

# Alguns Aspectos Climatológicos da ZCIT sobre o Atlântico

Marcelo Barbio Rosa e Luiz Tadeu Silva

*Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), São Paulo, Brasil*

marcelo.barbio@cptec.inpe.br

---

## Resumo

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o mais proeminente fenômeno meteorológico da atmosfera equatorial. Conhecida desde o início do ciclo das grandes navegações ela começou a ser estudada no séc. XIX. De início, entendida como um tipo de frente equatorial ao estilo clássico da escola de Bjerknes, somente a partir da II Guerra Mundial é que recebeu a atual denominação. Vários estudos foram então realizados sobre a ZCIT. No Brasil, este sistema afeta diretamente o regime de chuvas de parte das Regiões Norte e Nordeste, sendo por isto permanentemente monitorada. No período de 2003 a 2016, o sistema apresentou taxas de precipitação (tprec) acima de  $0.3 \text{ mm h}^{-1}$  afetando o litoral do norte do Nordeste do Brasil entre os meses de Fevereiro a Abril. Ao longo dos 14 anos em estudo, o comportamento da tprec pouco se modificou tanto no que se refere ao deslocamento sazonal dos centros de máxima como na magnitude precipitada.

**Palavras chave:** Climatologia Tropical, ZCIT, Sensoriamento Remoto.

---

## 1. Introdução

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o sistema meteorológico mais marcante próximo à região equatorial do Globo terrestre. Conhecido desde o início das grandes navegações, esta região era conhecida como zona das calmarias, e que separava os ventos alísios boreais dos austrais, sendo bem conhecida pelos estudiosos da atmosfera do sec. XIX, a exemplo de Davy (1877 Pranchas IX e X). Com Bjerknes (1933) e sua teoria frontal que explicava os ciclones extratropicais, rapidamente a mesma metodologia foi usada para tentar explicar a convergência dos alísios equatoriais. Os seguidores da nova técnica usavam como argumento a ligeira diferença de temperatura existente, ou pelo menos suposta, entre os alísios no hemisfério de inverno e os de verão como condição necessária e suficiente para aplicar tal teoria. Nesta mesma época, ou seja, a partir de 1933 até meados da década seguinte, o termo Frente Intertropical passou a ser largamente empregado nas análises sinóticas. Depois da II Guerra Mundial ficou evidente que a suposta diferença de temperatura não ocorria no limiar de separação entre as duas correntes de alísios, mas sim na região de convergência destes, ou seja, na zona de calmaria dos antigos navegantes. Esta “menor” temperatura seria parte gerada durante momentos de menor isolamento e parte pela evaporação de gotas de chuva durante as severas tempestades observadas nesta região (Riehl 1954 pp236). A partir de então, os meteorologistas começaram a usar o termo Zona Equatorial ou Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), cunhando um novo símbolo para representá-la (Fig.1).



Figura 1: Símbolo usado atualmente para representa a ZCIT em cartas sinóticas.

A ZCIT, por ser um sistema semipermanente e de grande extensão, é facilmente discernível em imagens de satélite como uma banda de maior nebulosidade sobre as regiões equatoriais e subtropicais nos Oceanos Pacífico e Atlântico principalmente. Sobre os continentes, este sistema tende a se desorganizar, pois interage com a

intensa convecção tropical nos meses de verão sobre as grandes fontes de liberação de calor latente tropicais, ou seja, as Bacias Amazônica (América do Sul) e do Congo (África) e na região da Indonésia (Ásia). Nos meses de inverno austral não se observa a nebulosidade associada à ZCIT sobre as duas primeiras regiões e na última esta se encontra deslocada para a Índia e Indochina onde se encontra atrelada à área de monção.

