

MONITORAMENTO DO TEMPO NO BRASIL: USO DE MODELOS DE PREVISÃO NUMÉRICA

Nelson Jesus FERREIRA¹, Gustavo ESCOBAR¹, Virginia NOGUEIRA¹, Giovanni DOLIF¹, Mônica Vaz LIMA¹, Kelen ANDRADE¹, Luiz KONDRASKI¹, Marcos Barbosa SANCHES¹, Marcelo SCHNEIDER¹, Mariana OLIVEIRA¹, William Escobar LINO¹, Lucia Eliane Maria Gularte da SILVA¹, Roberto Carlos PEREIRA¹, Iara Regina Nocentini ANDRÉ²

RESUMO: Com a inauguração do CPTEC em 1994 iniciou-se uma nova era no monitoramento e previsão de tempo no Brasil. As cartas sinóticas que eram plotadas manualmente e analisadas subjetivamente passaram a ser geradas automaticamente e analisadas de forma objetiva. Com o intuito de demonstrar a potencialidade de se utilizar os dados gerados por modelos de Previsão Numérica de Tempo (PNT) no CPTEC em estudos climáticos ou monitoramento do tempo, o presente estudo documenta as características dos principais sistemas de tempo que atuaram no Brasil em Setembro de 2005. Destaca-se que as informações geradas por esse tipo de enfoque têm aplicações em previsão de tempo, e contribui diretamente para o aprimoramento do conhecimento da climatologia de nosso país.

ABSTRACT: In 1994, the inauguration of CPTEC initiated a new age on weather monitoring and forecasting in Brazil. The synoptic charts that were plotted manually and analyzed subjectively had passed to be generated automatically and to be analyzed in an objective way. With purpose of demonstrate the potentiality of using the data generated from Numerical Weather Prediction (NWP) models in CPTEC in climatic studies or weather monitoring, the present study registers the characteristics of the main weather systems that had acted in Brazil in September of 2005. It is distinguished that the information generated for this type of approach have applications in weather forecast and contributes directly for the improvement of the knowledge of the climatology of our country.

Palavra-Chave: Monitoramento, Modelo, Previsão Numérica.

INTRODUÇÃO

Com a inauguração do CPTEC em 1994 iniciou-se uma nova era no monitoramento e previsão de tempo no Brasil. As cartas sinóticas que eram plotadas manualmente e analisadas subjetivamente passaram a ser geradas

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, E-mails: (nelson, escobar, Virginia, Giovanni, monica, kelen, msanches, rcarlos)@cptec.inpe.br. Rodovia Presidente Dutra, km 40, Cachoeira Paulista - SP.

² Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP - Rio Claro, E-mail: iara@rc.unesp.br

automaticamente e analisadas de forma objetiva. Além disso, o uso de supercomputadores possibilitou realizar previsões de tempo com vários dias de antecedência e com alta confiabilidade para todo território nacional. Campos tri-dimensionais de inúmeros produtos de previsão de tempo rapidamente tornaram-se disponíveis como, por exemplo, temperatura do ar, vetor vento, umidade do ar, pressão reduzida ao nível médio do mar, precipitação e geopotencial. Desta forma, o interesse pelo uso dessas variáveis para monitoramento do tempo no Brasil evoluiu naturalmente.

No passado, houve um grande avanço do conhecimento da dinâmica dos sistemas de várias escalas de tempo que atuam no Brasil. Neste contexto destacam-se os estudos sobre ondas de leste (por exemplo Neiva, 1975, Chan, 1990, Espinoza, 1996), a documentação das características das ZCAs (Kodama, 1992, Quadro, 1994, Sanches, 1996, Carvalho e outros, 2004), a natureza da circulação anticiclônica de altos níveis (Alta da Bolívia) sobre o Platô da Bolívia (Virji, 1981; Jones, 1990) e também dos vórtices ciclônicos da alta troposfera que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil (Kousky and Gan, 1981, Ferreira et al., 2001). Com o intuito de demonstrar a potencialidade de se utilizar os dados gerados por modelos de Previsão Numérica de Tempo (PNT) no CPTEC em estudos climáticos ou monitoramento do tempo, o presente estudo documenta as características dos principais sistemas de tempo que atuaram no Brasil em Setembro de 2005. Destaca-se que as informações geradas por esse tipo de enfoque têm aplicações em previsão de tempo, e contribui diretamente para o aprimoramento do conhecimento da climatologia de nosso país.

