

ISSN 0104-1347

## Reanálise de índices de temperatura da superfície do mar no Atlântico e Pacífico tropicais potenciais indicadores da qualidade da estação chuvosa do setor norte do Nordeste do Brasil

Reanalysis of indices of sea surface temperature in the Atlantic and Pacific tropicals as potentials indicators of the quality of the rainy season of the north sector Northeast Brazil

José Maria Brabo Alves<sup>1</sup>

- ARTIGO ESPECIAL -

**Resumo** - Este estudo apresenta uma reanálise da influência térmica dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais na precipitação sazonal (fevereiro a maio) do setor norte do Nordeste (SNNEB). Buscou-se também identificar novas áreas nas bacias desses oceanos implicitamente relacionadas com a qualidade da estação chuvosa (fevereiro a maio) do SNNEB com lags de quatro meses. Essa relação está associada às áreas do Pacífico Tropical, e setores norte e sul do Atlântico Tropical que explicam mais de 64% e 50%, respectivamente da variabilidade pluviométrica dessa região no período de fevereiro a maio. Os resultados mostraram que há uma relação com lags de quatro meses, em média, do Pacífico Tropical esfriar e a bacia do Atlântico Tropical esfriar (aquecer) em áreas dos setores norte (sul) da mesma, cujas causas físicas ainda não são bem entendidas, mas que estão associados a anos mais chuvosos durante o período de fevereiro a maio no SNNEB. Para anos secos essas características foram contrárias. O monitoramento desses índices podem servir de subsídios como potenciais indicadores da qualidade da estação chuvosa do SNNEB.

**Palavras-chave:** índices de TSM, defasagens, oceanos tropicais

**Abstract** - This study presents a reanalysis of thermal influence of the tropical oceans Pacific and Atlantic on the seasonal rainfall (February to May) of the north sector Northeast Brazil (NSNB). New areas in the basin of these oceans implicitly related with quality of the rainy season of the NSNB (February to May) with lags of four months were identified. This relation is associated with the areas of the Pacific and Atlantic oceans that explain more than 64% and 50%, respectively of the rainfall variability in this region during the period of February to May. These results show that is a memory to period of the four months in Pacific Tropical cooling and the Atlantic Tropical basin of the (cooling) (warming) in areas of the north (south) sector this basin. The physical causes of this cooling and warming in the Atlantic is not well understood yet, but are associated with wet years during the period February to May in the NSNB. In dry years these characteristics were the opposite. Monitoring these indices could be usefull information as potentials predictors of the quality of the rainfall period of the NSNB.

**Key words:** indices of SST, lags, tropical oceans

---

<sup>1</sup>Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Av. Rui Barbosa, 1246. Aldeota. CEP 60115-221 – Fortaleza-Ce. 0854331835. email: [brabo@funceme.br](mailto:brabo@funceme.br)

## Introdução

A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na bacia dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais é a principal variável física, na sua interação com a atmosfera, influenciadora na variabilidade pluviométrica do setor norte do Nordeste (SNNEB), região com máximo de chuva anual centrada no quadrimestre fevereiro a maio (MOURA & SHUKLA, 1981; NOBRE, 1993; NOBRE & SHUKLA, 1996; SOUZA, 1997).

Anos chuvosos no semi-árido nordestino, em geral, estão relacionados com anomalias de positivas (negativas) de TSM nos setores sul (norte) abaixo (acima) do equador da bacia do Oceano Atlântico Tropical. Simultaneamente, a essa configuração de TSM ocorre uma intensificação dos ventos alísios de nordeste associados com anomalias positivas de pressão ao nível do mar (PNM), e um enfraquecimento dos ventos alísios sudeste associados a anomalias negativas de PNM no setor sul da bacia. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema atmosférico causador de chuva no período de fevereiro a maio no SNNEB migra para posições ao sul do equador permanecendo durante toda a quadra chuvosa sobre ou nas proximidades dessa região. Esta fase é referida como fase quente do dipolo de TSM (HASTENRATA & HELLER, 1977; MOURA & SHUKLA, 1981; NOBRE & SHUKLA, 1996; PEZZI & CAVALCANTI, 2001).

Em anos de seca ou deficiência de chuva nessa região essas características termodinâmicas nesse oceano são contrárias, caracterizando a fase fria do dipolo de TSM. Nesses anos, em geral, a ZCIT tende a localizar-se nas proximidades da linha do equador e migra antes do término da quadra chuvosa para latitudes acima do equador afastando-se da costa da região Nordeste (UVO et al., 1989; NOBRE & SHUKLA, 1996). A exceção faz-se a anos de El Niño intensos com ápices entre os meses de janeiro a março onde observa-se secas mais severas e homogêneas em toda a região semi-árida do Nordeste (1983 e 1998).

O tempo e característica da evolução sazonal da TSM e a localização da ZCIT depende do acoplamento dinâmico do oceano-atmosfera e do contraste continente-oceano, fatores que ainda não são bem entendidos (SERVAIN et al., 1998). Atualmente, sabe-se que a variabilidade térmica interanual no Atlântico Tropical apresenta dois modos típicos de

variabilidade, um modo equatorial e outro conhecido como dipolo. Ambos os modos aparecem sobrepostos ao ciclo térmico sazonal tendo significativos impactos na variabilidade climática das Américas e África.