O deslocamento latitudinal da área de atuação da ZCIT segue o ritmo das estações mantendo-se em fase com os picos máximos de insolação (Peixoto e Oort 1992 p167). Sobre os Oceanos Pacífico e Índico este deslocamento latitudinal pode chegar a 40°, com o eixo máximo da taxa de precipitação oscilando de 20°S (verão austral sobre Madagascar) a 20°N (verão boreal sobre o norte do golfo de Bengala) (*ibidem* Fig. 7.24). Já no Oceano Atlântico este deslocamento é menos expressivo. No lado africano, este sistema desloca de aproximadamente 10°N (verão boreal) até 5°N (verão austral). Já no lado sul americano este deslocamento sazonal é menos proeminente, com seu centro de atuação da ZCIT ficando restrito a 5°N e 1°N (Hastenrath e Lamb 1977b) e com seus máximos de precipitação sempre a sul de 10°N (Peixoto e Oort 1992 Fig. 7.24).

No Brasil, a ZCIT é o principal sistema meteorológico atuante sobre o litoral norte do Nordeste brasileiro (NEB), Com sua principal atividade nos meses de Março e Abril (Uvo 1989). Nos meses de verão e outono austral (Dezembro a Maio) a ZCIT também pode interagir com alguns sistemas sinóticos, a citar, vórtices e cavados em altos níveis e distúrbios ondulatórios de leste (Melo et al. 2002) ou ainda linhas de instabilidade que se formam na costa norte do Brasil (Cohen et al. 2009). Os Estados do Nordeste Brasileiro (NEB) que mais são afetados pela ZCIT são: norte e centro do Maranhão e Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e os sertões da Paraíba e Pernambuco (Melo et al. 1997).

Há pelo menos três formas de determinar a posição climatológica da ZCIT: calculando as coordenadas do mínimo da magnitude da convergência do vento meridional em 1000 hPa, o mínimo da velocidade vertical em 500 hPa, o máximo da refletância (brilho) do topo de nuvens, ou ainda a temperatura da superfície do mar (TSM). Para uma determinação sinótica utiliza-se a temperatura de brilho do canal infravermelho ou anomalia de onda longa (Melo et al., 2002).

No presente estudo será focado apenas o deslocamento anual da ZCIT com base no brilho médio do canal visível, ou canal 1 (ch1), e da magnitude da taxa de precipitação (tprec) obtidos, respectivamente, por imagens de satélites da família GOES e pelo TRMM. Também limitar-se-á ao estudo da ZCIT do Atlântico Sul, pois somente esta parte afeta diretamente o clima no Brasil.

## 2. Dados e Metodologia

Para o estudo da climatologia da ZCIT foram usadas imagens do canal visível do satélite GOES (10, 12 e 13) com resolução espacial de 0,04°. O período coberto vai de Abril de 2003 a Julho de 2016, totalizando aproximadamente 12.500 imagens, compreendidas, no geral, entre os horários de 12Z e 21Z. Todas estas imagens fazem parte do acervo do DSA/CPTEC/INPE. Estas são limitadas a leste pelo meridiano de 28°W, não havendo, no acervo, imagens para a parte oriental da ZCIT que cubra o período estudado.

A taxa de precipitação média mensal ( $\text{mm h}^{-1}$ ) foi obtida pelo produto TRMM/3B43, com resolução espacial de 0,25°, abrangendo o mesmo período acima. O TRMM que é um satélite multissensor de órbita polar, combina os resultados com satélites geoestacionários e dados de superfície a fim de gerar campos de precipitação global. Este satélite está em operação desde Dezembro/1997, mas os campos de precipitação aqui apresentados foram restritos ao período já citado, para ficarem em consonância com a amostragem das imagens do GOES.

## 3. Análise dos Resultados

Como já ressaltado na introdução, a ZCIT segue o ciclo solar anual e desta forma uma análise mensal descreve bem o comportamento climatológico deste sistema. Na Figura 2 é mostrada a média mensal deste sistema usando-se o ch1 (sombreado) e a tprec (isolinhas), além dos campos de desvio médio padrão da tprec (dmp) no mapa pequeno e incluso.

