ANÁLISE DE UM EVENTO DE NEVE NO SUL DO BRASIL E AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA OBJETIVA UTILIZADA NO CPTEC/INPE

Henri Rossi Pinheiro

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), Cachoeira Paulista, Brazil,
henri.pinheiro@cptec.inpe.br

Resumo

Neste trabalho é feita uma análise das condições atmosféricas associadas a um episódio de neve na Região Sul do Brasil, ocorrido entre os dias 26 e 27 de junho de 2011. Simulações com o modelo regional ETA (20 km) mostraram a presença de um Vórtice Ciclônico na troposfera média, com núcleo de ar frio posicionado nas proximidades da costa sul do Rio Grande do Sul. Simultaneamente ocorreu uma ciclogênese próximos ao litoral deste estado, favorecendo a intensificação da advecção fria e úmida para áreas serranas do RS e de SC. Por último, um método de previsão automática de neve, baseado na combinação de limiares de temperatura e umidade na camada baixa, foi avaliado para este evento, demonstrando um bom desempenho e permitindo identificar com antecedência a área com maior condição para a ocorrência do fenômeno.
Palavras Chaves: precipitação de neve, ciclogênese, vórtice ciclônico, ferramenta objetiva.

Abstract

This paper presents an analysis of atmospheric conditions associated with a snowfall event in Southern Brazil, occurring on June 26-27, 2011. Simulations with regional ETA model (20 km) showed the presence of a cyclonic vortex in the middle troposphere, with its cold air core located around the south coast of the Rio Grande do Sul (RS) state. At the same time, there was a cyclogenesis around the RS coast, contributing for the intensification of cold and wet advection through mountainous areas in RS and Santa Catarina states. Finally, a method of snow automatic forecast, based on combination of thresholds for temperature and humidity in the lower layer, was evaluated for this event, showing a good performance and allowing the identification in advance of areas with the highest condition for snow occurrence.

Keywords: snowfall, cyclogenesis, cyclonic vortex, objective tool.

1- Introdução

Frequentemente, massas de ar frio atingem o continente sul-americano, provocando queda acentuada nas temperaturas sobre a Argentina, Uruguai, Paraguai e parte do território brasileiro. Estas incursões de ar frio ocorrem principalmente de maio a setembro, devido à passagem de sistemas frontais deslocados do sul do continente. Em alguns casos, o ar frio se estende até latitudes baixas, provocando forte resfriamento no Brasil Central e no sul da Região Amazônica, fenômeno caracterizado como “Friagem” (Satyamurty et at., 1990 e Marengo et al., 1997). Eventualmente, ocorrem precipitações de neve em áreas da Região Sul do Brasil (RSB), afetando principalmente as atividades turística e agrícola, e os meios de transporte rodoviário, já que o congelamento de rodovias pode resultar no aumento de acidentes.

Apesar dos estudos a respeito das condições sinóticas associadas à ocorrência de neve na RSB, pouco tem sido feito em relação à previsibilidade deste fenômeno, talvez devido à pequena abrangência espacial e baixa freqüência de eventos por ano nesta região. O presente estudo tem como um dos objetivos avaliar a aplicação de uma ferramenta objetiva para previsão de neve, utilizada pelo Grupo de Previsão de Tempo (GPT) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). Esta ferramenta foi aplicada para o evento de neve ocorrido em algumas localidades das serras gaúcha e catarinense, entre os dias 26 e 27 de junho de 2011. Pretende-se também analisar o comportamento sinótico e perfis termodinâmicos associados ao evento de neve.

2- Metodologia

Para analisar o comportamento sinótico e termodinâmico da atmosfera durante o evento de neve, utilizou-se simulações do modelo regional ETA (Mesinger, 1984), com 20 km de resolução horizontal e com 48 horas de integração. O propósito da escolha deste modelo deve-se a possibilidade de analisar detalhadamente os processos físicos associados ao comportamento atmosférico durante o evento de neve, permitindo ainda avaliar a previsibilidade do modelo ETA. Para facilitar a compreensão da estrutura vertical da atmosfera, algumas análises foram feitas a partir do perfil vertical entre os pontos A e B, como mostrado na Figura 1.

