



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



# **CARACTERIZAÇÃO DA BANDA DUPLA DA ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL (ZCIT): IDENTIFICAÇÃO E ELABORAÇÃO DE MÉTODO OBJETIVO DE DETECÇÃO**

**RELATÓRIO DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/INPE/CNPq)**

Thales Alves Teodoro (Unifei, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: thales.teo@hotmail.com

Dr. Gustavo Carlos Juan Escobar (CPTEC/INPE, Orientador)  
E-mail: gustavo.escobar@inpe.br

## **COLABORADORES**

Dra. Michelle Simões Reboita (IRN/Unifei)

Julho de 2017

**Resumo do plano de trabalho inicial:** A ZCIT pode ser definida como uma extensa região de convergência dos ventos alísios de nordeste, oriundos da alta pressão do Hemisfério Norte (HN), e dos ventos alísios de sudeste, provenientes da alta subtropical do Hemisfério Sul (HS). Existem diferentes variáveis meteorológicas para identificar a ZCIT, como por exemplo, linhas de corrente em superfície, convergência de massa e umidade na camada limite planetária, radiação de onda longa, água precipitável, velocidade vertical na troposfera média, temperatura da superfície do mar entre outras.

A ZCIT atua na transferência de calor e umidade dos níveis inferiores da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para médias e altas latitudes. Esse é o sistema meteorológico localizado no ramo ascendente da célula de Hadley, sendo considerado o mais importante gerador de precipitação sobre a região equatorial. É responsável pela precipitação sobre as áreas costeiras da Amazônia e do norte do Nordeste brasileiro (NEB). Possui como característica, movimentos ascendentes, baixas pressões, uma banda de nebulosidade e chuvas no sentido leste-oeste aproximadamente Krishnamurti et al., 2013.

Este sistema migra sazonalmente, com localização mais ao norte (em torno de 10°N - 14°N) durante agosto e setembro e posicionando-se mais ao sul (em torno de 2°S - 4°S) durante março e abril. Em algumas ocasiões a ZCIT também apresenta uma segunda banda convectiva (banda dupla). A porção leste do oceano Pacífico apresenta uma banda dupla a partir do final de fevereiro e durante março (Zhang, 2001).

No oceano Atlântico tropical a presença de uma banda dupla da ZCIT é observada entre os meses de fevereiro e abril. A banda secundária localiza-se aproximadamente entre o Estado do Rio Grande do Norte (RN) e litoral do Ceará (CE) provocando chuvas volumosas que propicia diferentes impactos sobre a população nordestina. Segundo Uvo a formação da banda dupla está estreitamente relacionada com anos chuvosos no NEB, principalmente no setor norte desta região.

Na maioria dos centros operacionais de previsão de tempo, a banda dupla do Atlântico é considerada como banda única. Porém, como foi mencionado anteriormente, a banda dupla afeta significativamente o norte do NEB. Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo analisar as principais variáveis meteorológicas que permitam identificar a banda dupla da ZCIT, principalmente no oceano Atlântico tropical.

O bolsista começará analisando manualmente as cartas sinóticas de superfície e altitude da base de dados do CPTEC/INPE. A partir desta análise, o aluno poderá identificar a ZCIT. A seguir, será feita uma análise estatística sobre a ZCIT, analisando a variabilidade sazonal e fazendo ênfase no posicionamento das bandas duplas.

Uma vez realizada esta análise estatística o aluno selecionará as principais variáveis meteorológicas capazes de identificar a banda dupla da ZCIT, de modo a realizar uma classificação sinótica da ZCIT através de compostos de casos. Para a análise das principais variáveis meteorológicas serão utilizados os dados provenientes da reanálise do NCEP/NCAR (*National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research*).

Espera-se obter uma climatologia da ZCIT, considerando sua variabilidade ao longo do ano e pretende-se também identificar a banda dupla mediante a utilização de determinadas variáveis meteorológicas. O intuito final deste trabalho é obter um critério simples e objetivo de detecção da ZCIT, incluindo as suas bandas duplas, e que possa ser implementado operacionalmente no Grupo de Previsão de Tempo (GPT) do CPTEC.

