



Complexo Convectivo de Mesoescala Observado em 27/11/2002 no Nordeste da Argentina
Mesoscale Convective Complex (Mcc) Observed on 11/27/2002 in the Northeast of Argentina

Cláudia Rejane Jacondino de Campos¹; Edna Cristina Sodré Lima² & Luciana Barros Pinto³

¹*Departamento de Meteorologia/Universidade Federal de Pelotas, C.P. 354, 96010-900, Pelotas-RS,
E-mail: cjcamos@ufpel.edu.br*

²*Departamento de Meteorologia/Universidade Federal do Pará, C.P. 479, 66075-110, Belém do Pará-PA,
E-mail: ednacslima@gmail.com*

³*Departamento de Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa, MG, E-mail:
luciana.meteoro@gmail.com*

Recebido em: 27/09/2008 Aprovado em: 10/11/2008

Resumo

Neste trabalho foram analisadas as condições sinóticas associadas à atuação de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM), ocorrido no dia 27/11/02, no nordeste da Argentina. Para tal foram utilizadas imagens no canal infravermelho do satélite meteorológico GOES-8 e campos simulados pelo modelo regional BRAMS. A simulação feita com o modelo, com saídas de três em três horas, permitiu detalhar o comportamento das variáveis meteorológicas em grande escala que afetam o ciclo de vida do CCM, reproduzindo as condições favoráveis para sua iniciação, manutenção e dissipação. Os resultados mostraram que o CCM estudado apresentou características similares às observadas por diversos autores.

Palavras-chave: Complexo Convectivo de Mesoescala; Modelagem de Mesoescala; BRAMS

Abstract

In this work were analyzed the synoptic situations associated to a Mesoscale Convective Complex (CCM), observed on 11/27/2002 in the northeast of Argentina. Infrared imagery from GOES-8 and simulations from BRAMS regional model were used. The model simulation, with three hours issues, allowed detailing the behavior of the meteorological variables in large scale that affect the MCC life cycle, being able to reproduce the suitable conditions to its beginning, development and dissipation. The results showed that the MCC studied presented similar characteristics to those observed by several authors.

Keywords: Mesoscale Convective Complex; Mesoscale Modeling; BRAMS

1 Introdução

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), que são constituídos por um aglomerado de nuvens convectivas e que apresentam área com contínua precipitação, que pode ser parcialmente estratiforme e parcialmente convectiva, possuem formas variadas (Houze, 1993). Podem ser classificados como: Linhas de Instabilidade (LI), os que possuem forma de linha; Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), os que apresentam um formato circular ou simplesmente, SCM, os de formas irregulares.

Devido ao fato de os CCMs serem responsáveis por condições adversas de tempo e pela dificuldade de sua previsão, diversos estudos feitos por pesquisadores da área de ciências atmosféricas têm dado grande atenção a este fenômeno atmosférico, visando compreender os seus mecanismos físicos e dinâmicos (Maddox, 1980; Velasco & Fritsch, 1987; Silva Dias, 1987 e 1996; Laing & Fritsch, 2000).

Segundo Maddox (1980), os CCMs são definidos como sendo um conjunto de nuvens cumulonimbus (Cb) frias e espessas que apresentam forma circular e crescimento vertical num intervalo de tempo entre 6 a 12 horas e associam-se a eventos com precipitação intensa e fortes rajadas de vento (Silva Dias, 1996).

Os CCMs são observados em várias partes do globo (Laing & Fritsch, 1997). Nos Estados Unidos da América (EUA) estes sistemas são observados a sotavento das Montanhas Rochosas e na América do Sul (AS), a sotavento dos Andes nas latitudes médias e na costa do Peru nos trópicos (Silva Dias, 1987). Apesar da semelhança entre os CCMs observados na AS e nos EUA, os CCMs da AS se desenvolvem um pouco mais tarde, duram um pouco mais, são maiores e mais freqüentes (Velasco & Fritsch, 1987).

A evolução e manutenção dos CCMs ainda não são bem conhecidas, principalmente os aspectos dinâmicos da atmosfera associados a este sistema. O formato circular dos CCMs, segundo Maddox (1980) indica a predominância de circulações de mesoescala convectivamente geradas e segundo Cotton *et al.* (1989) e Rocha (1992) seria o resultado da presença de uma região onde a vorticidade é ciclônica em baixos níveis, e anticiclônica em altos níveis.

Diversos autores (Maddox, 1983; Augustine & Howard, 1991; Augustine & Caracena, 1994) mostraram que nos EUA os CCMs estão associados a uma convergência na média troposfera, aparentemente forçada por um Jato de Baixos Níveis (JBN) e uma advecção quente e úmida.

Vários trabalhos sobre a AS abordam os aspectos de formação e desenvolvimento dos CCMs (Guedes, 1985; Velasco & Fritsch, 1987; Silva Dias, 1987; Scolar & Figueiredo, 1990; Rocha, 1992; Duquia & Silva Dias, 1994; Machado *et al.*, 1994; Guedes *et al.*, 1994; Figueiredo & Scolar, 1996; Silva Dias, 1996; Torres, 2003; Nieto Ferreira *et al.*, 2003; Lima, 2004). Os resultados dessas pesquisas indicam que os CCMs subtropicais ocorrem, preferencialmente, no norte da Argentina, Paraguai e sul do Brasil, durante os meses de primavera e de verão do Hemisfério Sul (HS). Formam-se no período noturno, com ciclo de vida entre 10 a 20 horas. As primeiras células convectivas que precedem à definição do início do CCM podem ocorrer tanto no início da tarde como no início da noite. O horário de máxima extensão ocorre na madrugada e a dissipação do CCM ocorre em sua grande maioria por volta do meio-dia subsequente. Iniciam sua trajetória a leste dos Andes em uma latitude média de 25°S e sobre os vales dos rios Paraná e Paraguai, atingindo a região sul do Brasil, Argentina e Uruguai e têm tendência a se deslocarem para leste entre 20 e 40°S.

