

# **Avaliação qualitativa do desempenho da ferramenta objetiva de previsão de tempo utilizado no ambiente operacional do CPTEC/INPE para um caso de evento severo**

**Kelen Andrade<sup>1</sup>, Carlos R. W. Moura<sup>2</sup>, Gustavo C. J. Escobar<sup>1</sup>, Philipp E. Dias da Silva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos– CPTEC/INPE. Rodovia Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista – SP – Brasil, email: kelen.andrade@cptec.inpe.br, gustavo.escobar@cptec.inpe.br, philipp@cptec.inpe.br

<sup>2</sup>Serviço Meteorológico Marinho - Centro de Hidrografia da Marinha. Rua Barão de Jaceguay, s/n, Ponta da Armação, Niterói – RJ - Brasil, email: carloswmoura@gmail.com

**ABSTRACT:** The purpose of the present article is to do a synoptic analysis of a severe weather event occurred in the western area of South Brazil, South of Paraguay and northeast Argentina, on September 7 and 8th, 2009, and to evaluate qualitatively the objective weather forecast tool used by the operational department of CPTEC. This tool is based on a combination of indexes that come from dynamic and thermodynamic components of the atmosphere. Depending on their different thresholds, these components allow us to determine the severity degree of an event. The results show that the weather forecast objective methodology can identify in sufficient advance, not only the favorable synoptic pattern, but also the potential severe weather areas. Therefore, we can come to the conclusion that this type of methodology is very useful and applicable in a weather forecast operational environment.

Palavras-chave: tempo severo, previsão de tempo

## **1 - INTRODUÇÃO**

Entre a noite de segunda-feira (07/09) e a madrugada de terça-feira (08/09), a área compreendida pelo centro-oeste e norte do Rio Grande do Sul, extremo nordeste da Argentina, sul do Paraguai e o centro-oeste de Santa Catarina, foi afetada por fortes temporais que provocaram impactos significativos na população. Em várias localidades desta ampla área as chuvas fortes vieram acompanhadas de trovoadas, descargas elétricas, rajadas de vento e queda de granizo. Em Santa Catarina, por exemplo, as rajadas de vento ultrapassaram os 120 Km/h provocando significativos danos materiais em algumas localidades do oeste catarinense, inclusive com registro de tornado na cidade de Guaraciaba. Os temporais foram provocados por uma intensa frente fria que se formou no centro-norte da Argentina e se deslocou na direção nordeste, atingindo os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Durante o final do inverno e o início da primavera os fenômenos de tempo severo são mais frequentes sobre boa parte do centro-sul do Brasil. Isto acontece devido à combinação de dois fatores fundamentais: o primeiro está associado à frequente passagem de frentes frias que ainda é observada durante este período do ano e o segundo fator está relacionado à presença das primeiras massas de ar mais quentes e úmidas. Esta combinação favorece a formação de chuva forte associada a tempo severo.

Os modelos numéricos de tempo têm certa limitação em prever com antecedência a ocorrência de tempo severo, especialmente quando se refere ao valor total de chuva acumulada. Desta maneira é necessário desenvolver uma ferramenta de previsão de tempo que possa discriminar de maneira rápida e objetiva as condições favoráveis a ocorrência de tempo severo com antecedência suficiente para tomada de decisões. Desta maneira, poderão ser

adotadas estratégias que minimizem os danos que um fenômeno meteorológico pode causar (Nascimento, 2005). O Grupo de Previsão de Tempo (GPT) do CPTEC vem utilizando este tipo de ferramenta com o intuito de fazer uma previsão rápida e confiável, sendo esses dois elementos, condições necessárias de todo ambiente operacional.

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma análise sinótica do caso de tempo severo ocorrido em parte da Argentina, do Paraguai e da Região Sul do Brasil entre os dias 7 e 8 de setembro de 2009 e avaliar qualitativamente o desempenho da ferramenta objetiva de previsão de tempo utilizada pelo GPT no ambiente operacional do CPTEC.

## 2 - MATERIAS E MÉTODOS

A informação utilizada na elaboração do presente trabalho baseia-se em dados correspondentes às diferentes variáveis meteorológicas derivadas dos modelos numéricos.

A metodologia utilizada pelo GPT para a elaboração das ferramentas objetivas de previsão de tempo severo considera uma combinação de variáveis meteorológicas que são relevantes para a previsão de tempo extremo. A informação resultante desta combinação de variáveis foi plotada em diferentes cartas geradas através do GRADS e GEMPAK. Para a elaboração desses produtos foi utilizado o modelo numérico regional ETA com resolução de 20 km.