**Palavras-chave:** Banda dupla, climatologia, variáveis meteorológicas, ZCIT.

**Resumo do que foi realizado até o momento:** Neste trabalho iniciado em janeiro de 2017, foram realizadas análises de forma manual das cartas sinóticas de superfície da base de dados do CPTEC /INPE. As cartas analisadas foram as dos anos entre 2010 e 2015, e teve como proposta a identificação de casos em que o GPT definiu bandas duplas de nebulosidade no oceano Atlântico. A partir desta identificação, foi realizada uma análise do posicionamento das bandas duplas da ZCIT no Atlântico. O tempo de permanência em que a ZCIT apresentou duas bandas de nebulosidade também foi avaliado. Foram calculados alguns campos meteorológicos para os dias de banda dupla, a saber: água precipitável, umidade relativa média entre os níveis de 850 e 700 hPa, precipitação diária, divergência em 250 hPa, magnitude do vento, linhas de corrente e velocidade vertical. Estes campos foram calculados a fim de se obter as características das bandas duplas da ZCIT.

**Palavras-chave:** Banda dupla, cartas sinóticas, oceano Atlântico, ZCIT.

## 1. INTRODUÇÃO

A ZCIT é um sistema meteorológico que exerce grande influência sobre a precipitação da região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como nas áreas continentais adjacentes. A formação da ZCIT se dá na faixa equatorial, faixa esta caracterizada por ser a região de encontro dos ventos alísios de nordeste, oriundos do anticiclone subtropical do Hemisfério Norte (ASAN), e dos ventos alísios procedentes do anticiclone subtropical do Hemisfério Sul (ASAS).

A posição da ZCIT varia ao longo do ano, em anos considerados normais a ZCIT posiciona-se em torno de até  $14^{\circ}\text{N}$  entre agosto e setembro. Durante março e abril a ZCIT atinge sua posição mais ao sul (em torno de  $2^{\circ}\text{S}$ ). A variação sazonal do posicionamento da ZCIT se deve ao fortalecimento ou enfraquecimento dos alísios de nordeste e sudeste.

A Zona de Máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM), a Zona de Confluência dos Alísios (ZCA), a Zona do Cavado Equatorial, a Zona da Banda de Máxima Cobertura de Nuvens Convectivas são algumas das variáveis meteorológicas inseridas na faixa equatorial que são comumente utilizadas para localizar o posicionamento médio da ZCIT. Estas variáveis interagem na faixa equatorial, porém não se apresentam, obrigatoriamente ao mesmo tempo, sobre uma mesma latitude.

Em 1977 Hastenrath e Lamb mostraram que no verão austral a ZCA posiciona-se sobre a região do cavado equatorial, e a área de máxima cobertura de nuvens e convergência de massa relacionada à ZCIT apresenta-se ao norte da ZCA. Melo et al. (2000) mostrou que a ZCA se posiciona na região de mínimos valores de Radiação de Onda Longa (ROL). Os estados do Maranhão (norte e centro), Piauí (norte e centro), Ceará, Rio Grande do Norte, sertões da Paraíba e Pernambuco são os estados do NEB que mais recebem influência da ZCIT.

Tanto no Oceano Pacífico quanto no Oceano Atlântico, nota-se que em alguns dias do ano ocorre à formação de uma segunda banda de nebulosidade associadas à ZCIT, que pode ser vista por imagens de satélite no canal do infravermelho.

De acordo com o trabalho de Uvo (1989), a formação de banda dupla da ZCIT no Atlântico está inteiramente relacionada com anos chuvosos no NEB. A formação de banda dupla da ZCIT é observada normalmente entre os meses de fevereiro a abril. Nessa época do ano ocorre um aumento das chuvas, principalmente no norte do NEB.

Apesar de a banda dupla afetar diretamente a qualidade da estação chuvosa, principalmente, no setor norte do NEB, a sua formação ainda não é completamente entendida. Dessa forma, o objetivo principal deste estudo é determinar um critério prático e objetivo para identificar a banda dupla da ZCIT, e que possa ser implementado no ambiente operacional do GPT do CPTEC/ INPE. Além disso, objetiva-se também obter uma climatologia do posicionamento da banda dupla ZCIT no oceano Atlântico.