No início do verão austral (Dezembro), a ZCIT, no período compreendido, tomando por base o máximo da tprec, manteve seu eixo um pouco a sul da latitude de 5°N e no meio do Atlântico Sul, onde se observou a isolinha máxima de 0,7  $\text{mm h}^{-1}$  o que dá mais de 521 mm de chuva precipitada em média para aquele mês. Este maior núcleo de precipitação também esteve claramente associado aos topos mais brilhantes de nebulosidade. Neste mês, tomando por referência o campo de dmp, a ZCIT tendeu oscilar mais para norte e oeste. No mês de Janeiro a ZCIT já se encontra mais deslocada para sul e mais enfraquecida no que se refere à tprec. Neste mês há uma maior variação da magnitude do sistema em sua posição média, já que os maiores valores de dmp são coincidentes com o eixo do sistema.

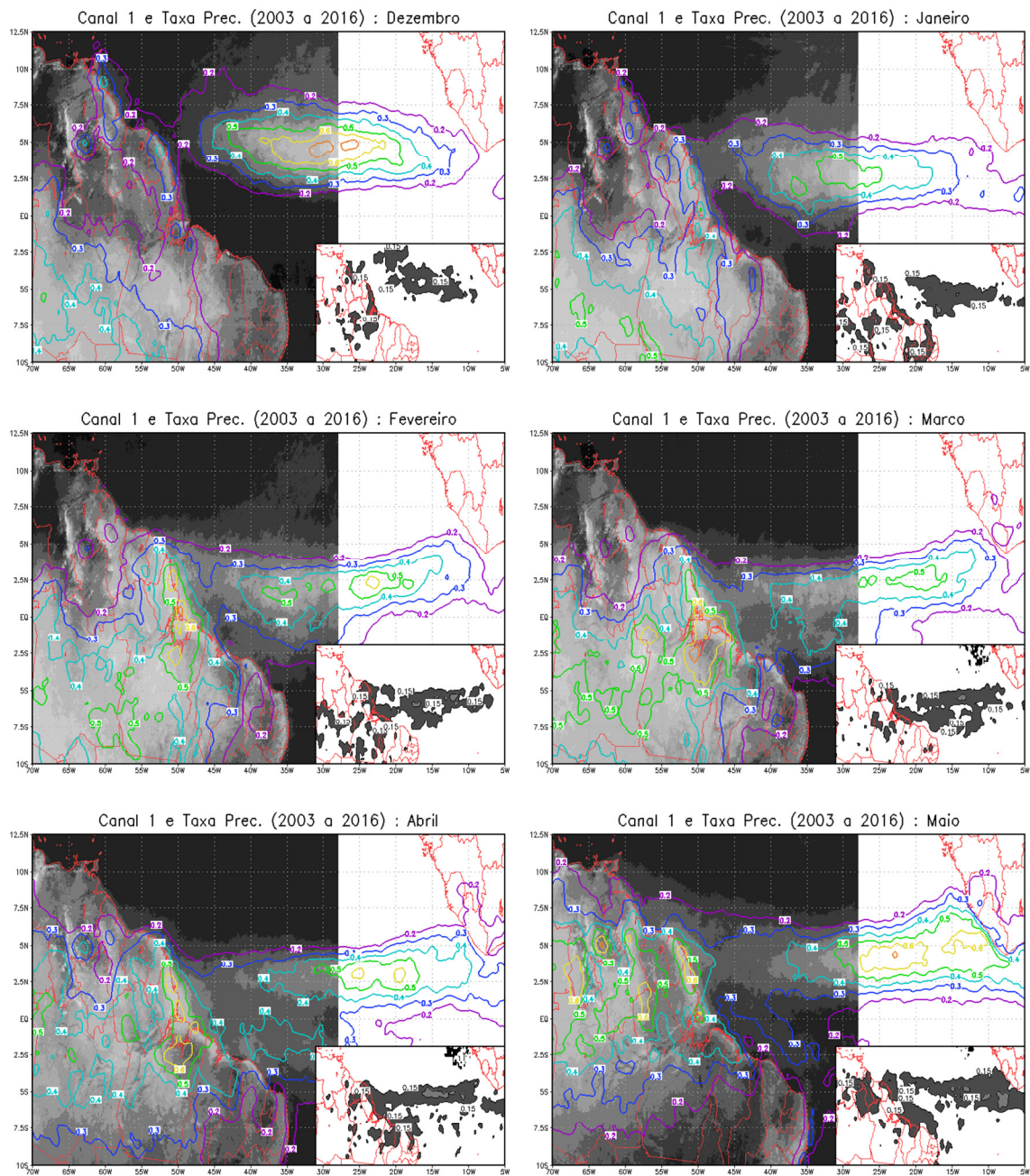


Figura 2. Campos de brilho médio do canal visível dos satélites GOES-10, 12 e 13 (sombreado), da taxa de precipitação ( $\text{mm h}^{-1}$ ) estimada pelo pacote 3B43/TRMM e do desvio médio padrão deste mesmo campo (mapa pequeno incluso). Continua.



