

## PROCEDIMENTOS PARA A ESCOLHA DE UM SUBCONJUNTO COM MELHOR APROVEITAMENTO PARA AS PREVISÕES CLIMÁTICAS

Gilvan Sampaio de Oliveira e Prakki Satyamurty  
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - Brasil

### ABSTRACT

This paper addresses important questions about ensemble climate forecasting system. Given an atmospheric general circulation model (AGCM) ensemble run with a large number of independent integrations, is there a subensemble whose mean, in principle, improves the forecast performance? Is there a way to identify a priori (before running the forecast integrations) a subensemble whose mean can possibly give a performance better or equal to the performance of the whole ensemble? The model is essentially run in forecast mode with fixed SST anomalies and predicted SST anomalies using 25 members. To answer the first question a simple method for successive reduction of ensemble size is developed based on the anomaly correlation coefficient (CCA) between the forecast and the observed fields of precipitation. This method basically eliminates the member of the ensemble which decreases the spatial correlation (over Brazil, in the present study) obtained between the subensemble mean and the observations in relation to the complete ensemble. For all the seasonal forecast runs we found subensembles of 4 to 5 members whose mean performed better than the mean of the complete ensemble or any other subset of members. In cases where the spatial CCA of the complete ensemble is around 0,25 the CCAs of the subensemble had a substantial improvement. This tells us that theoretically a small set of members are sufficient to obtain forecasts as good or better than can be obtained from a 25- member ensemble. To answer the second question, a subgroup of members with the CCA equal to or greater than CCA of the complete ensemble during the spin up period are chosen. The mean of the forecasts based on this subset is found to have a spatial correlation with the observed precipitation of the same order of the complete ensemble. The size of this subset is found to be around 9 members. This method can be employed as a useful tool for economizing the computer time and to obtain early seasonal forecasts. The methods employed in this study can be extended to other regions of the globe, because the best subset and its size can differ from region to region, from season to season and from year to year.

### RESUMO

Este trabalho tenta encontrar respostas para importantes questões sobre o sistema de previsões climáticas por conjuntos. Dada uma rodada de um modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA) com um grande número de integrações independentes, há um subconjunto no qual a média, em princípio, aumenta a performance da previsão? Há um método para identificar “a priori” (antes de submeter as integrações das previsões) um subconjunto cuja média pode ter uma performance melhor ou igual à performance daquele conjunto? O modelo é essencialmente rodado em modo de previsão com anomalias de TSM persistidas e previstas usando 25 membros. Para responder a primeira questão, foi desenvolvido um método simples de redução sucessiva do tamanho do conjunto baseado no coeficiente de correlação de anomalias (CCA) entre os campos de previsão e observação da precipitação. Este método basicamente elimina o membro do conjunto que diminui a correlação espacial (sobre o Brasil, no presente estudo) obtido entre a média do subconjunto e as observações em relação ao conjunto completo. Para todas as previsões sazonais foram encontrados subconjuntos de 4 a 5 membros, que têm correlação espacial melhor do que a média do conjunto completo ou qualquer outro subconjunto de membros. Nos casos onde a CCA espacial de todo o conjunto era em torno de 0,25, as CCAs dos subconjuntos tiveram um substancial aumento. Isto mostra que teoricamente um pequeno número de membros são suficientes para obter previsões tão boas ou melhores do que pode ser obtido de um conjunto de 25 membros. Para responder a segunda questão, um sub-grupo de membros com CCA igual ou maior do que a CCA de todo o conjunto durante o período de “spin up” foi escolhido para a região sul-americana. A média das previsões baseada neste subconjunto foi encontrada e tem correlação espacial com a precipitação observada de mesma ordem que o conjunto completo. O tamanho deste subconjunto é em torno de 9 membros. Este método pode ser implementado como uma ferramenta poderosa para economizar tempo de computador e obter previsões sazonais com mais antecedência. Os métodos implementados neste estudo podem ser estendidos para outras regiões do globo, porque o melhor subconjunto e seu tamanho pode diferir de região para região, de estação para estação e de ano para ano.