O modo equatorial tem similaridade com El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Pacífico com manifestações aparentes primeiramente próximo ao equador (ZEBIAK, 1993; CHANG & LI 1997). Esse modo tem variabilidade nas escalas sazonal e interanual. Na sua fase quente os ventos alísios no setor oeste equatorial enfraquecem e as TSMs nas proximidades do equador são geralmente mais altas, principalmente no setor leste da bacia. Ao contrário na sua fase fria, os ventos alísios no setor oeste da bacia são fracos e as TSMs próximo ao equador apresentam magnitude mais baixas. O início da fase fria ou quente desse modo pode ocorrer rapidamente tendo escalas de tempo de semanas para meses devido a influência e propagação do vento forçado por ondas equatoriais de Kelvin & ROSBY (SERVAIN et al., 1998). Os principais impactos climáticos observados na ocorrência da fase quente do modo equatorial são o incremento de chuva nas imediações do golfo da Guiné e um rompimento do ecossistema marinho na região da corrente de Benguela (WAGNER & SILVA, 1994; CRAWFORD et al., 1990).

O modo de dipolo não tem similaridade com o ENOS e caracteriza-se pelo gradiente norte-sul na TSM (MOURA & SHUKLA, 1981; SERVAIN, 1991; HUANG & SHUKLA, 1997). Esse modo envolve variações espaciais de TSM nos dois hemisférios entre mais ou menos 5°N-20°N e 5°S-20°S com variabilidade nas escalas sazonal, interanual e decadal. Uma das hipóteses é que a estrutura desse dipolo pode ser afetada pelo fenômeno de ressurgência que ocorre na costa sudeste africana onde a TSM apresenta uma grande variação térmica. Alguns estudos mais recentes de modelagem numérica sugerem que a resposta termodinâmica entre a TSM, ventos em superfície e os fluxos de calor é um mecanismo físico importante nas variações inter-hemisférica de TSM no Atlântico Tropical (CARTON et al., 1996; CHANG et al., 1997).

Entretanto, as variações de baixa frequência nos ventos e TSM não são devidas somente a variações isoladas do acoplamento oceano-atmosfera ocorrente na bacia do Oceano Atlântico Tropical, mas podem requerer influências externas (ZEBIAK, 1993). Existe uma significativa correlação com defasagens de poucos meses entre o ENOS e o desenvolvimento de ano-

malias positivas de TSM no Atlântico Tropical Norte (ENFIELD & MAYER, 1997; PENLAND & MATROSOVA, 1998). Há evidências também de que o ENOS pode estar associado com o desenvolvimento do modo de dipolo de TSM em ambos os hemisférios do Atlântico Tropical (SERVAIN, 1991). A influência remota do ENSO sobre a variabilidade climática no Atlântico Tropical é complicada desde que os modos equatorial e de dipolo também interagem com o ciclo ENOS (ENFIELD & MAYER, 1997; HARZALLAH et al., 1998). Estudos recentes tem relatado também a influência do El Niño na TSM de áreas do Atlântico Tropical Norte (KLEIN et al., 1999; HASTENRATH, 2000). WANG (2002), mostrou que uma máxima correlação positiva (0,47) ocorre com um *lag* de cinco meses entre a TSM no Atlântico Tropical Norte e a região de Niño 3.

Em termos climáticos a configuração térmica dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais apresenta forte correlação com a chuva do quadrimestre fevereiro a maio do SNNEB (Figura 1). Nota-se por essa figura que a TSM em algumas áreas tropicais desses oceanos explicam acima de 64% da variabilidade da chuva nessa região. Entretanto, os coeficientes de correlação com magnitudes superiores em módulo a 0,6 não tem significância estatística, corroborando com os resultados de ENFIELD et al., (1999) que mostram que a variabilidade do dipolo no Atlântico Tropical explica somente um pequena fração da variabilidade térmica interanual desse oceano (< 7%).

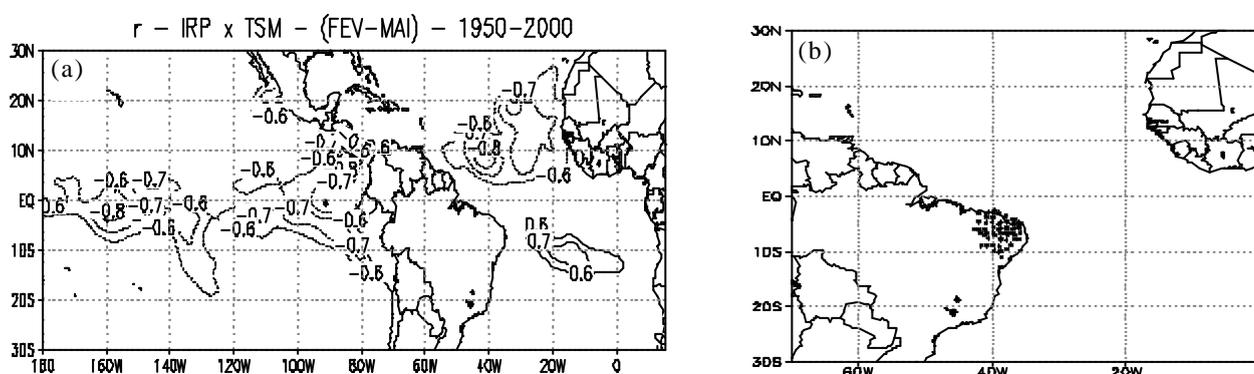
O objetivo desse estudo foi fazer uma reanálise da influência térmica dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais na precipitação do SNNEB. Além disso, procurou-se também investigar novas áreas nesses

oceanos tropicais, tendo como base as áreas com coeficiente de correlação superior em módulo a 0,7 para o setor sul da bacia do Atlântico Tropical e 0,8 para as áreas norte dessa bacia e setor tropical no Oceano Pacífico (Figura 1), que tenham relação térmica (*lags* bimestrais ou quadrimestrais) com essas áreas mais correlacionadas com o total de chuva de fevereiro do setor norte do SNNEB. Vislumbra-se a possibilidade de identificar áreas que apresentem um *lag* temporal que possa ser utilizado como potencial indicador da qualidade da estação chuvosa do SNNEB.