## 2. DADOS UTILIZADOS

Para as análises contidas neste trabalho, foram utilizados dados do período de 2010 a 2015. Os dados foram obtidos do *European Center for Medium-term Meteorological Forecast* (ECMWF). Esses dados possuem resolução horizontal de  $0,75^\circ \times 0,75^\circ$  de latitude por longitude. As variáveis obtidas foram: componente zonal e meridional do vento nos níveis de 925 e 250 hPa, umidade relativa nos níveis de 850 e 700 hPa, velocidade vertical em 500 hPa e água precipitável. A precipitação diária em ponto de grade de  $1,0^\circ \times 1,0^\circ$  de latitude por longitude, pertencente ao conjunto de dados do *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) também foi utilizada. Além desses dados, foi obtida a temperatura de brilho do topo das nuvens no canal infravermelho do *The National Climatic Data Center* (NCDC) – *Gridded Satellite Data* com resolução horizontal de  $0,07^\circ \times 0,07^\circ$  de latitude por longitude.

### 3. METODOLOGIA

A identificação de casos em que a ZCIT apresentou duas bandas de nebulosidade no período de 2010 a 2015 foi feita através da análise visual das cartas sinóticas de superfície do CPTEC/INPE. A ZCIT é registrada nas cartas sinóticas pelo GPT do CPTEC com base na análise de imagens de satélite e em campos meteorológicos de água precipitável, umidade relativa na camada 850/700 hPa, convergência de umidade na camada limite planetária, linha de corrente em 925 hPa, omega em 700 hPa e 500 hPa e precipitação convectiva. As informações referentes à data, posição latitudinal e tempo de permanência das bandas duplas foram registradas numa planilha.

Neste estudo, as bandas de nebulosidade associadas à ZCIT foram separadas em dois conjuntos: bandas boreais e bandas austrais. Uma análise estatística da variabilidade sazonal, fazendo ênfase no posicionamento das bandas duplas do Atlântico foi realizada.

Foram geradas imagens de satélite no canal infravermelho pelo software *Grid Analysis and Display System* (GrADS) para dar suporte na análise do posicionamento das bandas duplas. As posições latitudinais dessas bandas foram analisadas nas longitudes 40° W e 25° W. Em seguida, o GrADS também foi utilizado para a obtenção dos campos meteorológicos nos dias em que a ZCIT apresentou banda dupla. Os campos calculados foram os seguintes: água precipitável + omega; linhas de corrente em 925 hPa + umidade relativa média entre 850 e 700 hPa; precipitação diária + intensidade do vento em 925 hPa; divergência de massa em 250 hPa + linhas de corrente em 250 hPa.



## **4. RESULTADOS PARCIAIS**

### **4.1. Climatologia da Banda dupla da ZCIT no período de estudo**

Entre 2010 e 2015 foi identificado 45 ocorrências de banda dupla da ZCIT no Oceano Atlântico. Climatologicamente as ocorrências de banda dupla no período analisado se deram entre os meses de janeiro a maio. O mês preferencial para aparecimento de banda dupla foi o mês abril (18 casos no período analisado). O mês de janeiro foi aquele em que se observaram menos casos de aparecimento de banda dupla (2 casos no período analisado).

A posição média mensal das bandas duplas da ZCIT nas longitudes 40° W e 25° W podem ser vista na Figura 1. Na tabela 1, correspondente ao tempo médio mensal de permanência das bandas duplas, nota-se que as ocorrências de banda dupla dos meses de outono foram mais duradouras das que ocorreram durante o verão.

A máxima posição latitudinal ao norte que a banda boreal de nebulosidade associada à banda dupla da ZCIT atingiu, foi 7,5° norte. Já, a máxima posição latitudinal ao sul que a banda austral atingiu foi 4,5° sul.