## 1 - INTRODUÇÃO

Previsões climáticas ou previsões sazonais se baseiam na premissa de que variações lentas nas condições de contorno podem ter impactos significativos no desenvolvimento atmosférico (Brankovic et al., 1994). Charney e Shukla (1981) acharam que nos trópicos, como as condições de contorno dominam a variabilidade interanual, a previsibilidade climática seja mais alta que nos extratropicos. Segundo Shukla (1998), a circulação de grande escala e a precipitação na região tropical são completamente determinadas pelas condições de contorno da temperatura da superfície do mar (TSM). Entretanto, mesmo que as anomalias de TSM fossem previstas sem nenhum erro, a evolução atmosférica associada não seria determinada exatamente, por causa da natureza caótica da dinâmica da atmosfera (Brankovic e Palmer, 1997). Sabe-se que cada simulação feita com TSM observada e condições iniciais diferentes exibem resultados diferentes. Todavia, Brankovic e Palmer (1997) evidenciam que em anos de ENOS de intensidade forte, a previsibilidade climática nos trópicos aumenta. Já para os extratropicos, os efeitos das condições de contorno precisam competir com a variabilidade caótica interna associada com as instabilidades e não-linearidades do escoamento atmosférico, o que faz com que a previsibilidade climática diminua (Brankovic et al., 1994).

Uma forma de maximizar o desempenho da previsão sazonal é utilizar a técnica de previsão por conjuntos. Esta técnica consiste em construir um conjunto de possíveis estados iniciais, ligeiramente diferentes entre si, e integrar o modelo numérico a partir de cada estado inicial, produzindo um conjunto de previsões. Para previsão climática sazonal, o método mais utilizado para gerar o conjunto de estados iniciais é escolher condições iniciais separadas de 24 horas. A simplicidade na escolha das condições iniciais pode ser justificada pela escala temporal do problema, pois assume-se que a previsibilidade sazonal não é função do estado inicial, mas sim uma resposta da atmosfera às condições de contorno (Stern e Miyakoda, 1995).

Desde janeiro de 1995 o CPTEC/INPE gera mensalmente previsões sazonais usando o modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA) CPTEC/COLA. São utilizadas 25 condições iniciais que são análises do NCEP das 12 TMG, com intervalo de 24 horas entre elas. Cada condição inicial representa um membro da previsão por conjunto. As inicializações dos 25 membros são feitas cerca de dois meses e meio antes do início do período a ser previsto. A seguir é calculada a média dos 25 membros do conjunto e é feita a diferença entre esta média e o controle, assim fornecendo previsões de anomalias para as variáveis pós-processadas pelo modelo. Para o desenvolvimento do presente trabalho foram feitas previsões do MCGA do CPTEC/COLA, entre dezembro de 1995 e maio de 1999, com TSM de duas formas: anomalia de TSM persistida e TSM prevista.

O presente trabalho analisa o impacto do número de membros nas previsões climáticas para o Brasil como um todo. O objetivo é verificar se existe um subconjunto de previsões cuja média possui uma destreza substancialmente maior que a destreza do conjunto original.

Outro objetivo é testar um método de escolha de um subconjunto do conjunto de previsões que poderia aumentar a destreza das previsões. Este método considera os dois meses "spin-up" do modelo e verifica a correlação de anomalias da precipitação na região sul-americana com os campos observados. A partir de então escolhem-se os membros do conjunto com maior correlação e é construído um subconjunto de membros.

## 2 - DADOS UTILIZADOS

Para a verificação das previsões foram utilizados dados de precipitação observados, entre dezembro de 1995 e maio de 1999, das estações meteorológicas sobre o Brasil provenientes do INMET e dos Centros Estaduais de Meteorologia do Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos do Ministério da Ciência e Tecnologia, interpolados para pontos de grade, com resolução de  $0,25^{\circ}$  de latitude e de longitude. A climatologia utilizada para estes dados refere-se ao período de janeiro de 1961 a dezembro de 1990. A partir de então, este conjunto de dados será chamado de dados do INMET para facilitar a descrição.

Foram utilizados também, dados mensais de precipitação do "Climate Prediction Center Merged Analysis Precipitation (CMAP)" (Xie e Arkin, 1997, 1998), desde janeiro de 1979 até dezembro de 1999, com resolução de  $2,5^{\circ}$  de latitude e de longitude são utilizados para calcular a climatologia da precipitação. Os dados do CMAP são compostos por

precipitação medida nas estações meteorológicas sobre os continentes e estimativa de precipitação obtida de 5 tipos de satélites (GPI, OPI, SSM/I scattering, SSM/I emission e MSU) sobre os continentes e oceanos. No presente estudo foi utilizado o período de dezembro de 1995 a maio de 1999.

As condições iniciais são análises do NCEP das 12 UTC, com intervalo de 24 horas entre elas. Cada previsão é composta por 25 condições iniciais. Como rodada de controle, foram utilizados os resultados de uma simulação feita em 1999 pelo CPTEC/INPE, com a média de 9 condições iniciais, aplicando como condição de contorno a TSM mensal observada por 10 anos – janeiro de 1982 a dezembro de 1991 (Cavalcanti et al., 2001). Esta média foi utilizada para o cálculo de anomalias dos campos de previsões.

