



## **XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**

### **TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR DO ATLÂNTICO TROPICAL E A PRECIPITAÇÃO DO LESTE DO NORDESTE DO BRASIL**

*Ana Cleide B. Amorim<sup>1</sup>; Cláudio Moisés Santos e Silva<sup>2</sup> & Rosane Rodrigues Chaves<sup>3</sup>*

**RESUMO** – A faixa leste do Nordeste do Brasil (LNEB) apresenta o período chuvoso durante o inverno austral (Junho, Julho e Agosto). A busca do entendimento da dinâmica de precipitação na região LNEB tem sido cada vez abrangente nos últimos anos. No LNEB ainda não existe modelos operacionais para prognósticos climáticos. Além disso, poucos estudos tratam a respeito da influência conjunta dos Oceanos Pacífico e Atlântico em anos anômalos, conhecidos pelos fenômenos climáticos globais El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e Gradiente inter-hemisférico de temperatura da superfície do mar do Atlântico (GradATL), no período do inverno austral (Junho a Agosto). Assim, com o objetivo de destacar possíveis áreas significativas do Atlântico Tropical durante cenários climáticos para a precipitação de parte do LNEB utilizam-se dados mensais de precipitação do LNEB e dados de temperatura da superfície do mar (TSM) dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais do período de 1982 a 2011. Utilizou-se o teste t-Student para a significância do coeficiente de correlação. Foram selecionados quatorze cenários climáticos. Os resultados mostraram que não só durante o período de outono como vários estudos mostraram, mas também durante o período de inverno austral o LNEB também pode ser afetado durante cenários climáticos.

**Palavras – Chaves: Cenários Climáticos, Precipitação**

---

1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas (PPGCC)/Centro de Ciências Exatas e da Terra (CCET) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), CAMPUS UNIVERSITÁRIO, LAGOA NOVA, 59072-970 - Natal, RN – Brasil, (84) 33422479, email: [anacleide23@gmail.com](mailto:anacleide23@gmail.com)

2) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física Teórica e Experimental. CAMPUS UNIVERSITÁRIO, LAGOA NOVA, 59072-970 - Natal, RN – Brasil, (84) 32314735 - Ramal: 267, email: [claudio@dfte.ufrn.br](mailto:claudio@dfte.ufrn.br)

3) Universidade Federal do Rio Grande do Norte/ Escola de Ciências e Tecnologia (UFRN/ ECT), CAMPUS UNIVERSITÁRIO, LAGOA NOVA, 59072-970 - Natal, RN – Brasil, (84) 33422369, email: [rosanechaves@gmail.com](mailto:rosanechaves@gmail.com)

**ABSTRACT**– The eastern of Northeast Brazil (LNEB) has the wet season during the austral winter (June, July and August). The search for understanding of the dynamics of LNEB precipitation has been broad in recent years. In the LNEB there is still no operational templates to climate forecasts. Moreover, only few studies have treat regarding combined influence of the Atlantic and Pacific Oceans in anomalous years, well known by global weather phenomena El Niño - Southern Oscillation (ENSO) and Sea Surface Temperature (SST) inter-hemispheric gradient of Atlantic tropical (GradATL), during the austral winter (June to August). Therefore, the monthly precipitation data LNEB and SST data of the Tropical Pacific and Atlantic oceans for the period 1982-2011 with the objective of highlighting possible significant areas of the tropical Atlantic during climate scenarios for precipitation of part of LNEB are used. We used the Testing for the significance of the correlation coefficient,  $r$ . We selected fourteen climate scenarios. The results showed that not only during the period of autumn as several studies have shown, but it also the LNEB austral winter can be affected in climate scenarios.

**Key – Words: Climate scenarios, Precipitation**

## 1 – INTRODUÇÃO

A faixa leste do Nordeste do Brasil (LNEB) apresenta o período chuvoso durante o inverno austral, (Junho, Julho e Agosto). Vários sistemas meteorológicos são responsáveis pela estação chuvosa nesta região, nos quais inclui a ocorrência de distúrbios ondulatórios de leste (DOL), que se propagam para oeste sobre o Oceano Atlântico [Torre e Ferreira (2011); Kouadio *et al.* (2012)], sistemas convectivos remanescentes de Sistemas Frontais (SF) que atingem latitudes baixas, influência de brisa, principalmente no período noturno referente à formação de uma zona de convergência entre a brisa terrestre e o fluxo básico [Kousky (1979)] e o sistema de Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), destacado por Rao *et al.* (1993) como principal mecanismo de transporte de vapor de água nos primeiros níveis da atmosfera para o Nordeste do Brasil (NEB).