Ainda para a AS, Velasco & Fritsch (1987), Torres (2003), Vila (2004) e Laing & Fritsch (2000) mostraram que dentre as condições de grande escala associadas aos CCMs tem-se a presença de um JBN em 850hPa, de norte que advecta ar quente e úmido proveniente da Amazônia. A borda sul deste jato em geral coincide com a posição do CCM, denotando forte convergência de umidade. Além disso, há a presença de um Jato de Altos Níveis (JAN), de oeste em 250 hPa, localizado aproximadamente a 5° ao sul da posição do CCM no horário de máxima extensão. O acoplamento do JBN e do JAN é um dos mecanismos importantes para a compreensão do processo de formação dos CCMs. Segundo Pettersen (1956), Newton (1967) e Ucellini & Johnson (1979) esse acoplamento favorece o aumento da advecção de temperatura e, portanto, a instabilidade convectiva.

Vários estudos identificam a associação entre a ocorrência de JBN e a formação/intensificação de CCMs na Região Sul do Brasil, Uruguai, norte da

Argentina e Paraguai (Cavalcanti, 1982; Guedes, 1985; Severo, 1994; Campetella & Vera, 2002; Carvalho & Santos, 2003; Rozante & Mendonça, 2004; Santos *et al.*, 2004; Gomes *et al.*, 2006; Rozante & Cavalcanti, 2006; Sakamoto *et al.*, 2006).

Assim, com o interesse de se obter um melhor entendimento sobre os mecanismos de formação, manutenção e dissipação dos CCMs, este trabalho teve por objetivo descrever as condições sinóticas associadas à atuação de um CCM, ocorrido no dia 27/11/02, no nordeste da Argentina.

2 Material e Métodos

Neste trabalho, foram utilizadas: i) imagens do Satélite Meteorológico GOES-8 (75°W, 0°) com resolução temporal de 30 minutos, no canal infravermelho, cedidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), do período de 27/11/02 às 00:00 UTC a 28/11/02 às 00:00 UTC (com estes dados foi possível identificar e acompanhar o deslocamento e o ciclo de vida do CCM) e ii) análises do modelo regional ETA, de 12 em 12 horas, a partir das 00:00 UTC do dia 27/11/02 até as 00:00 UTC do dia 28/11/02, cedidas pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), que serviram como condição inicial e de contorno para a simulação com o modelo BRAMS.

As etapas do ciclo de vida do CCM foram definidas utilizando as imagens de satélite (IS) e a definição de Maddox (1980) e Cotton *et al.* (1989) da seguinte maneira: iniciação foi a primeira detecção do CCM nas IS (grupo de células isoladas distribuídas aleatoriamente crescendo e se fundindo); maturação horário em que o CCM atingiu a sua maior extensão e dissipação, quando o CCM foi detectado pela última vez nas IS (restando apenas algumas células convectivas tênues).

A simulação com o modelo BRAMS foi realizada com um domínio centrado em 27°S e 55°W, com 80x68 pontos e resolução horizontal de 36 km (Figura 1). Esse domínio abrange a área onde o CCM se encontrava durante todo o seu ciclo de vida, desde o início até a sua dissipação. Na Figura 1 o quadrado, centrado em 30,5°S e 60,5°W destaca a região onde o CCM apresentou seu maior desenvolvimento. Utilizou-se 32 níveis na vertical. A simulação teve

início à 00:00 UTC do dia 27/11/02 e terminou a 00:00 UTC do dia 28/11/02, compreendendo um total de 24 horas de simulação, com saídas de 3 em 3 horas. Foram utilizadas as seguintes opções no modelo: diferenciação na fronteira lateral de Klemp & Wilhelmson (1978), parâmetros de radiação segundo Mahrer & Pielke (1977), parametrização dos coeficientes de difusão segundo Mellor & Yamada (1974), parametrização convectiva e microfísica de nuvens ativada.

Em seguida, foram analisados os campos de vetor vento e isolinhas de temperatura em 850 hPa, convergência de umidade em 850hPa, divergência do vento em 250hPa e velocidade vertical em 500hPa para as 06:00, 09:00 e 12:00UTC, simulados modelo BRAMS. Com isso pode-se analisar o ambiente de grande escala associado à atuação do CCM, nas fases de iniciação (06:00 UTC), maturação (09:00 UTC) e dissipação (12:00 UTC). Vale ressaltar que o termo CCM está sendo usado neste trabalho para definir o SCM observado, com base no formato circular apresentado pelo mesmo nas IS. Na verdade, segundo Maddox (1980; 1983), além do formato circular, um CCM é definido com base em características físicas, tais como temperatura e excentricidade.

