



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21c/2020/08.20.15.34-NTC

**ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL (ZCIT):
CRITÉRIO DE DETECÇÃO PARA USO EM CENTROS
OPERACIONAIS DE PREVISÃO DE TEMPO**

Gustavo Carlos Juan Escobar
Vinicius Matoso

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/434QQH>>

INPE
São José dos Campos
2020

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GBDIR)

Serviço de Informação e Documentação (SESID)

CEP 12.227-010

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/7348

E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):

Presidente:

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CGCPT)

Membros:

Dra. Carina Barros Mello - Coordenação de Laboratórios Associados (COCTE)

Dr. Alisson Dal Lago - Coordenação-Geral de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CGCEA)

Dr. Evandro Albiach Branco - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (COCST)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia e Tecnologia Espacial (CGETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação-Geral de Observação da Terra (CGOBT)

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação - (CPG)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Serviço de Informação e Documentação (SESID)

Cauê Silva Fróes - Serviço de Informação e Documentação (SESID)



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21c/2020/08.20.15.34-NTC

**ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL (ZCIT):
CRITÉRIO DE DETECÇÃO PARA USO EM CENTROS
OPERACIONAIS DE PREVISÃO DE TEMPO**

Gustavo Carlos Juan Escobar
Vinicius Matoso

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/434QQH>>

INPE
São José dos Campos
2020

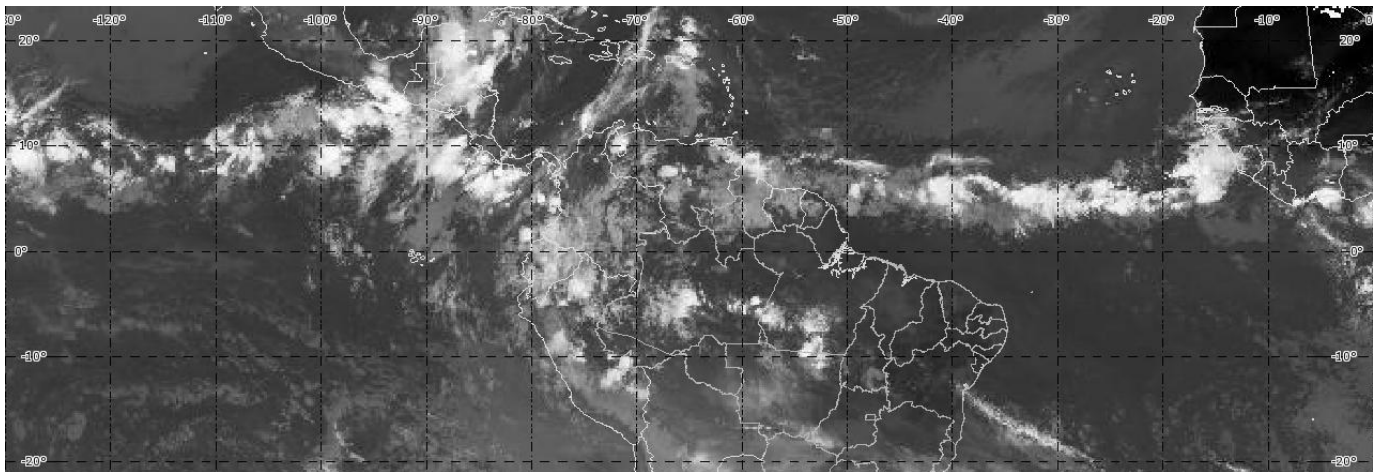


Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

NOTA TÉCNICA

Zona de Convergência Intertropical (ZCIT): critério de detecção para uso em centros operacionais de previsão de tempo



Dr. Gustavo Carlos Juan Escobar, Pesquisador - Meteorologista

Vinicius Matoso, Analista de Sistema



Introdução

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma extensa região de convergência dos ventos alísios de nordeste, oriundos do sistema de alta pressão ou anticiclone subtropical do Hemisfério Norte (HN), e dos ventos alísios de sudeste, provenientes da alta subtropical do Hemisfério Sul (HS). É caracterizada por movimentos ascendentes, baixas pressões, uma banda de nebulosidade e chuvas no sentido leste-oeste aproximadamente (KRISHNAMURTI et al., 2013).

A ZCIT é considerada o sistema mais importante gerador de precipitação sobre a região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico e nas áreas continentais adjacentes (HASTENRATH e HELLER, 1977).

A posição da ZCIT varia ao longo do ano, localizando-se 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. Esta variação sazonal tem um impacto significativo no regime de chuva durante a estação chuvosa do norte da região Nordeste do Brasil (NEB). Segundo UVO (1989), a permanência mais longa ou mais curta da ZCIT em sua posição mais ao sul, é o fator mais importante na determinação da qualidade da estação chuvosa no norte do Nordeste.

Nos anos secos, nessa região, a ZCIT inicia sua migração para norte no final de Fevereiro ou no início de Março, enquanto em anos chuvosos, a ZCIT inicia sua migração para norte no final de Abril ou início de Maio.

Entre os meses de Fevereiro e Abril, a ZCIT apresenta uma banda dupla na porção leste do oceano Pacífico (ZHANG, 2001). A banda principal da ZCIT está localizada ao norte do equador e geralmente é acompanhada por uma alongada banda de precipitação que se estende de oeste para leste ao sul do equador. Esta banda dupla é notada através de observações derivadas de satélite, como por exemplo, radiação de onda longa (rol) e refletividade provocadas pelas nuvens. Em várias ocasiões, também entre os meses de Fevereiro e Abril, observa-se a presença de uma banda dupla da ZCIT no oceano Atlântico tropical, que nem sempre é bem configurada e tão estável como a banda dupla do Pacífico. Porém, a banda secundária localiza-se aproximadamente entre o estado do Rio Grande do Norte (RN) e no litoral do estado de Ceará (CE) provocando chuvas volumosas e com fortes impactos na população. Segundo UVO (1989), a formação desta banda dupla, está relacionada com anos chuvosos no NEB, principalmente no setor norte desta região.

Do ponto de vista da previsão operacional de tempo, os meteorologistas previsores enfrentam uma série de dificuldades relacionadas com a identificação da ZCIT, principalmente entre os meses de Fevereiro e Abril, quando aparece a banda dupla. Em particular, sobre o oceano Atlântico tropical é muito comum observar na análise diária das condições do tempo, situações meteorológicas que permitem identificar duas bandas de nebulosidade, porém a maioria das vezes é considerada como banda única. Durante este período do ano é comum observar o Vórtice Ciclônico em Altos Níveis no Nordeste do Brasil (VCAN-NEB), cuja localização varia segundo a situação sinótica predominante e favorece em muitas ocasiões a identificação da banda dupla no oceano Atlântico tropical ou, em muitos casos, a desconfiguração da banda principal da ZCIT. No geral, a localização da ZCIT é definida principalmente pela circulação atmosférica na camada baixa da atmosfera, porém a circulação em níveis médios e altos também tem um rol importante já que favorece o deslocamento meridional e a intensificação ou enfraquecimento do sistema.

Em resumo, na análise diária do tempo é possível observar mais de um padrão sinótico associado com a presença da banda dupla da ZCIT no oceano Atlântico tropical. A experiência adquirida no ambiente operacional do CPTEC, tem permitido identificar os principais sistemas de tempo e as principais variáveis meteorológicas que ajudam a diagnosticar o posicionamento mais aproximado da ZCIT nas diferentes épocas do ano.

Por isso, em função desta dificuldade que existe nos centros operacionais de análise e previsão de tempo e do impacto significativo que tem a ZCIT sobre o norte do NEB, o intuito desta nota técnica é apresentar um critério prático e objetivo de detecção deste sistema para ser aplicado nos principais centros operacionais do Brasil.

Variabilidade sazonal da ZCIT

A **Figura 1** mostra a distribuição média espacial da precipitação estimada pelo satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) nas diferentes estações do ano (LAING e EVANS, 2016).

