e (B) Campo de pressão do nível médio do mar (pnmm) em hPa (contornos em preto) e campos de advecção de temperatura em 850 hPa (sombreado) em K s<sup>-1</sup> as 0300 UTC.

Corroborando com o exposto acima, pode-se observar no processo de ciclogênese ao sul no Uruguai (figura 1B) a presença de uma advecção de uma massa de ar quente (forçante quase-geostrófica) sobre a região em estudo (onde o escoamento é de noroeste na Figura 1A).

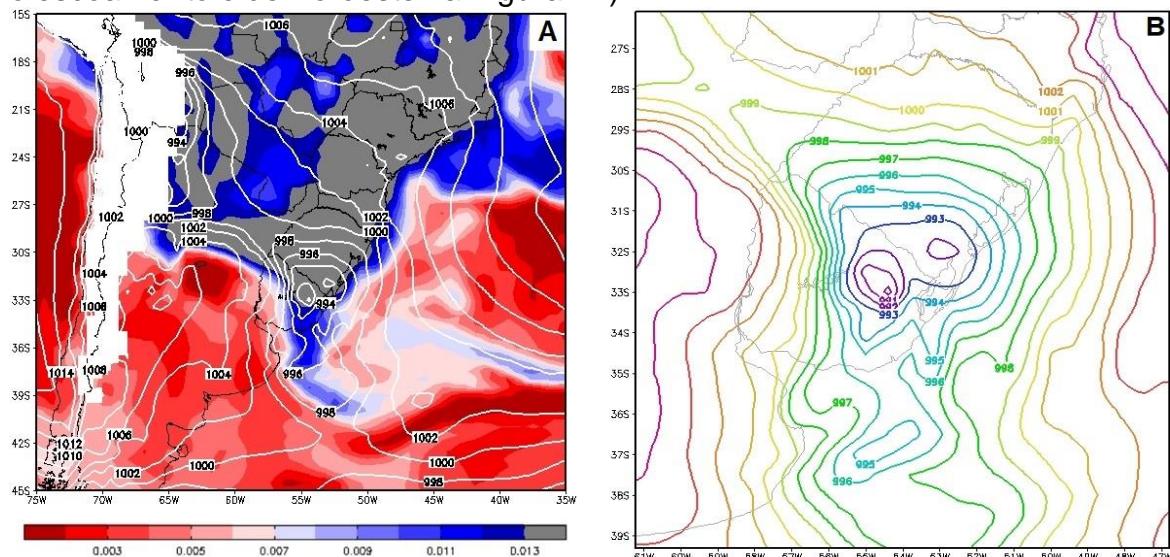


Figura 2 – (A) Campo de pressão ao nível médio do mar (pnmm) em hPa (contorno amarelo) e umidade específica em 850 hPa (sombreado) em g kg<sup>-1</sup> as 0300 UTC e (B) Campo de pressão ao nível médio do mar (hPa) as 0300 UTC.

A Figura 2A indica, no nível de 850 hPa, uma massa de umidade devido à presença do JBN na região de estudo e em toda a área de influência da BNOA. Além disso, foi verificado a intensificação da variável em questão sobre a região

do Chaco (não mostrado) e de encontro a isso, no mesmo período ocorreu o maior aporte de umidade específica sobre o Rio Grande do Sul, concordando com o mencionado por Seluchi e Saulo (2012), em que a BNOA assim como a Baixa do Chaco se desenvolve em uma atmosfera mais instável do ponto de vista termodinâmico, com maior conteúdo de umidade, sendo afetada por precipitações mais abundantes, dentro de uma massa de ar mais típica das latitudes tropicais.

Na análise dos campos sinóticos também nota-se altos valores de convergência de umidade em 850 hPa as 0300 UTC (não mostrado), também verifica-se em altos níveis a presença do escoamento difluente entre o leste/nordeste do Uruguai e o sul do RS entre as 0000 e 0600 UTC (não mostrado) que favorece a divergência de massa em altos níveis e a convergência em baixos níveis, e somado com a condição termodinâmica instável (calor e umidade) verificado nas figura 1A e 1B, favoreceu condições para o desenvolvimento e intensificação do SCM. Concordando com o mencionado por Bluestein (1993) que em algumas ocasiões dos eventos de precipitação intensa, é possível observar a presença da forçante dinâmica em altos níveis ao intensificar a instabilidade já estabelecida em baixos níveis, aumentando a severidade da instabilidade em superfície.

A presença de uma área de baixa pressão entre o leste do Uruguai e o sul gaúcho (figura 2B), induz a uma intensa convergência em baixos níveis e a ascensão da massa de ar sobre a região. Além dos fatores citados anteriormente, ocorreu a intensificação da baixa sobre o sul do RS (não mostrado), que propiciou a formação desta intensa linha de instabilidade que passou sobre a região, provocando ventos acima de 120 km/h e queda de granizo em áreas do sul, centro e leste do RS. Além disso, verificou-se que a formação do Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM) e da linha de instabilidade (figura 3B) foram na dianteira do sistema frontal, caracterizando-se um ambiente pré-frontal.