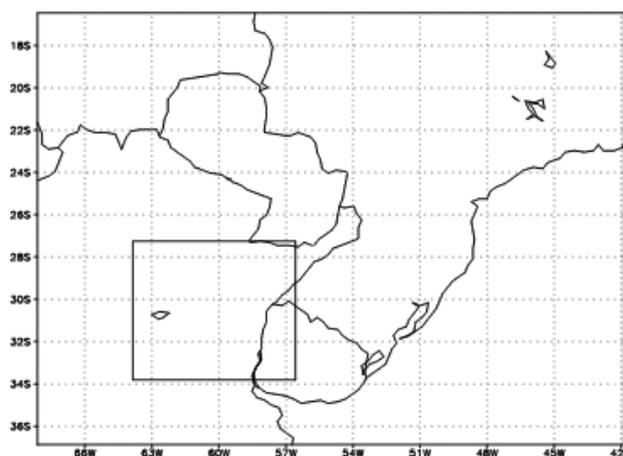


Figura 1 Localização do domínio utilizado no modelo BRAMS. O quadrado, centrado em 30,5°S e 60,5°W destaca a região onde o CCM apresentou seu maior desenvolvimento.

3 Resultados e Discussão

A posição do CCM em cada fase do seu ciclo de vida foi acompanhada através das imagens do satélite meteorológico GOES-8, no canal

infravermelho, desde 00:00 UTC do dia 27/11/02 até 00:00 UTC do dia 28/11/02. Na seqüência das imagens pode-se observar o desenvolvimento do CCM sobre o nordeste da Argentina e seu posterior deslocamento para leste, para a região sul do Brasil. Foi definida como iniciação a primeira detecção do CCM (às 06:10 UTC do dia 27/11/2002- Figura 2A); maturação, como sendo o horário em que o sistema atingiu sua maior extensão (às 09:10 UTC do dia 27/11/2002- Figura 2B) e, dissipação, quando o CCM foi detectado pela última vez nas IS (às 12:10 UTC do dia 27/11/2002- Figura 2C). A fase de iniciação (Figura 2A) caracterizou-se por apresentar uma região onde havia o desenvolvimento de tempestades individuais (aglomerados convectivos). Essas tempestades (marcadas pelas setas) estavam associadas a uma frente fria em dissipação (curva tracejada) localizada ao sul do Uruguai e nordeste da Argentina, que se deslocava na direção nordeste. Segundo Maddox (1980), os CCMs formam-se nas vizinhanças de um sistema frontal em dissipação. Na fase de maturação as tempestades individuais se associaram dando origem ao CCM que estava centrado em aproximadamente 30,5°S de latitude e 60,5°W de longitude (Figura 2B). Na fase de dissipação (Figura 2C) o CCM deu origem a um SCM (marcado por um círculo) que deixou o estado do Rio Grande do Sul totalmente coberto por nebulosidade do tipo estratiforme.

Portanto, considerando-se a definição de Maddox (1980) e Cotton *et al.* (1989), o CCM observado sobre o nordeste da Argentina apresentou características físicas semelhantes àqueles observados sobre a região central dos Estados Unidos. Vale ressaltar que os CCMs definidos por Maddox (1980) e Cotton *et al.* (1989), foram caracterizados para latitudes subtropicais no hemisfério norte, enquanto que o CCM em estudo formou-se numa região de latitudes subtropicais no hemisfério sul.

A descrição das condições sinóticas associadas à atuação do CCM, em cada uma de suas fases, foi feita utilizando os seguintes campos: vetor vento e isolinhas de temperatura em 850 hPa, convergência de umidade em 850hPa, divergência do vento em 250hPa e velocidade vertical em 500hPa.

Na fase de iniciação (06:00 UTC) foi observado no nível de 850 hPa (Figura 3A) um JBN (mostrado pelas setas nas figuras) que trazia ar quente proveniente do norte que confluiu sobre

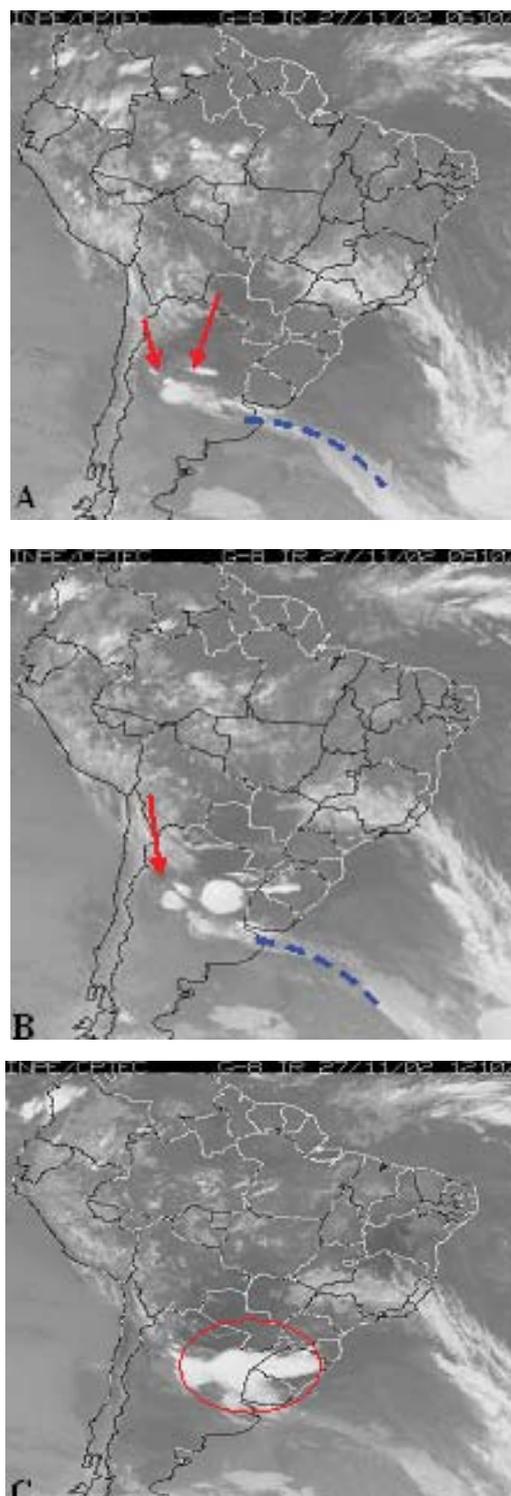


Figura 2 Imagens do satélite GOES-8, no canal infravermelho, do dia 27/11/02 às 06:10 UTC - fase de iniciação (A), 09:10 UTC - fase de maturação (B) e 12:10 UTC - fase de dissipação (C).

