

Avaliação do uso do espalhamento como preditor do desempenho da previsão de tempo por conjuntos do CPTEC/INPE

Lúcia Helena Ribas Machado¹, Antônio Marcos Mendonça¹, Renata Weissmann Borges Mendonça¹, José Paulo Bonatti¹

¹ Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) Cachoeira Paulista-SP, Brasil.

lucia@cptec.inpe.br, mendonca@cptec.inpe.br, renataw@cptec.inpe.br,
bonatti@cptec.inpe.br

ABSTRACT:

In this work we investigated if the dispersion of the ensemble is a good indicator of a predicting forecast skill. The CPTEC/INPE data used consist the 12h-lagged average forecasts (LAF) compared with operational ensemble forecast of sample of 15 forecast for the variables 500 hPa geopotential height, air temperature at 850 hPa pressure level and mean sea level pressure. Analysing the dispersion diagram and the contingency table with the spread and the skill we observed which forecast day has high skill and low dispersion. We noted that lagged average forecast shows similar performance to operational EPS-CPTEC/INPE and that there are a tendency to high skill for the ensemble mean when spread forecast is low for 5 and 7 day forecast. These results provide the basis for the operational implementation of the LAF technique, which has low computational cost, and contribute to a more efficient utilization of the CPTEC/INPE ensemble predictions.

Keywords: Ensemble Prediction System, Spread, Lagged Average Forecasts

1. INTRODUÇÃO

As previsões meteorológicas contêm erros que são inerentes ao processo de produção de tais prognósticos. A redução/perda do desempenho dos modelos em prever os movimentos de escala sinótica é causada pelo crescimento dos erros associados a ambos às incertezas: nas condições iniciais (Lorenz, 1963) e às imperfeições no modelo (Reynolds, 1994).

A variabilidade dos membros do conjunto, ou espalhamento, pode fornecer uma medida da incerteza da previsão. Idealmente, quanto maior o espalhamento dos membros do conjunto, maior é o intervalo de soluções possíveis da atmosfera e menor é o nível de confiabilidade de uma previsão, ou seja, os valores altos/baixos de espalhamento indicam baixa/alta confiabilidade da previsão (Barker, 1991).

A relação entre o desempenho da previsão e o espalhamento tem sido investigada por vários autores, como forma de avaliar a qualidade da previsão e indicar o limite de previsibilidade do sistema de previsão de tempo por conjunto. Segundo Hoffman e Kalnay (1983) existe uma forte relação entre a dispersão do conjunto e a perda de previsibilidade. Molteni e Palmer (1991) encontraram valores de correlação entre o espalhamento e o desempenho, em termos da raiz do erro quadrático médio (*RMS*), entre 0,3 e 0,4, no 7^o dia de

previsão, no Hemisfério Norte, para o campo de altura geopotencial em 500 hPa do Sistema de Previsão de Tempo por Conjunto (EPS) do European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Molteni et al. (1996) mostrou, através do diagrama de dispersão entre o *RMS* e o espalhamento das previsões de altura geopotencial em 500 hPa, sobre a região da Europa, que a dispersão e a relação espalhamento/desempenho são maiores no verão, sendo que o espalhamento está mais correlacionado com o desempenho das previsões nos prazos de 5 e 7 dias de previsão.

O objetivo deste estudo é avaliar a relação entre o espalhamento e o desempenho das previsões de tempo por conjunto a fim de investigar o uso do espalhamento como preditor do desempenho do EPS-CPTEC/INPE.

2. METODOLOGIA

2.1. Dados e metodologia

Os dados utilizados neste estudo são as condições iniciais (análises) fornecidas pelo National Centers for Environmental Predictions (NCEP) e as previsões de tempo por conjunto do CPTEC/INPE, nos horários sinóticos 0000 UTC e 1200 UTC, na resolução T126L28 para o período de 10 de julho a 10 de setembro de 2007. Para o cálculo das anomalias do campo de geopotencial foi usado a Climatologia da Reanálise 2 do NCEP (Kanamitsu et al., 2002). São usadas as previsões de tempo por conjunto do CPTEC/INPE, com 15 membros inicializados a partir da análise mais recente, aqui chamado de *oper15*. Na técnica empregada neste trabalho como conjunto defasado são consideradas o conjunto defasado com 30 membros, composto de 15 membros do EPS-CPTEC/INPE, inicializados a partir da análise mais recente e 15 membros, iniciados a partir da análise defasada em 12 horas, aqui chamado de *lag30m*.