### Dados e metodologia

Os dados de TSM observadas nos oceanos foram obtidos de uma versão do Comprehensive Atmospheric-Ocean Data Set (COADS). Esse arquivo contém dados de médias mensais em pontos de grade de 1° x 1° de latitude-longitude para um período de 1945 a 2000. Para os dados de precipitação do SNNEB foram utilizados os dados de totais mensais 66 postos pluviométricos (Figura 1b). Maiores detalhes sobre esses dados podem ser encontrados em ALVES & REPELLI (1992).

Em ambos arquivos de dados foi selecionado o período de 1950-2000 por ser o que apresentava menor número de falhas nos dados, principalmente para os dados de precipitação. Para os dados de TSM os registros entre 1945-1950 não apresentam uma confiabilidade muito significativa, por coincidirem com o período da segunda guerra mundial período em que as observações foram menores devido a diminuição de viagens de navios intercontinentais.



**Figura 1.** Correlação linear ( $r$ ), valores acima de 0,6 em módulo, entre o IRP (índice regional de precipitação dado pela média de 66 postos pluviométricos localizadas no SNNEB – Figura 1 b), e as anomalias de TSMs no Atlântico e Pacífico Tropicais (fevereiro a maio). Isolinhas tracejadas indicam correlação negativa. Valores de  $r$  positivos abaixo de 0,3 e negativos acima de -0,3 (não plotados) são significativos a 99,5% segundo teste t Student.

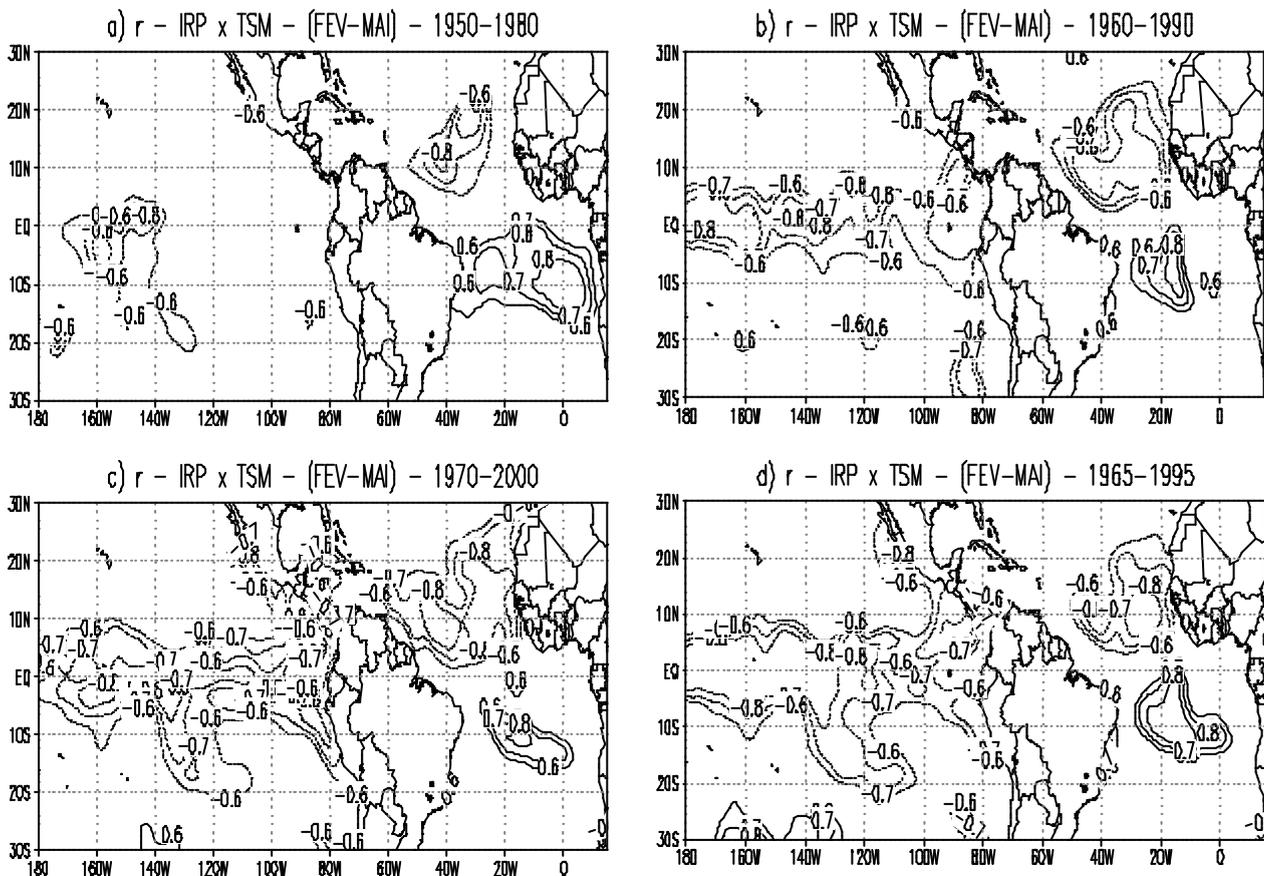
O ciclo sazonal de ambos os arquivos foi removido fazendo-se o cálculo de anomalias (mensais, bimestrais, quadrimestrais) tendo como a base as suas respectivas médias de longo tempo (1950-2000). Um índice regional de precipitação (IRP) foi calculado para os diferentes períodos supracitados tendo como base o número de postos pluviométricos com observação ao longo do SNNEB (ALVES & REPELLI, 1992).