a região de formação do CCM (marcada por um círculo nas figuras), com ar mais frio vindo de sul associado à frente fria. Esta confluência foi marcada por um giro no sentido horário, evidenciando o surgimento de um centro de baixa pressão na região de formação do CCM. No horário de maturação (09:00 UTC, Figura 3B) o JBN continuava trazendo ar quente para a região de atuação do CCM que continuava se intensificando. As 12:00 UTC (Figura 3C) horário marcado pela dissipação do CCM e formação de um SCM que cobriu todo o RS e norte da Argentina, observou-se ainda a existência de advecção de ar quente proveniente do norte, trazido pelo JBN. A partir deste horário o JBN começou a se desintensificar, assim como o SCM até sua dissipação no dia 28/11/02.

Pode-se observar também em 850 hPa, na fase de iniciação (Figura 4A) a presença de convergência de umidade na região de formação do CCM (marcada por um círculo nas figuras). No horário correspondente à maturação (Figura 4B), os núcleos de convergência de umidade continuam atuando na região do CCM, porém numa menor região. Da maturação à dissipação, os núcleos de convergência de umidade foram se desintensificando (Figura 4C).

Pelo campo de divergência do vento pode-se observar que, nas três etapas do ciclo de vida do CCM, em 250hPa (Figura 5A,B,C), havia sobre a região de atuação do CCM um JAN de oeste (marcado pelas setas na Figura 5A,B,C) e a presença de divergência do vento. Em todas as etapas do ciclo de vida do CCM observou-se que os eixos dos JBN (norte) e JAN (oeste) eram aproximadamente ortogonais, o que segundo Ucellini & Johnson (1979) favorece o aumento da advecção de temperatura e a instabilidade convectiva. Portanto os campos apresentados na Figura 5A,B,C indicam a existência de convecção em níveis inferiores que propiciou condições favoráveis ao desenvolvimento do CCM.

Com relação aos movimentos verticais observou-se que, no horário correspondente a etapa de iniciação (Figura 6A), sobre a região de formação do CCM (marcada por um círculo na Figura 6A,B,C), havia velocidade vertical ascendente, associada à formação do centro de baixa pressão em superfície que favoreceu o levantamento do ar. No horário de maturação (Figura 6B) diminuiu a área coberta pelas ascendências. Com a incursão do vento de norte

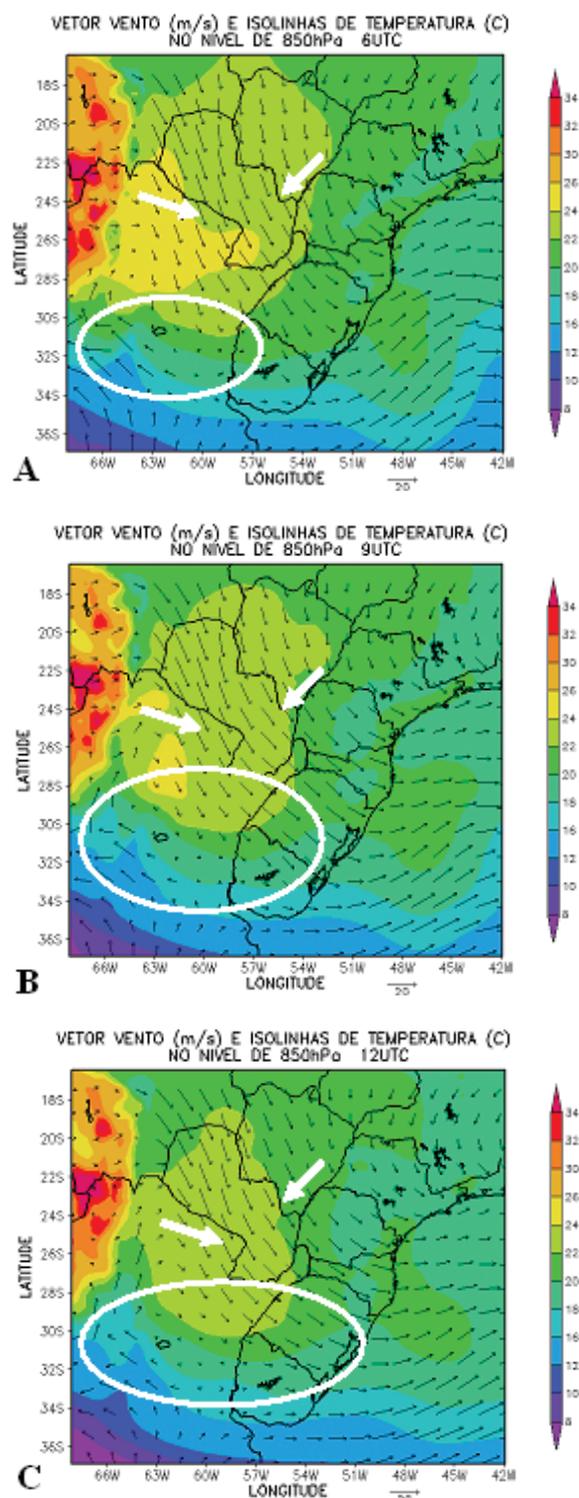


Figura 3 Vento (ms-1) e isolinhas de temperatura (°C) simulados pelo modelo BRAMS em 850 hPa para o dia 27/11/2002. (A) 06:00 UTC - fase de iniciação, (B) 09:00 UTC - fase de maturação e (C) 12:00 UTC - fase de dissipação. As setas mostram o JBN e o círculo a região do CCM.

