

# SOBRE A RELAÇÃO ENTRE O MODO DE VARIABILIDADE TÉRMICA EQUATORIAL NO ATLÂNTICO TROPICAL E A VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA DO NORDESTE DO BRASIL

José Maria Brabo ALVES<sup>1</sup>

## 1. Introdução

Os oceanos tropicais, principalmente suas variabilidades térmicas são os fatores principais no controle das características climáticas em várias áreas do globo. Dentre essas variabilidades uma das mais conhecidas, ocorre no Pacífico tropical; os fenômenos El Niño-La Niña, cujas interações com a atmosfera tem sido extensivamente estudadas (NEELIN et al., 1998; McPHADEN et al., 1998, WANG, 2000).

No Atlântico tropical, dois modos de variabilidade se destacam: um inter-hemisférico marcado por um gradiente meridional de temperatura da superfície do mar (TSM), e outro equatorial que se define por um gradiente leste-oeste de TSM (SERVAIN et al., 1999). Estudos sobre o modo inter-hemisférico e seus impactos no clima das Américas e África tem tido maior atenção (ENFIELD & ALFARO; 1999, HASTENRATH, 2000 e outros). O modo equatorial tem uma similaridade com o fenômeno El Niño, com diferenças zonais de aquecimento na faixa equatorial do Atlântico, porém as intensidades das anomalias de TSMs são mais fracas do que no El Niño (ZEBIAK, 1993; LATIFI & GROTZNER, 2000). Devido, pouco se conhecer da relação entre o modo equatorial e a distribuição de chuva no Nordeste do Brasil (NEB), objetiva-se nessa análise preliminar mostrar a relação da precipitação (fevereiro a maio) do setor norte do NEB e abril a julho do leste do NEB com um índice de anomalias de TSM representativa do modo equatorial (ME) em anos em que esse modo foi evidente no Atlântico tropical. Análises da circulação atmosférica com ênfase no Atlântico tropical foram também analisadas.

## 2. Material e Métodos

Para precipitação foram usados os dados do banco de dados da Universidade de East Anglia – Unidade de pesquisa Climática. Esses dados estão em pontos de grade de 2,5° x 2,5° de latitude e longitude e foram selecionados entre 55-37°W e 2,5-18°S. Para TSM e vento na superfície os dados utilizados foram do COADS – Comprehensive Ocean Data Sets (DA SILVA et al., 1994). Para as variáveis atmosféricas Omega e umidade relativa os dados usados foram reanálises do NCEP/NCAR/NOAA - KALNAY et al., 1996). Médias de longo tempo (MLT), e suas respectivas anomalias mensais e sazonais (fevereiro a maio e abril a julho) foram calculadas. O período escolhido para análise esteve compreendido entre 1970-2000. O índice do modo de dipolo equatorial (IME) foi definido como uma média das anomalias de TSMs na região entre 3°N-3°S e 20°W-0° no Atlântico equatorial. Mapas compostos de anomalias de chuva nos meses de julho de 1988, 1995, 1996 e 1999 e agosto de 1984 e 1987 foram calculados para o NEB. Nesses meses desses anos o modo equatorial foi evidente segundo WANG (2002), e o IME foi acima de 0,7°C. A circulação tropical, indicativos das células de Hadley e Walker, foi inferida pela plotagem das anomalias do movimento vertical (Omega) e umidade

relativa, para a composição dos meses dos anos citados acima, dada por seções latitude, longitude versus altitude. Para a célula de Walker foi considerada uma seção entre (0-2,5°S), e para a de Hadley (0°W-37°W). Foi calculada também a correlação linear simultânea e com “lags” de até 16 meses entre o IME e um índice regional de chuva para o setor norte do NEB (média na área entre 55°W-37°W e 2,5°W-15°W – total de fevereiro a maio), e para um índice de chuva no leste do NEB (média na área 38°W-37°W e 2,5°S-18°S).