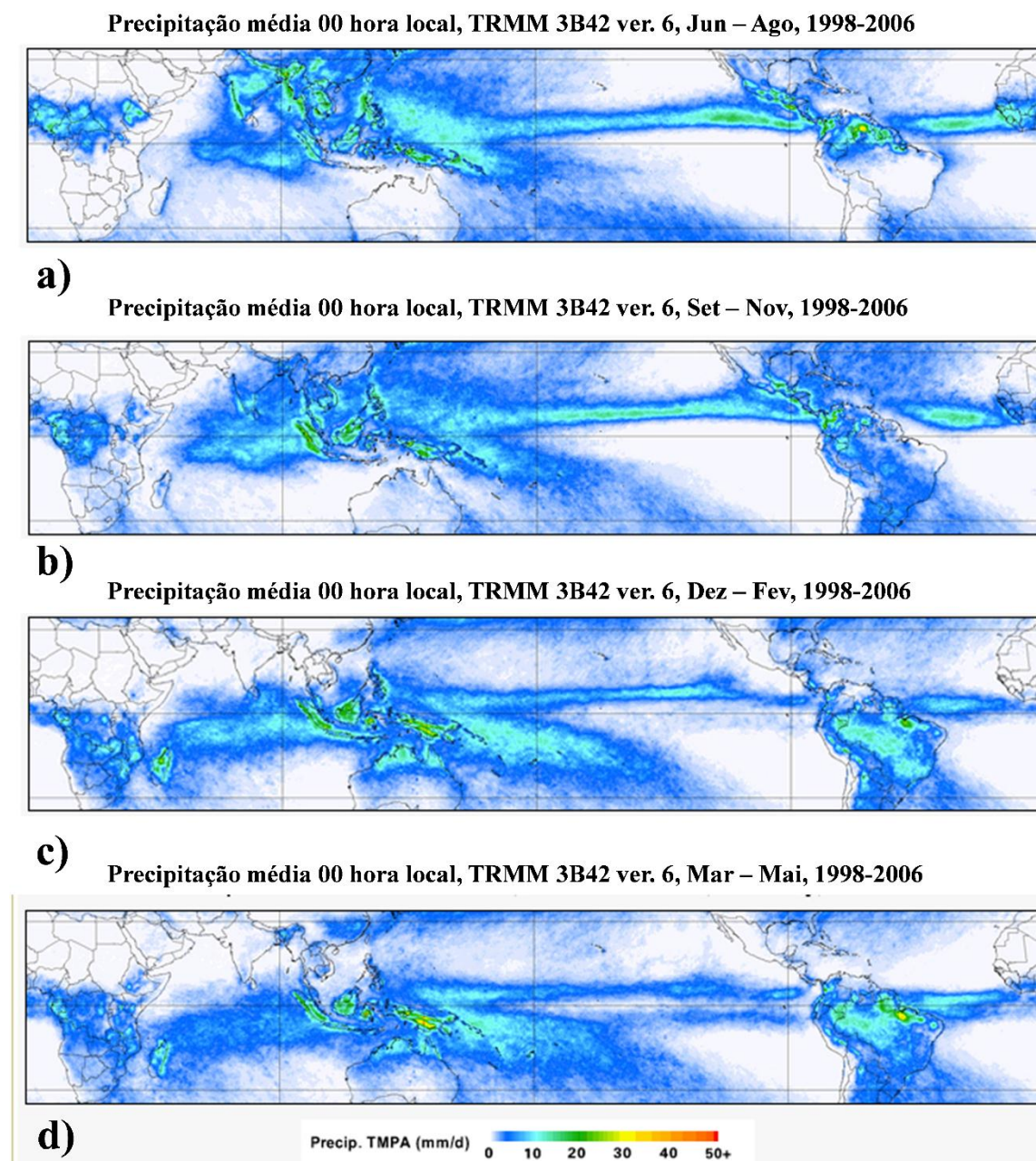


Figura 1: Precipitação média trimestral estimada pelo satélite TRMM para cada estação do ano. Período 1998 a 2006. **a)** Inverno, **b)** Primavera, **c)** Verão e **d)** Outono. Fonte: Adaptado de George Huffman / NASA and SSAI.

Fazendo ênfase na ZCIT é possível observar a posição média sazonal deste sistema nos oceanos Pacífico e Atlântico, respectivamente.

Nota-se que a ZCIT aparece mais ao norte durante o inverno e a primavera (**Figura 1 a e b**) e mais ao sul durante o verão e o outono (**Figura 1 c e d**). No Oceano Pacífico é possível observar a presença da banda dupla durante o outono (**Figura 1 d**) e um indício do aparecimento deste sistema também durante o verão (**Figura 1 c**). Já sobre o oceano Atlântico, a banda dupla também aparece durante o outono (**Figura 1 d**), porém com menor definição e menos alongada em relação a banda dupla do Pacífico. Este comportamento sazonal da ZCIT ao longo do ano faz com que os previsores meteorologistas tenham bastante dificuldade na hora de diagnosticar o posicionamento deste sistema tropical, principalmente durante o aparecimento da banda dupla no oceano Atlântico tropical.

Variabilidade sinótica e características técnicas da ZCIT

Devido a ZCIT ser um sistema tropical, não se observa grande variabilidade sinótica em relação a seu comportamento, durante o inverno e a primavera do HS. É um sistema estacionário determinado por um aglomerado de nuvens convectivas que se organizam em forma de banda e que pode apresentar diferente intensidade. Em muitas ocasiões a ZCIT apresenta pouca atividade devido à escassez de nebulosidade. Assim, a imagem de satélite não é suficiente para identificar este sistema. Neste caso, é necessário utilizar outras variáveis meteorológicas para identificar a ZCIT. Em termos gerais, a umidade do ar, a precipitação e a circulação atmosférica na camada baixa da atmosfera são primordiais para poder distinguir este sistema tropical. Os Anticiclones Subtropicais Semipermanentes dos oceanos Pacífico e Atlântico de ambos os Hemisférios são os principais sistemas meteorológicos que determinam a zona de confluência dos Alísios. Esta característica junto à temperatura da superfície do mar contribui para determinar o posicionamento da ZCIT. Em termos gerais a ZCIT se posiciona nas regiões com maiores temperaturas, tanto no continente quanto no oceano.

Outra característica observada no comportamento da ZCIT é a defasagem que existe entre a confluência dos ventos em superfície e a banda de nebulosidade e chuva da ZCIT, que geralmente é determinada pela convergência de massa e pela umidade.

A experiência observacional mostra, assim como foi identificado por HASTENRATH e LAMB (1977), que durante o inverno do HS a ZCIT fica posicionada ao sul da zona de confluência dos ventos. Já no verão, o comportamento é inverso, a ZCIT se localiza ao norte da zona de confluência dos ventos.

A **Figura 2 a** mostra um caso onde a ZCIT pode ser identificada claramente através da imagem de satélite. Na **Figura 2 b** é possível observar a confluência dos Alísios determinada pelos anticiclones subtropicais semipermanentes do HN e do HS, tanto no Pacífico quanto no Atlântico. Também é possível observar, como foi comentado anteriormente, que a ZCIT se encontra um pouco mais ao sul em relação à confluência dos ventos próximos de superfície. Pode-se observar claramente que o movimento vertical ascendente na troposfera média, representado pelo campo de omega negativo em 500 hPa, está praticamente em fase com o campo de água precipitável (**Figura 2 c**). A **Figura 2 d** mostra a convergência de umidade na camada limite planetária que, geralmente apresenta uma altura que oscila entre 1500 e 2000 metros, aproximadamente. Se observa claramente como esta variável consegue determinar com bastante exatidão o posicionamento da ZCIT em ambos os oceanos.