Complexo Convectivo de Mesoescala Observado em 27/11/2002 no Nordeste da Argentina
 Cláudia Rejane Jacondino de Campos; Edna Cristina Sodré Lima & Luciana Barros Pinto

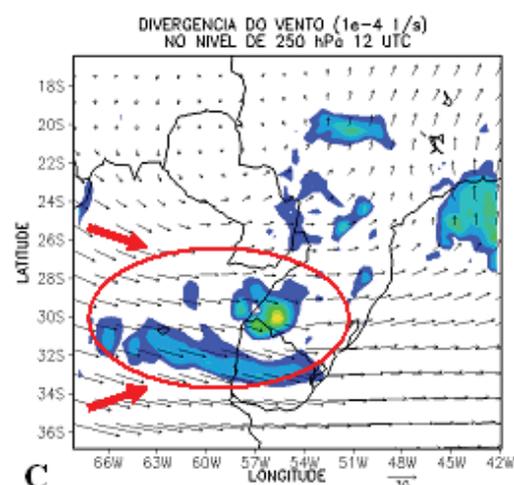
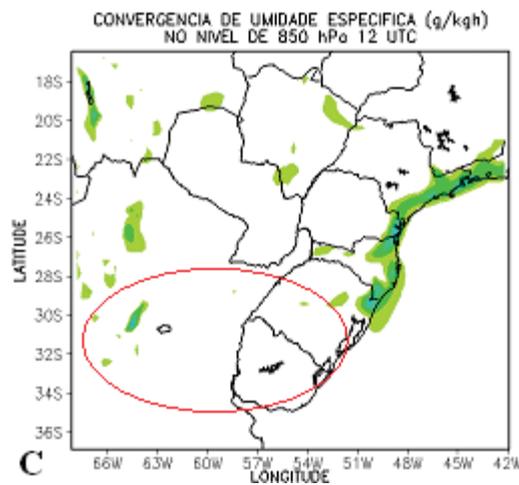
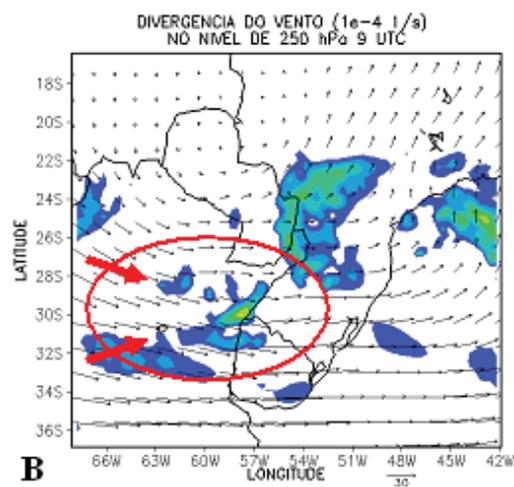
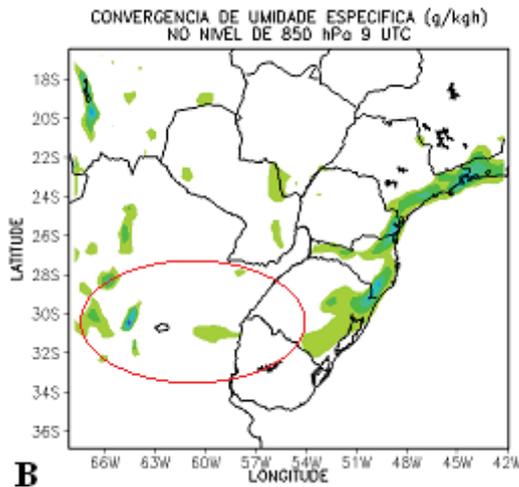
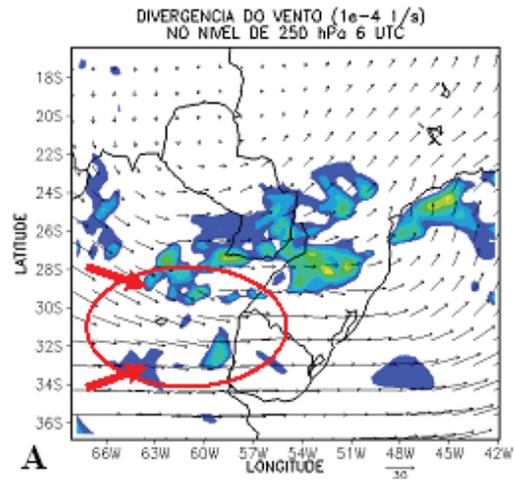
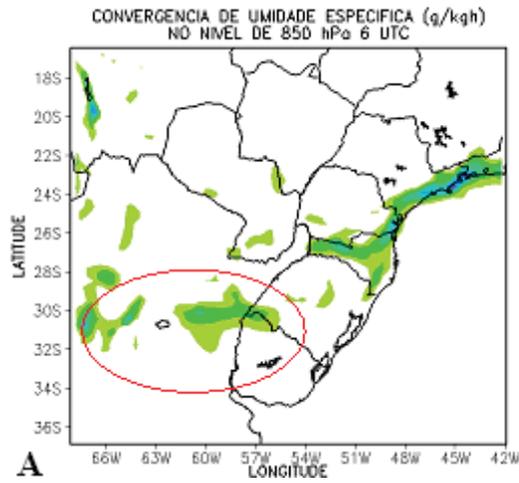


