

CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS DE UM EVENTO TORNÁDICO EM SÃO FRANCISCO DE PAULA/RS

KELLI SILVA DE LARA¹; LEONARDO CALVETTI²; ANDRÉ BECKER NUNES³

¹*Faculdade de Meteorologia - UFPel – kelli.sdelara@gmail.com*

²*Faculdade de Meteorologia - UFPel – lcalvetti@gmail.com*

³*Faculdade de Meteorologia - UFPel – beckernunes@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) é frequentemente atingido por diversos sistemas atmosféricos. Dentre estes sistemas, o responsável pela maior parte da precipitação nas regiões de latitudes médias corresponde aos Sistemas Convectivos de Mesoscala (SCM) (SILVA DIAS et al., 2009). Entre os tipos de SCM, as linhas de instabilidade consistem de um conjunto de nuvens do tipo cumulonimbus e têm uma aparência linear de refletividade no radar meteorológico (MARKOWSKI; RICHARDSON, 2011). Tal sistema pode desencadear diferentes eventos extremos, como granizo, descargas atmosféricas e tornados. Este último fenômeno, dependendo do grau de severidade pode provocar grande impacto socioeconômico à comunidade atingida. De acordo com o GLOSSÁRIO DE METEOROLOGIA (2017), o tornado é definido como uma coluna de ar em rotação em contato com a superfície, pendente de uma nuvem cumuliforme e geralmente visível como uma nuvem funil e/ou uma circulação de poeira/detritos no solo. Portanto, o estudo deste fenômeno extremo é de insumo importância na compreensão do ambiente favorável para o seu desenvolvimento.

Desta forma, como os tornados ocorrem em ambientes instáveis e em curto espaço-tempo, o propósito deste trabalho é realizar um diagnóstico preliminar das condições atmosféricas de grande escala que desencadearam o sistema meteorológico que contribuiu para a formação do tornado. O fenômeno atingiu o município de São Francisco de Paula/RS ($29^{\circ} 26' 52"S$; $50^{\circ} 35' 02"O$) no dia 12 de março de 2017, por volta das 08:00 HL (Hora Local) e provocou danos materiais (Figura 1) em 285 residências, sendo que 65 foram completamente destruídas, afetou 2,6 mil habitantes, deixou uma vítima fatal e prejuízos de mais de 23 milhões de reais (DEFESA CIVIL DO RS, 2017). Sendo assim, este estudo tem o intuito de contribuir para um melhor entendimento científico sobre a ocorrência destes fenômenos severos na região Sul do Brasil.



Figura 1 – Danos provocados pela passagem do tornado em São Francisco de Paula. Fonte DEFESA CIVIL RS, 2017.

2. METODOLOGIA

Para a análise desse estudo foram utilizadas dados do modelo *Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications*, versão 2 (MERRA-2) (BOSILOVICH et al., 2016), com resolução espacial de $0,5^{\circ} \times 0,625^{\circ}$, resolução temporal de 3 horas e em formato netCDF-4. Com estes dados foram obtidos campos, gerados pelo software *Grid Analysis and Display System* (GrADS) de: temperatura do ar, umidade relativa, altura geopotencial, movimento vertical, e as componentes zonal e meridional do vento em diferentes níveis da atmosfera (1000, 850, 500, 250 hPa). Também foram utilizadas imagens de radar MAXCAPPI (*Maximum Constant Altitud Plan Position Indicator*) localizado no município do Morro da Igreja/SC ($28^{\circ}07'41"S$, $49^{\circ}28'19"W$) e disponibilizadas no site oficial da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) para os horários das 10:50, 11:10 e 11:20 UTC (*Universal Time Coordinated*). Além disso, foram utilizadas imagens de satélite realçadas do canal infravermelho GOES-13 (*Geostationary Operational Environmental Satellite*) para verificar a nebulosidade associada ao episódio tornádico, onde se encontram disponíveis através do site de Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/INPE).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise das condições sinóticas presentes no horário aproximado da ocorrência do tornado (11 UTC do dia 12/03/2017), pode ser observado um sistema frontal atuando na região sul do Brasil (Figura 2a), associado a um centro de baixa pressão em torno de $45^{\circ}S$ e $50^{\circ}W$ com núcleo de 1000 hPa. Durante a madrugada do dia 12 foi observado temperaturas elevadas acima de $24^{\circ}C$ sobre a região norte do RS, e oeste de Santa Catarina (SC) e Paraná (PR) sendo este um dos elementos essenciais para formação de tempestades sobre a região. Na baixa troposfera (850 hPa), verifica-se o forte escoamento de noroeste (Figura 2b), com magnitude do vento de aproximadamente 22 m s^{-1} sobre o norte/nordeste do RS e grande parte de SC, e também houve umidade suficiente (em torno de 90%) sobre estas áreas. Esse intenso escoamento, de acordo com os critérios de BONNER (1968), está relacionado ao Jato de Baixos Níveis (JBN). Este sistema tem uma extensão horizontal de aproximadamente 500 km, e é o responsável pelo transporte de calor e umidade (Figura 2c) das latitudes baixas para as latitudes médias sendo uma das forçantes termodinâmicas fundamentais para o favorecimento da atividade convectiva na região.

