

# ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL DO ATLÂNTICO: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SIMULAÇÕES DO MGCA CPTEC/COLA, OBSERVAÇÕES E REANÁLISES DO NCEP

**Nilton do Rosário**

*Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde.*  
niltoncvbr@yahoo.com.br

**Paulo Nobre**

**Anna Bárbara Coutinho de Melo**

*Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE*  
*Rodovia Presidente Dutra, Km 40, Cachoeira Paulista, SP 12630-000*  
pnobre@cptec.inpe.br e barbara@cptec.inpe.br

---

## ABSTRACT

---

*A comparative study of Atlantic Intertropical Convergence Zone (ITCZ) as diagnosed from observed and simulated fields of monthly outgoing longwave radiation (OLR) is presented. Simulated OLR are taken from an ensemble run of Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/COLA) Atmospheric General Circulation Model (AGCM). The annual cycle of the ITCZ as inferred from both observations and simulations agree very well over the central and eastern portion of the equatorial Atlantic, but the ITCZ positions simulated by the AGCM presented a negative bias in the western portion of the basin. Also, the interannual variability of the ITCZ positions simulated by the AGCM agreed best with observations over the central equatorial Atlantic. The analysis of anomaly correlation between simulated and observed ITCZ positions with global SST and rainfall fields revealed a strong seasonality, with the highest correlation occurring during March-April-May. It is speculated that such seasonality is a manifestation of a greater ocean-atmospheric coupling during the MAM season.*

---

## RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo comparativo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) do Atlântico, como diagnosticada em campos observacionais e simulados de Radiação de Onda Longa (ROL). Os dados simulados de ROL em modo "ensemble" foram obtidos pelo Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) do CPTEC/COLA. A análise do ciclo anual das posições da ZCIT observada - obtida a partir dos dados interpolados de ROL do National Centers for Environmental Prediction (NCEP/EUA) - e simulada revelou boa performance do modelo sobre as regiões leste e central do Atlântico Equatorial. Por outro lado, a posição da ZCIT simulada pelo MCGA situa-se sistematicamente ao sul da posição da ZCIT observada na porção ocidental do Atlântico. A correlação entre as anomalias da posição da ZCIT observada e simulada indicaram que o melhor desempenho do modelo ocorre sobre a região central do Atlântico. A análise de correlação sazonal entre anomalias da posição da ZCIT, observada e simulada, com os padrões globais de anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e precipitação, obtida dos dados de reanálises do NCEP, mostra que o melhor desempenho do modelo ocorre durante a estação chuvosa da Região Nordeste do Brasil (março-abril-maio). Sugere-se que a maior abrangência espacial dos altos valores de correlação entre o campo global de TSM e a posição da ZCIT está relacionada com um maior acoplamento entre as condições oceânicas e atmosféricas neste trimestre.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido à sua importância para o regime pluviométrico da região equatorial, a ZCIT tem sido motivo de vários estudos. Waliser e Gautier (1993) obtiveram uma climatologia da ZCIT, mostrando seu papel na definição e análise do clima terrestre em escala global e local. O Sahel (Citeau, 1988) e o norte do Nordeste do Brasil (Uvo, 1989) são exemplos clássicos de regiões que têm a sua pluviometria modulada pela variabilidade sazonal e interanual da ZCIT. Dentro da perspectiva de prever o comportamento da ZCIT, vários estudos têm sido dedicados ao entendimento da sua dinâmica.

A previsão climática sazonal tem se revelado como o mais viável método de previsão da precipitação associada à ZCIT (Nobre, 1996). Porém, os resultados produzidos por modelos numéricos são dependentes da sua destreza em representar as características físicas dos sistemas meteorológicos e da sua sensibilidade em relação às condições de contorno.

Estudos como os de Saravan & Chang (2000), Souza et al (1998) e Uvo (1989), embora com enfoques diferentes, têm mostrado que a variabilidade interanual da circulação de grande escala sobre o Atlântico Tropical, com significativo impacto na pluviometria local, apresenta significativas dependências com padrões globais de TSM, tais como aqueles associados aos fenômenos ENOS (Pacífico) e ao Dipolo de TSM do Atlântico Tropical.

A consistência da distribuição espacial da precipitação associada à posição da ZCIT prevista por um modelo numérico depende, em parte, da capacidade deste em fazer refletir, na posição da ZCIT, as condições associadas à sua principal forçante: TSM.

A ênfase deste trabalho consiste em avaliar o desempenho do MCGA CPTEC/COLA, dada as considerações acima mencionadas, a partir de análises de correlações entre padrões globais de anomalias de TSM e precipitação e anomalias da posição da ZCIT, a partir dos dados de reanálises do NCEP e simulações feitas pelo MCGA do CPTEC.