A seleção das diferentes variáveis meteorológicas combinadas, bem como os respectivos limiares que servem para caracterizar um evento extremo, foi determinada de maneira subjetiva através da experiência dos meteorologistas operacionais do GPT e de valores de referência citados na literatura (Beneti e Silva Dias 1986; Henry 1987; Silva Dias 2000; Nascimento 2005). A utilização dessas variáveis meteorológicas tem como finalidade ressaltar a combinação da componente termodinâmica e dinâmica da atmosfera, respectivamente. A seguir descrevem-se cada um das três cartas obtidas da combinação de diferentes variáveis e sua respectiva aplicabilidade.

i. Carta- Pancada de Chuva com Trovoada: o objetivo desta carta é identificar chuvas geralmente moderadas ou intensas e acompanhadas de atividade elétrica. Neste caso, leva-se em consideração a combinação das seguintes variáveis: umidade relativa média na camada 1000/850 hPa e na camada média 850/500 hPa, acima de 60%; omega no nível de 500 hPa negativo inferior a  $-2.10^{-5}$  1/s; índices de instabilidade Total Totals (TTS) > 45 e K > 30.

ii. Carta - Tempestade: o objetivo desta carta é identificar a ocorrência de tempo mais severo, geralmente associado com chuvas torrenciais, grandes acumulados de chuva, rajadas de vento, fortes descargas elétricas e até presença de tornados. Neste caso, leva-se em consideração a combinação das mesmas variáveis descritas na Carta anterior (i), porém aumentando os limiares dos outros índices e as seguintes variáveis: umidade relativa média na camada 1000/850 hPa e na camada média 850/500 hPa, acima de 60%; Total Totals (TTS) > 48, K > 33.

iii. Carta – Granizo: esta carta é bastante similar à anterior (ii), porém tem como intuito identificar prováveis áreas com potencial ocorrência de granizo. A seguinte carta também apresenta: temperatura negativa no nível de 500 hPa; temperatura no nível de 850 hPa; omega negativo em 500 hPa inferior a  $-3.10^{-5}$  1/s; umidade relativa média na camada 1000/850 hPa e na camada média 850/500 hPa, acima de 60%; SWEAT > 220, Total Totals (TTS) > 52.

### 3 - RESULTADOS

A Figura 1 mostra uma seqüência de imagens de satélite realçadas no canal infravermelho correspondente ao dia 08/09/2009 às 00 Z, 01 Z e 02 Z. Nestas imagens notam-se os topos de nuvens mais frios com valores de  $-80^{\circ}\text{C}$ .

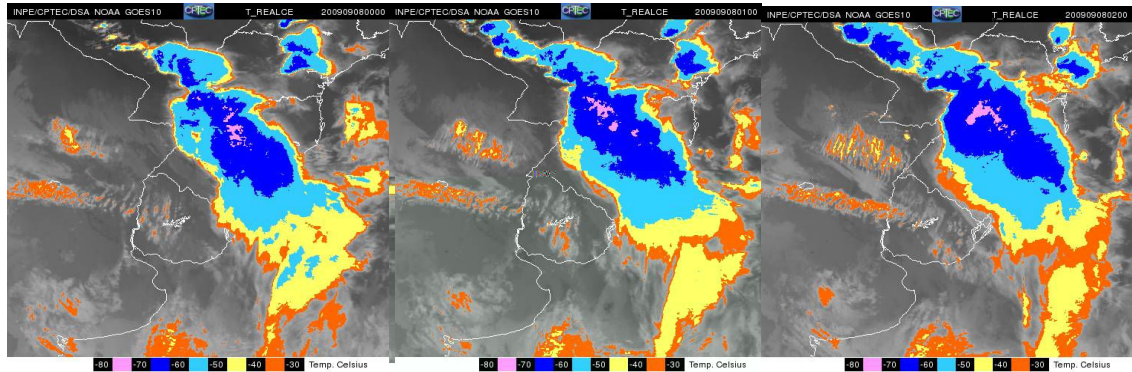


Figura 1: Imagem do satélite do GOES-10 do canal infravermelho, dos seguintes horários: 00 Z, 01 Z e 02 Z do dia 08/09/2009.

Na análise da carta de superfície correspondente às 00Z do dia 08 (Figura 2a), nota-se uma intensa frente fria no nordeste da Argentina e o RS. Esta frente fria estava associada a um forte contraste de temperatura entre a massa quente e úmida que precedia ao sistema frontal e a massa de ar frio que estava sobre o centro da Argentina. Durante a segunda-feira (07/09) toda a área compreendida pelo nordeste da Argentina, sul do Paraguai e o oeste da Região Sul esteve dominada por essa massa muito quente e úmida que, com a aproximação da intensa frente fria, potencializou as chuvas sobre toda esta ampla área. Na Figura 2, nota-se a carta de nível médio (2b) e de altitude (2c) das 00Z do dia 08/09/2009. A análise da carta de 500 hPa (Figura 2b) permite identificar um fluxo de oeste altamente baroclínico e perturbado ao sul do paralelo 30S. É observado também, neste nível, o gradiente de temperatura entre o oeste da Região Sul do Brasil e o centro da Argentina, variando de  $-12^{\circ}\text{C}$  a  $-30^{\circ}\text{C}$ . Nota-se tanto em 500 hPa como em 250 hPa uma área de circulação ciclônica sobre o centro-sul do continente, dando suporte à frente fria em superfície. Em altitude o cavado é contornado pelo Jato Subtropical (JST) e Polar Norte (JPN).