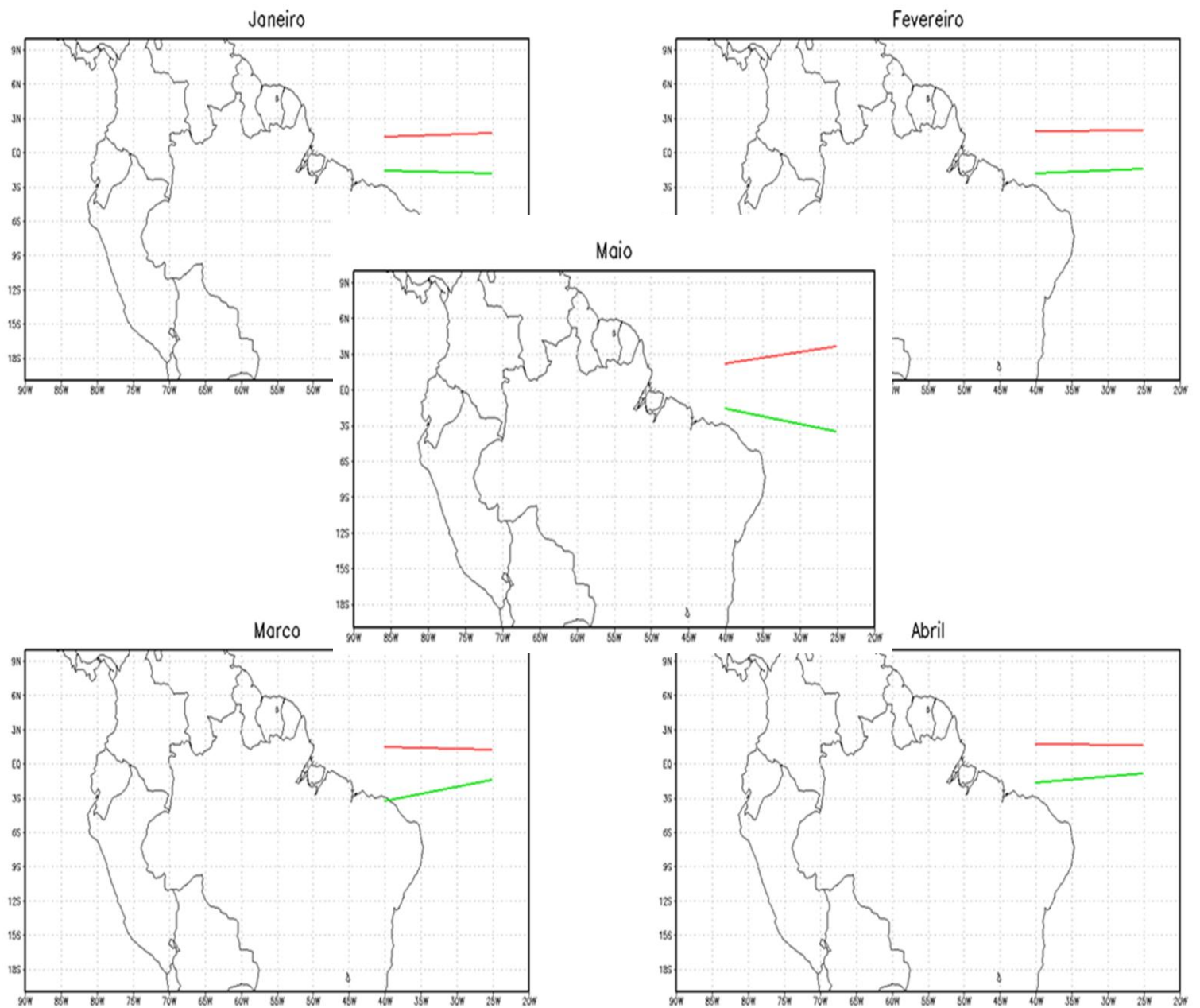


Figura 1 – Posição média mensal latitudinal das bandas boreal (vermelho) e austral (verde) da ZCIT nas longitudes 40°W e 25°W.

Tabela 1 – Tempo médio mensal de permanência (em horas) da banda dupla da ZCIT no Oceano Atlântico entre 2010 a 2015.

<b>Jan</b>	81 h
<b>Fev</b>	82,7 h
<b>Mar</b>	171 h
<b>Abr</b>	128,4 h
<b>Mai</b>	58,8 h

#### 4.2. Identificação da banda dupla da ZCIT por campos meteorológicos

A figura 2 apresenta as imagens de satélite para dois dias que foram caracterizados como dia de banda dupla. Por esta figura, é possível notar que nesses dois dias, duas bandas de nebulosidade estão posicionadas entre à costa norte e nordeste brasileiro.