As diversas previsões de anomalias de precipitação do modelo foram obtidas com anomalias de TSM persistidas do último mês de simulação do modelo em todos os Oceanos e TSMs previstas nos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais pelos modelos acoplado do NCEP e SIMOC/CPTEC, respectivamente, e persistidas nos demais Oceanos.

rodada com TSM obs.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 – UM MÉTODO DE REDUÇÃO SUCESSIVA DE MEMBROS DO “ENSEMBLE”

Seja  $M$  o número de membros do conjunto,  $F$  a previsão e  $O$  a observação ou análise de verificações. Levando-se em conta que  $F^M$  é a média do conjunto de  $M$  membros, obtém-se a correlação espacial de anomalias entre  $F^M$  e  $O$ :  $CCA(F^M, O)$  para a área:  $32,0-76,0^0W / 34,0^0S-6,0^0N$ , que compreende todo o Brasil. A partir de então, subtrai-se um membro para obter a média do conjunto dos  $(M-1)$  membros,  $F^{M-1}$  e calcula-se a sua correlação com  $O$ :  $CCA(F^{M-1}, O)$ . Então é feita a seguinte comparação: se  $CCA(F^{M-1}, O)$  for menor que  $CCA(F^M, O)$  retém-se o membro que foi retirado. Se isto não ocorrer, isto é, se for maior ou igual a  $CCA(F^M, O)$ , subtrai-se um segundo membro e repete-se a operação. Se na nova extração  $CCA(F^{M-2}, O)$  não for maior ou igual a  $CCA(F^{M-1}, O)$  subtrai-se o membro. Se não, retém-se o membro e subtrai-se um outro membro. Este procedimento é repetido até obter-se um subconjunto  $(M-m)$  com a sua média  $F^{M-m}$  que possui a mesma correlação ou maior que  $F^M$ , e que a subtração de qualquer membro deste subconjunto tende a diminuir a correlação. Se  $m$  for maior que zero ( $m > 0$ ) prova-se que existe um subconjunto menor que o conjunto original, cuja média é uma previsão com correlação espacial melhor que a correlação da média do conjunto original com as observações. É feita uma comparação, para cada uma das previsões durante o período de estudo, entre os coeficientes de correlação do novo subconjunto  $(M-m)$  e as observações, do conjunto original e as observações, do conjunto de membros descartados para testar a eficiência do método. Todavia, este método não permite escolher a priori este subconjunto.

#### 3.2 – PROCEDIMENTOS PARA A ESCOLHA DE UM SUBCONJUNTO COM MELHOR APROVEITAMENTO PARA AS PREVISÕES CLIMÁTICAS

O método utilizado para a escolha dos elementos do conjunto que produzem melhores previsões se baseia na hipótese de que, se um determinado membro conseguiu simular bem o padrão no período de simulação (ou “spin up”) da previsão sobre a América do Sul, ou seja, com TSM observada, ele teoricamente poderia produzir melhores previsões do que um membro que não consegue simular satisfatoriamente.

Para tanto, considere-se uma previsão por conjuntos com anomalias de TSM persistidas para o trimestre de meses 3, 4 e 5. As integrações do modelo numérico começam com condições iniciais de cerca de dois meses e meio antes do período de previsão, e utiliza condições de contorno observadas durante este período (período de “spin up”). Este período de cada uma das previsões será considerado como o período de simulação. Após o período de simulação, as anomalias de TSM são persistidas ou previstas durante os próximos três meses que compõem o período de previsão. Designaremos  $S(m, k)$ ,  $m=1, 2, \dots, M$  e  $k=1, 2$  como a simulação da precipitação do  $m$ -ésimo membro do conjunto para o  $k$ -ésimo mês. Do mesmo modo, designaremos  $P(m, k)$ ,  $m=1, 2, \dots, M$  e  $k=3, 4, 5$  como a previsão do  $m$ -ésimo membro do conjunto para os meses  $k=3, 4$  e 5, respectivamente. Seja  $\bar{P}(k)$  e  $\bar{S}(k)$  as médias do conjunto. Designa-se  $O(k)$ ,  $k=1$  e 2 como a precipitação observada para os meses de simulação 1 e 2.