A busca do entendimento da dinâmica de precipitação na região LNEB tem sido cada vez abrangente nos últimos anos [Kouadio *et al.* (2012); Oliveira *et al.* (2013)]. Além de ser uma região preferencial de ocorrência de eventos extremos [Grimm e Tedeschi (2009); Oliveira *et al.* (2014)] que causam perdas sociais e econômicas, são nestas regiões litorâneas que se concentram maior parte da população do NEB.

No LNEB ainda não existe modelos operacionais para prognósticos climáticos. Além disso, poucos estudos tratam a respeito da influência conjunta dos Oceanos Pacífico e Atlântico em anos anômalos, conhecidos pelos fenômenos climáticos globais El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e Gradiente inter-hemisférico de temperatura da superfície do mar (TSM) do Atlântico (GradATL), no período do inverno austral.

A identificação de regiões do oceano Atlântico Tropical que influenciam os sistemas meteorológicos que favorecem as chuvas durante o inverno sobre o LNEB é um tema em aberto na

Meteorologia. Portanto, o objetivo deste trabalho é destacar possíveis áreas significativas do Atlântico Tropical durante cenários climáticos para a precipitação de parte do LNEB.

## **2 - DADOS E MÉTODOS**

### **2.1. Dados**

#### **2.1.1. Precipitação**

Utilizaram-se dados do *Global Precipitation Climatology Center* (GPCC) com espaçamento horizontal de  $0.5^\circ$  latitude  $\times$   $0.5^\circ$  longitude, bem como para uma série climatológica (de 30 anos) atualizada, 1982 a 2011.

Foi utilizada a precipitação do norte do LNEB (NLNEB) sugerido por Oliveira *et al.* (2013), na qual, a estação chuvosa ocorre no trimestre Junho-Julho-Agosto (JJA) e a estação seca em Dezembro-Janeiro-Fevereiro (DJF), área ligeiramente ilustrada pela Figura 1b.

#### **2.1.2. TSM**

Utilizaram-se dados de TSM mensal, disposta em uma grade regular de espaçamento horizontal de  $1.0^\circ$  latitude  $\times$   $1.0^\circ$  longitude [Reynolds *et al.* (2002)] para as áreas Tropicais do Atlântico e Pacífico, entre as latitudes de  $40^\circ\text{N}$  e  $40^\circ\text{S}$ .

### **2.2. Métodos**

#### **2.2.1. Seleção dos cenários**

Foram utilizados dois cenários: a) Presença de El Niño no Pacífico e GradATL Norte e b) Presença de La Niña no Pacífico e GradATL Sul. Os dois cenários são chamados de Desfavorável (DESFAV) e Favorável (FAV) à precipitação para as regiões Leste da Amazônia (LAM) e NEB, detalhes em Souza *et al.* (2005).

O GradATL Norte são observadas anomalias de TSM acima do normal no Atlântico Tropical Norte (ATLN) e anomalias de TSM abaixo do normal no Atlântico Tropical Sul (ATLS). No GradATL Sul as anomalias de TSM acima do normal são observadas no ATLS e as anomalias abaixo do normal no ATLN.

A fase considerada madura do ENSO é observada durante os meses de novembro a fevereiro [Trenberth (1997)]. A manifestação do GradATL é verificada no outono austral (Março, Abril e Maio - MAM) é considerado o período dominante do GradATL [Andreoly e Kayano (2004); Souza *et al.* (2005)].

### 2.2.2. Teste t-Student

Utilizou-se o teste t-Student para a significância do coeficiente de correlação ( $r$ ):

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (1)$$

$t$  = teste de significância

$n$  = graus de liberdade

$r$  = correlação

A partir da fórmula (1) a correlação ao nível de significância de 10% e com doze graus de liberdade pode ser calculada pela fórmula:

$$r = \frac{t}{\sqrt{t^2 + (n-2)}} \quad (2)$$

## 3 – RESULTADOS

Os anos que compõe o cenário climático FAV são 1984, 1985, 1989, 1999, 2000, 2001, 2008 e 2009; os anos 1983, 1987, 1992, 1998, 2005 e 2007, o cenário DESFAV, totalizando quatorze episódios anômalos.