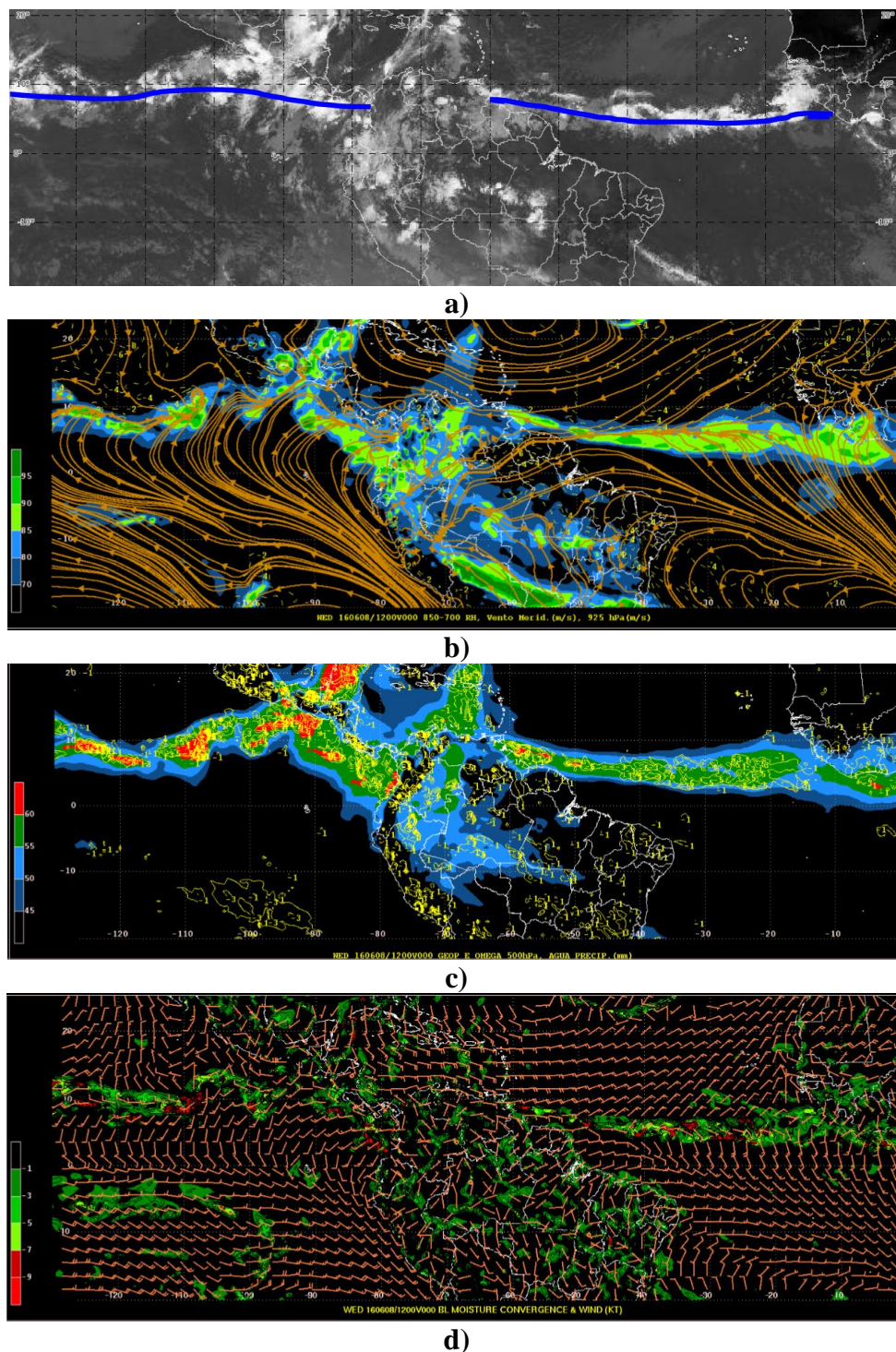
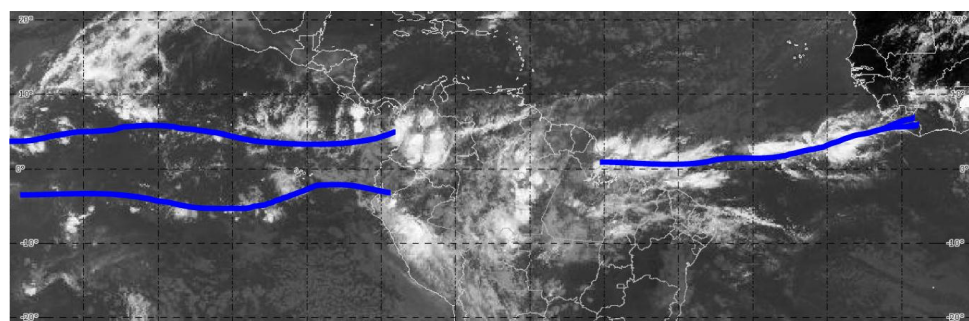
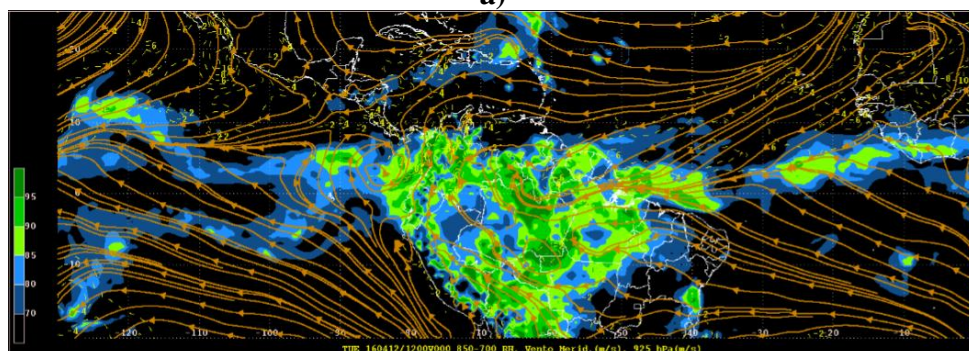


Figura 2: Análise sinótica da ZCIT correspondente ao dia 08 de junho de 2016 às 12 UTC. a) imagem de satélite GOES-13 no canal infravermelho. b) linha de corrente em 925 hPa (cor marrom) e umidade relativa média na camada 850 hPa-700 hPa (sombreado colorido acima de 70%). c) ômega negativo em 500 hPa (linhas contínuas em amarelo) e água precipitável (sombreado colorido acima de 45 mm). d) convergência de umidade na camada limite planetária em $\text{Kg.m}^{-1}.\text{s}^{-2}$ (sombreado colorido) e direção e intensidade do vento em 850 hPa em Nós (barbelas). As variáveis meteorológicas das figuras b), c) e d) correspondem às análises do modelo numérico global (GFS) (Global Forecast System) com resolução horizontal de 25 km.

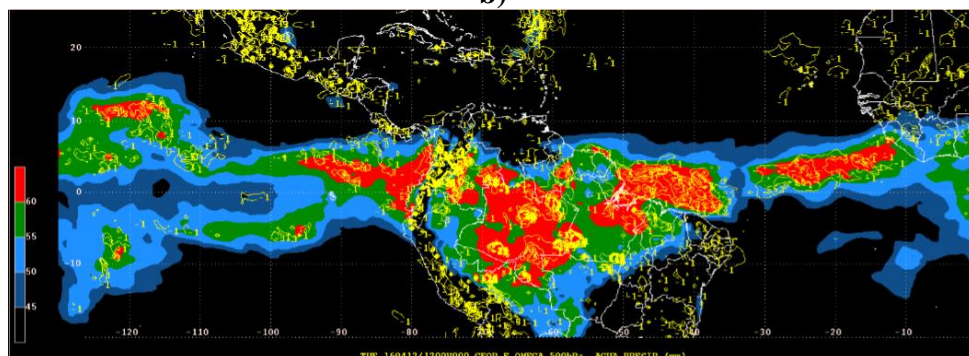
A **Figura 3** mostra um caso onde a ZCIT apresenta banda dupla no Oceano Pacífico e banda única no Oceano Atlântico.



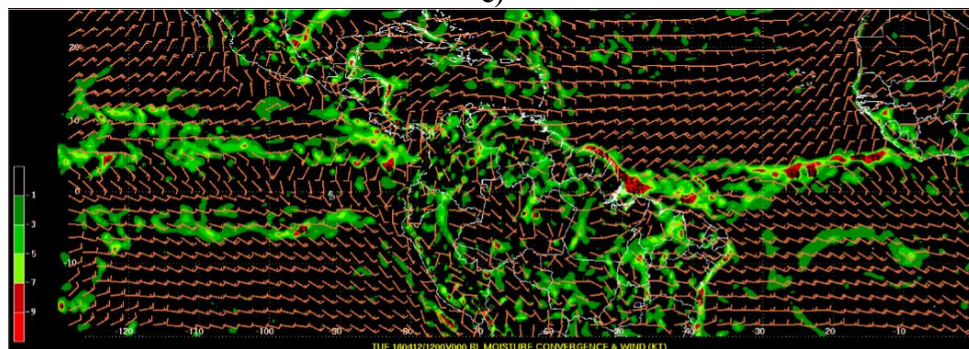
a)



b)



c)



d)

Figura 3: Idem **Figura 2**, porém correspondente ao dia 12 de abril de 2016 às 12 UTC.

Nota-se que todas as variáveis apresentadas conseguem identificar este sistema com bastante clareza. O campo espacial de umidade relativa do ar na camada 850 hPa / 700 hPa junto à confluência do vento em 925 hPa (**Figura 3 b**) e o campo espacial de água precipitável junto a omega negativo em 500 hPa (**Figura 3 c**) também conseguem representar

bem o posicionamento da ZCIT em ambos os oceanos. Na **Figura 3 d** também consegue-se identificar ambas as bandas do Pacífico e do Atlântico através da convergência de umidade na camada limite planetária.

A **Figura 4** mostra um caso onde a ZCIT apresenta certa dúvida em relação à presença de possível banda dupla no oceano Atlântico. Sobre o oceano Pacífico, a situação está mais clara e o sistema tropical consegue ser identificado com facilidade.