A posição do eixo do cavado no nível de 500 hPa (Figura 2a), se estendeu desde o oceano Atlântico até a região sul do RS gerando a advecção de vorticidade ciclônica e produzindo o intenso levantamento do ar mais quente ($-0,6 \text{ Pa s}^{-1}$) sobre parte do RS e instabilizando a atmosfera. Além disso, também foi observado a baroclinia associada ao cavado sendo influenciada pela corrente de jato em altos níveis, dando suporte dinâmico para o sistema que se encontra em superfície. Para o nível de 250 hPa (Figura 2d), nota-se o intenso gradiente de vento, variando de aproximadamente 12 para 40 m s^{-1} sobre a região norte do RS, onde esteve associado a presença da corrente de jato que se encontra sobre o Uruguai, parte leste da Argentina e ao extremo sul do RS. Combinando com o padrão termodinâmico em baixos níveis (850 hPa), foi observado a difluência do escoamento em 250 hPa no oeste de SC e norte/noroeste do RS favorecendo a convergência do ar em superfície e contribuindo para a formação de nuvens convectivas.

Na figura 3, apresenta uma sequência de imagens de radar do Morro da Igreja/SC utilizando a MAXCAPPI com varredura volumétrica de 400 km e em intervalos de 10 a 15 minutos. Nas imagens de radar, nota-se uma grande área instável com alto índice de refletividade (acima de 50 dBz) compatível com tempestades severas, associado a um conjunto de núcleos convectivos alinhados e se deslocando para as cidades vizinhas de São Francisco de Paula. Através destas imagens, foi possível identificar o SCM que desencadeou tais áreas de instabilidade sobre a região. O tornado que atingiu o município esteve associado a uma linha de instabilidade pré-frontal, onde este sistema se propagou para nordeste e se curvou, possivelmente devido aos fortes ventos na baixa atmosfera caracterizando um *bow echo*, indicado pela flecha na Figura 3b. A nebulosidade associada ao SCM, também pode ser vista na Figura 4 onde mostra o topo de nuvens bem negativas (-80°C) indicando a forte convecção.

4. CONCLUSÕES

Concluiu-se que o SCM esteve relacionado com as condições atmosféricas de grande escala, e que a contribuição do escoamento de noroeste, a difluência em altos níveis e a curvatura do sistema foi fundamental para o desenvolvimento da linha de instabilidade pré-frontal que atingiu o município de São Francisco de Paula. Sendo assim, para a continuidade do trabalho, deve ser investigado mais sobre a gênese de *bow echoes* e se a termodinâmica local contribuiu para a formação e severidade do tornado.