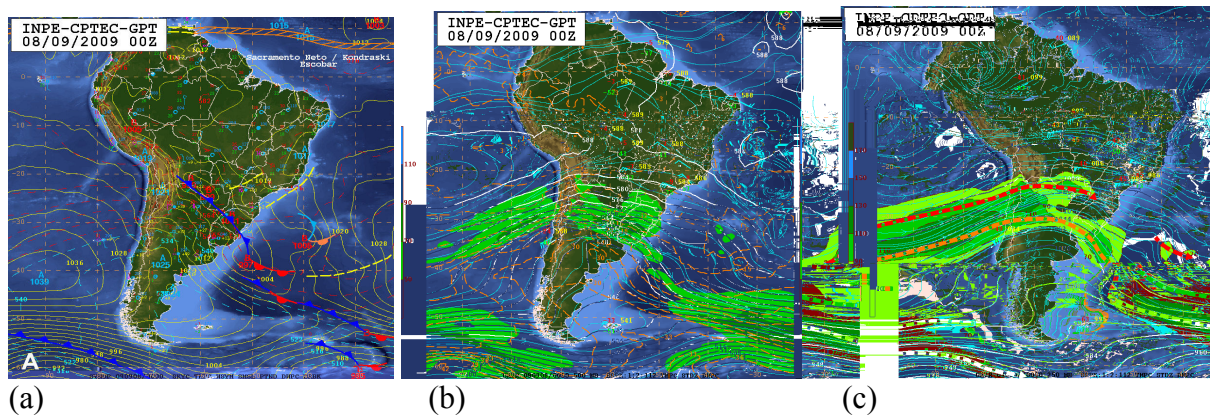


Figura 2: Cartas sinóticas (a) superfície (b) 500 hPa (c) 250 hPa do dia 08/09/2009 às 00 Z.

Para a análise da componente termodinâmica são apresentados na Figura 3 os principais índices de instabilidade. O índice LIFTED (Figura 3a) mostra valores de até -6 na área em estudo, indicando uma massa de ar muito instável. Nesta mesma figura observa-se

também um alto teor de umidade relativa do ar (sombreado), acima dos 80% na camada entre 850 e 500 hPa, reforçando a idéia da presença de uma massa de ar muito úmida na vanguarda da frente fria. Os valores típicos de tormenta severa também são observados através dos índices K e SWEAT, apresentados na Figura 3b. O índice K variou entre 30 e 40, enquanto que o SWEAT ultrapassou os 400, valor este indicativo à ocorrência de tornado. O fato de ser observados valores tão altos de SWEAT indicam que a atmosfera apresentava um forte cisalhamento vertical, sendo esta mais uma condição favorável à ocorrência de tempo severo. Os índices Total Totals (TT) e Vertical Totals (VT) também estavam elevados, com valores acima de 50 e 27, respectivamente.

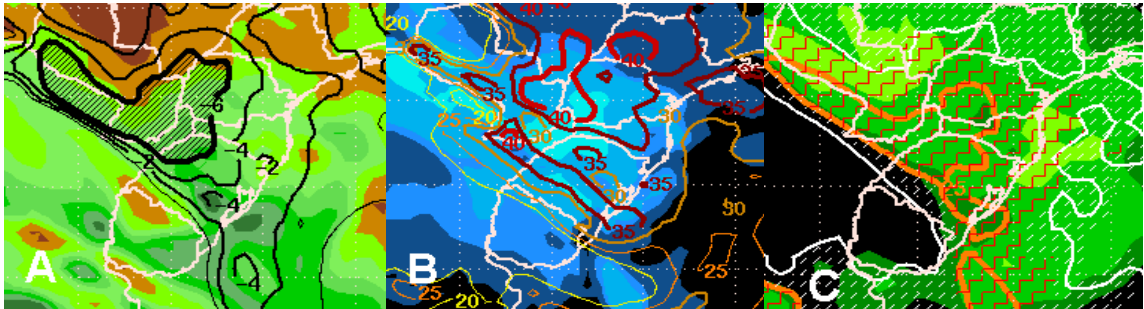


Figura 3 – (A) LIFTED e umidade relativa na camada 580/500hPa (sombreado); (B) índice K (linhas) e SWEAT (sombreado); (C) índices Total Totals (tracejado vermelho acima de 50) e Vertical Totals (sombreado em verde acima de 25) no horário das 00z do dia 08/09/2009.