A Figura 1a ilustra apenas as correlações com nível de significância de 10% entre a distribuição espacial de TSM do Atlântico Tropical e a precipitação do NLNEB (Figura 1b) durante os cenários climáticos. As correlações negativas, ou seja, comportamento inverso entre as variáveis encontram-se em tons azuis. As correlações diretamente proporcionais apresentam-se em tons vermelhos.

Durante o inverno austral, a climatologia retrata que o movimento aparente do sol proporciona maior aquecimento à superfície do mar do ATLN, assim o sistema de Alta Pressão Subtropical do Atlântico Norte (ASAN) permanece menos intenso e o ASAS mais intenso. No verão austral (Dezembro-Janeiro-Fevereiro) esse comportamento é oposto, o Hemisfério Sul recebe

mais energia, consequentemente a TSM é ligeiramente mais aquecida e favorece o enfraquecimento da ASAS. Esse comportamento proporciona o conhecido deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

O cenário FAV, no qual se observa a manifestação do fenômeno La Niña, a circulação leste-oeste (Walker) é intensificada favorecendo mais atividade convectiva para região Norte e Nordeste do Brasil, assim como, a circulação norte-sul (Hadley) sobre o Atlântico devido a presença do GradATL Sul. Neste cenário, o ATLS apresenta anomalias de TSM ligeiramente mais aquecida e anomalias mais frias no ATLN, enfraquecendo a ASAS e fortalecendo a ASAN, proporcionando a ZCIT ligeiramente mais ao sul que o normal, mesmo durante o inverno austral. Esse comportamento pode indicar mais pulsos de atividades convectivas sendo direcionado para o litoral do NEB. Em contrapartida, no cenário DESFAV a presença do El Niño inibindo a atividade convectiva sobre o Norte e Nordeste do Brasil juntamente com o presença do GradATL Norte, deslocando a ZCIT mais ao norte da posição climatológica, pode indicar menos pulsos atingindo o LNEB durante os meses de JJA.

A Figura 1a são observadas correlações significativas na região 0 e 10°S/20 e 30°W e em toda área de monitoramento do ATLN (retângulo), ou seja, em cenários climáticos ambas as bacias, ATLS e ATLN no período de MAM encontram-se bem correlacionados com volume de precipitação no NLNEB durante os meses de JJA. O ATLS apresentou correlação direta com a estação chuvosa do NLNEB e o ATLN correlação inversa, que incide em anomalias positivas de TSM do ATLS simultaneamente com anomalias negativas no ATLN favorecem a anomalias positivas de precipitação no NLNEB. Assim como, anomalias negativas de TSM do ATLS simultaneamente com anomalias positivas no ATLN favorecem a anomalias negativas de precipitação no NLNEB.