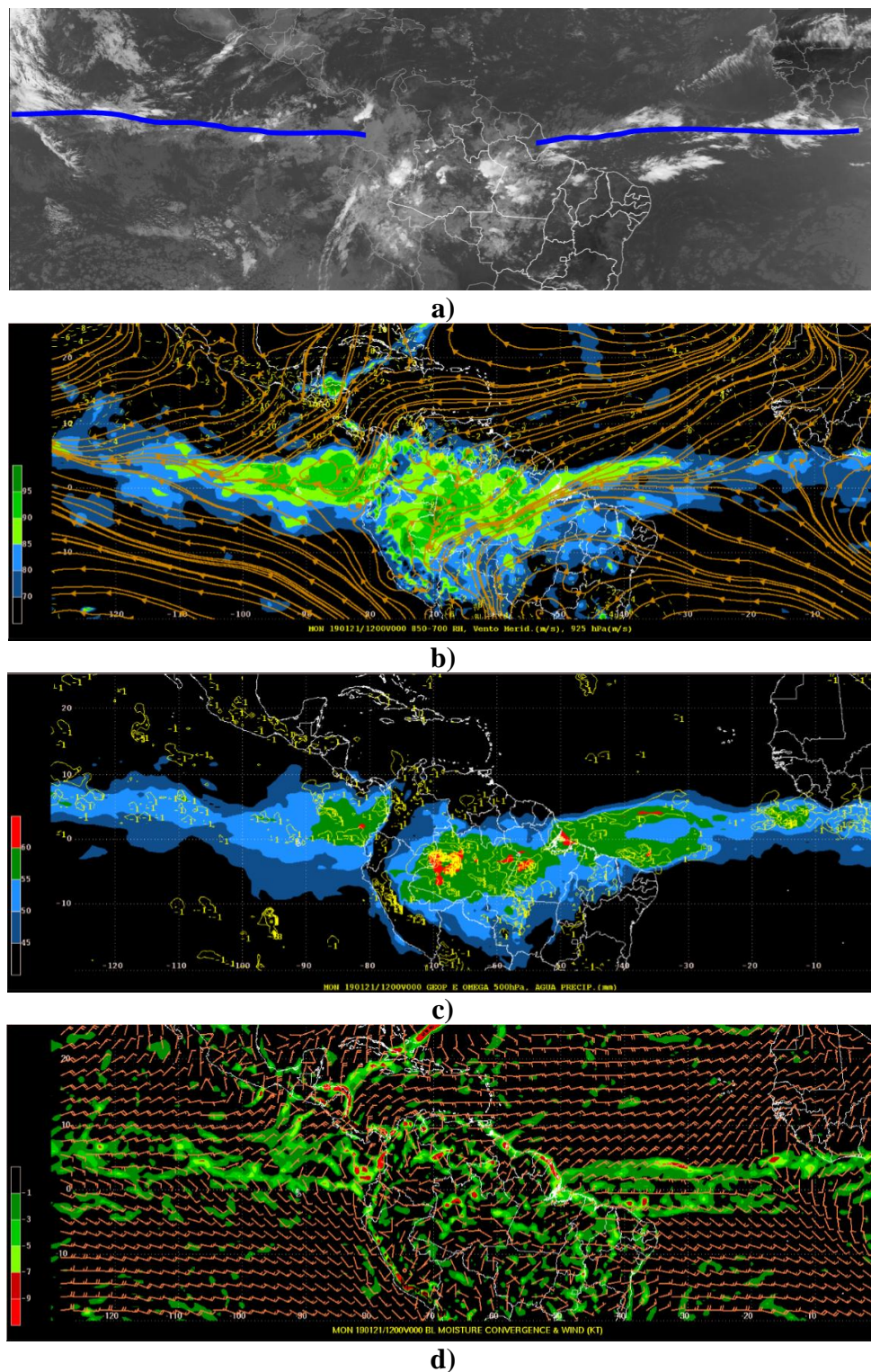


Figura 4: Idem **Figura 2**, porém correspondente ao dia 21 de janeiro de 2019 às 12 UTC.

A partir da análise da imagem de satélite (**Figura 4 a**) percebe-se que sobre o oceano Atlântico tropical existe uma banda principal bastante bem definida que se estende desde o centro do estado do Amapá (AP) até o continente africano. Ao sul desta banda principal observa-se um outro aglomerado de nuvens de menor comprimento que se estende em direção ao norte do CE.

Na **Figura 4 b, c e d** nota-se claramente o posicionamento da ZCIT sobre o oceano Pacífico. No oceano Atlântico também consegue-se identificar com bastante clareza a banda principal da ZCIT, porém nota-se uma outra banda de menor comprimento que também é identificada pela abundante umidade, pelo mecanismo de levantamento e pela convergência de umidade.

Analisando o escoamento em 250 hPa (**Figura 5**), observa-se a presença do VCAN-NEB sobre o leste do Nordeste, centrado aproximadamente entre o leste da Paraíba (PB) e o leste de Alagoas (AL). A borda norte deste sistema de altitude contribui para gerar divergência e em consequência chuva, aproximadamente na região onde observa-se o aglomerado de nuvens mencionado recentemente. Assim, este sistema de altitude acaba criando certa dúvida quanto a presença de uma banda dupla,

Em casos como este último recém analisado, onde a ZCIT pode gerar certa dificuldade na sua identificação, recomenda-se também analisar uma sequência de imagens de satélite através da composição de uma animação de imagens, pelo menos das últimas 24h. Conhecendo o posicionamento do passado recente da ZCIT, é possível prever a localização no momento de realizar o diagnóstico, devido este sistema tropical não apresentar grandes mudanças de um dia para outro. Por isso, é muito importante em ambientes operacionais de previsão de tempo, levar em consideração as análises sinóticas realizadas pelo previsor do plantão anterior. Desta forma, se vê facilitado o traçado dos diferentes sistemas meteorológicos e ao mesmo tempo se consegue manter uma coerência nas análises sinóticas.

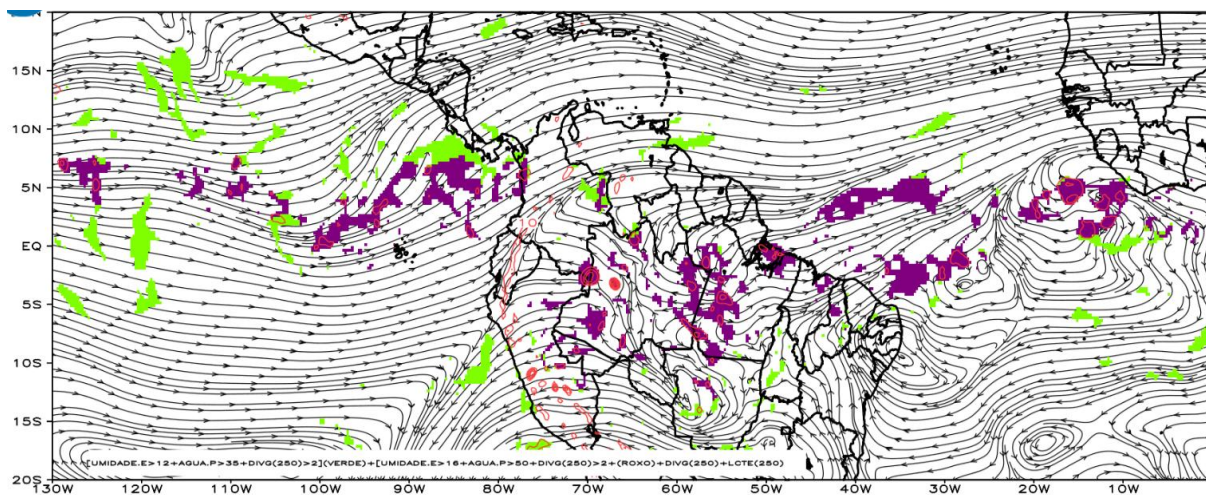


Figura 5: linha de corrente em 250 hPa, divergência superior a $0,0 \text{ s}^{-1}$ (linhas contínuas em vermelho), [umidade específica a 2m superior a 12 gr/kg + Água precipitável superior a 35 mm + divergência superior em 250 a $2,0 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$] (área colorida em verde limão), [umidade específica a 2 m superior a 16 gr/kg + Água precipitável superior a 50 mm + divergência superior em 250 a $2,0 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$] (área colorida em roxo).

Critério de detecção da ZCIT

A seguir se apresenta um critério de detecção da ZCIT para ser utilizado pelos previsores que trabalham em centros operacionais de previsão de tempo. As variáveis utilizadas foram selecionadas a partir da definição teórica da ZCIT e os limiares escolhidos para cada uma delas, foram baseados na experiência profissional do autor desta Nota Técnica adquirida como previsor na rotina operacional.

O procedimento rotineiro proposto para ser executado pelos previsores durante os 4 turnos de trabalho (00h – 06h; 06h -12h; 12h-18h; 18h-24h), pode ser resumido em três principais itens:

1. Elaboração do diagnóstico sinótico, através da análise das cartas de superfície e altitude e da imagem de satélite no canal infravermelho durante os 4 horários sinóticos (00Z, 06Z, 12Z e 18Z).
2. Mediante a combinação de diferentes variáveis meteorológicas derivadas do modelo numérico global (GFS) (Global Forecast System) com resolução horizontal de 25 km são geradas diariamente de forma automática cinco cartas específicas para a identificação da ZCIT, a partir dos softwares GRADS e GEMPAK (General Meteorological Package). As saídas gráficas geradas contêm informação relevante da estrutura dinâmica e termodinâmica da atmosfera com o intuito de identificar de forma mais objetiva a ZCIT. Ressalta-se que esta metodologia automática pode ser aplicada a qualquer outro modelo numérico de previsão de tempo.
3. As cinco cartas específicas para a identificação da ZCIT contêm as seguintes informações:
 - i) **Carta 1 = Convergência de Umidade 1:** linha de corrente em 925 hPa, água precipitável acima de 40 mm (sombreado colorido) e velocidade vertical ascendente (omega negativo inferior a $-0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$) em 500 hPa (linhas tracejadas em amarelo).
 - ii) **Carta 2 = Convergência de Umidade 2:** linha de corrente em 925 hPa, umidade relativa média da camada 850 hPa / 700 hPa acima de 70% (sombreado colorido), e velocidade vertical ascendente (omega negativo em 850 hPa inferior a $-0,001 \text{ Pa/s}$) em 850 hPa (linhas tracejadas em preto).
 - iii) **Carta 3 = Convergência de Umidade 3:** convergência de umidade na camada limite planetária em $\text{Kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$ (sombreado colorido) e direção e intensidade do vento em 850 hPa em Nós (barbelas).
 - iv) **Carta 4 = Chuva:** linha de corrente e altura geopotencial (linhas contínuas em preto) em 500 hPa, [ômega negativo em 500 hPa inferior a $-0,001 \text{ Pa/s}$ + umidade relativa na camada 850 hPa / 700 hPa / 500 hPa superior a 70%](área colorida em azul) e [ômega negativo em 500 hPa inferior a $-0,3 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ + umidade relativa na camada 850 hPa / 700 hPa / 500 hPa superior a 70%] (área colorida em verde).