Figura 4 Convergência de Umidade Específica ($g\ kg^{-1}\ h^{-1}$) simulada pelo modelo BRAMS em 850 hPa para o dia 27/11/2002. (A) 06:00 UTC - fase de iniciação; (B) 09:00 UTC - fase de maturação e (C) 12:00 UTC - fase de dissipação. O círculo mostra a região do CCM.

Figura 5 Vento (ms^{-1}) e Divergência ($1e-4\ s^{-1}$) simulados pelo modelo BRAMS em 250 hPa para o dia 27/11/2002. (A) 06:00 UTC - fase de iniciação, (B) 09:00 UTC - fase de maturação e (C) 12:00 UTC - fase de dissipação. As setas mostram o JAN e o círculo a região do CCM.

em baixos níveis, o movimento vertical ascendente observado sobre a região de atuação do CCM pode ser explicado pelo acoplamento entre o JBN e o JAN. Evidenciando que nesta etapa o CCM era composto por uma região de precipitação convectiva. A partir deste horário os movimentos ascendentes observados estavam associados ao deslocamento e permanência do SCM que se formou (Figura 6C).

Pelo campo de vorticidade em 850 hPa e 250 hPa (Figuras não mostradas) no horário de maturação (09:00UTC), observou-se a presença de uma região localizada a oeste do CCM, onde os valores de vorticidade eram negativos, indicando movimento ciclônico (baixa pressão) e a presença de uma região localizada a leste do CCM, que apresentou valores positivos de vorticidade, indicando movimento anticiclônico (alta pressão), respectivamente. Essa configuração segundo Cotton *et al.* (1989) e Rocha (1992) seria responsável pelo formato circular do CCM.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que as características observadas neste CCM concordam com aquelas encontradas por alguns autores, ou seja: i) advecção de ar quente e úmido em 850 hPa, pelo JBN para a região de formação do CCM, que é uma das características primordiais para o surgimento e manutenção do sistema (Vila, 2004; Maddox, 1983; Augustine & Caracena, 1994 etc); ii) presença de um JAN próximo ao local de formação do CCM, com curvatura anti-horária (Torres (2003) e Vila (2004) para AS e Maddox (1983) e Cotton *et al.* (1989), para EUA); iii) núcleos bem definidos de convergência de umidade ao norte da região de formação do CCM (Maddox, 1983 e Augustine & Caracena, 1994); iv) na fase de dissipação existe divergência do vento sobre a região do CCM que diminui em comparação à fase de maturação (Maddox (1989) e Torres (2003)); v) formação e maior atividade convectiva na madrugada e dissipação durante a manhã (Velasco & Fritsch, 1987); vi) formação do CCM nas vizinhanças de um sistema frontal em dissipação (Maddox, 1980); vii) eixos dos JBN (norte) e JAN (oeste) aproximadamente ortogonais, o que segundo Ucellini & Johnson (1979) favorece o aumento da advecção de temperatura e a instabilidade convectiva e viii) presença de uma região onde a vorticidade é ciclônica em baixos níveis, e anticiclônica em altos níveis, responsável pelo formato circular do CCM (Cotton *et al.*, 1989; Rocha, 1992).