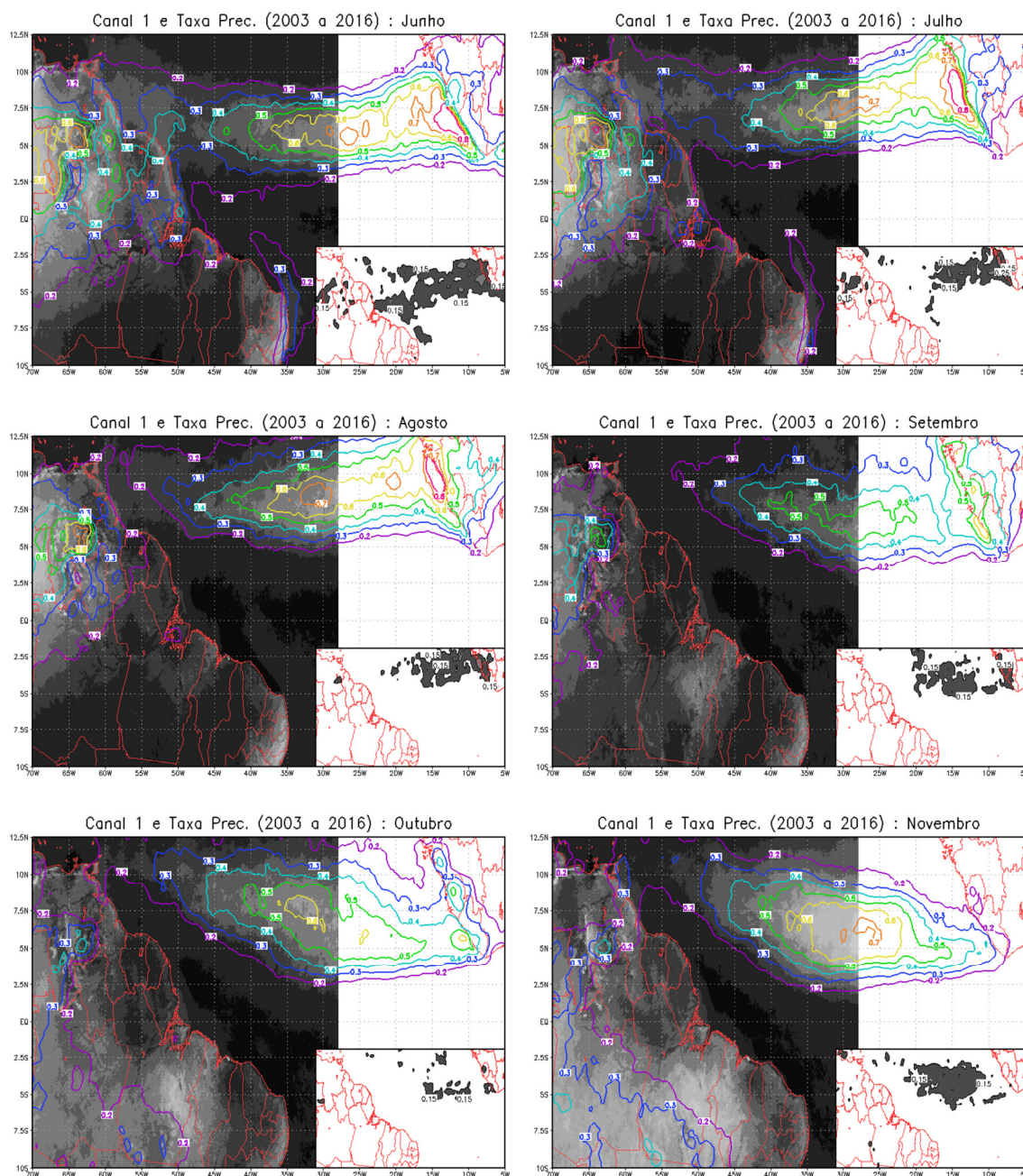


Figura 2. Continuação.

A partir de Fevereiro, o núcleo de precipitação começa a se descolar para leste e o eixo do setor oriental a se inclinar em direção à costa oeste africana visível na figura. Concomitantemente, a atividade convectiva se alonga em direção à costa sul-americana. O padrão observado neste mês é bastante similar ao encontrado nos meses de Março e Abril quando a ZCIT está mais ao sul e quando ela mais afeta o NEB (Uvo 1989).

No mês de Maio em diante a ZCIT volta a se deslocar para o Hemisfério Norte, com seu ramo oriental já conectado à convecção africana que atinge seu ápice no litoral deste continente nos meses de verão boreal (Junho, Julho e Agosto). É nos dois primeiros meses desta estação que ocorrem pulsos de leste e que atingem a costa mais oriental do Brasil (isolinha  $> 0,2 \text{ mm h}^{-1}$  em frente ao Rio Grande do Norte). O eixo ocidental da ZCIT ao norte de  $5^{\circ}\text{N}$  atinge a latitude mais boreal em Agosto.

A partir de Setembro, a convecção na África perde força fazendo com que a ZCIT oscile e se incline para sul. Em Outubro há um deslocamento do setor oriental em direção sul, enquanto do setor ocidental permanece semi-estacionário. Em Novembro novamente o núcleo de maior atividade convectiva da ZCIT encontra-se no