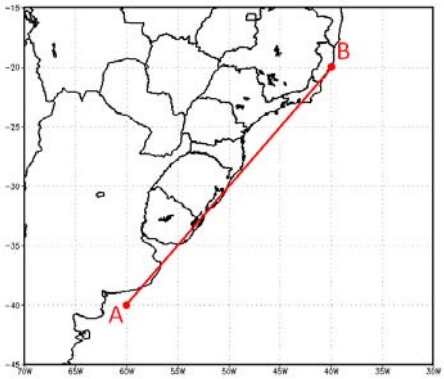


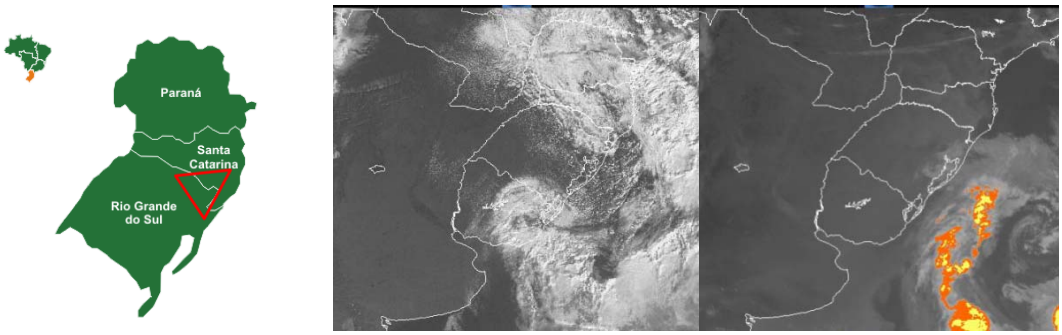
Figura 1: Corte vertical entre os pontos (40°S/60°W) e B (20°S/40°W).

Este estudo ainda propõe-se avaliar uma metodologia objetiva de previsão de neve, utilizada pelo Grupo de Previsão de Tempo do CPTEC/INPE. Esta ferramenta é baseada na combinação de variáveis meteorológicas e seu critério fundamenta-se nas seguintes condições: temperatura em 500 hPa < -15C; temperatura em 700 hPa < 0C, temperatura em 850 hPa < 3C e umidade específica > 0,004 g/kg. Estes limiares foram determinados subjetivamente através da experiência dos meteorologistas. Desta forma, a condição para neve é favorável toda vez que todos os critérios acima são satisfeitos pelo modelo.

3- Resultados

3.1- Análise sinótica e termodinâmica

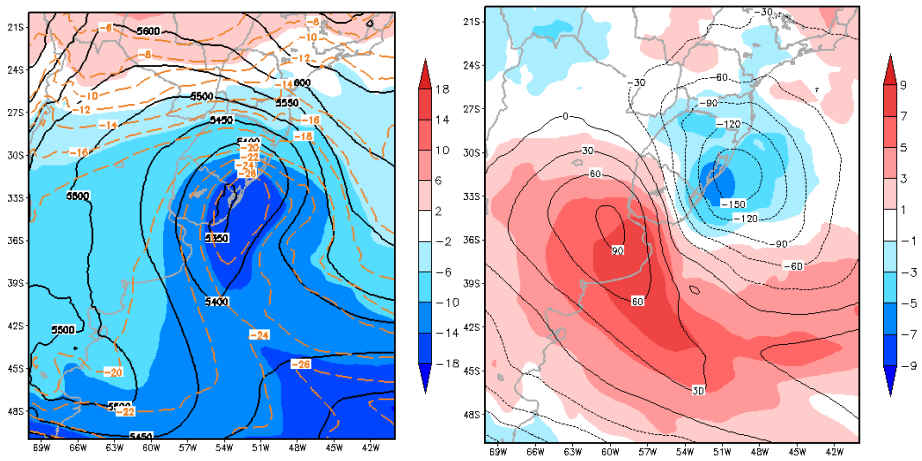
A imagem do satélite GOES-12 no canal visível (Figura 2b) mostra que no momento em que a precipitação de neve se iniciou havia muita nebulosidade sobre áreas da serra gaúcha e planalto sul-catarinense (Figura 2b). No canal infravermelho (Figura 2c) as nuvens aparecem na tonalidade cinza claro, indicando o predomínio da nebulosidade baixa. Esta característica esta associada com a estabilidade atmosférica, provocada pela entrada da massa de ar frio.



(a) (b) (c)

Figura 2: (a) Mapa da Região Sul do Brasil e região das Serras gaúcha e catarinense (triângulo vermelho); imagem do satélite GOES 12 no canal (b) visível e (c) infravermelho.