Os campos utilizados na realização deste estudo são a altura geopotencial em 500 hPa (*Z500*), a temperatura do ar no nível de 850 hPa (*T850*) e a pressão ao nível médio do mar (*PNMM*). Os índices estatísticos são calculados para as regiões dos extratrópicos e trópicos, definidos como Hemisfério Sul (*HS* - 90°S a 20°S), Hemisfério Norte (*HN* - 90°N a 20°N) e trópicos (*TR* - 20°N a 20°S), respectivamente. O enfoque principal deste estudo são os resultados dos extratrópicos do Hemisfério Sul. Os índices estatísticos utilizados para a avaliação são: a correlação de anomalias (*CA*), o espalhamento do conjunto (*SPD*) e o coeficiente de correlação linear (*r*), entre a *CA* e o *SPD*.

3. RESULTADOS

3.1. Relação entre o Espalhamento e o Desempenho do Conjunto

A relação entre o *SPD* e a *CA* é avaliada a partir das análises do diagrama de dispersão do *SPD* versus *CA*, calculando a correlação linear *r* entre estas variáveis; e da tabela de contingência, baseada no número de ocorrências que se encontram nos diferentes quadrantes selecionados a partir das medianas do diagrama de dispersão.

O diagrama de dispersão feito pelo *grads* é dividido pelos valores medianos do espalhamento e do desempenho do conjunto, linhas horizontal e vertical que dividem os gráficos em quatro quadrantes. Isto permite construir uma tabela de contingência 2x2 para os valores de espalhamento grande/pequeno e de desempenho alto/baixo. O número de pontos contidos em cada quadrante é apresentado nas Tabelas 1 e 2 para as variáveis geopotencial em 500 hPa e pressão ao nível médio do mar, respectivamente. Foram obtidos, também,

resultados para a temperatura potencial em 850 hPa, não mostrados aqui neste trabalho. As áreas que apresentam o resultado desejado são quando há correspondência inversa entre o espalhamento e o desempenho da previsão isto é quando o espalhamento foi pequeno e o desempenho foi alto e quando o espalhamento foi grande e o desempenho foi baixo ($X_{ma}Y_{me}$). As Tabelas 1 e 2 mostram a frequência absoluta, a frequência relativa, entre parêntesis, e o coeficiente de correlação (r) entre o espalhamento e o desempenho, dos resultados obtidos com os experimentos lag30m e oper15m, para os prazos de previsão de 5, 7, 9 e 13 dias, nos extratropicais do HS. Nas tabelas são apresentadas as quatro combinações dos valores de x (espalhamento) e y (desempenho do conjunto), maiores (X_{ma} , Y_{ma}) ou menores (X_{me} , Y_{me}) que a mediana.

Comparando os vários prazos de previsão da tabela de contingência observa-se que o prazo de 7 dias apresenta a maior frequência de casos de desempenho alto e espalhamento pequeno, para a ambos experimentos, com 27% e 32% para os experimentos oper15m e lag30m, respectivamente. Este prazo também apresentou a maior correlação inversa entre estas variáveis ($r=-0,20$), mostrando o bom desempenho deste o prazo em relação aos demais. Os valores de correlação, embora baixos, estão de acordo com aqueles encontrados na literatura. Mendonça e Bonatti (2004) encontraram valores de r de -0,086 e -0,067 para o quinto e o sétimo dias de previsão, respectivamente, usando previsões por conjunto na resolução de T062L28 do CPTEC, para o período de outubro de 2001 a setembro de 2003. Molteni et al. 1996 encontraram valores de correlação de 0.56 e 0.59, para o inverno e verão, respectivamente, no EPS do ECMWF, usando valores de rms médio nos prazos de 5 a 7 dias.

4. CONCLUSÕES

Foi avaliado o uso do espalhamento como preditor do desempenho da previsão por conjunto (EPS-CPTEC/INPE). Para isto, foram comparadas as previsões geradas a partir dos experimentos oper15m, da versão operacional do EPS-CPTEC/INPE, e o lag30m, de previsões defasadas. O conjunto defasado, usado neste trabalho, é uma média do conjunto composto pelas 15 previsões perturbadas produzidas pela análise mais recente do dia corrente e por 15 previsões inicializadas a partir da análise de 12h antes. A análise da tabela de contingência das variáveis espalhamento e desempenho, para os prazos de previsão de 5, 7, 9 e 13 dias, mostrou que o espalhamento do conjunto pode ser utilizado como indicador do desempenho do conjunto especialmente para os prazos de 5 e 7 dias. Os resultados indicaram que a correspondência espalhamento pequeno/desempenho alto e vice-versa, indicado por uma grande correlação inversa e é mais acentuada para o prazo de previsão de 7 dias. Este resultado foi obtido para ambos os experimentos, oper15m e lag30m, e não foram encontradas diferenças significativas entre eles, o que valida o uso de previsões defasadas como uma fonte adicional de informações para a previsão por conjunto do CPTEC/INPE. Os resultados preliminares do trabalho ajudam a explorar e avaliar o potencial do EPS do CPTEC, objetivando condensar a grande quantidade de informações produzidas pela previsão de tempo por conjunto no intuito de tornar mais amigável o uso destas informações na meteorologia operacional.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barker, T. The relationship between spread and forecast error in extended-range forecast. *J. Climate*, 4, 733-742, 1991.