O método de escolha de um subconjunto que possa melhorar a destreza da previsão se baseia na performance dos membros durante o período de simulação. Assim sendo, o método segue os passos abaixo:

1) Calcula-se a anomalia de precipitação média para os dois meses  $k=1$  e  $2$ , do período de simulação para cada membro do “ensemble”:  $S(m,K)$ , e para a precipitação observada:  $O(K)$ , onde  $K$  representa os dois meses de simulação;

$$S(m,K) = \frac{S(m,1) + S(m,2)}{2}$$

$$O(K) = \frac{O(1) + O(2)}{2}$$
(3.2.1)

2) Calcula-se a CCA espacial sobre a América do Sul ( $35^{\circ}\text{S}-10^{\circ}\text{N}$ ,  $80^{\circ}\text{W}-30^{\circ}\text{W}$ ) entre  $\bar{S}(K)$  e  $O(K)$ :  $CCA(\bar{S}(K), O(K))$ , ou seja, CCA espacial entre a média dos membros do conjunto-média para o período de simulação e os dados observados.

$$\bar{S}(K) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M S(m,K)$$
(3.2.2)

3) Calcula-se a CCA espacial sobre a América do Sul ( $35^{\circ}\text{S}-10^{\circ}\text{N}$ ,  $80^{\circ}\text{W}-30^{\circ}\text{W}$ ) entre  $S(m,K)$  e  $O(K)$ :  $CCA(S(m,K), O(K))$ , para cada membro do conjunto,  $m=1,2,\dots,M$ , durante o período de simulação.

4) Sejam  $S(m,K)$ ,  $m=1,2,\dots,L$ , onde ( $L \leq M$ ), os membros que apresentam  $CCA(S(m,K), O(K)) \geq CCA(\bar{S}(K), O(K))$ .

5) Então, constroi-se uma nova média de membros, a partir deste novo subconjunto:  $\bar{P}_L(k)$ ,  $k = 3,4,5$ .

Em princípio, é esperado que a média deste subconjunto tenha destreza igual ou maior que a média de todo o conjunto sobre a região sul-americana. Ainda mais, a soma da precipitação trimestral deve ser melhor prevista por este subconjunto. Para testar esta possibilidade, é suficiente obter as CCAs entre  $\bar{P}_L(3,4,5)$  e  $O(3,4,5)$ .

Este método é testado para as previsões com anomalias de TSM persistidas e previstas para todos os trimestres do período estudado. Espera-se que este método possa responder importantes questões sobre a existência ou não de meios objetivos de encontrar um subconjunto, antes de processar as previsões, que apresente uma previsão melhor que do conjunto completo.

## 4 - RESULTADOS

### 4.1 – UM MÉTODO DE REDUÇÃO SUCESSIVA DE MEMBROS DO “ENSEMBLE” - RESULTADOS

Para as previsões com TSM persistida e prevista foi aplicado o método descrito na Metodologia (3.1). A retirada de cada um dos membros do conjunto foi feita a partir de combinações, ou seja, tendo 25 membros, tem-se que testar qual o membro a ser retirado, e para isto utilizou-se análise combinatória. Por exemplo, para a retirada de 1 membro do conjunto, existem 25 combinações de escolher 24 membros a partir de 25 membros. Então é retirado o membro com menor correlação espacial de anomalias. O método prossegue retirando sempre um membro, calculando a CCA espacial da média das possíveis combinações.

A Tabela 4.1 resume os coeficientes de correlações de anomalia de precipitação calculados. Como pode ser notado na Tabela 4.1, o novo subconjunto tem tamanho entre 4 e 5 membros e a correlação de anomalias em todos os casos é melhor do que a correlação de todo o conjunto com as observações. Nota-se que mesmo quando a correlação de anomalias da média de todo o conjunto é negativa, há uma melhoria da correlação de anomalias do novo subconjunto. Foi calculada também a correlação de anomalias para a média dos membros que foram descartados e em todos os casos estas correlações foram menores do que as correlações entre a média de todo o conjunto e a média do novo

subconjunto com as observações. Com isto, é provado que existe um subconjunto menor do que o conjunto original cuja média possui correlação espacial com as observações melhor do que a média de todo o conjunto.

Uma utilidade deste método é permitir a avaliação de uma previsão climática utilizando o melhor subconjunto de membros, cuja média é uma previsão com correlação espacial melhor do que a média de todo o conjunto. Ressalta-se que a correlação espacial de anomalias é uma medida razoável para indicar a qualidade da previsão em grandes áreas. Em regiões menores, algumas deficiências podem ocorrer em casos em que as anomalias são muito pequenas (Niemi, 1983).