DADOS E METODOLOGIA

O monitoramento das condições atmosféricas e sistemas de tempo no Brasil utilizando modelos de previsão numérica contempla o uso dos modelos de circulação geral atmosférico (global) e regional ETA. Os dados utilizados são rotineiramente arquivados no CPTEC.

O modelo regional ETA foi desenvolvido pela Universidade de Belgrado (Mesinger et al., 1990), e foi instalado no CPTEC em 1996. O domínio do modelo cobre aproximadamente a região compreendida entre as longitudes de 25°W a 90°W e as latitudes de 12°N a 45°S. A análise é realizada sobre uma grade de resolução correspondente à resolução do modelo global e posteriormente é interpolada para a grade do modelo ETA. As previsões do modelo Eta se estendem até 48 h e cobrem a maior parte da América do Sul. Estas previsões são fornecidas duas vezes ao dia em uma grade regular com resolução de 40 km. As variáveis prognósticas do modelo são: temperatura do ar, componente zonal e meridional do vento, umidade específica, pressão à superfície e energia cinética turbulenta.

RESULTADOS

Durante o mês de setembro de 2005 sete frentes frias passaram pelo litoral brasileiro, cinco das quais resultaram de ciclogêneses intensas próximas ao continente. Apenas uma delas atingiu o sul da Região Nordeste (Figura 1). As análises

apresentadas são feitas com base nas cartas de superfície geradas com dados obtidos por modelos de PNT. No caso específico são identificados os locais onde as frentes frias passam pelo litoral leste do Brasil, de 24 em 24 horas. Essas informações possibilitam caracterizar (frequência, duração, etc) as frentes numa dada região.

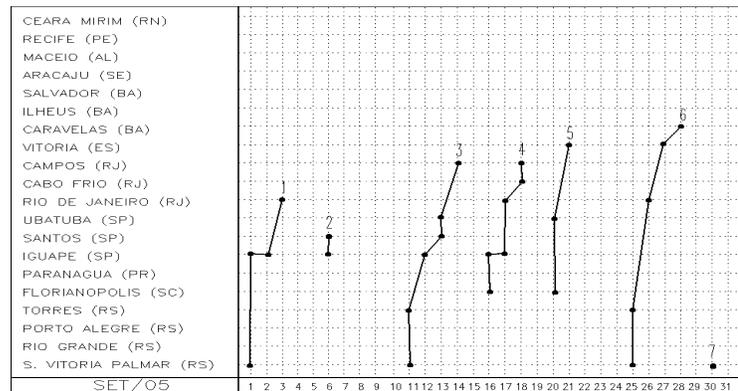


Figura 1. Acompanhamento das frentes pelo litoral do Brasil em Setembro 2005.

Analisando o campo de circulação atmosférica na média e alta troposfera para este mês, pôde-se observar uma maior frequência a passagens de cavados de altos níveis com vórtices associados que atravessaram a Cordilheira dos Andes, principalmente ao norte do paralelo 35°S. Esta característica predominante ao longo do mês contribuiu para a formação de ciclogêneses sobre Oceano Atlântico, principalmente entre o centro da Argentina e a Região Sul do Brasil. A maioria desses processos ciclogenéticos vieram acompanhados de sistemas frontais intensos que provocaram forte queda de temperatura no Centro-Sul do Brasil. Em superfície, no campo de anomalia de pressão havia uma ampla região com anomalia positiva de pressão sobre o Oceano Atlântico e no setor oeste e sul do continente. Isto esteve associado à freqüente entrada de anticiclones devido às incursões de intensas massas de ar frio no continente (Figura não mostrada). Em três ocasiões a massa de ar fria intensa chegou a provocar friagem, atingindo os estados de MS, MT, AC, RO e a mais intensa delas atingiu o sul do Estado do AM.