Tabela 1 – Tabela de contingência para o espalhamento e desempenho da previsão do conjunto operacional (oper15m) e defasado (lag30m), para os vários prazos de previsão, no HS. São apresentados os valores absolutos e relativos (entre parêntesis) de cada categoria, baseados na mediana, e o coeficiente de correlação (r) entre o espalhamento e desempenho da previsão. Os valores de espalhamento pequeno e desempenho alto são grifados.

Z500 oper15m								
	Dia 5 $r = -0,128$		Dia 7 $r = -0,198$		Dia 9 $r = 0,083$		Dia 13 $r = 0,179$	
	Xme	Xma	Xme	Xma	Xme	Xma	Xme	Xma
Yma	15(25,42)	14(23,73)	16(27,12)	13(22,03)	15(25,42)	14(23,73)	16(27,12)	13(22,03)
Yme	15(25,42)	15(25,42)	14(23,73)	16(27,12)	15(25,42)	15(25,42)	14(23,73)	16(27,12)
Z500 lag30m								
	Dia 5 $r = -0,076$		Dia 7 $r = -0,196$		Dia 9 $r = 0,019$		Dia 13 $r = 0,066$	
	Xme	Xma	Xme	Xma	Xme	Xma	Xme	Xma
Yma	16(27,12)	13(22,03)	19(32,20)	10(16,95)	14(23,73)	15(25,42)	17(28,81)	12(20,34)
Yme	14(23,73)	16(27,12)	11(18,64)	19(32,20)	16(27,12)	14(23,73)	13(22,03)	17(28,81)

Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S-K Yang, J. J. Hnilo, M. Fiorino, G. L. Potter, 2002: NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bul. of the Atmos. Met. Soc.*, 1631-1643.

Hooffman, R. N.; Kalnay, E. Lagged average forecasting, an alternative to Monte Carlo forecasting. *Tellus*, v.35A, n. 2, p.100-118, 1983.

Lorenz, E.N. Deterministic non-periodic flow. *J. Atmos. Sci.*, v. 20, n. 2, p.130-141, 1963.

Mendonça, A.M.; Bonatti, J.P. Avaliação objetiva do sistema de previsão de tempo global por ensemble do Cptec e relação entre o espalhamento e o desempenho do ensemble médio. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza, CE, Brasil, 29 de agosto a

03 de setembro, 2004.

Tabela 2 – Tabela de contingência para o espalhamento e desempenho da previsão da PNMM do conjunto operacional (oper15m) e defasado (lagged30m), para os vários prazos de previsão, no HS. São apresentados os valores absolutos e relativos (entre parêntesis) de cada categoria, baseados na mediana, e o coeficiente de correlação (r) entre o espalhamento e desempenho da previsão. Os valores de espalhamento pequeno e desempenho alto são grifados.

PNMM oper15m								
	Dia 5 $r = -0,213$		Dia 7 $r = -0,425$		Dia 9 $r = -0,251$		Dia 13 $r = -0,236$	
	Xme	Xma	Xme	Xma	Xme	Xma	Xme	Xma
Yma	15(25,42)	14(23,73)	18(30,31)	11(18,64)	17(28,81)	12(20,34)	17(28,81)	12(20,34)
Yme	15(25,42)	15(25,42)	12(20,34)	18(30,31)	13(22,03)	17(28,81)	13(22,03)	17(28,81)
PNMM lag30m								
	Dia 5 $r = -0,255$		Dia 7 $r = -0,406$		Dia 9 $r = -0,309$		Dia 13 $r = -0,430$	
	Xme	Xma	Xme	Xma	Xme	Xma	Xme	Xma
Yma	14(23,73)	15(25,42)	17(28,81)	12(20,34)	19(32,20)	10(16,95)	21(35,59)	8(13,56)
Yme	16(27,12)	14(23,73)	13(22,03)	17(28,81)	11(18,64)	19(32,20)	9(15,25)	21(35,59)

Molteni, F.; Buizza, R.; Palmer, T.N.; Petroligis, T. The ECMWF ensemble prediction system: Methodology and validation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 122, 73-119, 1996.

Molteni, F.; Palmer, T.N. A real-time scheme for the prediction of forecast skill. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 299-323, 1991.

Reynolds, C. A.; Webster, P. J.; Kalnay, E. Random error growth in NMC's global forecasts. *Mon. Wea. Rev.*, v. 122, n. 7, p. 1281-1305, 1994.