



Energética de um ciclone extratropical que configurou-se no Rio Grande do Sul, em Junho de 2014

Autores: Sérgio H. S. Ferreira, Manoel Alonso Gan

E-mail: sergio.ferreira@cptec.inpe.br; manoel.gan@cptec.inpe.br

1 – INTRODUÇÃO

No fim de junho de 2014, um ciclone, associado a um sistema frontal, formou-se sobre o Rio Grande do Sul, produzindo chuvas intensas, que causaram inundações em várias cidades do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, deixando cerca de 50 mil desabrigados, segundo estimativas divulgadas pelos meios de comunicação.

Neste estudo, a dinâmica de formação desse sistema é analisada aplicando-se uma formulação de energia cinética do distúrbio, através da qual se obtém as principais componentes de energia, tais como os termos de conversão barotrópica, conversão baroclínica e convergência do fluxo ageostrófico.

Os cálculos são inicialmente feitos a partir dos campos de análise gerados pelo análise global do CPTEC (G3DVAR -40 km), assim como para as previsões numéricas, considerando-se como estado básico, a média de 30 dias antecedentes ao evento. Os resultados, para cada uma das componentes de energia cinética do distúrbio, são calculados a cada 6 horas e integrados verticalmente (desde a superfície até 100 hPa) para todo o domínio espacial do modelo, assim como para um volume de integração localizado sobre a região do ciclone (caixas vermelhas nas figuras).

Futuramente esta metodologia será aplicada para outros à outros modelos de previsão do tempo do CPTEC, tais como o modelo ETA 15 km e o BRAMS, a fim de verificar como tais modelos reproduziram a formação desse ciclone.

2 - Formulação da Energética

A formulação da energética utilizada foi baseado em Orlanski e Katsfey (1991), Chang (2000), Piva et al. (2010), entre outros. A fórmula abaixo apresenta a equação para tendência da energia cinética do distúrbio

$$\frac{dK'}{dt} + (\vec{V}_m \cdot \nabla) K' + (\vec{V}' \cdot \nabla_3) K' = \underbrace{-\vec{V}' \cdot \nabla \Phi'}_4 - \underbrace{\omega' \alpha'}_5 - \underbrace{\vec{V}' \cdot (\vec{V}' \cdot \nabla_3 \vec{V}_m)}_6 + \underbrace{\vec{V}' \cdot (\vec{V}' \cdot \nabla_3 \vec{V}')}_7 + \underbrace{\vec{V}' \cdot \vec{F}_o + R'}_7$$

1 Tendência local de Energia cinética

2 ADBV

3 ADVD

4 ADVHG

5 Termo Baroclínico

6 Termo Barotrópico

7 Resíduo

$$-\vec{V}' \cdot \nabla_h \Phi' = -\nabla_h(\Phi' \cdot \vec{V}') + \Phi' \cdot \nabla_h \vec{V}'$$

$$-\nabla_h(\Phi' \cdot \vec{V}') \approx -\nabla_h(\Phi' \cdot \vec{V}_{ag}')$$

Convergência Do Fluxo Ageostrófico

$$\Phi' \cdot \nabla_2 \vec{V}' = -\Phi' \frac{\partial \omega'}{\partial p}$$

Termo menor quando integrado verticalmente

$$\langle E_j \rangle = \frac{1}{g} \int_{P_s}^{P_t} E_{ij} dP_i$$

Valores Integrados Verticalmente dentro de um volume

Esses valores são calculados para os resultados de previsão e para os resultados de análise com G3DVAR, para então serem Integrados verticalmente, o que permite uma análise sinótica; assim como integrados dentro de um volume, o que permite obter a evolução temporal dos termos integrados

3 -Resultados Integrados verticalmente

As duas principais vantagens do uso da formulação da energética são:

- Como é um resultado integrado, não é necessário examinar cada um dos níveis verticais
- Os termos representa processos físicos diretamente tais como a conversão baroclínica, conversão barotrópica, convergência do fluxo ageostrófico

Os resultados foram obtidos para as previsões com G3DVAR a partir do dia 26 até o dia 30 quando o ciclone começa a perder intensidade

Os campos da Fig 1 mostra que o ciclone não foi previsto pelo G3DVAR nos dias 29 e 30, tanto em superfície quanto em altitude

Para as análises (condições iniciais) do G3DVAR foram calculados os Termos de energética desde o dia 21 ao dia 30.