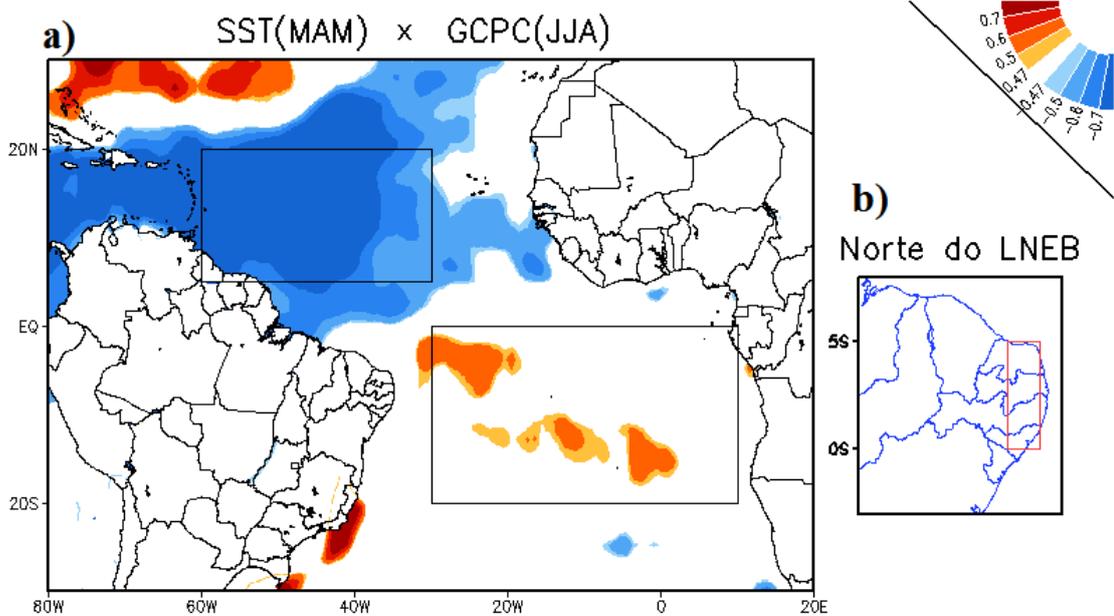


Figura 1 – a) Correlação entre as Anomalias de TSM de MAM do Atlântico Tropical durante cenários climáticos e anomalias de precipitação do b) NLNEB de JJA.

#### 4 – CONCLUSÕES

Os cenários climáticos influenciam a precipitação do NEB não só durante o período de outono como vários estudos mostraram, mas também durante o período de inverno austral. Os resultados mostraram que o LNEB também pode ser afetado durante cenários climáticos.

O LNEB durante os meses de JJA são comumente afetados por sistemas de mesoescala, alguns identificados como DOL. Grande parte destes sistemas meteorológicos que atingem o LNEB forma-se sobre o oceano ATLS, estes quando intensos causam grandes transtornos a população litorânea. O monitoramento das áreas significativas do ATLS durante os cenários climáticos, diagnosticadas neste estudo pode contribuir para envio de alertas meteorológicos às autoridades competentes durante o período chuvoso.

**AGRADECIMENTOS** à Pós-Graduação em Ciências Climáticas e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. (2004). “*Multi-scale variability of sea surface temperature in the tropical Atlantic*”. Journal of Geophysical Research 109, C05009. Doi: 10.1029/2003JC002220.
- GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. (2009). “*Enso and extreme rainfall events in South America*”. Journal of Climate 22, pp. 1589 – 1609.
- KOUADIO, Y. K.; SERVAIN, J.; MACHADO, L. T.; LENTINI, C. A. D. (2012). “*Heavy Rainfall Episodes in the Eastern Northeast Brazil Linked to Large-Scale Ocean-Atmosphere Conditions in the Tropical Atlantic*”. Advances in Meteorology 2012, pp. 1 - 16.
- KOUSKY, V. E.(1979). “*Frontal influences on Northeast Brazil*”. Monthly Weather Review 107, pp. 1140 - 1153.
- OLIVEIRA, P. T.; LIMA, K. C.; SILVA, C. M. S. (2013). “*Synoptic environment associated with heavy rainfall events on the coastland of Northeast Brazil*”. Advances in Geosciences 35, pp. 73 - 78.
- OLIVEIRA, P. T.; SILVA, C., M., S.; LIMA, K. C. (2013). “*Linear trend of occurrence and intensity of heavy rainfall events on Northeast Brazil*”. Atmospheric Science Letters. DOI: 10.1002/asl2.484
- RAO, V. B.; LIMA, M. C.; FRANCHITO, S. H.(1993). “*Seazonal and interannual variations of rainfall over Eastern Northeast Brazil*”. Journal of Climate 6, pp. 1754 – 1763.
- REYNOLDS, R.W.; RAYNER, N. A.; SMITH, T. M.; STOKES, D. C.; WANG, W. (2002). “*An improved in situ and satellite SST analysis for climate*”. Journal of Climate 15, pp. 1609 – 1625.
- SOUZA, E.B., KAYANO, M.T., AMBRIZZI, T. (2005). “*Intraseasonal and submonthly variability within autumn rainy regime over the eastern Amazon/Northeast Brazil and associated mechanisms*”. Theoretical Applied Climatology 81, pp.177 - 191.
- TORRES, R. R.; FERREIRA, N. J. (2001). “*Case studies of easterly wave disturbances over Northeast Brazil using the Eta Model*”. Weather and Forecasting 26 (2), pp. 225 – 235.
- TRENBERTH, K.E. (1997). “*The definition of El Niño*”. Bulletin of the American Meteorological Society 78 (12), pp.2771 – 2777.