A metodologia de investigação levou em consideração o cálculo de correlação linear entre a anomalia de TSM, média, nas áreas com coeficiente de correlação superior em módulo a 0,7 para o setor sul da bacia do Atlântico Tropical e 0,8 para as áreas norte dessa bacia e setor tropical no Oceano Pacífico (Figura 1) e o IRP para defasagens bimestrais e quadrimestrais. Por exemplo o IRP de fevereiro a maio foi correlacionado com anomalias de TSM para o bimestre e quadrimestre precedentes (dezembro a janeiro e outubro a janeiro), o que se definiu com lag 1, e assim sucessivamente para lag 2, 3 e 4.

## Resultados e discussões

A Figura 2 apresenta uma revisão da influência térmica dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais na chuva do quadrimestre (fevereiro a maio) do SNNEB. Essa análise foi feita para mostrar uma possível variação de localização em períodos de 31 anos (1950-1980, 1960-1990, 1970-2000 e 1965-1995) das áreas de dipolo de TSM e Niños com correlação maiores em magnitude ( $>0,6$ ). Pode-se notar pelas figuras que as áreas com correlações superiores a 0,6 são mais abrangentes em área quando são inseridos dados a partir de 1980, principalmente na bacia do Oceano Pacífico, coerente com um maior número de episódios ENOS ocorridos a partir dessa data. No Atlântico Tropical as áreas características do dipolo de TSM não apresentaram variação significativa de localização para os quatro períodos.

Os resultados apresentados a partir daqui referem-se apenas às defasagens quadrimestrais, em-



**Figura 2.** Correlação linear ( $r$ ), valores acima de 0,6 em módulo, entre o IRP e as anomalias de TSMs nos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais (fevereiro a maio) para diferentes períodos de 31 anos. a) 1950-1980; b) 1960-1990, c) 1970-2000 e d) 1965-1995. Isolinhas tracejadas indicam correlação negativa. Valores de  $r$  positivos abaixo de 0,3 e negativos acima de  $-0,3$  são significativos a 99,5% segundo teste  $t$  Student.

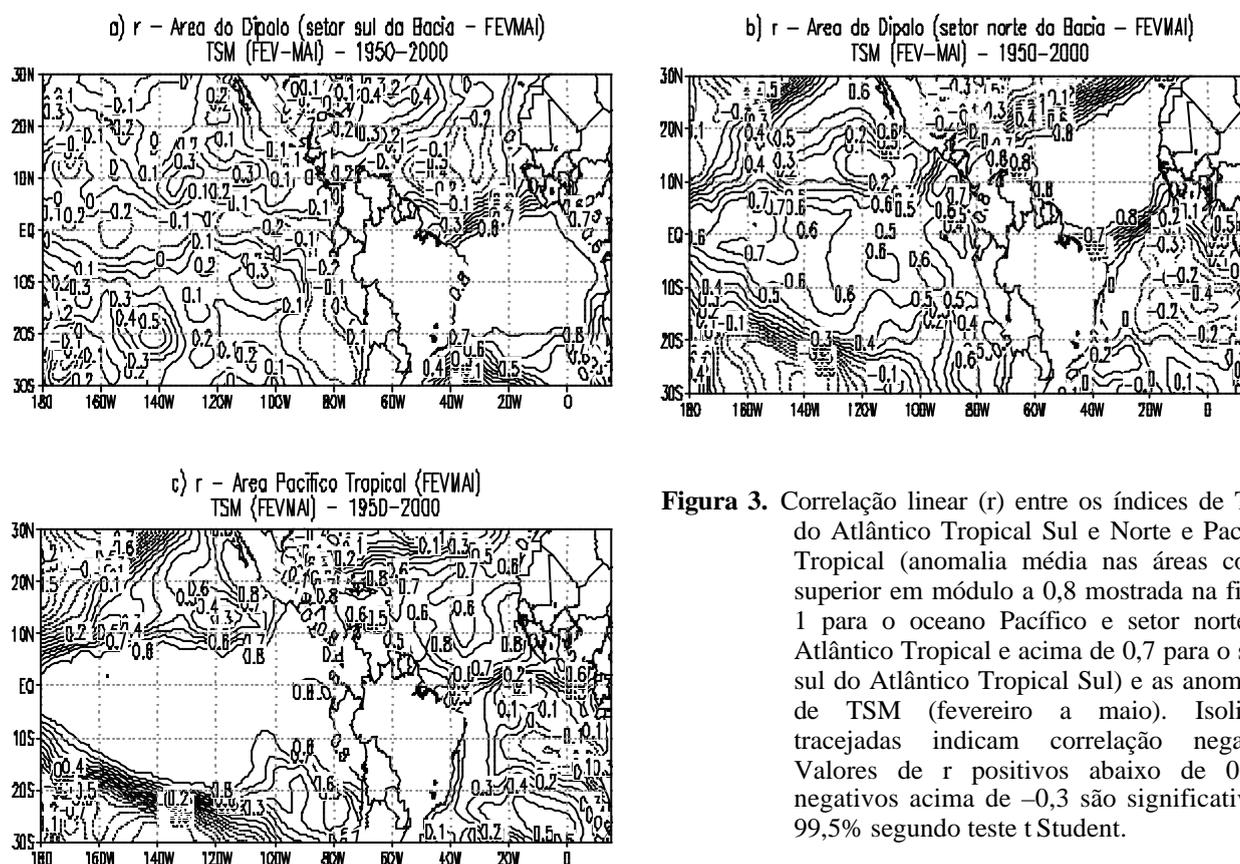
bora que para períodos bimestrais os resultados tenham sido muito semelhantes. A Figura 3 mostra a correlação simultânea (fevereiro a maio) entre os índices de TSM do Atlântico Tropical Sul e Norte e Pacífico Tropical (anomalia média nas áreas com  $r$  superior em módulo a 0,8 no Pacífico e Atlântico Tropical norte e 0,7 no setor sul do Atlântico Tropical Sul mostrada na Figura 1) e as anomalias de TSM ao longo de toda bacia dos oceanos tropicais.