Os resultados (Fig 2) indicam que o ciclone configurou em superfície, contudo não houve impacto significativo nos altos níveis.

A conversão barotrópica na região do ciclone é atipicamente alta e pouco realista, uma vez que nessas configuração espera-se maiores valores de Conversão baroclínica

4 -Resultados Integrados no volume

A evolução temporal dos resultados integrados no volume (retângulo vermelho) são comparadas nas figuras 3, 4 e 5. para as análises e as previsões

Na Fig 3 nota-se que a análise consegue reproduzir o aumento da energia cinética no dia 29, mas o resíduo (geralmente decorrente das forças Viscosas) são bastante elevados negativamente, o que mostra grande perda de energia

Na Fig 4. observa-se forte crescimento da conversão barotrópica na análise, o que mostra que a assimilação de dados está corrigindo as pressões e o vento horizontal em superfície, mas não corrige o vento vertical. Portanto não reproduz corretamente a conversão baroclínica.

Na Fig 5. Nota-se que a assimilação de dados afeta a convergência do fluxo ageostrófico de forma esperada para a formação do distúrbio.

Figura 1

IMAGENS DE SATÉLITE E TERMOS DE ENERGÉTICA INTEGRADOS DE SUPERFÍCIE A 100 hPa PARA PREVISÃO DO TEMPO A PARTIR DO DIA 26 COM G3DVAR