## 2. METODOLOGIA

### a) DADOS

Foram utilizados valores médios mensais de campos observacionais de ROL do NCEP e campos mensais de ROL simulados pelo MCGA CPTEC/COLA. No que concerne às simulações, foi considerada a média do conjunto de nove integrações realizadas a partir de condições iniciais distintas para o período de janeiro de 1982 a dezembro de 1991, forçado com a TSM global observada (Cavalcanti et al, 2001). Para análises de correlação entre anomalias foram utilizados campos observacionais globais de TSM, extraídos do conjunto de dados COADS (da Silva, 1994); precipitação, obtida das reanálises do NCEP/EUA (Kalnay, 1996); e precipitação simulada pelo modelo CPTEC/COLA.

### b) IDENTIFICAÇÃO DA POSIÇÃO DA ZCIT

Na definição da posição média da ZCIT, em determinada longitude, considerou-se a latitude na qual se detectou o menor valor de ROL. Foi adotada uma área compreendendo toda a faixa equatorial do Atlântico, com as latitudes limítrofes acompanhando o ciclo anual da ZCIT em dois períodos distintos, de janeiro a maio e junho a dezembro, conforme ilustrado esquematicamente na Figura 1. Com isso, objetivou-se evitar os valores de ROL típicos de convecção associados a sistemas independentes da ZCIT (Ex. *cirrus* do jato de altos níveis, que se posiciona nas proximidades norte da ZCIT no período entre janeiro e maio).

Para o estudo da variabilidade sazonal da ZCIT foram consideradas três regiões distintas do Atlântico Tropical, ilustrados na Figura 1. Para o estudo de correlação entre anomalias da posição da ZCIT e padrões globais de anomalias de TSM e precipitação foi considerada apenas a região central do Atlântico Tropical. As anomalias da posição da ZCIT, inferidas pelo modelo, foram obtidas computando-se a diferença entre as posições médias mensais e a posição climatológica no período de 10 anos. As anomalias da posição da ZCIT, inferidas das reanálises do NCEP, utilizou climatologias de ROL calculadas em Nobre et al. (2000).

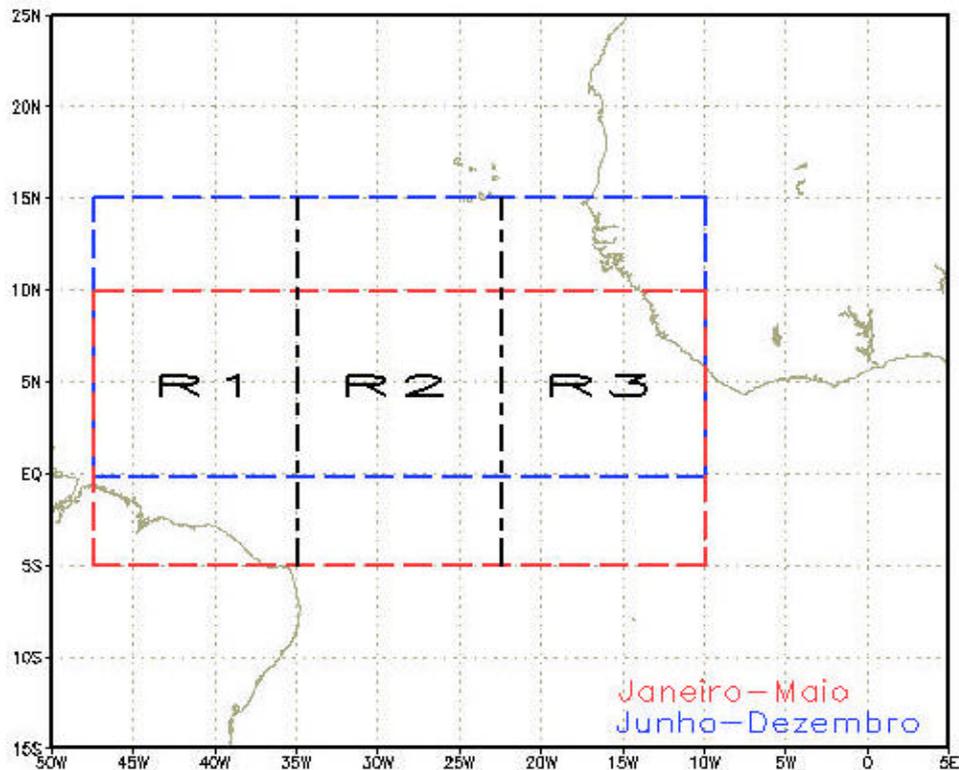


Figura 1 - Domínio das áreas de estudo para localização da ZCIT no Atlântico.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### a) VARIABILIDADE SAZONAL DA ZCIT

A Figura 2 ilustra a variabilidade sazonal da ZCIT observada e a simulada pelo MCGA ao longo do Atlântico Equatorial. Próximo à costa oeste da África e sobre a região central do Atlântico Tropical (R1 e R2), o ciclo anual da ZCIT é bem reproduzido pelo modelo, com os deslocamentos extremos nos trimestres FMA e JAS (Uvo, 1989; Citeau, 1988; Melo, 2002). Para a região próxima à costa do continente sul-americano, no entanto, há uma defasagem no deslocamento da ZCIT simulada pelo modelo em relação à ZCIT observada. O modelo coloca a ZCIT sistematicamente ao sul da ZCIT observada, sendo que a maior defasagem acontece entre os meses de maio e julho.