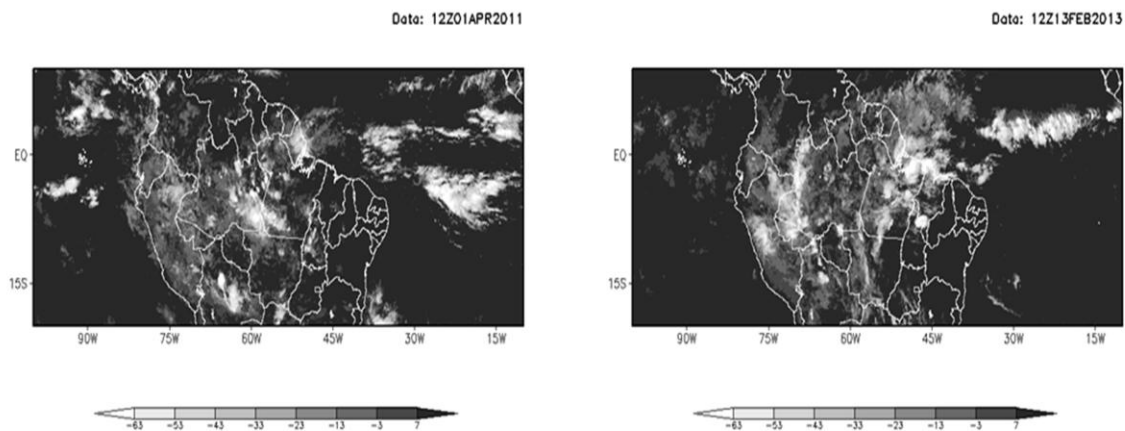


Figura 2 – Temperatura de brilho ( $^{\circ}\text{C}$ , tons de cinza); ilustrando a banda dupla da ZCIT em 01/04/2011, às 12 UTC (esquerda) e no dia 13/02/2013, às 12 UTC (direita).

Ao gerar os campos meteorológicos que melhor definem a ZCIT, foi possível identificar casos em que a ZCIT apresentou duas bandas de nebulosidade no Atlântico. As figuras 3 e 4 apresentam os campos meteorológicos calculados para o dia 01/04/2011, às 12 UTC e 13/02/2013, às 12 UTC, respectivamente (mesmos dias das imagens de satélite da figura 2). Esses campos conseguiram representar bem os aspectos meteorológicos relacionados à banda dupla da ZCIT.

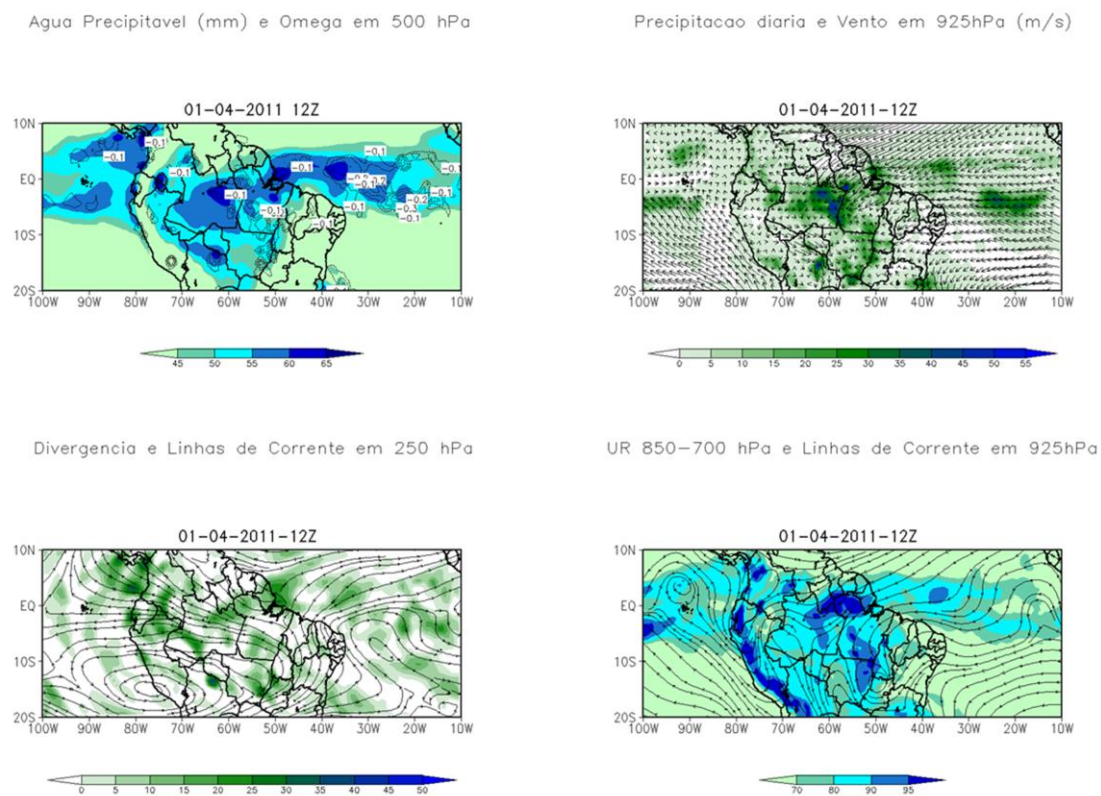
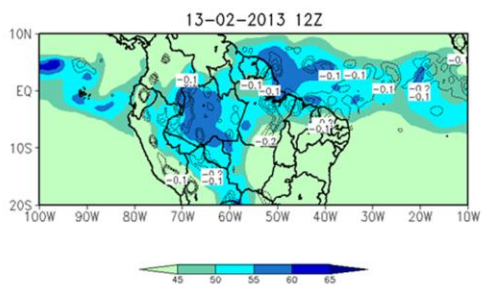
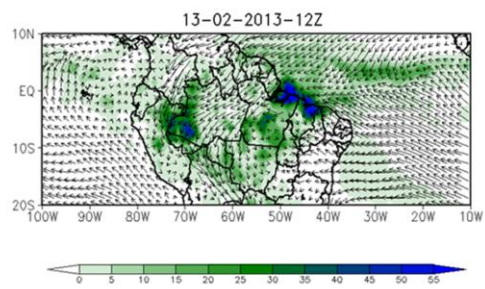