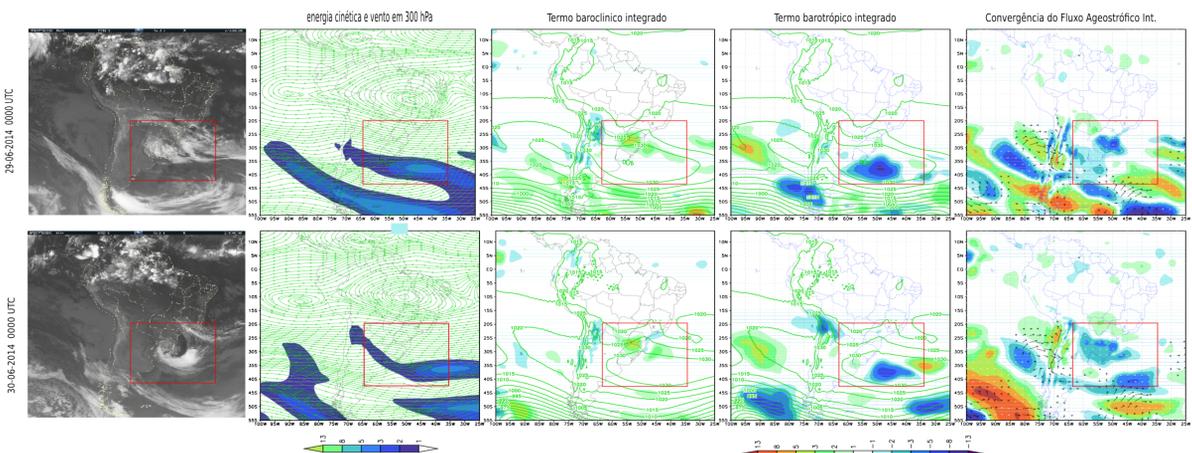


Figura 2

IMAGENS DE SATÉLITE E TERMOS DE ENERGÉTICA INTEGRADOS DE SUPERFÍCIE A 100 hPa PARA ANÁLISE DO G3DVAR

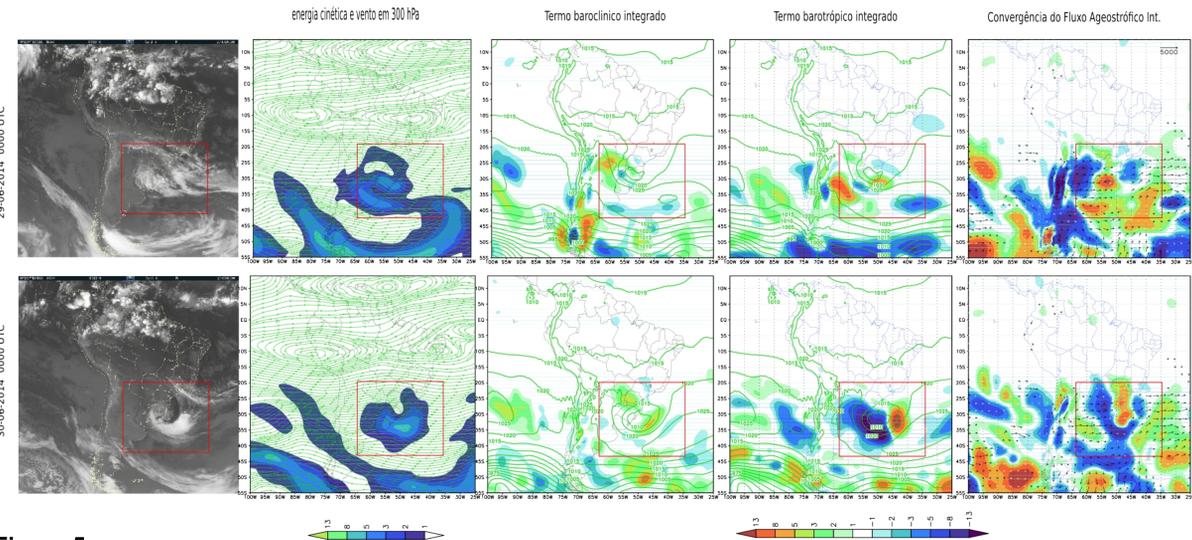


Figura 3

Evolução temporal da Energia Cinética Integrada do Distúrbio

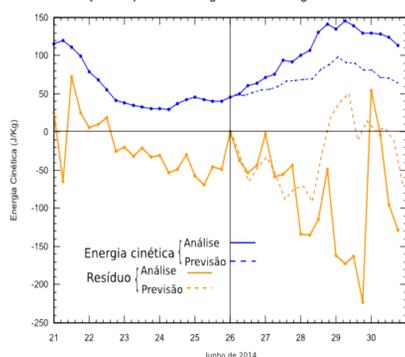


Figura 4

Termos de conversão de energia cinética

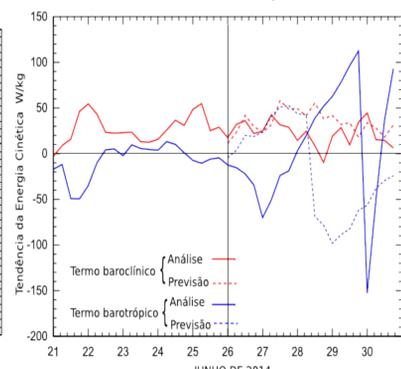
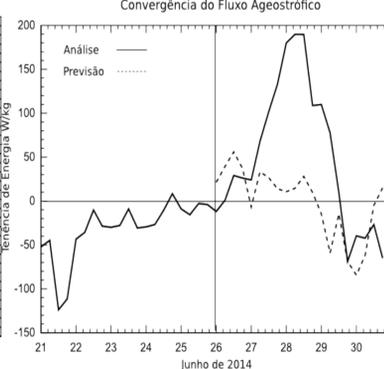


Figura 5

Convergência do Fluxo Ageostrófico



5 - Conclusões

O modelo não previu o início da formação do ciclone, nem os movimentos verticais nas primeiras horas. Ao mesmo tempo, a análises com G3DVAR, corrigi os campos de pressão e vento a partir dos dados observados, principalmente dados de superfície. Assim o ciclone aparece em superfície na posição e intensidades corretas nas análises, contudo é subestimado em altitude.

O cálculo da energética mostra que essas análises estão representando um processo barotrópico não realístico. A explicação para o erro é que, a assimilação tende a preservar o balanço geostrófico, corrigindo o vento horizontal mas não o vertical.

Assim a cada ciclo de assimilação é fornecido ao modelo global uma condição inicial cada vez mais barotrópica, caracterizado por forte cisalhamento horizontal nas camadas mais baixas. A energia cinética dissipa rapidamente nas primeiras horas de previsão e o modelo passa a não reproduzir a baixa pressão mesmo para poucas horas de previsão.