As Tabelas 1 e 2 apresentam respectivamente, uma síntese dos principais sistemas de baixa pressão em altitude e superfície terrestre que afetaram a Região Centro-Sul do Brasil durante o mês de Setembro de 2005 e uma descrição dos casos significativos observados durante esse período. Estas características da circulação atmosféricas foram identificadas utilizando-se produtos de PNT gerados no CPTEC. A Tabela 2 documenta os casos mais significativos observados durante o mês de setembro de 2005. Destacam-se os eventos de chuvas fortes, temporais, e granizos nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste e uma onda de frio na região sul.

Apresenta-se a seguir uma descrição sucinta dos principais campos meteorológicos que possibilitam a identificação das características mencionadas anteriormente. A Figura 2 (a) mostra as linhas de corrente e anomalia do vento em 850hPa sobre a América do Sul e vizinhanças durante o mês de setembro de 2005.

TABELA 1: Cavados e vórtices ciclônicos (troposfera média) sobre o Brasil durante setembro de 2005.

Sistemas que cruzaram os Andes	Sistemas que não cruzaram os Andes	Vórtices	Localização do Sistema	Ciclogênese em superfície
Dia 1	-	sim	Continente (Cordilheira dos Andes)	sim
Dia 4	-	não	No Atlântico	sim
Dia 10	-	não	-	sim
Dia 13	-	Sim (cruza os Andes)	Na costa do Chile	sim
-	Dia 18	sim	Centro da Argentina	sim
Dia 22	-	sim	No Atlântico (na altura de Santa Catarina)	Não (cavado em superfície)
Dia 24	-	não	-	Sim
Dia 25	-	sim	Cordilheira dos Andes	Não
Dia 29	-	sim	No Continente (sobre a Patagônia Argentina)	sim
-	Dia 29	sim	No Oceano Atlântico (na altura de Santa Catarina)	Sem reflexo em superfície

TABELA 2: Eventos meteorológicos significativos observados em setembro de 2005.

FENÔMENO	DATA	CAUSA	ÁREA AFETADA
Vendavais	01 a 03	Ciclogênese no litoral do RS e do Uruguai	RS e o Uruguai.
Granizo	05 a 08	Convergência de umidade em SP e sul de MG: frente fria, associada a ciclogênese a leste da Região Sul, dia 05/09.	SP (capital, Vale do Paraíba, Campinas, São Bernardo) MG (capital, sul)
Onda de frio	10 a 13	Frente fria intensa	Dia 12- neve em Cruzeiro, SC e no dia 13- neve na Serra Gaúcha (Bom Jesus)
Granizo	15	Ciclogênese no leste da Região Sul, ramo frio de sistema frontal sobre o SE.	Centro-norte de São Paulo.
Granizo	17	Escoamento de noroeste e convergência de umidade.	Sul de MG
Chuva forte	19	Vórtice ciclônico gera uma ciclogênese, alinhando uma frente fria sobre o Sudeste.	Vale do Paraíba-SP e no sul de MG.
Chuva forte	22	Um cavado em médios níveis da troposfera.	Em Santa Catarina, incluindo a capital.
Temporais no Mato Grosso do Sul	22	Cavados em 500 hPa, acima de 15° S. Corrente de jato na baixa troposfera nas encostas dos Andes	Mato Grosso do Sul
Chuva forte com ventos	dia 23/09	Cavado em 500 hPa deslocou pela Região Sul, fechando um centro-ciclônico (VCAN).	RJ
Chuvas no Sul, Centro-Oeste e SE. Friagem no Centro –Oeste e Norte	24 e 26	Chuva alaga diversos trechos de ruas em Campo Grande - Ciclogênese e onda frontal no Sul.	Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste
Chuva em Campo Grande - MS	30/09	Formação de onda frontal no sul devido a VCAN	Campo Grande - MS

Observa-se a presença das circulações anticiclônicas associadas com a alta subtropical dos oceanos Pacífico Sul e Atlântico Sul. No primeiro caso, destaca-se os ventos anômalos de sul na costa do Chile, e no segundo a extensão zonal do anticiclone que praticamente fragmenta-se em dois centros e afeta grande parte das Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Nas vizinhanças da fronteira Bolívia e Paraguai nota-se a presença de anomalias de sul, onde tipicamente é freqüente a presença de jato de baixos níveis. Observa-se também que no Atlântico Equatorial o escoamento, essencialmente, segue paralelo a costa norte brasileira, o que dificulta o influxo de umidade na Amazônia.