Esta carta foi criada principalmente para identificar as áreas de chuva que se associam com a ZCIT através da combinação do mecanismo de levantamento (omega negativo) e da

elevada umidade relativa do ar (superior a 70%). A área em verde representa de forma qualitativa as áreas com chuva mais intensa devido à maior intensidade do mecanismo de levantamento (ω inferior a $-0,3 \text{ Pa/s}$).

v) **Carta 5 = Divergência:** linha de corrente em 250 hPa, divergência superior a $0,0 \text{ 1.s}^{-1}$ (linhas contínuas em vermelho), [umidade específica a 2m superior a 12 gr/kg + Água precipitável superior a 35 mm + divergência em 250 superior a $2,0 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$] (área colorida em verde limão), [umidade específica a 2 m superior a 16 gr/kg + Água precipitável superior a 50 mm + divergência em 250 superior a $2,0 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$] (área colorida em roxo).

Esta carta também foi criada para determinar as principais áreas de chuva, porém através da divergência em altos níveis que é o principal mecanismo de levantamento que existe nas áreas tropicais. A divergência combinada com valores elevados de Água precipitável permite estimar, de forma qualitativa, as principais áreas com chuva significativa.

Verificação subjetiva do critério de detecção da ZCIT

Com o objetivo de verificar qualitativamente esta metodologia operacional e medir sua eficiência, o critério de detecção da ZCIT foi aplicado para três casos que apresentaram diferentes padrões sinóticos.

O primeiro caso de ZCIT analisado ocorreu durante o dia 15 de abril de 2017 às 00 UTC. Este é um caso interessante em que ambos os oceanos apresentaram banda dupla.

Na **Figura 5** é possível observar através da imagem de satélite no canal infravermelho, ambas as bandas configuradas. Como foi descrito ao longo de toda a Nota Técnica, os meteorologistas previsores apresentam maior dificuldade na hora de identificar a banda dupla do Atlântico tropical por causa de sua maior variabilidade e menor persistência. Este é um dos poucos casos onde a banda dupla da ZCIT sobre o Atlântico consegue ser identificada com relativa facilidade.

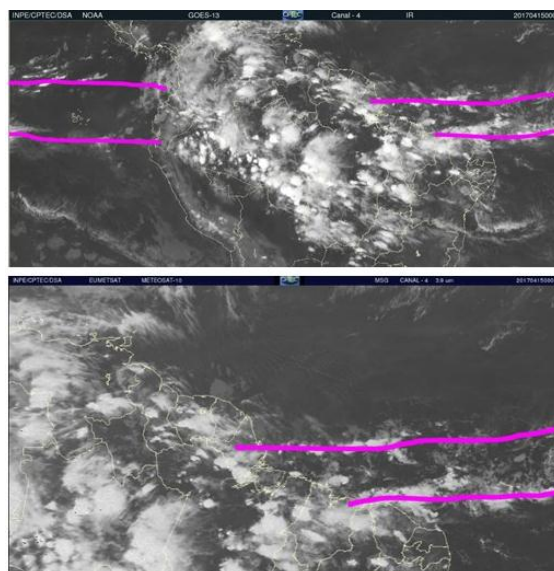
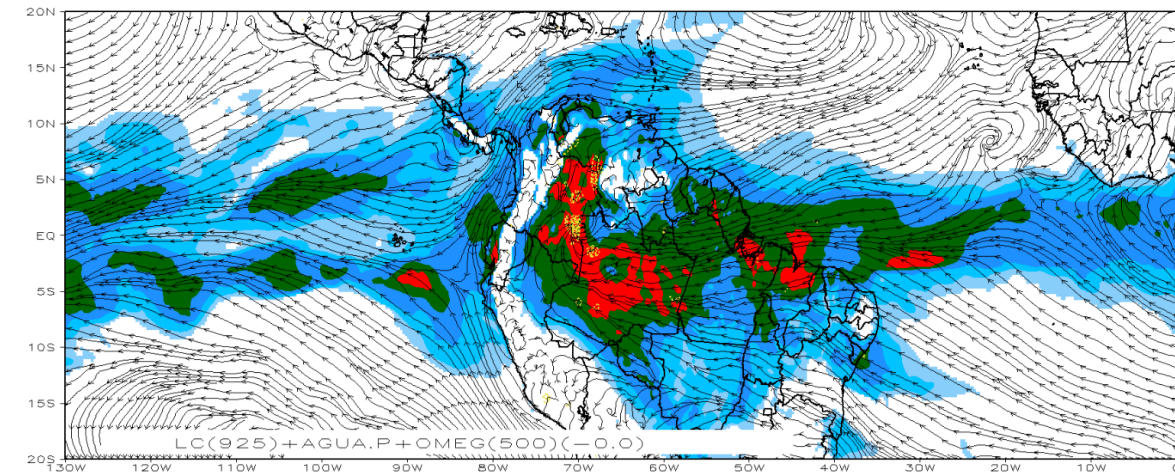


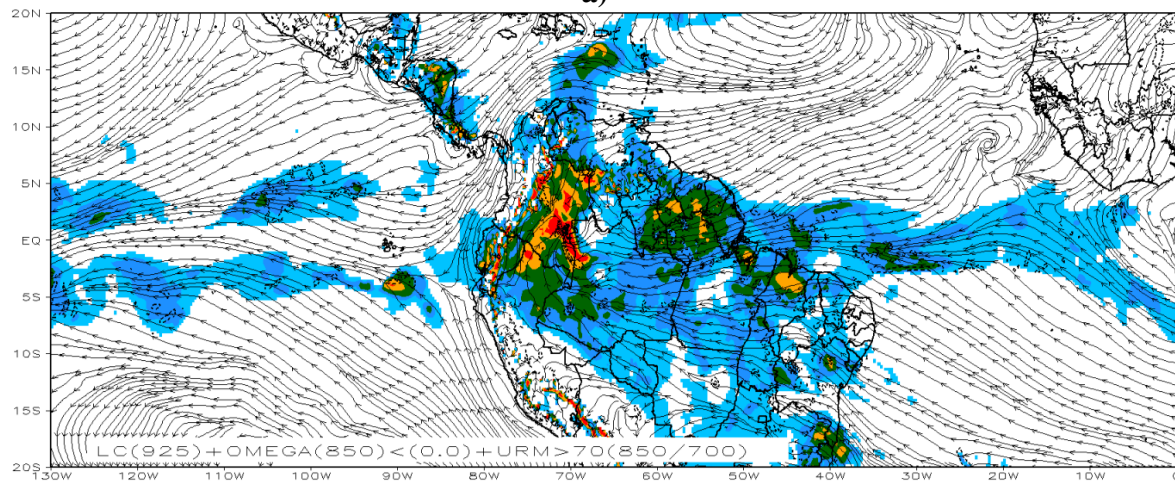
Figura 5: Imagem de satélite no canal infravermelho (GOES-16 superior e METEOSAT inferior) correspondente ao dia 15 de abril de 2017 às 00 UTC.

As Cartas 1, 2 e 3 (**Figura 6 a, b e c**) identificam com maior clareza a banda dupla do Oceano Pacífico, como já foi discutido anteriormente. Já sobre o oceano Atlântico tropical, a

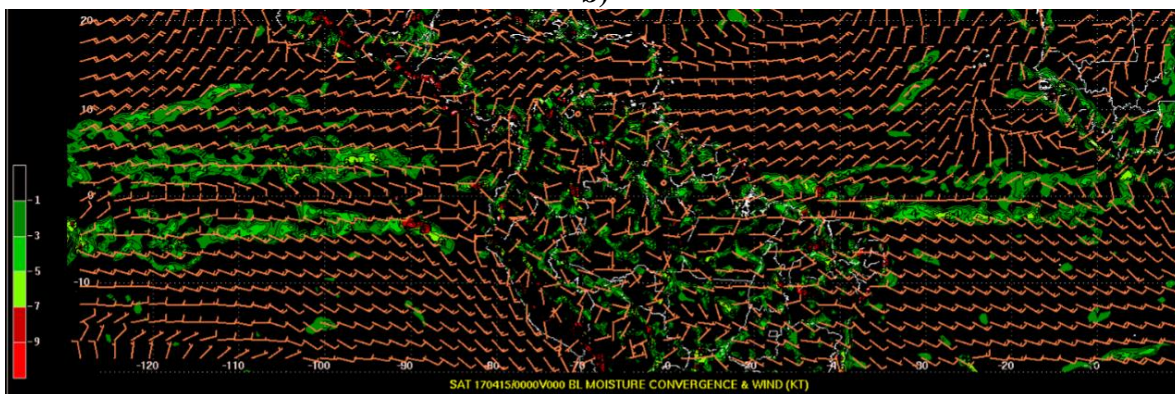
banda secundária consegue ser identificada com maior facilidade através da Carta 3 (**Figura 6 c**). Ressalta-se também que a confluência dos Alísios não é determinante para localizar as bandas duplas, já que apenas consegue identificar de forma aproximada a banda principal da ZCIT em ambos os oceanos.



a)



b)



c)

Figura 6: Cartas específicas para identificação da ZCIT correspondentes ao dia 15 de abril de 2017 às 00 UTC. Carta 1 (a), Carta 2 (b) e Carta 3 (c).