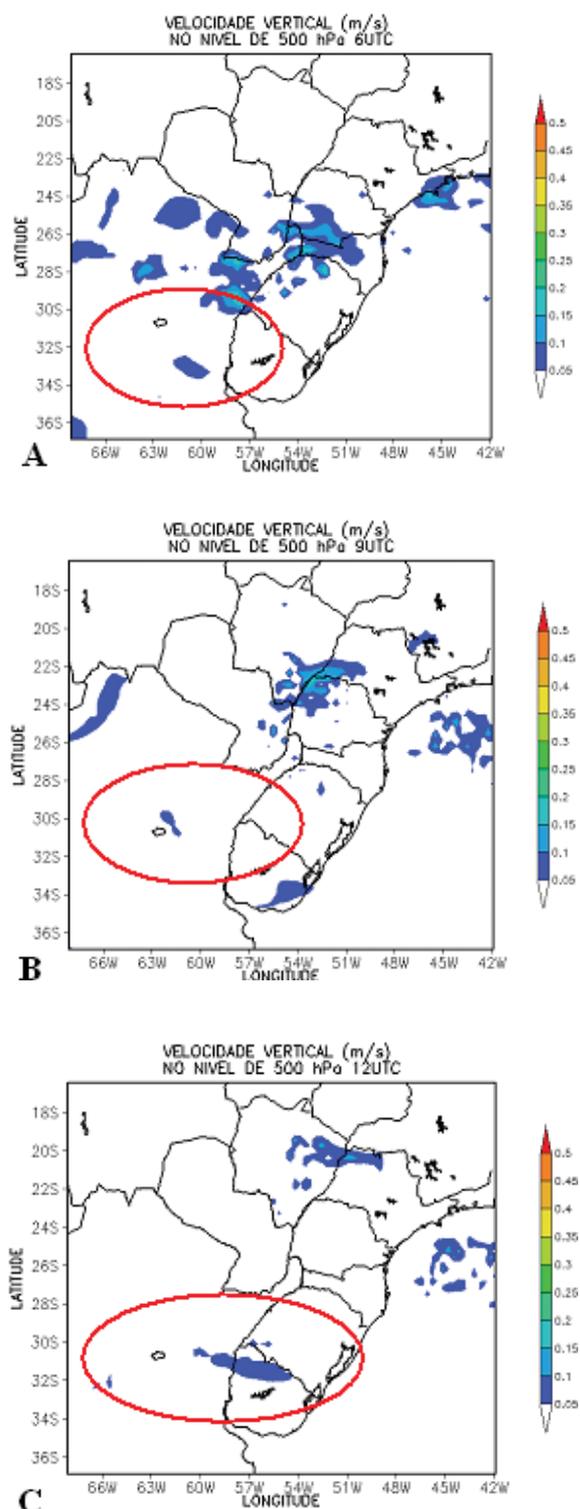


Figura 6 Velocidade Vertical (ms⁻¹) simulada pelo modelo BRAMS em 500 hPa para o dia 27/11/2002. (A) 06:00 UTC - fase de iniciação, (B) 09:00 UTC - fase de maturação e (C) 12:00 UTC - fase de dissipação. O círculo mostra a região do CCM.

4 Conclusões

A simulação com o modelo BRAMS permitiu a descrição detalhada das condições atmosféricas durante todo o ciclo de vida do CCM observado no dia 27/11/02 no nordeste da Argentina.

Observou-se desde o início da simulação que as condições na região eram propícias ao surgimento do CCM, o qual estava associado a uma frente fria em dissipação localizada ao sul do Uruguai e nordeste da Argentina, que se deslocava para o norte. Durante a etapa de iniciação detectou-se a presença em baixos níveis de um JBN de norte que transportava ar quente e úmido para a região de formação do CCM, com velocidade vertical ascendente associada à formação do centro de baixa pressão em superfície que favoreceu o levantamento do ar. Em 250 hPa foi observado um JAN de oeste, que persistiu durante todo o ciclo de vida do CCM, combinado com a divergência dos ventos. Esses fatores combinados alimentavam a convecção dando início e condições para o desenvolvimento do CCM. Na etapa de maturação o JBN estava mais intenso e a atmosfera mais úmida. A intensificação do CCM pode ser explicada pelo escoamento de ar frio de sul associado ao sistema frontal que contribuiu para o levantamento do ar quente e úmido proveniente de norte, transportado pelo JBN, além dos mecanismos dinâmicos associados ao acoplamento do JBN e JAN, que favoreceram a advecção de temperatura e a instabilidade convectiva. Na dissipação as condições não foram muito diferentes da maturação, os campos de convergência de umidade foram se desintensificando e os movimentos ascendentes estavam associados ao deslocamento e permanência do SCM. O mais marcante foi que o CCM deu lugar ao SCM que cobriu todo o RS.

De acordo com os resultados apresentados, pode-se constatar que a estrutura do CCM estudado é comparável àquela apresentada por vários autores.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Bolsa PQ - 1º autor) e a CAPES (bolsa de mestrado - 2º e 3º autores) pelo apoio financeiro.

6 Referências

- Augustine, J.A. & Howard, K. W. 1991. Mesoscale Convective Complexes over the United States during 1986 and 1987. *Monthly Weather Review*, 119: 1575–1589.
- Augustine, J. A. & Caracena, F. 1994. Lower-tropospheric precursors to nocturnal MCS development over the central United States. *Weather Forecasting*, 9: 116-135.
- Campetella, C. M. & Vera, C. S. 2002. The influence of Andes mountains on the South American Low Level flow. In: CONFERENCE ON SOUTH AMERICAN LOW-LEVEL JET. Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, 2002. *Resumo expandido*, Santa Cruz de la Sierra, VAMOS/CLIVAR/WCRP, p.34-38.
- Cavalcanti, I. F. A. 1982. *Um estudo sobre interações entre circulações locais e circulações de grande escala*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, INPE, Dissertação de Mestrado, (INPE – 2494 –TDL/097), 113p.
- Carvalho, M.H. & Santos, A.F. 2003. Estudo de caso de chuvas intensas em Pelotas-RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, Belo Horizonte, 2003. *Artigo completo*, Belo Horizonte, SBRS, p. 439-446.
- Cotton, W. R.; Lin, M. S.; Mcanelly, R. L. & Tremback, C. J. 1989. A composite model of mesoscale convective complexes. *Monthly Weather Review*, 117: 765- 783.
- Duquia, C. G. & Silva Dias, M. A. F., 1994: Complexo convectivo de mesoescala: um estudo de caso para o oeste do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8, Belo Horizonte, 1994. *Anais*, Belo Horizonte, SBMET, p. 610-612.
- Figueiredo, J. C. & Sclar, J. 1996. Estudo das trajetórias dos sistemas convectivos de mesoescala na América do Sul. In: CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 7 E CONGRESSO LATINO AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 7, Buenos Aires, 1996. *Resumo expandido*, Buenos Aires, CAM/FLISMET, p.165-166.
- Gomes, H. B; Ambrizzi, T. & Rocha, R. P. 2006. Simulação e composição dos Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul usando um modelo climático regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, Florianópolis, 2006.