#### b) CORRELAÇÃO ENTRE ANOMALIAS DA ZCIT OBSERVADA E SIMULADA PELO CPTEC

A Figura 3 apresenta a correlação entre as anomalias da posição da ZCIT observada e simulada pelo MCGA CPTEC/COLA para cada longitude ao longo do Equador. Como se pode observar na Figura 3, as maiores correlações ocorrem sobre a região central do Atlântico. Nesta região, é menor o

efeito da continentalidade, evidenciando a influência que a circulação de grande escala exerce sobre o posicionamento da ZCIT. Supõe-se que fenômenos transientes associados à continentalidade modulem a posição da ZCIT observada e não sejam corretamente simulados pelo MCGA, diminuindo, assim, as correlações de anomalias entre as posições observadas e simuladas da ZCIT próximas aos continentes.

#### **c) CORRELAÇÃO ENTRE ANOMALIAS DA POSIÇÃO DA ZCIT E ANOMALIAS GLOBAIS DE TSM.**

A Figura 4 mostra a correlação entre as anomalias sazonais da posição da ZCIT, sobre a região central do Atlântico, calculadas a partir dos mínimos valores de ROL observados e simulados, e as anomalias sazonais de TSM globais. Considerando os dados observacionais (Figura 4, **a** e **d**), nota-se uma maior variabilidade sazonal do sinal das correlações sobre o Atlântico, se comparado com o campo de correlação na região do Pacífico. No Pacífico Equatorial Leste, persistem correlações positivas durante todo o ano, com prolongamento para oeste nas estações de transição MAM (Figura 4b) e SON (Figura 4d). No Atlântico, nota-se a definição do padrão de dipolo no trimestre DJF (Figura 4a) e com maior desenvolvimento em MAM (Figura 4b) (Hastenrath e Heller, 1977; Moura e Shukla, 1981; Uvo, 1989). No semestre subsequente, ocorre uma mudança na distribuição espacial das correlações, ressaltando-se valores negativos no Atlântico Tropical Sul, em particular na região próxima do Golfo da Guiné.

A análise dos campos de correlação sazonal entre as anomalias das posições da ZCIT simulada pelo MCGA e as anomalias globais da TSM (Figura 4, **e** e **h**) evidencia um maior desempenho do modelo na região do Atlântico. Nota-se que o MCGA reproduz o padrão de dipolo no campo de correlação nos trimestres DJF (Figura 4e) e MAM (Figura 4f). As correlações encontradas, contudo, sugerem pouca dependência da variabilidade das posições da ZCIT simulada pelo MCGA com a configuração de TSM observada no Pacífico, com exceção do trimestre MAM.

As correlações entre os dados observacionais no trimestre MAM, tanto no Atlântico quanto no Pacífico, destacam o forte acoplamento entre as condições oceânicas e atmosféricas associadas às anomalias da posição da ZCIT. Ressalta-se que o modelo reproduz esse acoplamento com apreciável semelhança durante MAM (Figuras 4b e 4f). É provável que os mecanismos associados a esse fato ocorram em uma escala de tempo superior a três meses atingindo sua fase madura no trimestre MAM.

Este resultado sugere que a alta previsibilidade pluviométrica sazonal sobre regiões como o Nordeste do Brasil, cujo período mais chuvoso ocorre em MAM, poder-se-ia justificar pelo fato de, neste trimestre, em especial, a atmosfera apresentar um maior grau de acoplamento com padrões globais de anomalias de TSM.

Finalmente, os campos de correlação entre anomalias da TSM e anomalias da ZCIT ressaltam os dois principais modos de variabilidade oceano-atmosfera de grande escala: ENOS e Dipolo do Atlântico.

#### **d) CORRELAÇÃO ENTRE ANOMALIAS DA POSIÇÃO DA ZCIT E ANOMALIAS GLOBAIS DE PRECIPITAÇÃO.**

Os campos de correlação entre as anomalias da posição da ZCIT, observada e simulada, e os padrões globais de anomalias de precipitação, obtida das reanálises do NCEP (Figura 5, **a** e **d**) e simulada (Figura 5, **e** e **h**), refletem as configurações mostradas nas correlações entre anomalias da posição da ZCIT e anomalias globais de TSM (Figura 4). Note-se que, para o cálculo das correlações com a ZCIT simulada foi utilizada a precipitação simulada pelo MCGA.