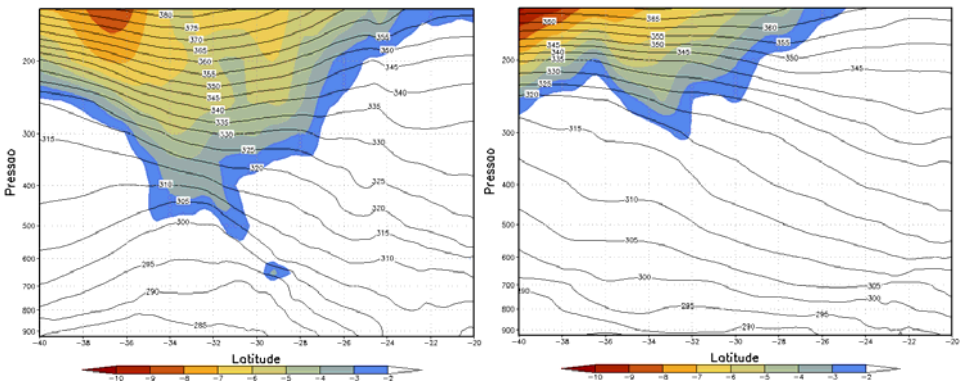
A Figura 3a mostra a presença de um Vórtice Ciclônico (VC) no nível de 500 hPa, com mínimo de espessura de 5350 metros geopotencial (mgp) aproximadamente entre o Uruguai e sul do estado do Rio Grande do Sul (RS). Nas áreas onde houve a ocorrência de neve, a espessura variou entre 5400 e 5500 mgp. Este valor está de acordo com o estudo de Weber e Nascimento (2011), que encontraram nesta área a maior freqüência de eventos de neve para intervalos de espessura entre 5456 e 5506 mgp.
A Figura 3a mostra ainda a presença de ar bastante frio na troposfera média, com temperatura de -26C sobre o centro do VC. Na Figura 3b, observa-se que durante o processo de evolução do VC houve um rápido aprofundamento do seu núcleo, gerando um forte resfriamento e uma queda de 150 mgp em 24 horas.



(a) (b)

Figura 3: (a) Espessura 1000-500 hPa (linha preta contínua), temperatura (linha tracejada) e anomalia de temperatura na área em 500 hPa (sombreado). (b) Variação em 24 horas do geopotencial (linha preta contínua) e da temperatura (sombreado) em 500 hPa. Período referente às 00Z do dia 27/06/2011.

O desenvolvimento do VC foi acompanhado de um abaixamento da tropopausa dinâmica, como se observa através da intrusão de valores elevados de Vorticidade Potencial (VP) sobre a troposfera média (Figura 4a). Este mecanismo esteve associado a um processo frontogenético, observado através da inclinação das isentrópicas aproximadamente entre 30S e 32S. No dia seguinte (Figura 4b), foi observado uma diminuição na inclinação das isentrópicas e um recuo para níveis mais elevados dos valores estratosféricos de VP, uma vez que o ar mais frio havia avançado para latitudes mais baixas, se espalhando horizontalmente e contribuindo para a redução do contraste de temperatura na camada mais baixa.

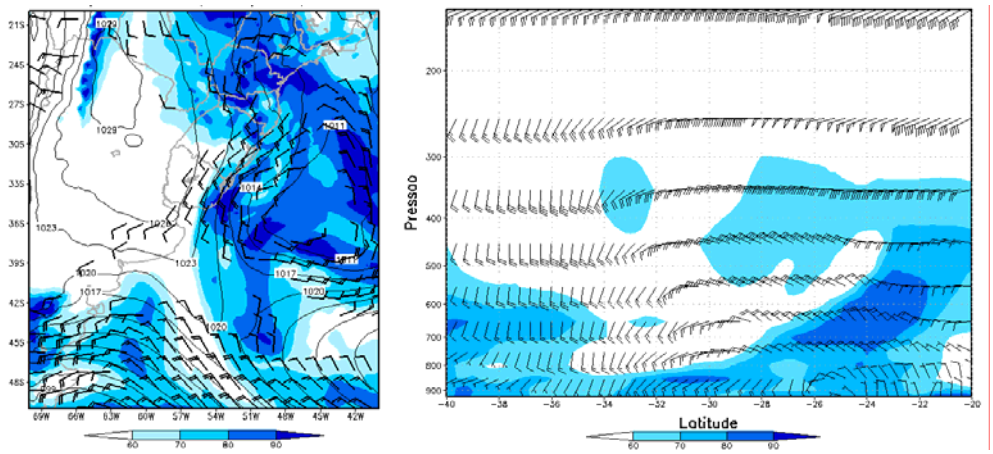


(a) (b)

Figura 4: Vorticidade Potencial em 10^{-5} s^{-1} (sombreado) e temperatura potencial (linha contínua) para 00Z do dia (a) 26 e (b) 27/06/2011.