meio do Atlântico Equatorial. Este núcleo já está mais forte em relação ao observado no mês anterior, e denota que o aumento da atividade convectiva no meio do Atlântico tem uma correlação inversa com a mesma atividade no litoral africano.

Na última análise deste estudo, será dado um quadro da evolução da média zonal entre 45°W e 5°W da tprec na ZCIT no setor entre o Equador e 12,5°N (Figura 3). Ao longo dos 14 anos apresentados, a ZCIT sofreu poucas variações interanuais no que se refere ao seu posicionamento ao longo dos meses. Aparentemente há alguma correlação no que se refere à magnitude da tprec na ZCIT em função de eventos de El-Niño moderados ou fortes (2002-03, 2009-10, 2015-16), mas não de La-Niña (2011-12).

Nos anos de 2003 e 2009, anos de moderado El-Niño, o sistema esteve menos intenso, quando tprec média não atingiu o valor 0,5 mm h<sup>-1</sup>. No último evento de El-Niño (2015-16) a ZCIT esteve mais fraca nos meses de verão e outono austral, mas teve uma atividade equiparável a anos normais nos demais meses, mesmo como um dos mais fortes El-Niño dos últimos dezoito anos.

Dos anos apresentados, os mais chuvosos nos meses de verão-outono austral foram os de 2013 e 2014 (>0,5 mm h<sup>-1</sup>) e o mais seco o de 2010.