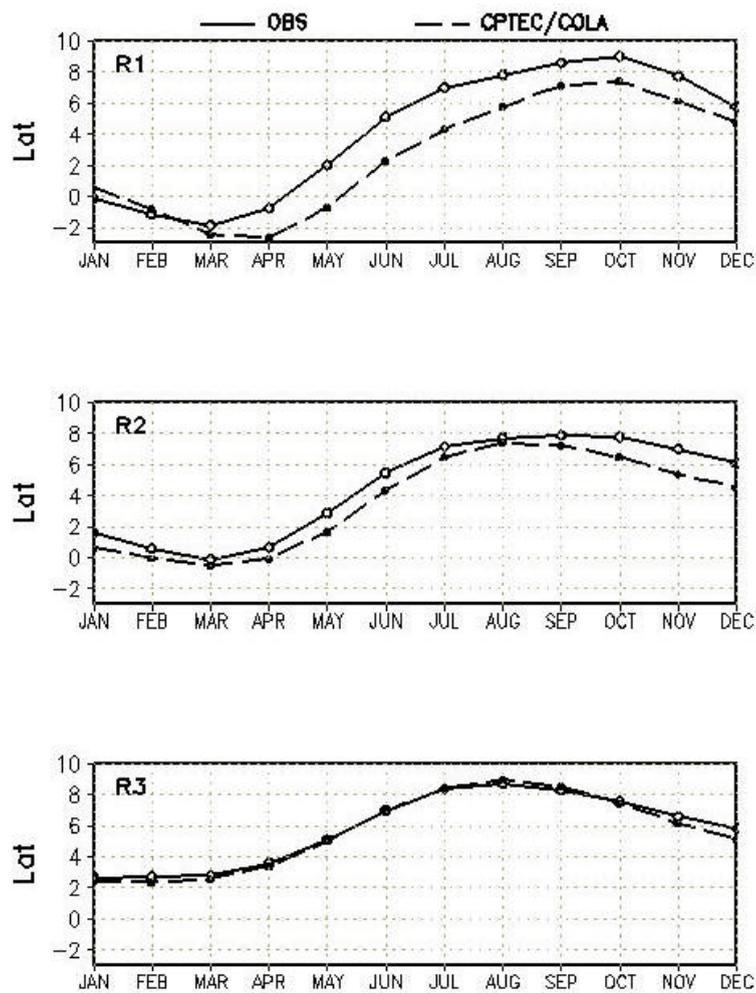


Figura 2 - Variabilidade sazonal observada(OBS) e simulada (CPTEC) da ZCIT

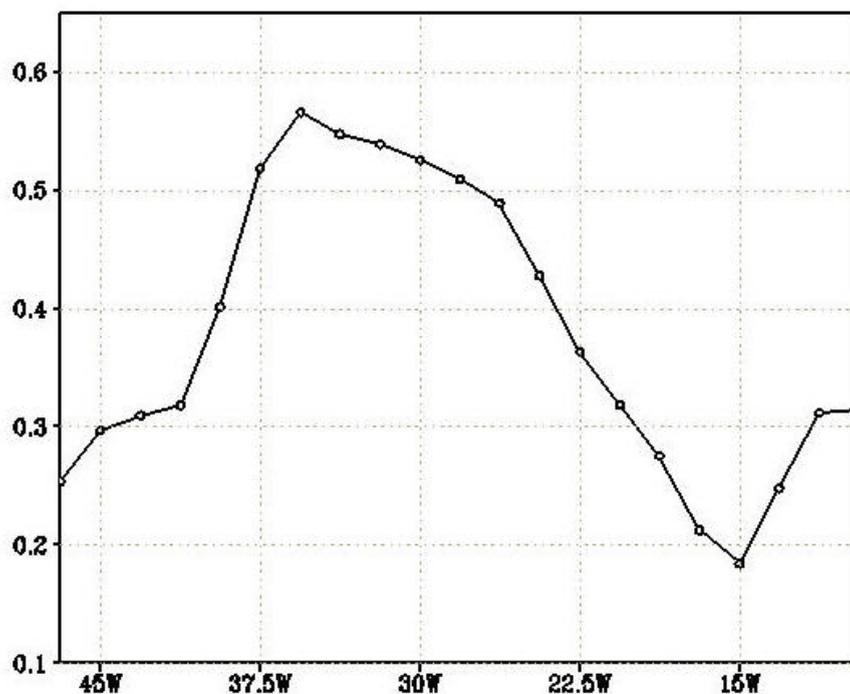


Figura 3 - Correlação longitudinal entre as anomalias da posição da ZCIT observada e simulada pelo MCGA CPTEC.