**Tabela 4.1 – Correlação de anomalias com as observações das previsões e a simulação do modelo para o Brasil, para a: média de 25 membros, média do melhor subconjunto e média dos membros dos conjuntos que foram descartados. É mostrado o número de membros do novo subconjunto para cada trimestre. As células com destaque em amarelo indicam as previsões cujas correlações dos 25 membros são negativas. Pers e prev na primeira coluna indicam rodadas com TSM persistidas e previstas, respectivamente.**

PREVISÃO	correlação 25	correlação nova	correlação desc.	número membros
DJF 95/96	0.23	0.50	0.13	4
MAM 96	-0.11	0.05	-0.13	4
JJA 96	0.43	0.51	0.40	4
SON 96	0.02	0.18	-0.01	4
DJF 96/97	-0.18	0.13	-0.24	4
MAM97	0.23	0.35	0.17	5
JJA 97	0.30	0.43	0.26	4
SON97	0.64	0.75	0.60	4
DJF 97/98	0.21	0.30	0.17	5
MAM 98	0.24	0.31	0.22	4
JJA 98	0.00	0.14	-0.03	4
SON 98	-0.02	0.10	-0.04	4
DJF 98/99	-0.44	-0.29	-0.45	4
MAM99	-0.16	0.09	-0.20	4
MAM 98 prev	0.21	0.43	0.14	4
DJF 98/99 prev	-0.53	-0.41	-0.53	4
MAM 99 prev	0.23	0.32	0.19	5

A seguir são apresentados quatro casos comparando a média dos 25 membros, com a média do novo subconjunto e as observações:

1) DJF 1995/96

Neste período a média de 25 membros não previa bem as anomalias positivas de precipitação no Sul do Brasil. A média indicava valores de anomalias entre -0,5 e 0,5 mm/dia, enquanto que o valor observado é entre 0,5 e 4,0 mm/dia. O novo subconjunto apresentou anomalias positivas de precipitação na Região Sul do Brasil, entre 0,5 e 2 mm/dia. Houve também uma melhoria na distribuição espacial das anomalias de precipitação no norte da Região Sudeste e sul da Região Nordeste (Figura 4.1.1).

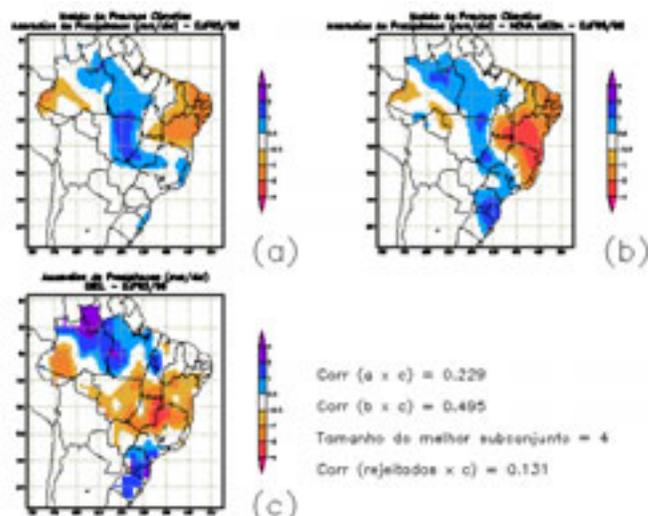


Fig. 4.1.1 – Anomalias de precipitação para DJF 1995/96: (a) previsão: média de 25 membros do “ensemble”; (b) previsão: média do melhor subconjunto; (c) anomalias de precipitação observada. Previsão com anomalias de TSM persistidas. Foi aplicada uma máscara sobre os países vizinhos do Brasil e Oceano para melhorar a comparação visual entre os campos. Valores em mm/dia. Apresenta-se também os coeficientes de correlação do conjunto total, do melhor subconjunto e do subconjunto descartado com as observações, além do número de membros do novo subconjunto.

2) MAM 1996:

Neste caso houve uma melhoria no sinal da anomalia de precipitação na Região Sul do Brasil mesmo que a correlação espacial ficou próximo a zero. A média de todo o conjunto somente apresenta anomalias entre  $-0,5$  e  $0,5$  mm/dia, enquanto que a média do novo subconjunto e as anomalias de precipitação observadas são em torno de  $-0,5$  e  $1,0$  mm/dia. Nota-se também uma pequena melhoria nas anomalias de precipitação na Região Sudeste.

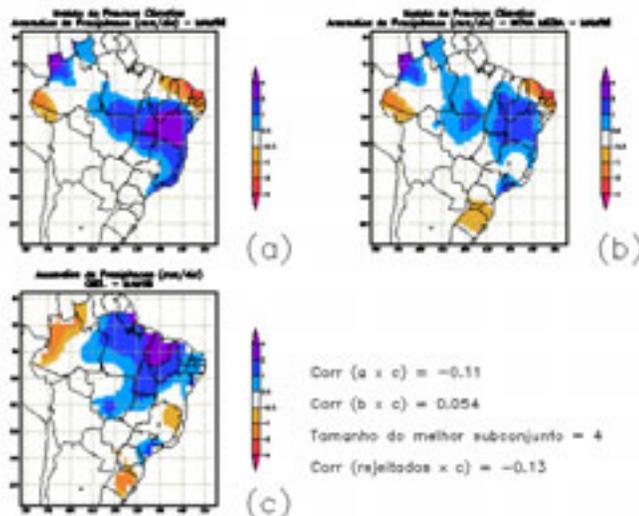


Fig. 4.1.2 – Como na Fig. 4.1.1, exceto para MAM 96.

