



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE METEOROLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GIORDANI RAFAEL CONCEIÇÃO SODRÉ



**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE SINÓTICA DE UM EVENTO EXTREMO DE
PRECIPITAÇÃO OCORRIDA NO ESTADO DE PERNAMBUCO ENTRE OS DIAS
17 A 19 DE JUNHO DE 2010.**

287

Belém – PA

Dezembro – 2010

GIORDANI RAFAEL CONCEIÇÃO SODRÉ

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE SINÓTICA DE UM EVENTO EXTREMO DE
PRECIPITAÇÃO OCORRIDA NO ESTADO DE PERNAMBUCO ENTRE OS DIAS
17 A 19 DE JUNHO DE 2010.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de
Meteorologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do
Pará – UFPA, em cumprimento às
exigências para a obtenção do grau
superior de Bacharel em Meteorologia.
Orientador: Prof^o. Ms. José Danilo Costa
Souza Filho

Belém-PA

Dezembro-2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

S679e Sodré, Giordani Rafael Conceição

Estudo de caso: análise sinótica de um evento extremo de precipitação ocorrida no Estado de Pernambuco entre os dias 17 a 19 de junho de 2010 / Giordani Rafael Conceição Sodré; Orientador: José Danilo Costa Souza Filho – 2010

48 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia)
– Faculdade de Meteorologia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1. Precipitação. 2. Sistemas Sinóticos. 3. Nordeste Brasileiro. I. Filho, José Danilo Costa Souza, orient. II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20° ed.: 551.577281

GIORDANI RAFAEL CONCEIÇÃO SODRÉ

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Meteorologia da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia.

Data de aprovação: 20/12/2010

Conceito: EXC

Banca examinadora:



Prof. José Danilo Costa Souza Filho - Orientador
Ms. Meteorologia Agrícola
Faculdade De Meteorologia



Professor Paulo Afonso Fischer Kuhn - Membro
Dr. Meteorologia
Faculdade De Meteorologia



Professor Dimitrie Nechet - Membro
Especialista Em Meteorologia Tropical
Faculdade De Meteorologia

AGRADECIMENTOS

Entenda como agradecimento, o ato de reconhecer humildemente o quanto cada pessoa foi de suma importância ao longo de sua caminhada, sendo quase impossível, trilhar o caminho do sucesso sozinho.

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu o dom da vida e todas as vitórias conquistadas até o presente momento;

Aos meus pais, Antônio Azevedo Sodré e Francisca de Paula Conceição Sodré, que sempre estiveram ao meu lado, sendo o meu escudo, meu alicerce, são com certeza a razão de tudo que sou atualmente, aos meus irmãos Giovanni Frederick Conceição Sodré e Giodeny Felipe Conceição Sodré que sempre foram meus companheiros para todas as horas.

A minha namorada Márcia Queiroz Cavalcante que sempre me incentivou a estudar, aos meus amigos de faculdade, que sempre estavam prontos a me ajudar, tanto nos assuntos pessoais quanto profissionais; Dayse Fernanda, Flávio Mendes, Letícia Amorim, aos que nos últimos anos contribuíram e me ajudaram em diversas situações, Ana Paula, Marcelo Favacho, Sérgio Santos, Thamiris Brandão, Silvia Letícia, Jaqueline, Letícia Rodrigues, Ana Cláudia, Pâmela, Amanda, Shirley, Wesley, e em especial a Amanda Souza Campos que por várias vezes deu-me injeções de ânimo, me auxiliando em trabalhos e assuntos pessoais.

Aos professores da UFPA que passaram em minha vida durante o curso, em especial aos professores Danilo Filho, Paulo Kuhn e Isabel Vitorino, que sempre estavam dispostos a ajudar.

Por fim, ressalto a todos que estão presente na lista, minha gratidão e a imensa saudade que sentirei de vocês, dos momentos felizes, de tensão (antes das provas), da segunda família que construí no lar chamado, Faculdade de Meteorologia da UFPA.

“Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.”
Martin Luther King

RESUMO

Utilizando parâmetros meteorológicos na investigação da atuação dos mecanismos atmosféricos moduladores da precipitação no período de inverno sobre o Nordeste Brasileiro (NEB), e caracterizar qual fenômeno modulou a precipitação intensa ocorrida entre os dias 17/06/2010 e 19/06/2010 por meio de dados de reanálise do NCEP/NCAR, dados de precipitação da Plataforma de Coleta de Dados (PCD's), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e imagens de satélite do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Observou-se através dos campos gerados pelo software Grads, as características atmosféricas propícias ao favorecimento da convecção sobre o NEB no mês de junho e em específico nos dias 17, 18 e 19 de junho onde foram registrados os valores mais elevados de precipitação, foi realizado o diagnóstico dos sistemas sinóticos atuantes nos três dias, em estudo, caracterizando as perturbações vindas de leste como o sistema responsável pela formação do complexo convectivo que atuou sobre o estado de Pernambuco.