Observa-se nessas figuras que as áreas com correlação superior em módulo a 0,8, tanto no setor sul quanto no norte da bacia do Atlântico Tropical quanto no Pacífico Tropical, se correlacionam mais com a própria variação térmica dos seus setores correspondentes, embora haja a evidência do dipolo de TSM como se pode observar com a presença de correlação negativa (positiva) na área norte (sul) do Atlântico Tropical na Figura 3a, e padrão contrário na Figura 3b. Essa característica comprova os estudos de correlação cruzada de RAJAGOPALAN et al. (1998) e ENFIELD et al., (1999) que mostraram que as anomalias no Atlântico Tropical Norte são pouco correlacionadas com a anomalias de TSM no Atlântico Tropical Sul. As Figuras 3b e 3c mostram que as

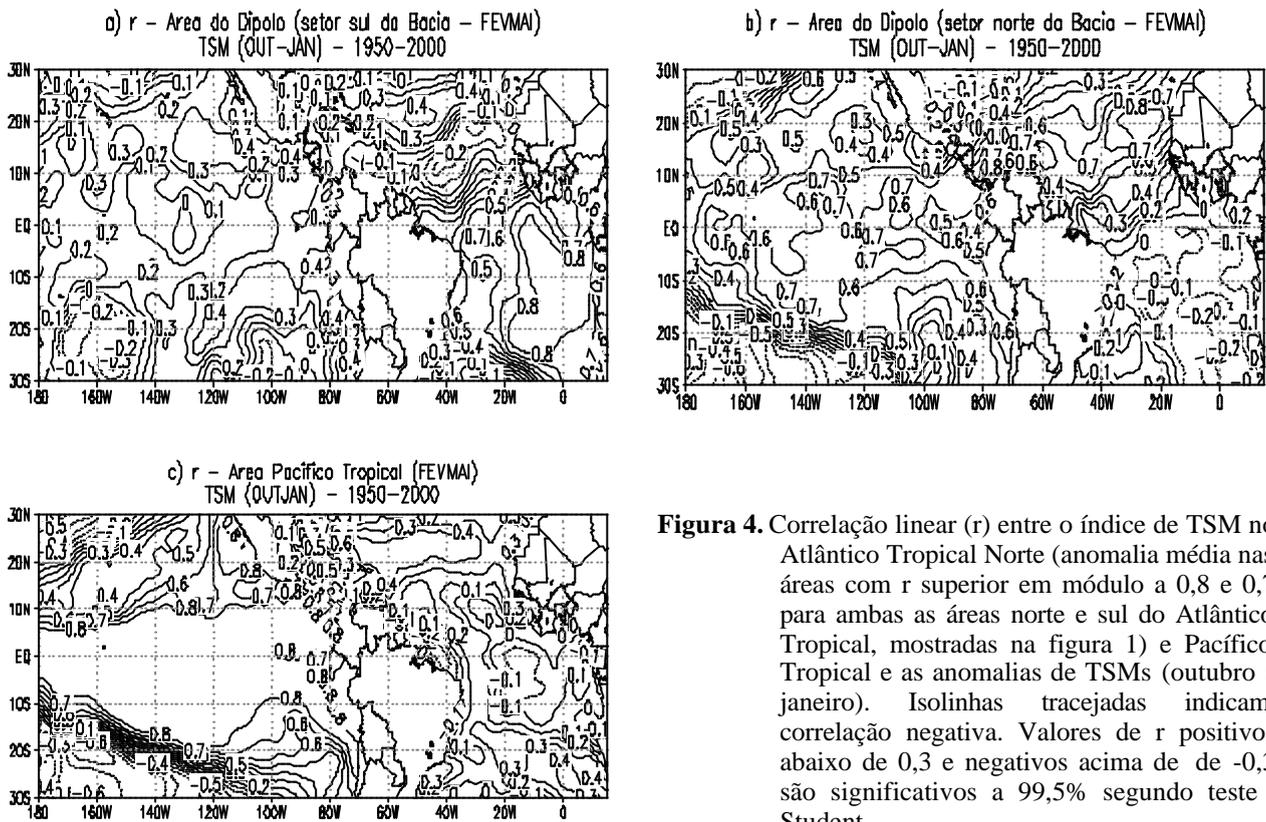
áreas norte do Atlântico Tropical e áreas do Pacífico Equatorial estão correlacionadas com valores superiores a 0,6, indicando a influência remota do ENOS nessa área do Atlântico Tropical.