3) SON 1997:

De todo o período de estudo, este foi o trimestre com melhor previsão. O novo subconjunto melhorou a representação das anomalias de precipitação no Sul do Brasil, inclusive em quantidade. Neste caso, mesmo o subconjunto dos membros que foram rejeitados tiveram boa correlação de anomalias com as observações. O novo subconjunto tem correlação de anomalias de 0,75 o que é bastante alto.

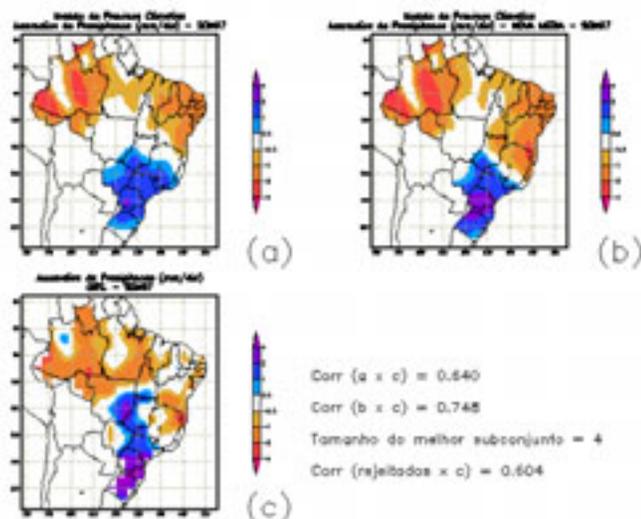


Fig. 4.1.3 – Como na Fig. 4.1.1, exceto para SON 97.

4) MAM 1998 – TSM prevista:

Neste caso, houve uma melhoria significativa na representação das anomalias de precipitação nas Regiões Nordeste e Sul do país, tanto na distribuição espacial, quanto nos valores das anomalias. O novo subconjunto somente não conseguiu reproduzir bem as anomalias de precipitação observadas no extremo norte do país.

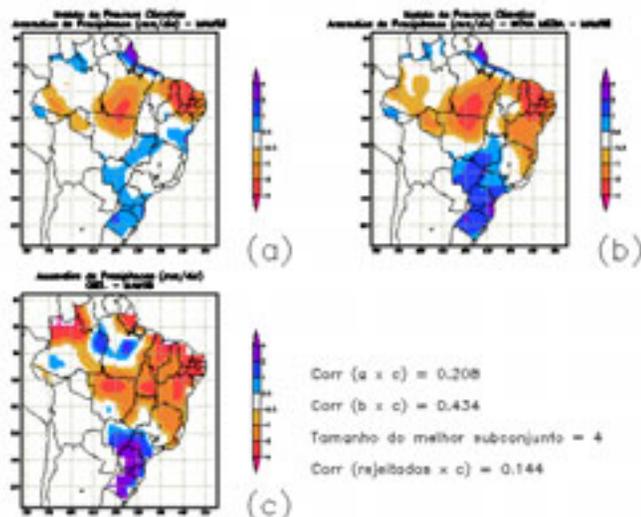


Fig. 4.1.4 – Como na Fig. 4.1.1, exceto para MAM 98.

**4.2 – PROCEDIMENTOS PARA A ESCOLHA DE UM SUBCONJUNTO COM MELHOR APROVEITAMENTO PARA AS PREVISÕES CLIMÁTICAS - RESULTADOS**

Para cada rodada, foram aplicados os cálculos descritos na Metodologia (3.2) para escolher os membros do conjunto com melhores correlações de anomalias de precipitação durante o período de simulação (“spin up”). A partir desta

escolha, foram calculadas as médias dos subconjuntos escolhidos durante o período de previsão e foram calculadas as correlações de anomalias entre a média de todo o conjunto e as observações e a média do novo subconjunto e as observações. Estes resultados são mostrados na Figura 4.2.1.

Analisando a Figura 4.2.1, nota-se que a correlação de anomalias de precipitação entre a média de 25 membros e os dados observados e o novo subconjunto e os dados observados são bastante semelhantes, ou seja, conclui-se que o novo subconjunto tem destreza igual à média de todo o conjunto sobre a região sul-americana. Outras regiões do globo, tais como Pacífico-América do Sul-Atlântico, Pacífico-América do Sul, Trópicos também foram testadas (não mostradas neste trabalho), porém não foram obtidos resultados tão satisfatórios quanto sobre a região sul-americana. Os novos subconjuntos têm números de membros que variam entre 3 (MAM 1996) e 16 (JJA 1997), e o número de membros médio dos novos subconjuntos é 9. Todavia, ao analisarmos a Figura 4.2.1, também notamos que a correlação de anomalias dos membros do conjunto que foram descartados é bastante coincidente com a correlação de anomalias da média do conjunto e de todo o subconjunto. Com isso, o método não consegue identificar “a priori” os membros do conjunto que poderão produzir melhores previsões.