Figura 3 – Campos meteorológicos de identificação da banda dupla da ZCIT para o dia 01/04/2011 às 12 UTC.

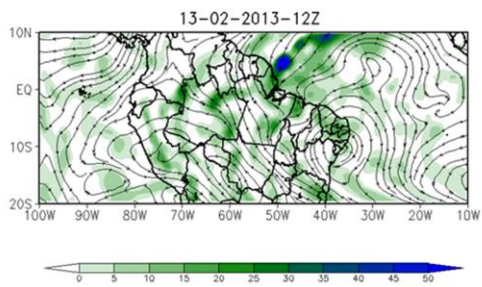
Água Precipitável (mm) e Omega em 500 hPa



Precipitação diária e Vento em 925hPa (m/s)



Divergência e Linhas de Corrente em 250 hPa



UR 850–700 hPa e Linhas de Corrente em 925hPa

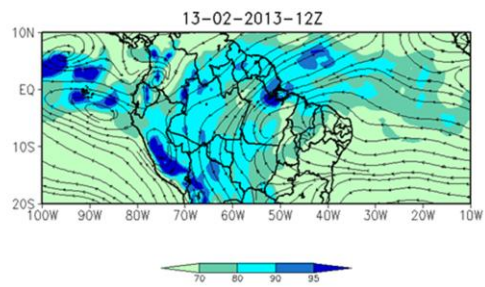


Figura 4 – Campos meteorológicos de identificação da banda dupla da ZCIT para o dia 13/02/2013, às 12 UTC.

## **5. CONCLUSÕES PARCIAIS**

Nessa primeira etapa do trabalho, foi possível estabelecer uma climatologia das bandas duplas. Também foi possível identificar as ocorrências de banda dupla por campos meteorológicos calculados no GrADS. Objetiva-se, agora, obter as características médias da banda dupla através da composição de vários casos. Incluiremos em nosso estudo uma análise do comportamento da TSM e da intensidade do vento na região de formação da banda dupla. O intuito final deste trabalho é desenvolver um critério que consiga detectar a formação de bandas duplas da ZCIT.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HASTENRATH, S., HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. Q. Jour Roy. Meteor. Soc., 103, p.77-92, 1977.

KRISHNAMURTI, T.N.; STEFANOVA, L.; MISRA, V. **Tropical Meteorology - An Introduction**, Springer, New York, 2013.

MELO, A. B. C; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. 2.1 – **Aspectos meteorológicos característicos da ZCIT**. 2.2 – **Variabilidade interanual**. In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva (Org.). *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 26-34.

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.

PENNA, C. et al. Estudo das Características da Banda Dupla da ZCIT no Oceano Atlântico. In: **VIII Seminário de Recursos Naturais (SEMENAR)**, Universidade Federal de Itajubá, 2013.

UVO, C. B. *A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região Norte do Nordeste Brasileiro*. Dissertação de mestrado em Meteorologia, INPE, 1989.

ZHANG, C. Double ITCZs. J. Geophys. Res., 106, 11,785-11,792, 2001.