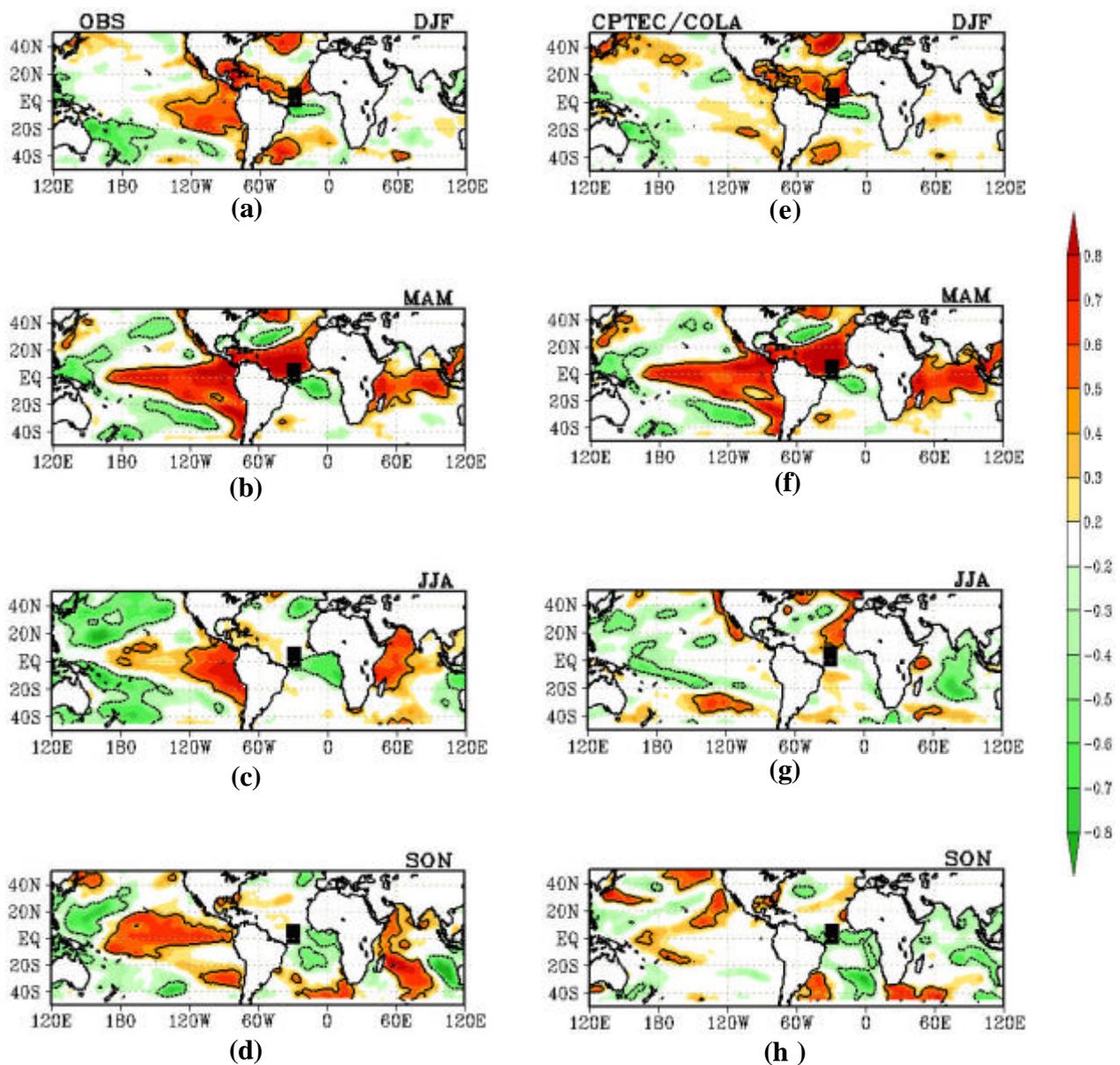


Figura 4 - Correlação entre anomalias da posição da ZCIT, observada(a,b,c,d) e simulada (e,f,g,h), e anomalias globais de TSM observada. As isolinhas representam áreas com significância estatística maior que 95%.

Os mapas de correlações, mostrados na Figura 5, sugerem uma forte interligação entre a variabilidade da ZCIT do Atlântico e a ZCIT do Pacífico Equatorial Leste durante o trimestre MAM, o que se mostra consistente com os resultados de Chiang et al. (2000). Estes autores, avaliando séries mais longas de dados, sugeriram a existência de uma variabilidade interdecadal nas interações entre campos globais de anomalias de TSM e a ZCIT.