As Cartas 4 e 5 (**Figuras 7 a e b**) apenas conseguem contribuir para identificar principalmente as áreas de chuva associadas com a ZCIT. Estas duas Cartas adicionais foram

criadas para complementar a análise realizada através das três primeiras Cartas, já que como foi mencionado anteriormente, a ZCIT fica determinada principalmente pela circulação nas camadas baixas da atmosfera. Em 500 hPa, a Carta 4 (**Figura 7 a**), também permite identificar relativamente bem as duas bandas duplas da ZCIT em ambos os oceanos. A chuva determinada pela combinação do mecanismo de levantamento e da umidade relativa do ar elevada (área azul ou verde) mostra de alguma forma a atividade da ZCIT.

Em altitude (**Figura 7 b**) é possível identificar dois centros anticiclônicos sobre o oceano Atlântico tropical, um no HS aproximadamente em 25°W, 2°S e o outro no HN, aproximadamente em 40°W, 4°N. A difluência dos ventos gerada por ambos os sistemas favorece a divergência em altitude e contribui para intensificar a convergência nas camadas baixas. A Carta 5 (**Figura 7 b**) representa este comportamento através da área sombreada em roxo. Esta ampla área de divergência de alguma forma máscara e impede individualizar as duas bandas da ZCIT sobre o oceano Atlântico.

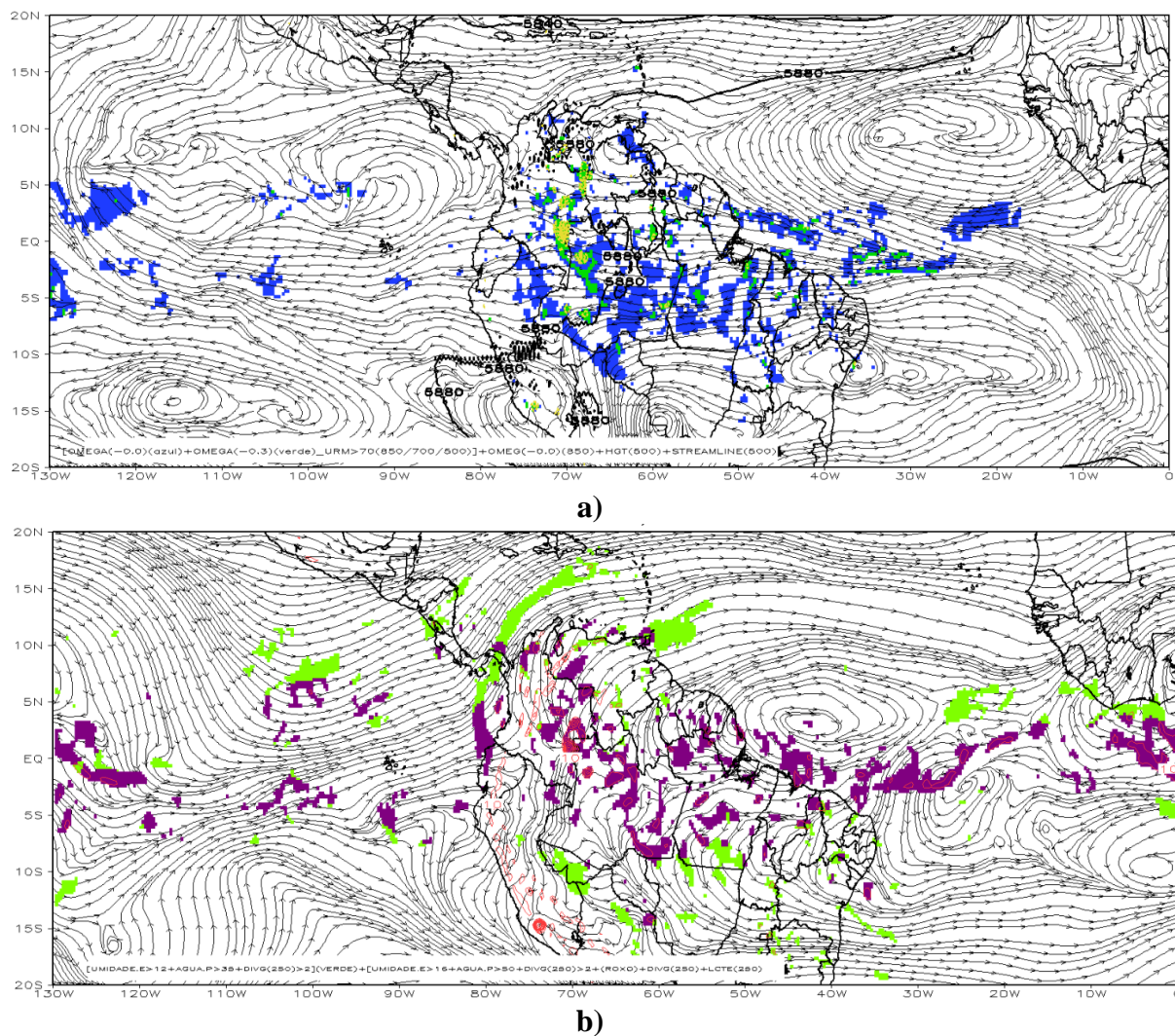
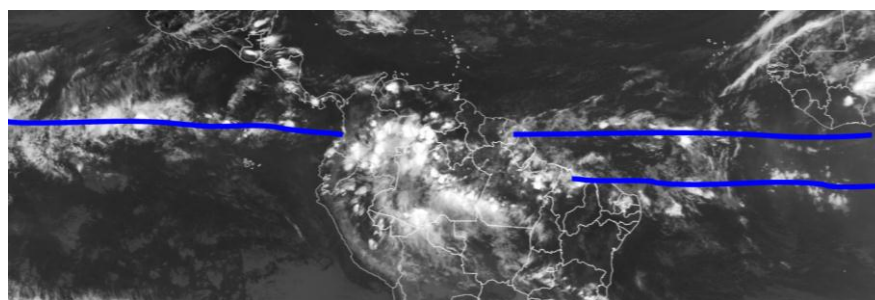
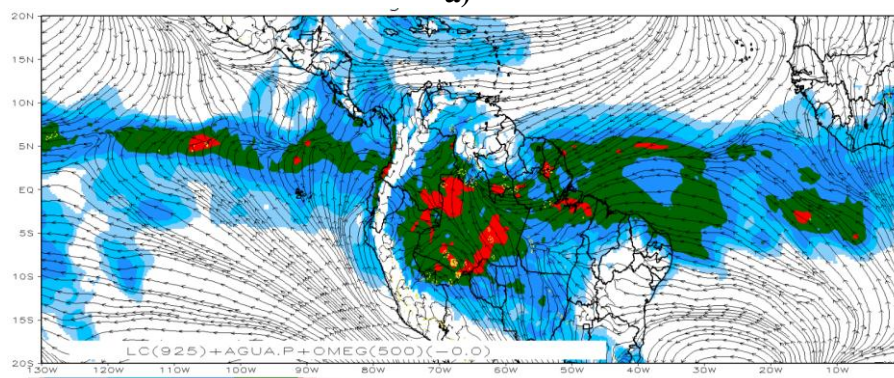


Figura 7: Cartas específicas para identificação da ZCIT correspondentes ao dia 15 de abril de 2017 às 00 UTC. Carta 4 (a) e Carta 5 (b).