A Figura 4 a, b e c apresenta as cartas previstas pelo modelo ETA20 derivadas da aplicação da ferramenta objetiva proposta neste trabalho com 72 horas de antecedência. Foi verificado que as condições também foram previstas com 24 e 48 horas de antecedência (figuras não mostradas). Nota-se na Figura 4a a área sombreada em vermelho indicando as áreas com condições de pancadas de chuva com trovoadas do norte do Rio Grande do Sul, centro-oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná. É possível observar uma área com potencial favorável à ocorrência de tempo severo e forte levantamento, como visto na Figura 4 b e c. Nota-se que o modelo também conseguiu prever condições favoráveis à ocorrência de granizo (Figura 4 c), o qual foi observado em algumas cidades.

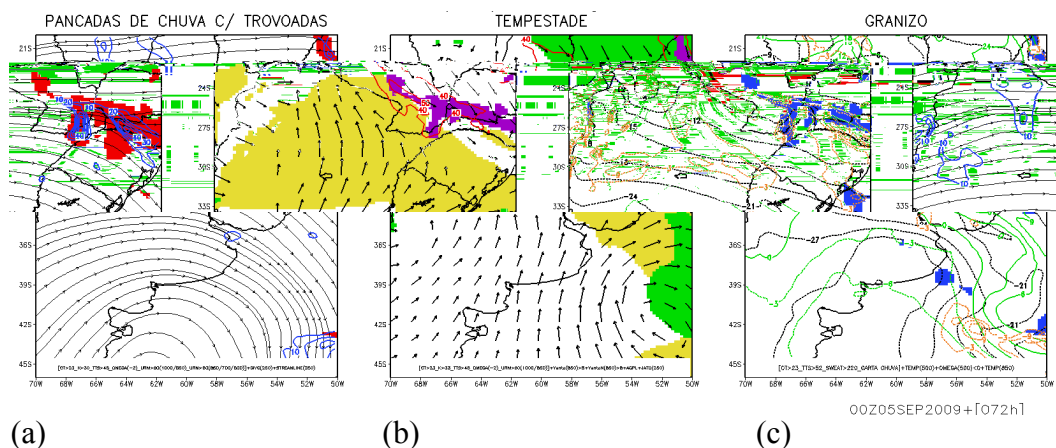


Figura 4: Cartas previstas para o dia do evento (00 Z do dia 08/09/09) a partir da aplicação da ferramenta objetiva de previsão de tempo com 72 horas de antecedência a) Pancadas de chuva com trovoadas, b) tempestade, c) granizo.

#### **4 - CONCLUSÕES**

Neste trabalho foi feita uma análise sinótica de um caso de evento severo ocorrido na em parte da Região Sul do Brasil, da Argentina e do Paraguai no dia 07 e 08/09/2009. Os resultados mostraram que toda instabilidade neste evento foi provocada, basicamente, pela combinação entre o avanço de uma frente fria sobre uma região com uma massa de ar muito úmida. Essa massa úmida apresentava condições de forte instabilidade que foi identificada através da análise dos respectivos índices de instabilidade. Na troposfera média observou-se um fluxo altamente baroclínico.

Em relação à previsibilidade deste tipo de fenômeno severo, é importante ressaltar que os meteorologistas previsores têm ferramentas de previsão que conseguem antecipar a ocorrência de fenômenos severos com antecedência de aproximadamente 72 horas. Porém, não é possível especificar com exatidão o local de ocorrência do fenômeno e a intensidade absoluta do mesmo, ou se o evento severo de tempo poderá resultar na formação de um tornado.

Porém, pode-se concluir que, dentro do ambiente operacional do CPTEC onde os avisos meteorológicos precisam ser difundidos com rapidez e precisão, a ferramenta objetiva de previsão de tempo severo mostrou um comportamento satisfatório para alertar a população e órgãos tomadores de decisões.

#### **5 - REFERÊNCIAS**

BENETI, C. A E SILVA DIAS, M. A., 1986. Análise do desempenho de índices de instabilidade como previsores de tempestades na região de São Paulo. In: Anais do IV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília/DF, Soc. Bras. Meteorologia, v.2, p.65-70.

HENRY, W., 1987. The Skew-T, Log P Diagram. National Weather Service Training Center, EUA, 68 pp.

NASCIMENTO, E. L., 2005. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil? Revista Brasileira de Meteorologia, v20, n.1, p.113-122.

SILVA DIAS, M. A. F., 2000. Índices de instabilidade para a previsão de chuva e tempestade severas. Universidade de São Paulo, SP. Disponível em: <<http://master.iag.usp.br/ensino>>.