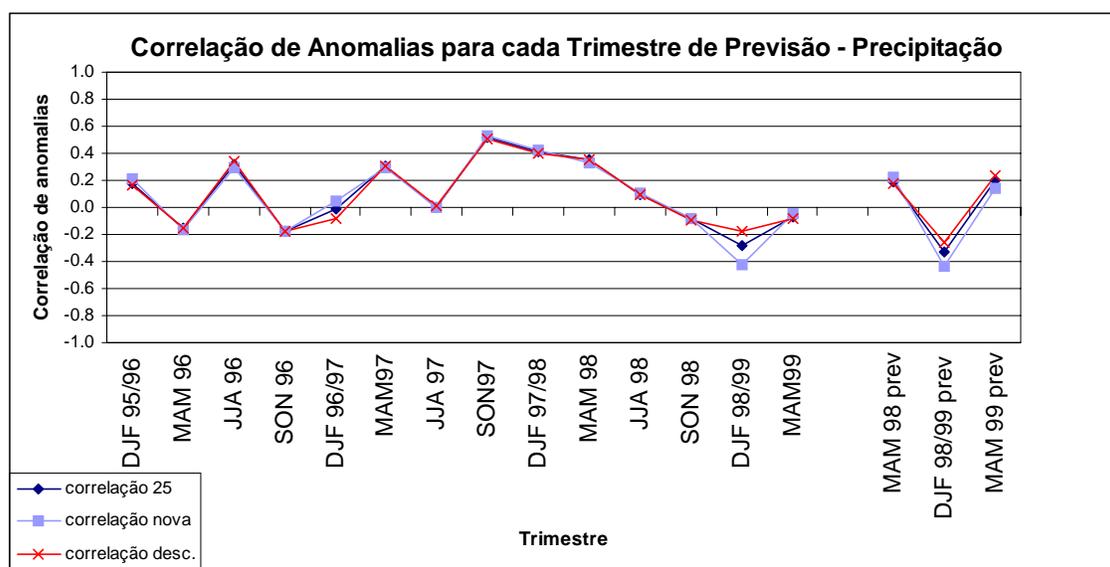


Fig. 4.2.1 – Correlação de anomalias de precipitação para cada trimestre de previsão com: - previsão – média de 25 membros do conjunto (correlação 25); - previsão – média do novo subconjunto (correlação nova); - subconjunto dos membros descartados (correlação desc.). Previsão com anomalias de TSM previstas (prev) e persistentes.

Todavia, a grande utilidade deste resultado é poder escolher os membros de um conjunto de simulações que irão ter destreza semelhante à média de todo o conjunto sobre a região sul-americana. Isto posto, pode-se racionalizar o uso dos supercomputadores, o que é extremamente interessante devido ao longo tempo que cada previsão climática leva para ser concluída. Por exemplo, no caso de uma previsão com 25 condições iniciais, pode-se primeiro “rodar” o período de simulação e então aplicar o método para escolher os membros que irão primeiro serem submetidos para o cálculo das previsões, e somente depois de concluídas as rodadas destes membros escolhidos submete-se os demais membros do conjunto. Outra grande vantagem é que pode-se fornecer as condições de contorno para modelos regionais com maior antecedência e utilizando um método objetivo de escolha de membros.

O fato de não poder ter sido escolhido “a priori” o subconjunto com destreza significativamente superior à destreza da média do conjunto está no fato de que a melhor das condições iniciais durante o período de simulação não é suficiente devido à pouca dependência das condições iniciais sobre as previsões climáticas, como enfatizado por Shukla (1998). A circulação de grande escala e a precipitação na região tropical são completamente determinadas pelas condições de contorno da TSM (Shukla, 1998). Sendo assim, seria difícil estabelecer “a priori” os membros do conjunto que irão produzir as melhores previsões.