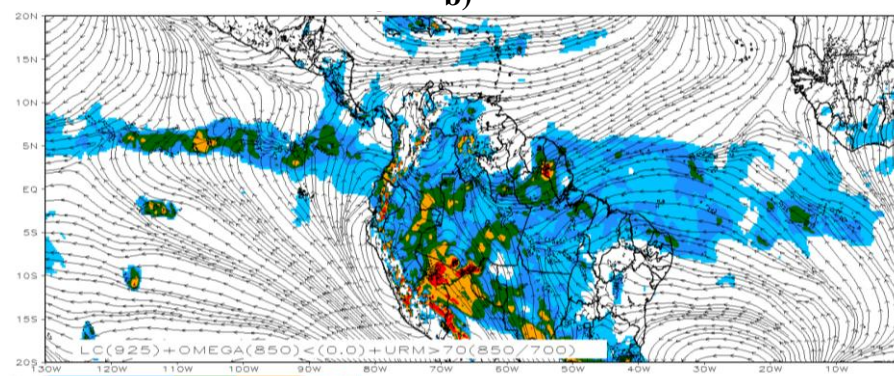
O segundo caso de ZCIT analisado ocorreu durante o dia 28 de abril de 2017 às 00 UTC. A imagem de satélite (**Figura 8 a**) mostra a ZCIT com banda única no oceano Pacífico e banda dupla no oceano Atlântico tropical.



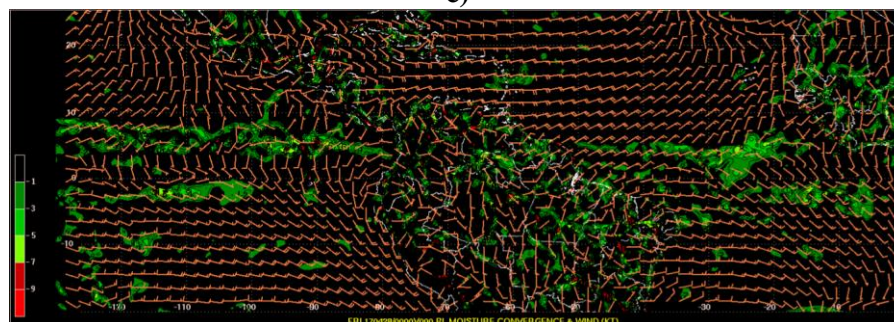
a)



b)



c)



d)

Figura 8: Imagem de satélite GOES-16 no canal infravermelho (a). Cartas específicas para identificação da ZCIT correspondentes ao dia 28 de abril de 2017 às 00 UTC. Carta 1 (b), Carta 2 (c) e Carta 3 (d).

As Cartas 1, 2 e 3 (**Figuras 8 b, c e d**) conseguem identificar de forma aceitável a ZCIT em ambos os oceanos. No Oceano Pacífico ainda pode-se observar algum resquício de umidade, possivelmente relacionado com a banda secundária que durante o mês de abril já começa a desaparecer. Esta característica pode notar-se através das Cartas 1 (**Figura 8 b**) e 3

(Figura 8 d). Sobre o oceano Atlântico, mais uma vez, a banda principal é determinada pelas três Cartas utilizadas, no entanto a banda secundária aparece mais confusa e pouco definida.

Na troposfera média e alta observam-se como destaque a presença do VCAN-NEB centrado no centro-norte do CE que pode ser visualizado na Carta 5 (**Figura 9 b**). A divergência observada na borda norte deste sistema contribui para a manutenção da chuva na banda principal da ZCIT.

Entre 10°W e 20°W é possível observar uma outra ampla área associada com chuva determinada pela divergência provocada por dois centros anticiclônicos localizados em ambos os Hemisférios. A parte inferior desta ampla área possivelmente esteja associada com banda secundária da ZCIT. Em 500 hPa esta característica também é determinada através da Carta 4 (**Figura 9 a**), mediante a área sombreada em azul e verde. Ambas as cartas de altitude (**Figuras 9 a e b**) conseguem representar adequadamente a ZCIT sobre o oceano Pacífico.

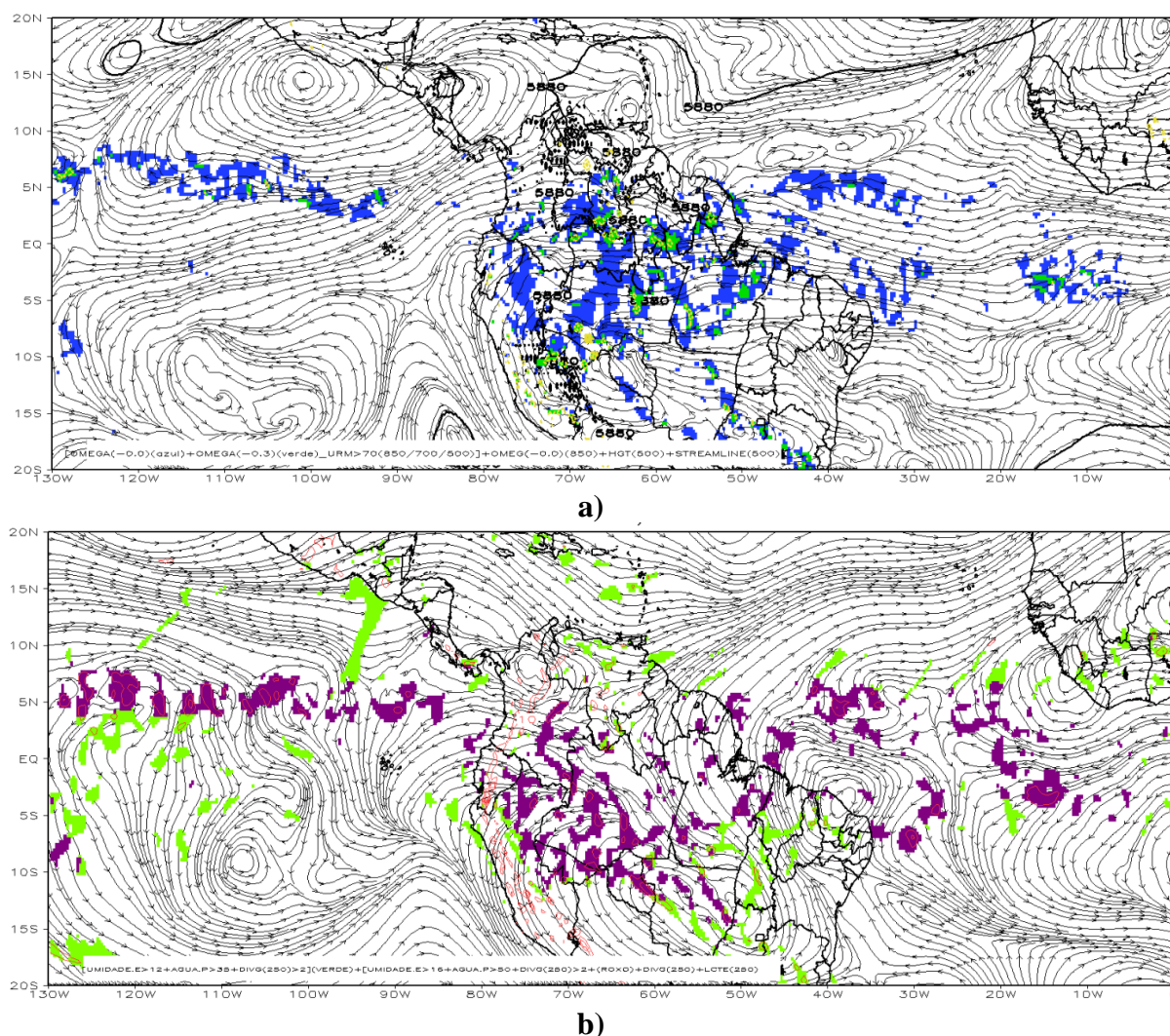
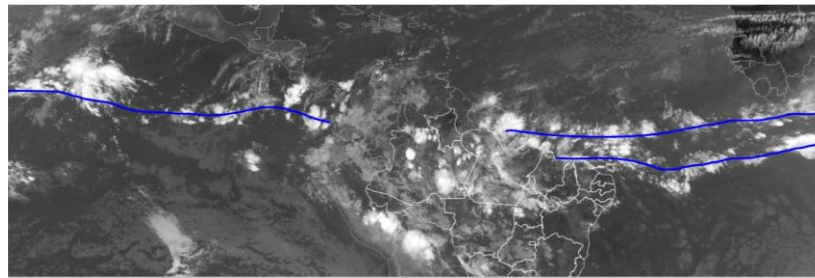
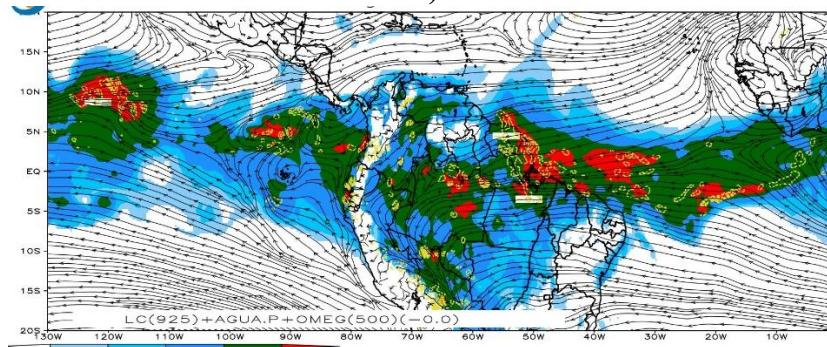


Figura 9: Cartas específicas para identificação da ZCIT correspondentes ao dia 28 de abril de 2017 às 00 UTC. Carta 4 (a) e Carta 5 (b).