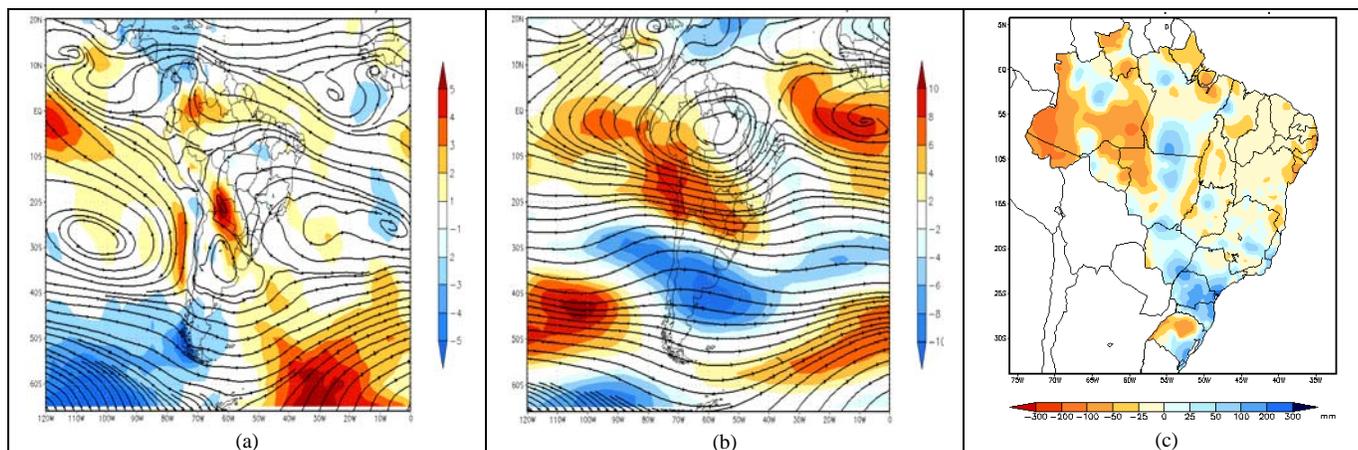


Figura 2. (a) Linhas de corrente e anomalia do vento (escala de cores em m/s) em 850hPa. (b) Linhas de corrente e anomalia do vento zonal (escala de cores em m/s) em 200hPa. (c) Anomalia de precipitação, setembro de 2005. (Fonte dos dados: CPTEC/INPE, INMET, FUNCEME, LMRS, EMPARN, DMRH, FEPAGRO, CHESP, COMET, DHME, CEPES, NMRH, SRH, CEMIG, SEAG, SIMEPAR, CLIMERH, IAC).

Em relação aos ventos na alta troposfera [Figura 2 (b)], pode-se observar a presença de um jato subtropical (norte da Bolívia, Paraguai e Bolívia, em vermelho) deslocado para norte (entre 5 e 8°) em relação a sua posição climatológica. Em termos de grande escala destacam-se a circulação anticiclônica centrada na Amazônia e o cavado que se estende do litoral norte do NE para o Atlântico Sul. Este padrão de circulação na alta troposfera lembra a Alta da Bolívia e o cavado associado corrente abaixo que domina a circulação de verão no Brasil. Como em setembro tanto o aquecimento como a umidade diminuem em função do deslocamento meridional do Sol, esse tipo de circulação necessariamente não está associado à ocorrência de precipitação na região. Vale a pena destacar a severidade da seca [Figura 2 (c)] que ainda atingia diversas regiões da Amazônia (por exemplo, estados da Amazônia e Acre).