Palavra Chave: Precipitação, Sistemas Sinóticos. Nordeste Brasileiro

ABSTRACT

Using meteorological research in atmospheric mechanisms of action of modulators of precipitation during the winter on the Northeast Brazil (NEB) and characterize phenomena which modulates the heavy precipitation that occurred between days and 19/06/2010 through 17/06/2010 the reanalysis data of NCEP / NCAR precipitation data of the Platform for Data Collection (PCDs), the National Institutes of Meteorology (INMET) and satellite images of the Center for Weather Forecasting and Climate Studies, National Institute for Space Research (CPTEC / INPE). It was observed through the fields generated by the software Grads, the atmospheric characteristics conducive to the advantage of convection over the NEB in June and in particular on days 17, 18 and 19 June where we registered the highest values of precipitation, was performed The diagnosis of synoptic systems operating in three days, in a study characterizing the disturbances coming from the east as the system responsible for the formation of convective complex that served on the state of Pernambuco.

Key words: Rainfall. synoptic systems. Brazilian Northeast

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 - Distribuição dos principais regimes de chuva sobre o nordeste brasileiro. _____	14
Figura 3.1 - Localização dos municípios mais afetados pelas precipitações no NEB. _____	20
Figura 4.1 - Cidades mais atingidas pela precipitação no estado de Pernambuco. _____	20
Figura 4.2. Precipitação pluviométrica acumulada diária para a cidade de Barreiros - PE para o mês de junho de 2010. Fonte: dados do INMET _____	21
Figura 4.3. Precipitação pluviométrica acumulada diária para a cidade de Palmares-Pe para o mês de junho de 2010. Fonte: dados do INMET _____	22
Figura 4.4. Imagens de Satélite para os dias 17, 18 e 19 de junho. Fonte: CPTEC/INPE _____	23
Figura 4.5. Diagrama de longitude x tempo da velocidade vertical sobre Pernambuco no mês de junho 2010. _____	24
Figura 4.6. Anomalia de TSM em junho de 2010. _____	25
Figura 4.7. Circulação media do dia 17, 18 e 19/06/2010. _____	26
Figura 4.8. Vorticidade no nível de 850hPa para dos dia 17, 18,e 19/jun/2010. _____	28
Figura 4.9 – Divergência em 300hPa do dia 17, 18, e 19/jun/2010. _____	30
Figura 4.10 - Velocidade vertical em 850hPa do dia 17, 18, e 19/jun/2010. _____	32
Figura 4.11 - Diagrama de Hovmoller da componente meridional do vento sobre o NEB. _____	33
Figura 4.12 -. Diagramas de longitude x tempo sobre Pernambuco. _____	34
Figura 4.13. Umidade relativa perfil da Superfície e o nível de 850hPa. _____	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCM – Complexo Convectivo de Mesoescala;
CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos;
DOL – Distúrbio Ondulatório de Leste;
HS – Hemisfério Sul;
hPa – Hecto Pascal;
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;
Km – Quilômetro;
Km h⁻¹ - Quilômetros por Hora;
Km² - Quilômetro Quadrado;
ms⁻¹ - Metros por Segundo;
mm – Milímetros;
NEB – Nordeste Brasileiro;
NCEP – National Centers for Environmental Prediction;
NOAA – national oceanic and atmospheric administration;
NW-SE – Noroeste Sudeste;
PCD – Plataforma de Coleta de Dados;
POA – Perturbação Ondulatória nos Alísios;
TSM – Temperatura da Superfície do Mar;
UR – Umidade Relativa;
VCAN – Vórtice Ciclônico de Altos Níveis;
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.2 DISTURBIOS ONDULATÓRIOS DE LESTE	14
2.3 SISTEMA FRONTAL.....	16
2.4 MECANISMOS TROPICAIS DE MESOESCALA.....	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1 DADOS.....	19
3.2 METODOLOGIA – LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MUNICÍPIOS DE BARREIROS E PALMARES.....	19
4. ANÁLISE E DISCUSSÕES.....	20
4.1 Precipitação.....	20
5. CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é a variável climatológica mais importante nos trópicos. Apesar da simplicidade de sua medida, é uma das variáveis mais difíceis de ser observada com acurácia, uma vez que apresenta erro instrumental, de exposição e de localização. As precipitações pluviais estão diretamente relacionadas com a convecção local. Esta é caracterizada por movimentos ascendentes de ar úmido, resultantes da ocorrência de pressões atmosféricas mais baixas junto à superfície terrestre, seja em consequência do aquecimento do ar em contato com essa superfície, pela ação de fenômenos transientes, de caráter puramente dinâmico, como sistemas frontais, ou frentes frias, e perturbações ondulatórias no campo dos ventos.