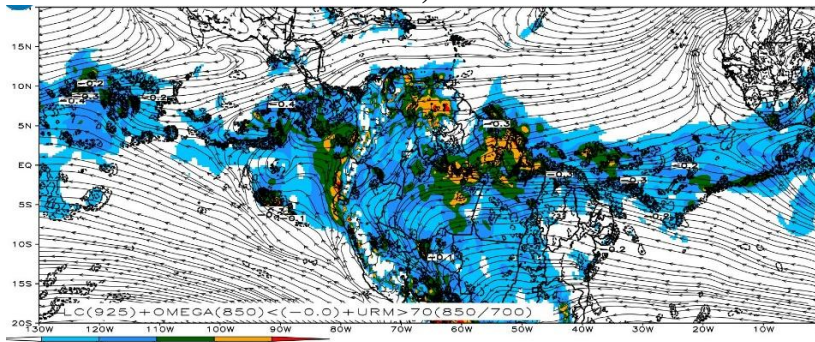
O último caso de ZCIT analisado ocorreu durante o dia 23 de abril de 2019 às 12 UTC. A imagem de satélite (**Figura 10 a**) mostra a ZCIT com banda única no oceano Pacífico e banda dupla no oceano Atlântico tropical.



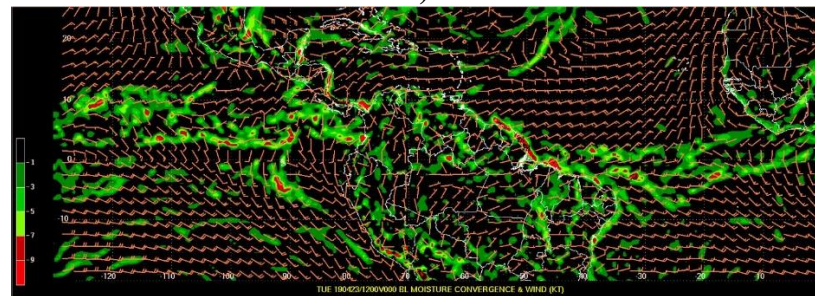
a)



b)



c)



d)

Figura 10: Imagem de satélite GOES-16 no canal infravermelho (a). Cartas específicas para identificação da ZCIT correspondentes ao dia 23 de abril de 2019 às 12 UTC. Carta 1 (b), Carta 2 (c) e Carta 3 (d).

As Cartas 1, 2 e 3 (**Figuras 10 b, c e d**) permitem identificar a ZCIT em ambos os oceanos. Similar ao caso anterior analisado, no Oceano Pacífico também pode-se observar um resquício de umidade relacionado com a banda secundária que durante o final do mês de abril começa a desaparecer.

As Cartas 4 e 5 (**Figuras 11 a e b**), relacionadas com a circulação atmosférica na troposfera média e alta, mostram sobre o oceano Atlântico tropical uma ampla área de alta

pressão no hemisfério Norte, aproximadamente entre 10°W e 40°W. Na borda sul deste sistema anticiclônico localiza-se a banda principal da ZCIT. A banda secundária da ZCIT é identificada com maior facilidade através da Carta 4 (**Figura 11 a**) que também permite identificar o campo de chuva.

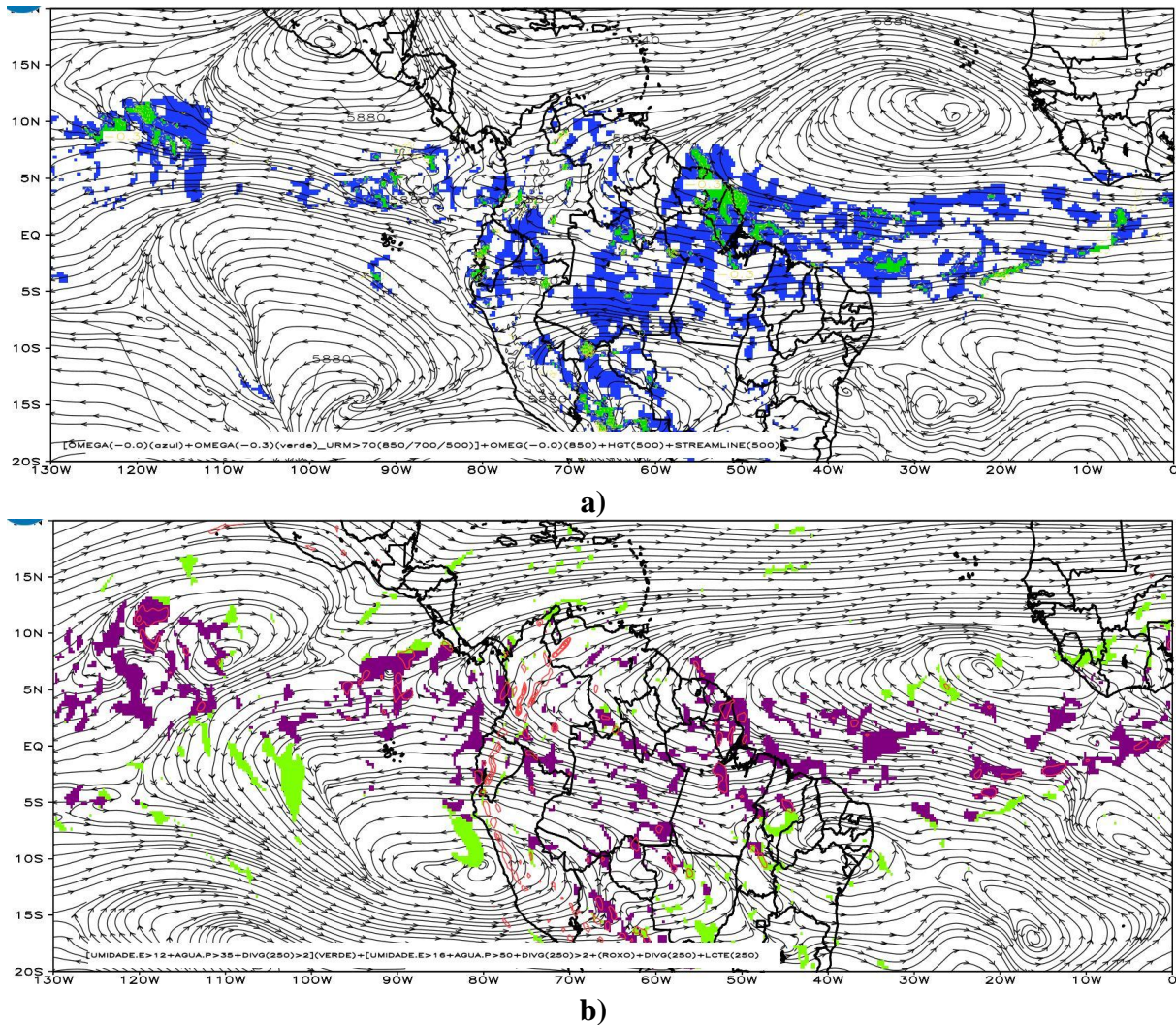


Figura 11: Cartas específicas para identificação da ZCIT correspondentes ao dia 23 de abril de 2019 às 12 UTC. Carta 4 (a) e Carta 5 (b).

Conclusões

Os resultados apresentados nesta Nota Técnica permitem compreender a variabilidade da circulação atmosférica em superfície e altitude relacionada com a localização da ZCIT ao longo do ano nos oceanos Pacífico e Atlântico, respectivamente. Também se apresenta uma descrição das principais características técnicas da ZCIT e a problemática que existe na identificação da banda dupla sobre oceano Atlântico tropical.

Na nota técnica é apresentada um critério simples e prático de identificação da ZCIT para ser aplicado nos principais centros operacionais de previsão de tempo do Brasil.

Em termos gerais, pode-se concluir, que as variáveis meteorológicas utilizadas neste critério são adequadas para a identificação da ZCIT nas diferentes épocas do ano. Porém, vale

a pena ressaltar que na rotina diária do meteorologista previsor existe uma ampla variabilidade deste sistema em função da situação meteorológica predominante. Desta forma, algumas das variáveis meteorológicas selecionadas podem ser mais adequadas do que outras, dependendo da intensidade e da configuração deste sistema tropical.

Referências

HASTENRATH, S e LAMB, P. Some aspects of circulation and climate over eastern Equatorial Atlantic. *Monthly Weather Review*, v. 105, n. 8, p. 1019-1023, 1977.

HASTENRATH, S e HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, v. 103, n. 435, p. 77-92, 1977.

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

PENNA, C. et al. Estudo das Características da Banda Dupla da ZCIT no Oceano Atlântico. In: VIII Seminário de Recursos Naturais (SEMEAR), 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.

LAING, A e EVANS, J. Distribución de la Humedad y de Precipitación. Capítulo 5. Introducción a la meteorología tropical. Segunda Edición. The COMET Program y el National Center for Atmospheric Research, 2016.