Na Figura 4, procurou-se identificar se as áreas com  $(r)$  superior em módulo a 0,8 e 0,7 no Pacífico Tropical e em ambos os setores norte e sul da bacia do Oceano Atlântico Tropical, guardam alguma relação térmica com lags com a variação térmica ao longo da bacia. As Figuras 3 e 4 mostram a correlação entre a anomalia de TSM nessas supracitadas áreas e as anomalias de TSM em toda a bacia do Oceano Atlântico Tropical defasadas quadrimestralmente em relação ao período fevereiro a maio.

Observa-se na Figura 4a, que em média, quatro meses antes da estação chuvosa do setor norte do Nordeste já há uma forte evidência de que as anomalias negativas de TSM no Atlântico Tropical Norte, mais correlacionadas significativamente com chuvas do SNNEB, estarão com valores abaixo da climatologia, principalmente, se no setor nordeste da bacia as anomalias de TSM estiveram com valores também já negativos (valores explicando acima de



**Figura 3.** Correlação linear ( $r$ ) entre os índices de TSM do Atlântico Tropical Sul e Norte e Pacífico Tropical (anomalia média nas áreas com  $r$  superior em módulo a 0,8 mostrada na figura 1 para o oceano Pacífico e setor norte do Atlântico Tropical e acima de 0,7 para o setor sul do Atlântico Tropical Sul) e as anomalias de TSM (fevereiro a maio). Isolinhas tracejadas indicam correlação negativa. Valores de  $r$  positivos abaixo de 0,3 e negativos acima de  $-0,3$  são significativos a 99,5% segundo teste t Student.



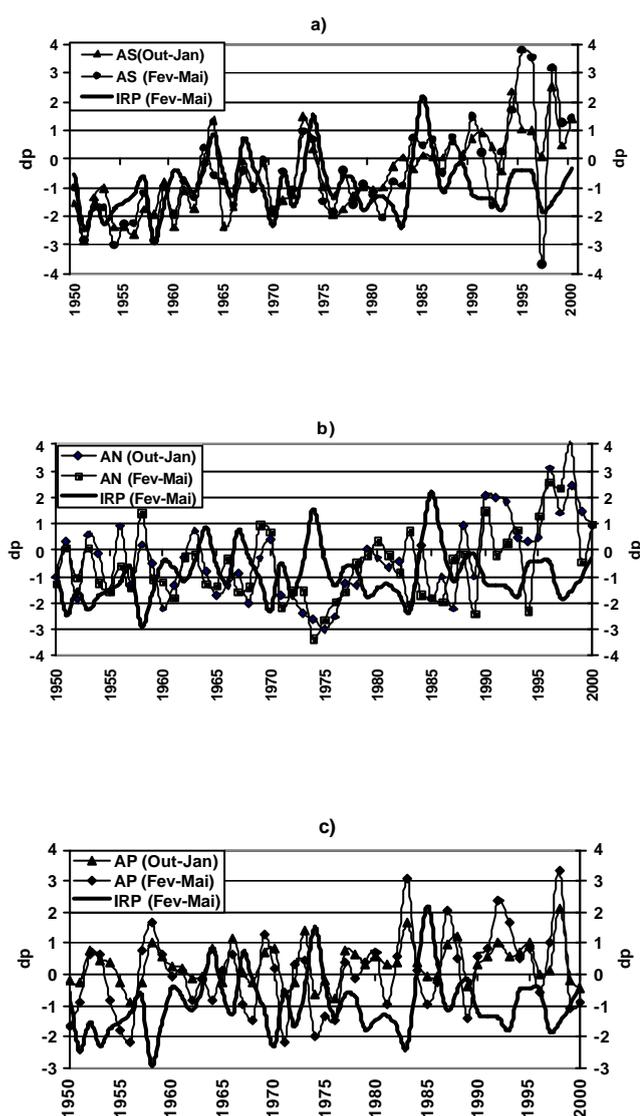
**Figura 4.** Correlação linear ( $r$ ) entre o índice de TSM no Atlântico Tropical Norte (anomalia média nas áreas com  $r$  superior em módulo a 0,8 e 0,7 para ambas as áreas norte e sul do Atlântico Tropical, mostradas na figura 1) e Pacífico Tropical e as anomalias de TSMs (outubro a janeiro). Isolinhas tracejadas indicam correlação negativa. Valores de  $r$  positivos abaixo de 0,3 e negativos acima de -0,3 são significativos a 99,5% segundo teste  $t$  Student.

64% da variabilidade dessa área definida como de dipolo no Atlântico Tropical Norte). Essa característica também é evidente no setor sul da bacia, sendo que nessa bacia, a mesma aparece em áreas junto à costa sudeste da bacia (região de ressurgência), indicando que se nessas áreas um quadrimestre antes da estação chuvosa as TSMs estiverem com anomalias acima da média, durante a estação chuvosa do SNNEB, as áreas de STM mais correlacionadas nesse setor sul da bacia (Figura 1) com as chuvas dessa região tenderão também à apresentar anomalias de TSMs positivas. No Pacífico Tropical essa característica também é observada; nota-se uma extensa área com correlações positivas em grande parte da bacia, indicando fisicamente a persistência das anomalias negativas de TSM do quadrimestre outubro a janeiro e fevereiro a maio.