O jato subtropical deslocado para norte esteve associado à maior quantidade de cavados vindos de oeste que atravessaram a Cordilheira dos Andes em latitudes acima de 35°S. Nos níveis médios (Figura não mostrada) estes cavados, algumas vezes com vórtices associados, favoreceu ao levantamento e em conseqüência à ocorrência de temporais em boa parte do nordeste da Argentina, Uruguai, Paraguai e em parte das Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Dessa forma, o campo de anomalia mensal de precipitação correspondente ao mês de Setembro mostra valores acima da média em parte do Centro-Sul do Brasil, principalmente nos Estados do PR e de SC [Figura 2 (c)].

Em relação ao comportamento da temperatura (Figura não mostrada) observou-se que as anomalias negativas na Região Sul e em parte do Centro-Oeste devido à ocorrência de freqüentes entradas das massas de ar frio. O mês de setembro não teve períodos muito diferentes e a média mensal representou bem o mês. Mesmo assim, para fins de análise, o mês foi dividido em duas quinzenas que apresentaram pequenas diferenças em relação à média.

A primeira quinzena refletiu essencialmente o comportamento médio. Neste período três frentes frias atingiram o Brasil das quais duas resultaram de ciclogêneses. O campo de anomalia de pressão (Figura não mostrada) mostrou valores negativos sobre o oceano, na região dominada pelos ciclones associada as frentes ou as próprias ciclogêneses. A posição da

alta subtropical do Atlântico Sul indica que as frentes não tiveram grande deslocamento para norte sobre o continente. Por outro lado, sobre o sul do Atlântico houve uma predominância de anticiclones pós-frontal intensos que provocaram um aumento da pressão até o sudoeste do AM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O CPTEC vem disponibilizando rotineiramente uma série de produtos (por exemplo, campos de temperatura, umidade, vento, geopotencial, pressão ao nível médio do mar e precipitação) gerados por modelos de previsão numérica de tempo. Esses campos possibilitam caracterizar tridimensionalmente a estrutura da atmosfera. O uso contínuo dessas variáveis tem aplicações no monitoramento e análise climática no Brasil, devido à carência de observações meteorológicas convencionais e a presença regiões de difícil acesso como é o caso da Amazônia. O presente estudo documenta algumas dessas aplicações com o intuito de vislumbrar o uso efetivo de uma ferramenta relativamente nova e que tem um grande potencial para os interessados em climatologia no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAN S. C. Análise de distúrbios ondulatórios de leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul. 1990, (Dissertação de mestrado em meteorologia) - **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, São José dos Campos, SP.
- CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, form, persistence, and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall, **Journal of Climate**, Boston, v.17, p.88-108, 2004.
- ESPINOZA, E. S. Distúrbios nos ventos de leste no Atlântico tropical. 1996, (Dissertação de mestrado em meteorologia) - **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, São José dos Campos.
- FERREIRA, N. J.; LAÇAVA, C. I. V. A climatological study of convective cloudbands in northeastern Brazil Part I: preliminary analysis. **Australian Meteorological Magazine**, Melbourne, v.50, n.2, p.105-113, Jun. 2001.
- JONES, C.; HOREL, J. D. A circulação da Alta da Bolívia e a atividade convectiva sobre a América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 5, p.379-387, Jun. 1990.
- KODAMA, Y. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of Meteorological Society of Japan**, Tokyo, v.70, n.4, p.813-835, Ago. 1992.
- KOUSKY, V.E.; GAN, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v.33, p.538-550, 1981.
- MESINGER, F.; BLACK, T. L. On the impact on forecast accuracy of the step-mountain (eta) vs. sigma coordinate. Special issue of **Meteorological Atmospheric Physics on Meso-Alpha Scale, Numerical Techniques and Models**, 50, 47-60, 1992.
- NEIVA, E. J. F. An investigation of wave-type disturbances over the tropical South Atlantic. 1975, (Dissertação de mestrado em meteorologia) - **Naval Post Graduate School**. Monterey, California, EUA.
- QUADRO, M. F. L. Estudos de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994, (Dissertação de mestrado em meteorologia) - **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. São José dos Campos, SP.
- SANCHES, M. B.; Silva Dias, M. A. F. Análise sinótica de verão. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). In: 9º Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão. Anais. **Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v.1, p.439-443, 1996.
- VIRJI, H. A preliminary study of summer time tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. **Monthly Weather Review**, Boston, v.109, p.599-610, 1981.