## 3. Resultados e Conclusões

Figura 1 mostra um exemplo da configuração termodinâmica na bacia do Oceano Atlântico tropical em um mês de atuação do modo equatorial. Observa-se TSMs mais quentes, com anomalias positivas superiores a 2°C. Os ventos aparecem com anomalias predominando de oeste para leste no setor centro-oeste da bacia do Atlântico Equatorial e de sudeste, e em torno a abaixo da média no centro-leste dessa bacia. WANG (2002), mostra que esse modo térmico é dominante no ciclo anual, sendo mais aparente no inverno do Hemisfério Sul.

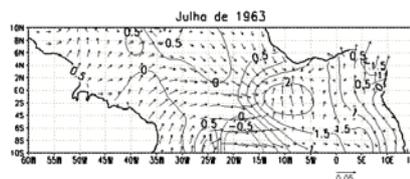


Figura 1 – Anomalias de TSM (°C) e vento junto a superfície (m/s), em julho de 1963, mês em que foi observado um predomínio do modo equatorial segundo WANG (2002).

As figuras 2 e 3 mostram seções longitude altitude, para o meses de evidência do ME mencionados na seção de metodologia, entre 180°W e 0 (indicativo da célula de Walker – média entre 0-5°S – Figura 2), e uma seção latitude x altitude entre 20°S e 20°N (indicativo da célula de Hadley – média entre 0-37°W – Figura 3), das anomalias de Omega e da umidade relativa. Nota-se que por essas figuras que as células de grande escala, principalmente, a de Hadley já apresenta uma característica do ciclo sazonal. Valores de Omega negativos (positivos) a norte (a sul) do equador, condição física favorável (desfavorável) a atividade convectiva.

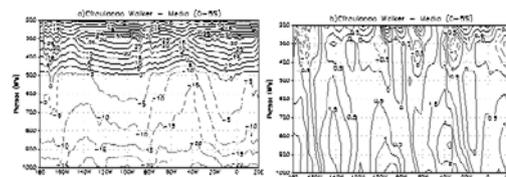
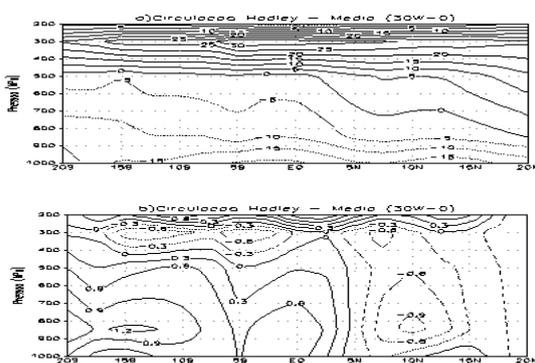


Figura 2 – Seção longitude x altitude de anomalia de umidade relativa (%) (a) e Omega (hPa/s) (b) indicativo da circulação de Walker. para os meses mencionados na seção de metodologia em que foi observado o modo de dipolo equatorial no Atlântico tropical segundo WANG (2002).

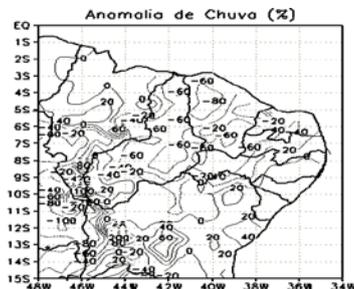
<sup>1</sup> Departamento de Meteorologia – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – email:brabo@funceme.br

A umidade relativa apresentou um predomínio de valores abaixo da média na baixa média troposfera em ambos os setores. Essa característica no movimento vertical é típica do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical para latitudes do hemisfério norte mais afastadas do equador durante o período de inverno austral (julho e agosto – meses em análise). Relacionado a circulação zonal de Walker há predomínio de movimentos descendentes (anomalias positivas de Omega), sendo consistente com o observado por WANG (2002). Na configuração de umidade pode-se observar uma similaridade com o ocorrido para a célula de Hadley.



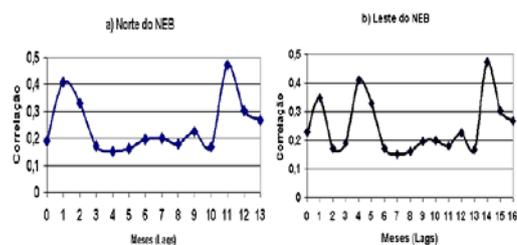
**Figura 3** – Seção latitude x altitude de anomalia de umidade relativa (%) (a) e Omega (hPa/s) (b) indicativo da circulação de Hadley, para os meses mencionados na seção de metodologia em que foi observado o modo de dipolo equatorial no Atlântico tropical segundo WANG (2002).