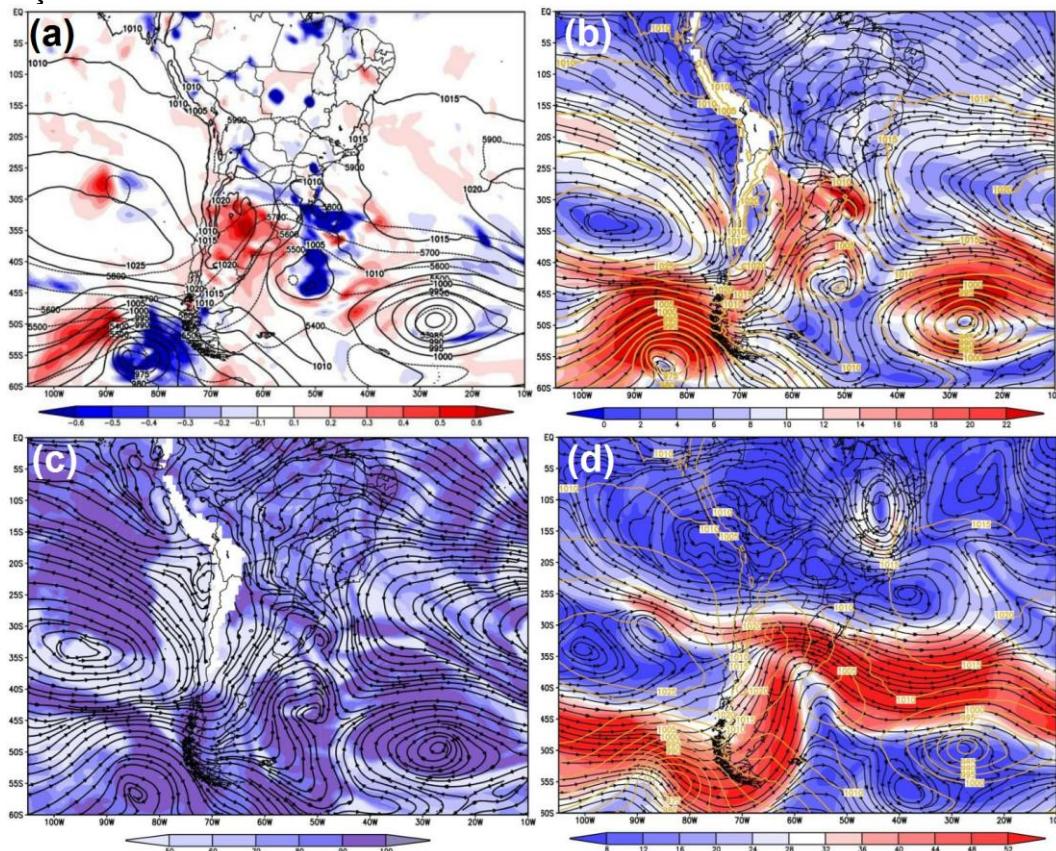


Figura 2 – Campos de: (a) pressão ao nível médio do mar (contorno) em hPa, ômega (Pa s^{-1}) (sombreado) e altura geopotencial (mgp) (tracejado) em 500 hPa; (b) linha de corrente em 850 hPa, magnitude do vento em m s^{-1} (sombreado) e pressão ao nível médio do mar (contorno em laranja) em hPa; (c) linha de corrente em 850 hPa e umidade relativa (%) (sombreado); (d) linha de corrente,

magnitude do vento em $m s^{-1}$ (sombreado) em 250 hPa e pressão ao nível médio do mar (contorno laranja) para o dia 12/03/2017 às 12 UTC.

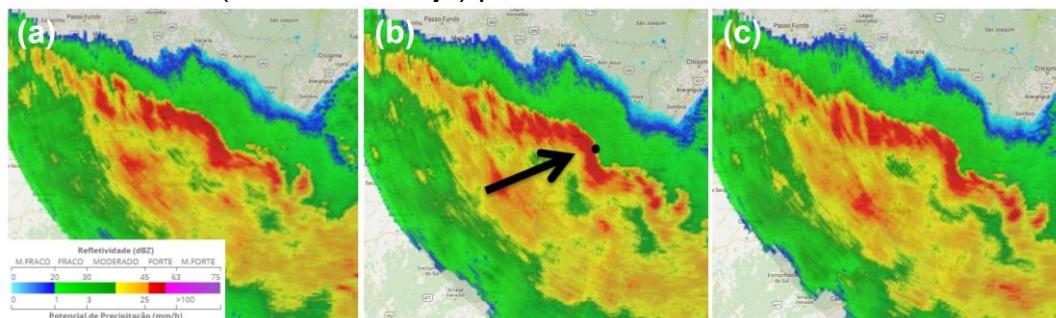


Figura 3 – Imagens MAXCAPPI do radar do Morro da Igreja/SC nos horários das (a) 10:50, (b) 11:10 e (c) 11:20 UTC. O ponto preto indica a localização da cidade.

Fonte: REDEMET, 2017.

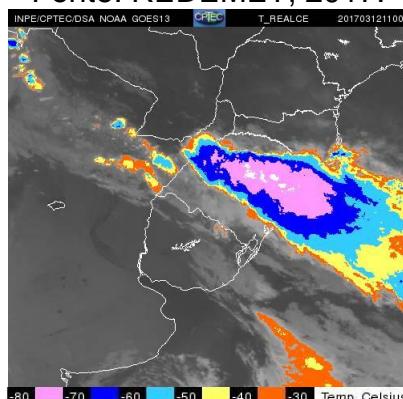


Figura 4 – Imagem de satélite realçada do canal infravermelho às 11 UTC.

Fonte: DSA/INPE, 2017.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONNER, W. D. Climatology of the low level jet. **Monthly Weather Review**, v. 96, n. 12, p. 833-850, 1968.

BOSILOVICH, M. G.; LUCCHESI, R.; SUAREZ, M. **MERRA-2: File Specification**. GMAO Office Note No. 9 (Version 1.1), 2016, 73 p. Acessado em: 2 out. 2017. Disponível em: http://gmao.gsfc.nasa.gov/pubs/office_notes.

DEFESACIVILRS. **São Francisco de Paula: município tem Situação de Emergência reconhecida e homologada**. Porto Alegre, 16 mar. 2017. Notícias. Acessado em 2 out. 2017. Online. Disponível em: <http://www.defesacivil.rs.gov.br/sao-francisco-de-paula-municipio-tem-situacao-de-emergencia-reconhecida-e-homologada>.

GLOSSÁRIO DE METEOROLOGIA. **Tornado**. Acessado em: 2 out. 2017. Online. Disponível em: <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Tornado>.

MARKOWSKI, P.; RICHARDSON, Y. **Mesoscale Meteorology in Midlatitudes**. Vol. 2. John Wiley & Sons, 2011. 430 p.

SILVA DIAS, M. A. F.; ROZANTE, J. R.; MACHADO, L. A. T. Clima da Região Sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A; NELSON, J. F.; SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. A. F. **Tempo e Clima no Brasil**. Oficina de textos, 2009. p. 259-274.