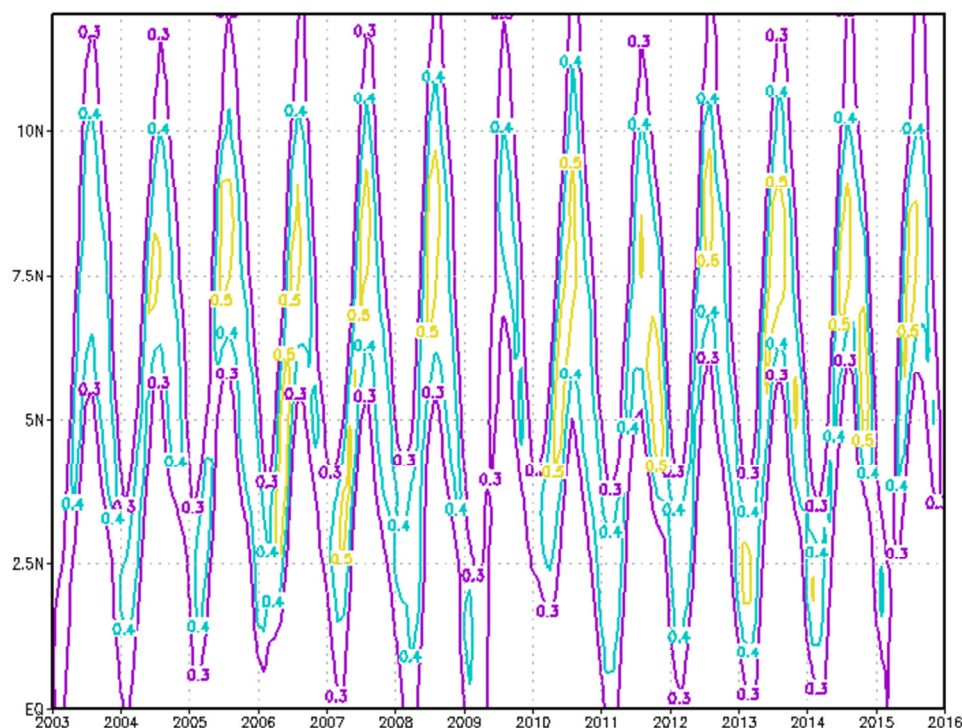


Figura 3. Série temporal da taxa de precipitação média zonal (entre 45°W e 5°W) na ZCIT no setor entre o Equador e 12,5°N. (Unidades: mm h<sup>-1</sup>)

## Referências

- Bjerknes V., et al. 1933. *Physikalische Hydrodynamik*. Verlag Julius Springer.
- Cohen J, Cavalcanti IFA, Braga RHM, Neto LS. 2009. Linhas de instabilidade na costa N-NE da América do Sul. In Cavalcanti IFA, Ferreira NJ, da Silva MGAJ, Silva Dias MAF - org.'s. *Tempo e Clima no Brasil*. Oficina de Textos, 75-93.
- Davy, H M. 1877. *Météorologie Générale – Les Mouvements de l’Atmosphère et les Variations du Temps*. G. Masson, Éditeur, 526p.
- Ferreira NS. 1996. *A Zona de Convergência Intertropical*. Climanálise. Edição Comemorativa de 10 anos.
- Hastenrath S, Lamb PJ. 1977. *Climatic Atlas of the Tropical Atlantic and Eastern Pacific Oceans*. University of Wisconsin Press, 112p.
- Melo A B C . 1997. Previsibilidade da precipitação na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil, durante a estação chuvosa, em função do comportamento diário das chuvas na pré-estação. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA). Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Campina Grande-PB. 100p.

- \_\_\_\_\_, P. Nobre, M. L. D. de Melo, S. C. Santana .2000. Estudo Climatológico da Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua Influência sobre o Nordeste Brasil. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, D. Mendes, M. J. Bottino .2002. A Zona de Convergência Intertropical sobre o Oceano Atlântico: Climatologia. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu.
- Peixoto J.P., Oort AH. 1992., Physics of Climate. Springer Verlag, 520p.
- Riehl, H. 1954. Tropical Meteorology. McGraw-Hill Publishing Company Ltd, 392p.
- Uvo CB. 1989. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.