A Figura 5a indica a presença de um amplo anticiclone sobre o norte da Argentina, com pressão de 1028 hPa no seu centro. A leste do centro de alta pressão observa-se um ciclone extratropical, centrado a leste da Bacia

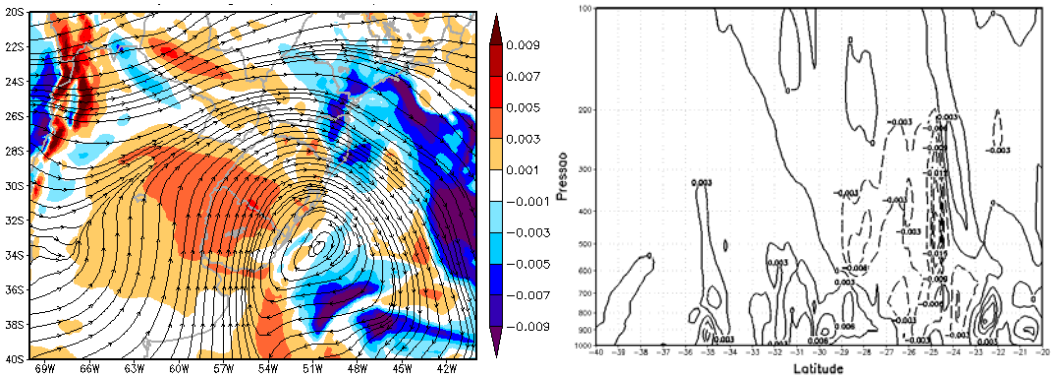
do Prata. Este último sistema gerou um forte gradiente de pressão, contribuindo para a intensificação da advecção fria e úmida sobre a faixa leste do Uruguai, RS e SC. Nota-se que a magnitude do vento variou entre 15 e 20 m/s próximo à costa gaúcha. Este escoamento favoreceu a entrada de umidade, proporcionando a precipitação de neve nos pontos mais elevados das serras gaúcha e catarinense. A Figura 5b permite identificar o comportamento dos ventos e o teor de umidade através do perfil vertical, confirmando o predomínio do escoamento do quadrante sul até aproximadamente 26S. Nota-se que o máximo de umidade se concentrou até 850 hPa, aproximadamente entre a faixa de latitudes 28S-33S, indicando que a advecção de umidade sobre as serras gaúcha e catarinense teve maior contribuição na camada baixa.



(a) (b)

Figura 5: (a) Pressão ao nível médio do mar (linha contínua), vento acima de 10 m/s e umidade relativa do ar na camada 1000/850 hPa acima de 60%; (b) corte vertical da umidade relativa do ar acima de 60% e direção do vento. Período referente às 00Z do dia 27/06/2011.

Na Figura 6a, observa-se valores negativos de omega entre o nordeste do RS e leste de SC, indicativo de movimento ascendente sobre estas áreas. Embora este comportamento atmosférico seja favorável à convecção, sugere-se que neste caso a contribuição do VC tenha sido mais importante na manutenção do ar frio sobre a camada média e baixa, uma vez que sobre as áreas atingidas pela neve (aproximadamente entre 28S e 30S) havia o predomínio do movimento subsidente nas camadas mais baixas (Figura 6b). A Figura 6b ainda mostra que os movimentos ascendentes mais intensos se concentraram entre 24S e 25S, área equivalente à faixa entre o leste do estado do Paraná e sul de São Paulo.