Em particular, para o trimestre MAM, o campo de correlação concorda com estudos que têm mostrado que as anomalias de precipitação sobre o NEB têm uma escala espacial muito maior do que a própria área dessa região (Nobre e Shukla, 1996).

Para quantificar a dependência sazonal da extensão espacial das correlações entre as anomalias da posição da ZCIT e da precipitação global, computou-se o histograma do número de pontos de grade em cinco intervalos de coeficientes de correlação, na área compreendida entre 40°N e 40°S, para cada estação do ano, tanto para a ZCIT observada (Figura 6a) quanto simulada (Figura 6b). Estes gráficos mostram objetivamente que o trimestre MAM apresenta o maior número de pontos de grade com altos valores de correlação, tanto para os dados observados quanto simulados.

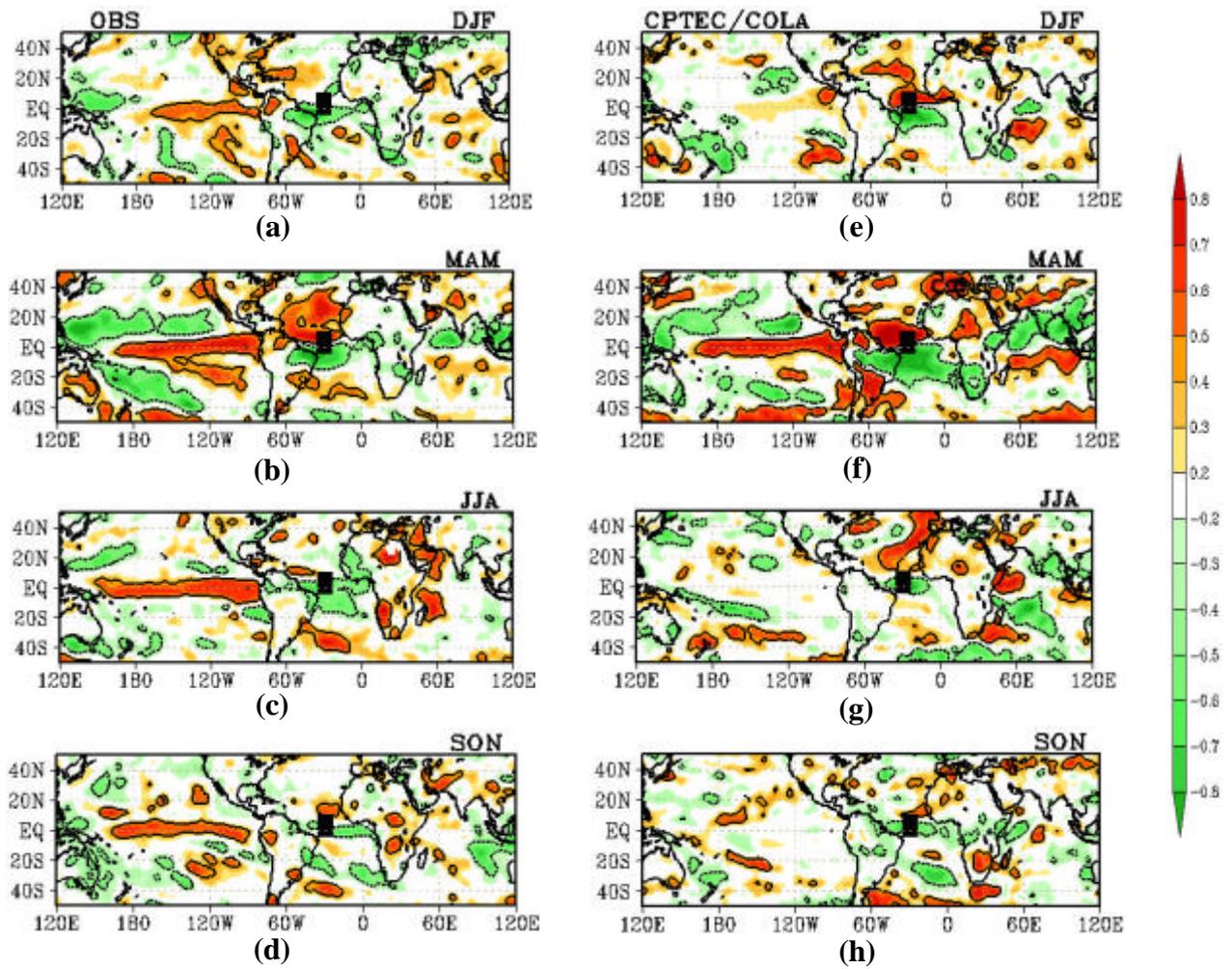


Figura 5 - Correlação entre anomalias da posição da ZCIT, observada(a,b,c,d) e simulada (e,f,g,h), anomalias globais de precipitação das reanálises do NCEP e simulada, respectivamente. As isolinhas representam áreas com significância estatística maior que 95%.