Nos quadrimestres precedentes ainda mantém-se o padrão observado na Figura 4, e medida que afasta-se para um período que antecede a estação (fevereiro a maio) essas correlações lineares passam a ser menores em magnitudes, embora persista o padrão observado.

A Figura 5 corrobora as análises anteriores. Nessa figura são apresentados as séries temporais das anomalias de TSM, média, das áreas de TSM com ( $r$ ) superior em módulo a 0,8 nos setores norte do Oceano Atlântico Tropical e Pacífico Tropical e superior a 0,7 no setor sul do Atlântico Tropical com as áreas da Figura 1 que apresentaram também ( $r$ ) igual ou superior a 0,8 simultaneamente, no quadrimestre fevereiro a maio com a precipitação no setor NNEB e defasadas quadrimestralmente a esse período. Tanto as anomalias de TSM como do IRP foram normalizadas pelos seus respectivos desvios padrão. Os desvios padrão nessas áreas norte e sul do dipolo de TSM e para o IRP são: área do Atlântico Tropical Norte (outubro a janeiro - 0,44°C e fevereiro a maio - 0,21°C), área do Atlântico Tropical Sul (outubro a janeiro - 0,38°C e fevereiro a maio - 0,16°C), área no Pacífico Tropical (outubro a janeiro - 1,1°C e fevereiro a maio - 0,39°C) e IRP (fevereiro a maio - 374,51mm).

Por essa figura nota-se que as características térmicas associadas a anos chuvosos e secos mais extremos no SNNEB (desvios padrões acima e abaixo de 1,5dp em magnitude) no Atlântico Tropical



**Figura 5.** Séries temporais (1950-2000) dos desvios normalizados pelos seus respectivos desvios padrão para os índices de dipolo de TSM nos setores norte sul da bacia (eixo da esquerda) e do IRP (eixo da direita), média, para os quadrimestres outubro a janeiro (out-jan) e fevereiro a maio (fev-mai). **a)** para o índice de TSM no setor sul do Oceano Atlântico (AS) e **b)** para o índice de TSM no setor norte do Oceano Atlântico (AN) e **c)** para o índice de TSM no oceano Pacífico Tropical (AP). Os índices de TSM para out-jan são valores médios nas áreas com  $(r)$  em módulo maior que 0,7 nos setores do Atlântico Tropical Norte e Sul e acima de 0,8 no Pacífico Tropical da figura 4. Para fev-mai esses índices são valores médios das áreas com  $(r)$  em módulo acima de 0,8 no Pacífico Tropical e setor norte do Atlântico Tropical, e acima de 0,7 no setor sul do Atlântico Tropical da Figura 1.

controladoras da migração meridional da ZCIT (HASTENRATH & HELLER, 1977; MOURA & SHUKLA, 1981; WAGNER, 1996) têm um sinal ao longo da bacia pelo menos um quadrimestre antes da estação chuvosa. Observa-se que, para os anos secos mais extremos, as anomalias dessas áreas no setor norte (sul) da bacia do Atlântico Tropical apresentam anomalias negativas (positivas). Para esse tipo de anos chuvosos as características são contrárias. Esse padrão mostra que há em alguns anos, para um *lag* de quatro meses, um resfriamento (aquecimento) das áreas dos setores norte (sul) da mesma que explicam mais de 64% da variância térmica dessas respectivas áreas no período de fevereiro a maio. Em outras palavras, em anos que se observar esse aquecimento quatro meses antes nas áreas nordeste do Atlântico Tropical Norte e sudeste/leste do Atlântico Tropical Sul, é provável que durante a estação chuvosa do ano seguinte as características de dipolo de TSM se configure na bacia. Uma característica interessante mostrada nessas figuras refere-se ao período de 1990-1997 onde tanto o Atlântico Norte como o Sul apresentaram desvios positivos de TSM e a chuva no setor SNNEB esteve abaixo da média. Entretanto, nesse período o Pacífico Tropical apresentou desvios positivos de TSM, devendo ter influenciado negativamente na produção de chuva do SNNEB.

As análises acima evidenciam que a evolução térmica na bacia dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais quando da ocorrência de anos mais secos (chuvosos) no SNNEB apresentam uma evolução a partir dos meados do ano anterior. No Atlântico Tropical Sul essa evolução de aquecimento tende a ocorrer predominantemente do setor leste/sudeste da bacia na direção do setor central atingindo toda a extensão da bacia no período de fevereiro a maio do ano seguinte atingindo as áreas com maior correlação com as chuvas do SNNEB. Para o setor norte da bacia a característica de resfriamento, em média, tende a evoluir do setor nordeste da bacia em direção às demais áreas do setor central e oeste da mesma. A grande diferença desses índices de TSM em relação ao índice de dipolo mostrado por SERVAIN (1991) são as suas memórias quadrimestrais de evolução ao longo de áreas diferenciadas nos setores sul e norte do Atlântico Tropical.