- Anais, Florianópolis, SBMET, CD-ROM.
- Guedes R. L. 1985. *Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a região central da América do Sul*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, IASG/USP, Dissertação de Mestrado, 89 p.
- Guedes, R.L.; Machado, L.A.T.; Silveira, J.M.B.; Alves, M.A.S. & Waltz, R.C. 1994. Trajetórias dos sistemas convectivos sobre o continente americano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8, Belo Horizonte, 1994. *Anais*, Belo Horizonte, SBMET, p. 77-80.
- Houze Jr, R. A. 1993. Mesoscale convective systems. In: HOUZE Jr, R. A. (ed.) *Cloud Dynamics*. Academic Press, Inc., v. 53, p. 334-404.
- Klemp, J. B. & Wilhelmson, R. B. 1978. The simulation of three-dimensional convective storm dynamics. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 35: 1070-1096.
- Laing A. G. & Fritsch, J. M. 1997. The global population of mesoscale convective complexes. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 123: 389-405.
- Laing, A.G. & Fritsch, J.M. 2000. The Large-Scale Environments of the Global Populations of Mesoscale Convective Complexes. *Monthly Weather Review*, 128: 2756-2776.
- Lima, E. C. S. 2004. *Análise de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) observado na região norte da Argentina no dia 27 de novembro de 2002: Um estudo de caso utilizando o modelo RAMS*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Dissertação de Mestrado, 73 p.
- Machado, L. A. T.; Guedes, R. L.; Silveira, J. M. B.; Waltz, R. C. & ALVES M. A. S. 1994. Ciclo de vida de sistemas convectivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8, Belo Horizonte, 1994. *Anais*, Belo Horizonte, SBMET, 323-326.
- Maddox, R. A. 1980. An objective technique for separating macroscale and mesoscale features in Meteorological data. *Monthly Weather Review*, 108: 1108-1121.
- Maddox, R. A. 1983. Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, Mesoscale Convective Complexes. *Monthly Weather Review*, 111: 1475-1493.
- Mahrer, Y. & Pielke, R. A. 1977. A numerical study of the airflow over irregular terrain. *Beitrag zur Physik der Atmosphere*, 50: 98-113.
- Mellor, G. L. & Yamada, T. A. 1974. Hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 31: 1791-1806.
- Newton, C.W. 1967. Severe convective storms. *Advances in Geophysics*. Academic Press, 12: 257-303.
- Nieto Ferreira, R.; Rickenback, T. M.; Herdies, D. L. & Carvalho, L. M. V. 2003. Variability of South American convective clouds systems and tropospheric circulation during january-march 1998 and 1999. *Monthly Weather Review*, 131: 961-973.
- Petterssen, S. 1956. *Weather Analysis and Forecasting*. New York, Mc Graw-Hill, 1:191-195.
- Rocha, R. P. 1992. *Simulação numérica de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre a América do Sul*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, IAG/USP, Dissertação de Mestrado, 93 p.
- Rozante, J. R. & Mendonça, A. M. 2004. Estudo da previsibilidade do Modelo Regional ETA para um caso de Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM). In: WORKSHOP LATINO AMERICANO EM MODELAGEM REGIONAL DE TEMPO E CLIMA UTILIZANDO O MODELO ETA: ASPECTOS FÍSICOS E NUMÉRICOS, Cachoeira Paulista, 2004. *Resumos*, Cachoeira Paulista, INPE/CPTEC, p. 11.
- Rozante, J. R. & Cavalcanti, I. F. A. 2006. Possíveis causas da baixa previsibilidade do modelo regional ETA para um caso de Complexo Convectivo de Mesoescala. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, Florianópolis, 2006. *Anais*, Florianópolis, SBMET, CD-ROM.
- Sakamoto, M. S; Rocha, R. P.; Ambrizzi, T. & Machado L. A. T. 2006. Simulação de Sistemas Convectivos usando o modelo WRF: primeiros experimentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, Florianópolis, 2006. *Anais*, Florianópolis, SBMET, CD-ROM.
- Santos, A. F.; Ferreira, N. J. & Gan, M. A. 2004. Estudo preliminar de caso de jato em baixos níveis associado a chuvas intensas na região sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, Fortaleza, 2004. *Anais*, Fortaleza, SBMET, CD-ROM.

- Scolar, J. & Figueiredo, J.C. 1990: Análise das condições sinóticas associadas a formação de Complexos Convectivos de Mesoescala. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 6, Salvador, 1990. *Anais*, Salvador, SBMET, p. 455-461.
- Severo, D.L. 1994. *Estudo de chuvas intensas no estado de Santa Catarina*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Dissertação de mestrado, (INPE-5682-TDI/568), 121 p.
- Silva Dias, M. A. F. 1987. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2: 133-150.
- Silva Dias, M. A. F. 1996. Complexos Convectivos de Mesoescala sobre a Região Sul do Brasil. *Climanálise Especial*, 1: 173-179.
- Torres, J. C. 2003. *Sistemas Convectivos en Mesoescala Altamente Precipitantes en el Norte y Centro de Argentina*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales/Universidad de Buenos Aires (FCEyN/UBA), Tese de doctorado, 130 p.
- Uccellini, L. W. & Johnson, D. R. 1979. The Coupling of Upper and Lower Tropospheric Jet Streaks and Implications for the Development of Severe Convective Storms. *Monthly Weather Review*, 107: 682-703.
- Velasco, I. & Fritsch, J. M. 1987. Mesoscale convective complexes in the Americas. *Journal of Geophysical Research*, 92: 9591-9613.
- Vila, D. A. 2004. *Sistemas Convectivos Precipitantes de Mesoescala sobre Sudamerica: ciclos de vida e circulación en gran escala asociada*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales/Universidad de Buenos Aires (FCEyN/UBA), Tese de Doutorado, 126 p.