A distribuição da anomalia de chuva sobre o NEB (Figura 4), para o período do ME em estudo, mostrou um predomínio de anomalias negativas em grande parte da região semi-árida e setor setentrional do NEB, e acima da média no leste do NEB, consistente com a circulação, pois as chuvas do leste do NEB são devido à sistemas transientes (Ondas de Leste) nesse período; não dependendo diretamente da convecção devido a célula de Hadley. Vale ressaltar, que para o setor norte do NEB, região mais semi-árida, nesse período de estudo as chuvas são escassas, pois o mesmo já se caracteriza como um período mais seco nessa região. A correlação linear entre o IME e os índices de chuva para o norte e leste do NEB, mostraram que as maiores correlações (superiores a 0,4) ocorrem com “lags” de 1 e 12 meses para o norte do NEB e 4 e 14 meses para o leste do NEB (Figura 5).



**Figura 4** – Anomalia de chuva (%), para a Região Nordeste período de estudo em foi observado o modo de dipolo equatorial em alguns meses de inverno do Hemisfério Sul segundo WANG (2002).

Pode-se concluir, embora não categoricamente, por essas análises que o modo de dipolo equatorial parece não afetar as características sazonais da célula de Hadley no Atlântico Tropical.



**Figura 5** – Correlação linear entre o IME e índices de chuva para o norte e leste do NEB.

Relacionado à chuva de julho a agosto no norte e leste do NEB, as correlações mostraram que a variação térmica do ME explica somente da ordem de 16 a 25%, com “lags” de 1 mês a 14 meses, entretanto a explicação física dessa interação ainda carece de estudos mais aprofundados. Sugere-se estudos relacionados a variabilidade do ME na atividade pesqueira da costa norte do NEB, visto que ocorre uma anomalia significativa da TSM nessa região, o que pode influenciar a concentração de nutrientes (fitoplânctons e plânctons) e uma possível variabilidade na oferta e localização de cardumes nessa região. Impactos dessa natureza foram observados em estudos de ecossistema marinho na região da corrente de Benguela no setor leste do ME (Crawford et al., 1990).

#### 4 – Referências Bibliográficas

- DA SILVA, et al. **Algorithms and procedures. Vol. , Atlas of Surface Marine Data**, National Oceanic and Atmospheric Administration, Maryland, 83 pp. 1994.
- 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.; ALFARO, E. J. the dependence of caribbean rainfall on the interaction of the tropical Atlantic and Pacific oceans. **Journal of Climate**, Boston, v.12, 2093-21103. 1999.
- HASTENRATH, E. Upper air mechanisms of the Southern Oscillation in the tropical Atlantic. **Journal Geophysical Research**, Washington, 105, 14997-15009. 2000.
- KALNAY, E. et al. The NCEP/NCAR reanalysis project. **Bulletim American Meteorological Society.**, Boston, 77, 437-471. 1996
- LATIF, M. GROTZNER, A. The equatorial Atlantic oscillation and its response to ENSO. **Climate Dynamics**, Berlin, 16, 213-218, 2000.
- McPHADEN, M. J. et al. The tropical ocean-global atmos[here observing system: A decade of progress. **Journal Geophysical Research**, Washington, 103, 14169-14240. 1998.
- NEELIN, J. D. et al. 1998: ENSO theory. **Journal Geophysical Research**, Washington, 103, 14262-14290. 1998.
- WANG, C. Atlantic Climate variability and its associated atmospheric circulation cells. **Journal of Climate**, Boston, v.15, no.13, p.1516-1536. 2002.
- SERVAIN, J. et al. Relationship between the equatorial and meridional modes of climatic variability in the tropical Atlantic. **Geophysical Research Letter.**, Washington, 26, 458-488. 1999.
- ZEBIAK, S. E. Air-sea interaction in the tropical Atlantic region. **Journal of Climate**, Boston, v.6, 1567-1586. 1993.