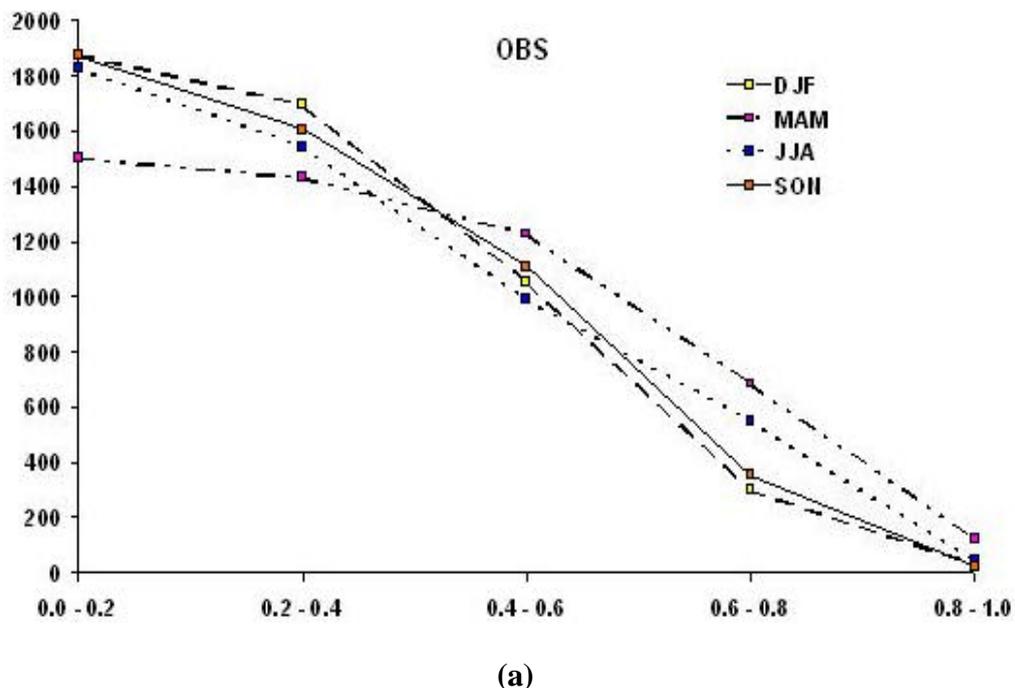


Figura 6 - Números de pontos de grade, entre 40°N e 40°S, para cada intervalo de magnitude de correlação, obtidos a partir dos campos mostrados na Figura 5.

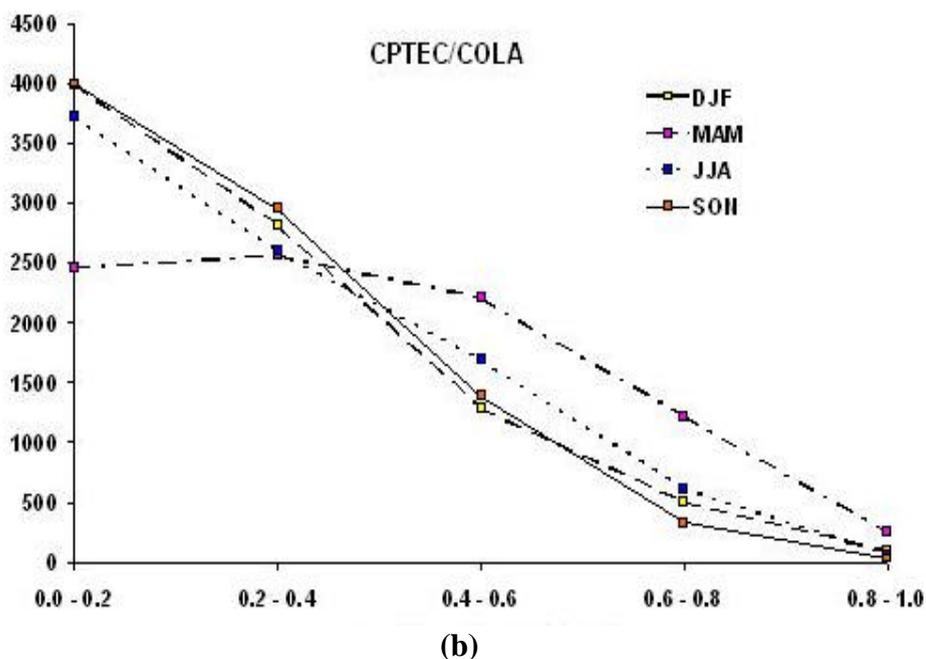


Figura 6 - Continuação.