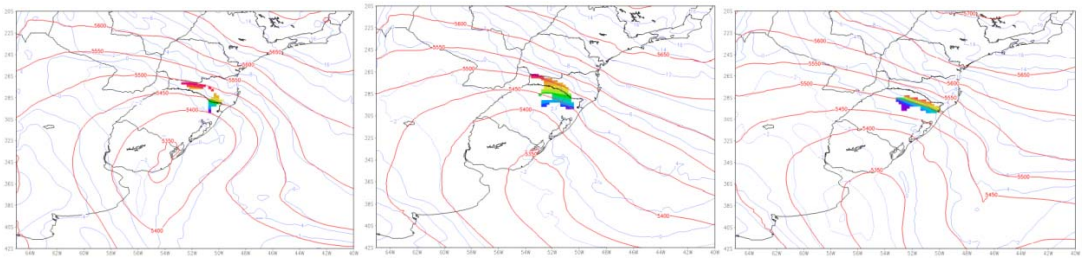


(a) (b)

Figura 6: (a) Linhas de corrente e movimento vertical omega em Pa/s (sobreado); (b) Corte vertical do movimento vertical Omega. Período referente às 00Z do dia 27/06/2011.

3.2- Avaliação do método objetivo de previsão de neve

As Figuras 7 mostram a previsão do modelo ETA para 48h, 72h e 96h, referente à 00Z do dia 27/06. Nota-se que em todas as rodadas o modelo ETA indicou condição para neve em áreas do RS e de SC, inclusive para 120h de previsão (figura não mostrada). Embora a precipitação de neve tenha ocorrido apenas em algumas localidades, o modelo foi capaz de representar a área preferencial de ocorrência do fenômeno. Nota-se também que o campo de espessura foi satisfatoriamente previsto pelo modelo, simulando bem a presença do vórtice ciclônico.



(a) (b) (c)

Figura 7: Espessura 1000/500 hPa (linha vermelha), temperatura em 850 hPa (linha azul) e condição para neve (sombreado) para previsão de (a) 48h, (b) 72h e (c) 96h da 00Z do dia 27/02/2012.

4- Conclusão

Os resultados deste estudo mostraram que o evento de neve ocorreu devido à entrada de massa de ar frio no continente sul-americano, combinada com a advecção úmida gerada pelo processo ciclogenético no Atlântico. Este último ainda contribuiu para intensificar a advecção de ar frio sobre a RSB, através do escoamento de quadrante sul na troposfera baixa. Este resultado está de acordo com o estudo de Fuentes (2009), sugerindo que a principal contribuição para a ocorrência de neve ocorre na camada mais baixa da atmosfera.

A atuação do VC foi importante para o confinamento do ar frio na camada média e baixa, proporcionando ainda levantamento de massa sobre o seu flanco leste. Este sistema apresentou um rápido aprofundamento em um período de 24 horas, simultaneamente à intrusão de valores elevados de vorticidade potencial nas camadas média e alta da troposfera.

A ferramenta objetiva de previsão de neve mostrou um bom desempenho, uma vez que permitiu identificar com antecedência a área com maior condição para a ocorrência do fenômeno. Desta forma, o uso deste critério, aliado ao conhecimento dos padrões de circulação atmosférica, permitiu ao meteorologista enviar um aviso meteorológico com antecedência à população, alertando-a sobre a possibilidade da ocorrência do fenômeno. Ressalta-se ainda a necessidade de se avaliar outros casos de neve sobre a RSB, visando o aperfeiçoamento da previsibilidade deste fenômeno no ambiente operacional.

5- Referências

FUENTES, M. V. Dinâmica e padrões da precipitação de neve no Sul do Brasil. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2009.

Marengo, J. C. Nobre, and A. Culf. Climatic impacts of ‘‘friagens’’ in forecasted and deforested regions in Amazon Basin. journal of applied meteorology, v. 36, p. 1553–1566, 1997.

MESINGER F.; A blocking for representation of mountains in atmospheric models. Rivista di Meteorologia Aeronautica, v. 44, p. 195-202, 1984.

Satyamurty, P.; Etchichury, P.; Studzinsky, C.; Calbete, N.; Lopes, R.; Glammelsbacher, I. A.; Glammelsbacher, E. A. A primeira friagem de 1990: Uma descrição sinótica. Climanálise, n. 5, v. 5, p. 43–51, 1990.

Weber, T; Nascimento, E. L. Espessuras de diferentes camadas atmosféricas em eventos de neve no sul do Brasil: O contexto climatológico. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa - PB. Mudanças Climáticas e Eventos Extremos de Tempo e seus Impactos nas Áreas Urbanas, 2011.