## 5 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Rodadas de "ensemble" do modelo do CPTEC com anomalias de TSM persistidas e previstas com 25 membros foram utilizadas para aplicar um método para a escolha de um subconjunto menor que o conjunto original (25 membros), cuja média é uma previsão que apresenta correlação espacial com as anomalias de precipitação observadas sobre o Brasil melhor que a correlação da média do conjunto original. Para tanto, foram utilizadas todas as previsões com TSM persistida ou prevista. Este método é um procedimento de sucessivas eliminações de membros a partir de cálculos da correlação de anomalias até obter o melhor subconjunto. Observou-se que existe um subconjunto menor que o conjunto original, cuja média é uma previsão que possui correlação espacial com as observações melhor que a correlação da média do conjunto original. Geralmente a média do conjunto tem uma correlação espacial com as anomalias de precipitação observadas em torno de 0,2 sobre o Brasil. Os novos subconjuntos têm tamanho médio entre 4 e 5 membros e a correlação de anomalias em todos os casos é melhor do que a correlação do conjunto original com as observações, ficando em torno de 0,5. Notou-se que mesmo quando a correlação de anomalias da média de todo o conjunto é negativa, há uma melhoria da correlação de anomalias do novo subconjunto. A correlação da média dos membros que foram descartados ficou menor do que as correlações da média de todo o conjunto e da média do novo subconjunto com as observações.

Uma utilidade deste método é permitir a avaliação de uma previsão climática utilizando o melhor subconjunto de membros, cuja média é uma previsão com correlação espacial melhor do que a média de todo o conjunto, uma vez que a correlação de anomalias é uma medida razoável para indicar a qualidade da previsão em grandes áreas.

Baseando-se na hipótese de que se um membro consegue simular bem o padrão de anomalias no período de simulação (ou "spin up"), sobre uma região suficientemente grande, ele poderá produzir melhores previsões. Um método é desenvolvido para escolher um subconjunto "a priori" (antes de rodar as previsões). Para cada membro do conjunto durante o período de simulação, foram calculadas as correlações de anomalias e escolhidos os membros do conjunto com melhores correlações de anomalias de precipitação durante o período de simulação. Foram calculadas as correlações de anomalias entre a média de todo o conjunto e as observações e a média do novo subconjunto e as observações.

Os resultados indicaram que, para cada previsão, o novo subconjunto tem destreza da mesma ordem que a média do conjunto original sobre a região sul-americana e o número médio de membros é em torno de 9. Todavia, a análise da correlação de anomalias dos membros do conjunto que foram descartados é bastante coincidente com a correlação de anomalias da média do conjunto e portanto do subconjunto. Com isso, mais uma vez pode-se dizer que a evolução dos membros é caótica e as previsões não dependem muito das condições iniciais, conclusão semelhante à obtida por Brankovic et al. (1997).

Como ressaltado, a circulação de grande escala e a precipitação na região tropical são determinadas pelas condições de contorno da TSM (Shukla, 1998). Sendo assim, dificilmente seria possível estabelecer "a priori" os membros do conjunto que irão produzir as melhores previsões.

Para estudos futuros, sugere-se verificar se os métodos discutidos para a escolha de subconjuntos, tanto para aumentar a destreza das previsões "a posteriori", quanto para achar este subconjunto "a priori" se aplicam a outras regiões do globo.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brankovic, C., et al., 1994: Predictability of seasonal atmospheric variations. **Journal of Climate**, **7**, 217-237.

Brankovic, C., et al., 1997: Atmospheric seasonal predictability and estimates of ensemble size. **Monthly Weather Review**, **125**, 859-874.

XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

Cavalcanti, I. F. A., et al., 1998: Previsões sazonais para o verão e outono de 1998 sobre o Brasil, com o MCG do CPTEC/COLA. **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Brasília – disponível em CD ROM.

Cavalcanti, I. F. A., et al., 2001: **Climate Characteristics in an Ensemble Simulation Using the CPTEC/COLA Atmospheric Global Circulation Model**, São José dos Campos, INPE, 2001, 71 p. (INPE-8150-RPQ/717).

Charney, J. G., et al., 1981: Predictability of monsoons. In **Monsoon dynamics**. Ed. J. Lighthill and R. Pearce - Cambridge University Press, 735 p.

Niemien, R., 1983 – **Operational Verifications of ECMWF Forecast Fields and Results for 1980-1981**. Reading: ECMWF, 1983, 40p. (Technical Report 36).

Shukla, J., 1998: Predictability in the Midst of Chaos: A Scientific Basis for Climate Forecasting. **Science**, **282**, 728-731.

Stern, W., et al., 1995: Feasibility of seasonal forecasts inferred from multiple GCM simulations. **Journal of Climate**, **8**, 1071-1085.

Xie P, Arkin P., 1997 - Global precipitation: a 17-yr monthly analysis based on gauged observations, satellite estimates and numerical model outputs. **Bull. Amer. Met. Soc.** 78:2539-2558

Xie P, Arkin P., 1998 - Global monthly precipitation estimates from satellite-observed outgoing longwave radiation. **J. Climate** 11:137-164