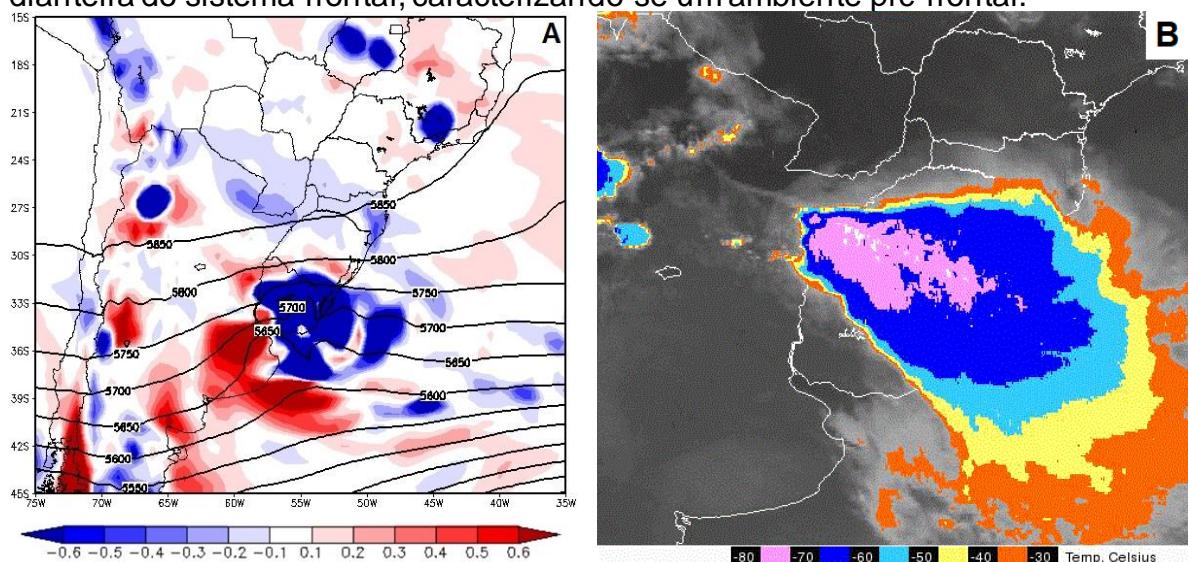


Figura 3 – (A) Campo de ômega em 500 hPa (sombreado) em  $\text{Pa s}^{-1}$  e geopotencial em 500 hPa (contornos em preto) em gpm para as 0300 UTC. (B) Imagem de satélite GOES-12 do canal infravermelho de temperatura realçada para as 0300 UTC.

Na figura 3A observa-se a presença de um cavado em 500 hPa que se propagou da província de Buenos Aires em direção ao RS induzindo a uma forte advecção de vorticidade ciclônica a leste do seu eixo do (não mostrado). A presença deste cavado em 500 hPa, favorece a um intenso movimento vertical em superfície, observado pelos valores de ômega negativo. Através da imagem

de satélite do canal infravermelho com temperatura realçada para as 0300 UTC (figura 3B), é verificado presença de topos entre -70 e -80°C ao longo do setor mais intenso, onde é possível observar a presença da Linha de Instabilidade embebida no SCM, sendo caracterizada por nuvens cumulonimbus de topos mais frios (tons branco e rosa) alinhadas.

#### 4. CONCLUSÕES

As análises do MERRA caracterizaram um ambiente favorável para formação da linha de instabilidade. Condições de grande escala proporcionaram um transporte de ar quente e úmido que foram fundamentais para uma condição termodinâmica instável que, associada a presença de uma área de baixa pressão muito intensa em superfície com valores barométricos de até 984 hPa no litoral sul do RS, colaborou mais incisivamente com a formação e propagação do SCM e da linha de instabilidade.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, C. D. *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere*. Belmont: Brooks/Cole, 2000. 464 p.

BLUESTEIN, H.B. **Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes. Volume II: Observations and Theory of Weather Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1993. 594p.

GELARO, R.; MCCARTY, W.; SUÁREZ, M.J.; TODLING, R.; MOLOD, A.; TAKACS, L.; RANDLES, C.A.; DARMENOV, A.; BOSILOVICH, M.G.; REICHLE, R.; WARGAN, K.; COY, L.; CULLATHER, R.; DRAPER, C.; AKELLA, S.; BUCHARD, V.; CONATY, A.; DA SILVA, A.M.; GU, W.; KIM, G.K.; KOSTER, R.; LUCCHESI, R.; MERKOVA, 30 D.; NIELSEN, J.E.; PARTYKA, G.; PAWSON, S.; PUTMAN, W.; RIENECKER, M.; SCHUBERT, S.D.; SIENKIEWICZ, M.; ZHAO, B. MERRA-2: NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate*, v.30, p.5419-5454, 2017.

RIBEIRO, Z. R.; NUNES, A. B.; Uso de sensoriamento remoto para análise de uma linha de instabilidade: Estudo de caso ocorrido no Rio Grande do Sul. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2150

SELUCHI, M. E.; SAULO, A. C. Baixa do noroeste argentino e Baixa do Chaco: Características, diferenças e semelhanças. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 27, n. 1, p. 49-60, 2012.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de Mesoscala e Previsão de Tempo a Curto Prazo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 2, n. 1, p. 133 – 150, 1987.

VALOR ECONÔMICO. Temporal provoca apagão no RS e afeta mais de 700 mil consumidores. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/mapasPrecipitacao>>. Acesso em: 10 set. 2019.