#### 4. CONCLUSÕES

Foi analisado o desempenho do MCGA do CPTEC quanto ao posicionamento da ZCIT sobre o Atlântico Equatorial. Os resultados encontrados mostram que as posições climatológicas da ZCIT obtidas a partir dos campos de ROL simulados pelo MCGA do CPTEC (período de 10 anos), encontram-se sistematicamente ao sul das posições observadas da ZCIT, inferidas a partir de dados observacionais de ROL. Os maiores erros sistemáticos do posicionamento da ZCIT pelo MCGA foram detectados próximo à costa da América do Sul. Já na região adjacente à costa oeste africana, a ZCIT simulada e a observada apresentam praticamente a mesma posição ao longo do ano.

Em relação à variabilidade interanual, a melhor representação do posicionamento da ZCIT pelo MCGA ocorre sobre a região central do Atlântico, onde se infere que a ZCIT esteja menos sujeita aos efeitos de continentalidade.

As correlações sazonais entre as anomalias da posição da ZCIT sobre a região central do Atlântico e padrões globais das anomalias de TSM e precipitação mostram que a melhor performance do MCGA, quanto à simulação da variabilidade interanual da posição da ZCIT sobre o Atlântico, ocorre no trimestre MAM. Isso sugere que a alta previsibilidade pluviométrica sazonal sobre o norte do Nordeste do Brasil, com o uso do MCGA do CPTEC, esteja associada à melhor performance do modelo em simular anomalias das posições latitudinais da ZCIT durante MAM.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cavalcanti, I. F. A.; P. Satyamurty; J. A. Marengo; C. A. Nobre; I. Trosnikov; J. P. Bonatti; A. O. Manzi; T. Tarasova; C. D'Almeida; G. Sampaio; C. C. Castro; M. Sanches; H. Camargo; L. P. Pezzi, 2001: Climate Characteristics in an Ensemble Simulation Using the CPTEC/COLA Atmospheric Global Circulation Model, São Jose dos Campos : *INPE*, (INPE-8150-RPQ/717).
- Chiang, J. C. H.; Kushnir, Y.; S. E. Zebiak, 2000: Interdecadal changes in eastern Pacific ITCZ variability and its influence on the Atlantic ITCZ. *Geophysical Research Letters*, **27**, No.22, 3687-3690.
- Citeau, J.; J.C Berges; H. Demarcq; G. Mahé, 1988: Position de la Zone de Convergence a 28<sup>0</sup> N et temperatue de surface de l'océan. *Veille Climatique Satellitaire*, **21**, 3-7.
- Da Silva, A. M.; C. C. Young; S. Levitus, 1994: Atlas surface marine data 1994. Algorithms and procedures. (NOAA-ATLAS-NESDIS).
- Hastenrath, S.; L. Heller, 1977: Dinamics of climate hazards in northeast Brazil, *Quart. J. R. Met. Soc.*, **110**, 411-425.
- Kalnay, E; M. Kanamitsu; R. Kistler; W. Collins; D. Deaven; L. Gandin; M. Iredell; S. Saha; G. White; J. Woollen; J. Zhu; M. Chelliah; W. Ebisuzaki; W. Higgins; J. Janowiak; K. Mo; C. Ropelewski; J. Wang; A. Leetmaa; R. Reynolds; R. Jenne; D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **77**, 437-471.
- Melo, A. B. C.; P. Nobre; D. Mendes; M Bottino, 2002: A Zona de Convergência Intertropical Sobre o Oceano Atlântico: Climatologia. *Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, SBMET, Foz do Iguaçu.
- Moura, A. D.;J. Shukla, 1981: On the dynamics of droughts in northeast Brazil:Observations, theory and numerical experiments with a GCM. *J.Atmos Sci.*, **38**, 2653-2675.
- Nobre, P., 1996: A variabilidade interanual do Atlântico Tropical e a sua influência no clima da América do Sul. *Climanálise Especial*, **11**, 42-45.
- Nobre, P., J. Shukla, 1996: Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *J. Clim.*, **9**, 2464-2479.
- Saravan, R.; P. Chang, 2000: Interaction Between Tropical Atlantic Variability and El Nino-Southern Oscillation. *J. Clim.*, **13**, 2177-2193.
- Souza, E. B.; J. M. B. Alves; P. Nobre, 1998: Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do Nordeste brasileiro em associação aos eventos do padrão dipolo observados na bacia do Atlântico tropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **13**, Nº 2, 45-55.

Uvo, C., 1989: A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Precipitação da região Norte do Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, *INPE*, São Jose dos Campos, São Paulo, (INPE-4887-TDL/378).

Waliser, D.; C. Gautier, 1993: A Satellite-Derived Climatology of the ITCZ. *J. Clim.*, **6**, 2162-2174.