Em síntese, pode-se concluir que o monitoramento das anomalias de TSM quadrimestralmente, em particular a partir do mês de julho, nos setores norte e sul do Oceano Atlântico Tropical, pode ser usado como subsídio potencial a inferência da evolução de uma possível configuração térmica de dipolo de TSM durante a quadra chuvosa

(fevereiro a maio) do setor SNNB; sendo indiretamente um indicador da qualidade da futura distribuição de chuva sazonal dessa região. As causas físicas do porquê em alguns desses anos mostrados nas análises essa evolução de TSM no Atlântico Tropical ocorre apresentando essa memória quadrimestral, contrariando o ciclo sazonal térmico na bacia, ainda não são bem entendidas e precisam ser mais investigadas.

### Referências bibliográficas

- ALVES, J.M.B.; REPELLI, C.A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos El Niño/Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira Meteorologia**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 583-592. 1992.
- CARTON, J.A. et al. Decadal and interannual TSM variability in the tropical Atlantic. **Journal Physical Oceanography**, Boston, v. 24, p. 888-903.
- CHANG, P.L.; LI, H. A decadal climate variation in the tropical Atlantic Ocean from thermodynamic air-sea interactions. **Nature**, Londres, v. 385, p. 516-518. 1997.
- CRAWFORD, R.J.M. et al., Environmental influences on marine biota off Southern Africa. **Southern African Journal Science**, Pretoria, v. 86, p. 330-339. 1990.
- ENFIELD, D.B.; MAYER, D.A. Tropical Atlantic TSM variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. **Journal of Geophysical Research Letter**, Washington, v. 102, p. 929-945. 1997.
- ENFIELD, D.B. et al. How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperatures? **Journal of Geophysical Research Letter**, Washington, v. 104, n. C4, p. 7841-7848. 1999.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society**, v. 103, p. 77-92. 1977.
- HASTENRATH, S. Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. **Journal of Climate**, Boston, v. 3, p. 893-904. 1990.
- HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L. Circulation mechanisms related to Northeast Brazil rainfall anomalies. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 98, n. D3, p. 5093-5102. 1993.
- HASTENRATH, S. In search of zonal circulation in the equatorial Atlantic sector from the NCEP-NCAR reanalysis. **International Journal of Climatology**, Londres, v. 21, p. 37-47. 2000.
- HARZALLAH, A.; ARAGÃO, J.O.R. de; SADOURNY, R. Interannual rainfall variability in north-east Brazil: Observation and model simulation. **International Journal of Climatology**, Londres, v. 16, p. 7491-7509. 1998.
- HUANG, B.; SHUKLA, J. Characteristics of the interannual and decadal variability in a general circulation model of the tropical Atlantic Ocean. **Journal of Physical Oceanography**, Boston, v. 27, p. 1693-1712. 1997.
- KLEIN, S.A.; SODEN, B.J.; LAU, N.C. Remote sea surface temperature variations during ENSO: Evidence for tropical Atmospheric bridge. **Journal of Climate**, Boston, v. 12, p. 917-932. 1999.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal Atmospheric Science**, Boston, v. 38, n. 7, p. 2653-2675. 1981.
- NOBRE, P. **On the genesis of anomalous TSM and rainfall patterns over the Tropical Atlantic Basin**. Maryland: University of Maryland at College Park, 1993, 151 p. Tese (Ph.D. at Meteorology) - University of Maryland at College Park. 1993.
- NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, Boston, v. 10, n. 4, p. 2464-2479. 1996.
- PENLAND, C. MATROSOVA, L. Prediction of tropical Atlantic sea surface temperatures using linear inverse modeling. **Journal of Climate**, Boston, v. 11, p. 483-496. 1998.
- PEZZI, L.P.; CAVALCANTI, I.F.A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, Berlin, v. 7, p. 205-212. 2001.
- RAJAGOPALAN, B.; KUSHNIR, Y.; TOURRE, M. Observed decadal midlatitude and tropical Atlantic climate variability. **Journal of Geophysical Research Letter**, Washington, v. 25, p. 3967-3970. 1998.
- SERVAIN, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 96, p. 15137-15146. 1991.
- SERVAIN, J. et al. A pilot research moored array in the tropical Atlantic (PIRATA). **Bulletin of American Meteorological Society**, Boston, v. 79, n. 10, p. 2019-2031. 1998.
- SOUZA, E.B. **Um estudo observacional sobre o Padrão de Dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical**. São José dos Campos-SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997. 138 p. Disserta-

ção (Mestrado em Meteorologia). INPE, 1997 (INPE-6392-TDI/608).

WAGNER, R. G., SILVA, A da. Surface conditions associated with anomalous rainfall in the Guinea coastal region. **International Journal of Climatology**, Londres, v. 14, p. 179-199. 1994.

WAGNER, R. G. Mechanisms controlling variability of the interhemispheric sea surface temperature gradient in the tropical Atlantic. **Journal of Climate**, v. 9, Boston, p.2010-2019. 1996.

WANG, C. Atlantic Climate Variability and its associated atmospheric circulation cells. Submetido ao **Journal of Climate**, Boston, p. 1-50. 2002 (no prelo).

ZEBIAK, S. E. Air-sea interactions in the equatorial Atlantic region. **Journal of Climate**, Boston, v. 6, p. 1567-1586. 1993.

UVO, C.R.B. **A Zona de Convergência Intertropical e sua relação com a precipitação sobre a norte do Nordeste do Brasil**. São José dos Campos-SP: Instituto Nacional de Pesquisas Especiais, 1989. 82 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). INPE, 1989 (INPE-4887-TDL/378).