A Região Nordeste do Brasil (NEB) sofre uma intensa influência dos efeitos oceano-atmosfera, sendo estes da escala de micro, meso e principalmente de escala sinótica, como Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN). Os mecanismos dinâmicos que produzem chuvas no NEB podem ser classificados em mecanismos de grande escala, responsáveis por cerca de 30% a 80% da precipitação observada dependendo do local, e mecanismos de meso e micro escalas, que completam os totais observados. Dentre os mecanismos de grande escala, destacam-se os sistemas frontais, vórtices ciclônicos, linhas de instabilidades e a zona de convergência intertropical (ZCIT). Perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios, complexos convectivos e brisas marítimas e terrestres fazem parte da mesoescala, enquanto circulações orográficas e pequenas células convectivas constituem-se fenômenos de micro escala e escala convectiva (MOLION et al., 2000).

A convecção tropical é essencialmente controlada - intensificada ou inibida - pela circulação geral da atmosfera, fenômenos de escala global, resultantes da interação complexa entre a superfície do planeta, particularmente a distribuição de continentes e oceanos com fornecimento desigual de energia solar, topografia e cobertura vegetal.

O objetivo deste estudo é realizar o diagnóstico da atmosfera durante um evento extremo de precipitação no Nordeste Brasileiro no mês de junho de 2010. Este trabalho foi realizado utilizando dados de precipitação em dois municípios do estado de Pernambuco, Barreiros e Palmares, os quais foram os mais afetados pela intensidade da precipitação incidente na região, foram utilizadas imagens de satélite e dados, em ponto de grade, de reanálise do NCEP/NCAR com a finalidade identificar e analisar parâmetros que permitam a compreensão do fenômeno ocorrido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLIMATOLOGIA DAS CHUVAS DO NORDESTE

Devido à localização no extremo leste da América do Sul tropical, o NEB está submetido à influência de fenômenos meteorológicos, que lhe conferem características climáticas peculiares, únicas em semi-áridos de todo mundo. Nobre e Molion (1988) sugeriram que a semi aridez do NEB é devida à adjacência à Região Amazônica, onde ocorrem movimentos convectivos amplos e intensos, sendo um dos ramos ascendentes da Circulação de Walker.

O ar ascendente sobre a Amazônia adquire movimento anticiclônico nos níveis altos (Alta da Bolívia), diverge e, parte dele, desloca-se para leste, criando o ramo descendente e uma forte inversão térmica na região. O centro de subsidência se posiciona sobre o Atlântico Sul, porém se estende para oeste, por sobre o NEB. Esse centro está próximo da costa da África (33°S, 0°) no verão e se desloca para próximo da costa do Brasil (27 °S;15 °W) no inverno, seguindo a direção SE-NW (HASTENRATH, 1985). Quando está mais próximo do Brasil, todo o Centro Oeste, o sul da Amazônia e o NEB, com exceção da costa do leste do nordeste, apresentam o período mais seco do ciclo anual. O posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com a região de movimentos ascendentes localizada mais ao norte do equador geográfico, também contribui para intensificar a subsidência sobre a região.

Marques et al. (1983), estudando a energética e o fluxo de vapor d'água na atmosfera sobre o NEB, sugeriram que os mecanismos de convergência e divergência de vapor d'água na troposfera exerçam um papel relevante na caracterização das estações seca e chuvosa da região do NEB. As maiores diferenças entre as duas estações, em termos de exportação e importação de vapor d'água, ocorreram nas partes norte e sul do NEB e as mudanças relevantes no balanço de vapor d'água na região, portanto, parecem estar ligadas à variação do posicionamento da ZCIT e às possíveis penetrações de sistemas frontais, procedentes do sul do continente. Gomes Filho (1979) explorou a hipótese do mecanismo biogeofísico de realimentação ("feedback") proposta por Jules G. Charney Em 1975. A hipótese é que regiões semi-áridas possuem albedo alto, refletem mais radiação solar que as áreas vizinhas e apresentam uma coluna troposférica relativamente mais fria. Para que haja uma compensação energética, o ar desce e se aquece por compressão adiabática. Essa subsidência cria uma inversão térmica, a cerca de 2 km de altitude sobre a região, que seria um dos fatores da

inibição das chuvas, particularmente no período em que o centro da alta semipermanente do Atlântico Sul está próximo à região

No NEB, podem se identificar três regimes básicos quanto à distribuição espacial da precipitação (Figura 1). A própria existência de três regimes para partes distintas do NEB sugere que mais de um mecanismo da circulação geral seja responsável pela precipitação pluvial regional.

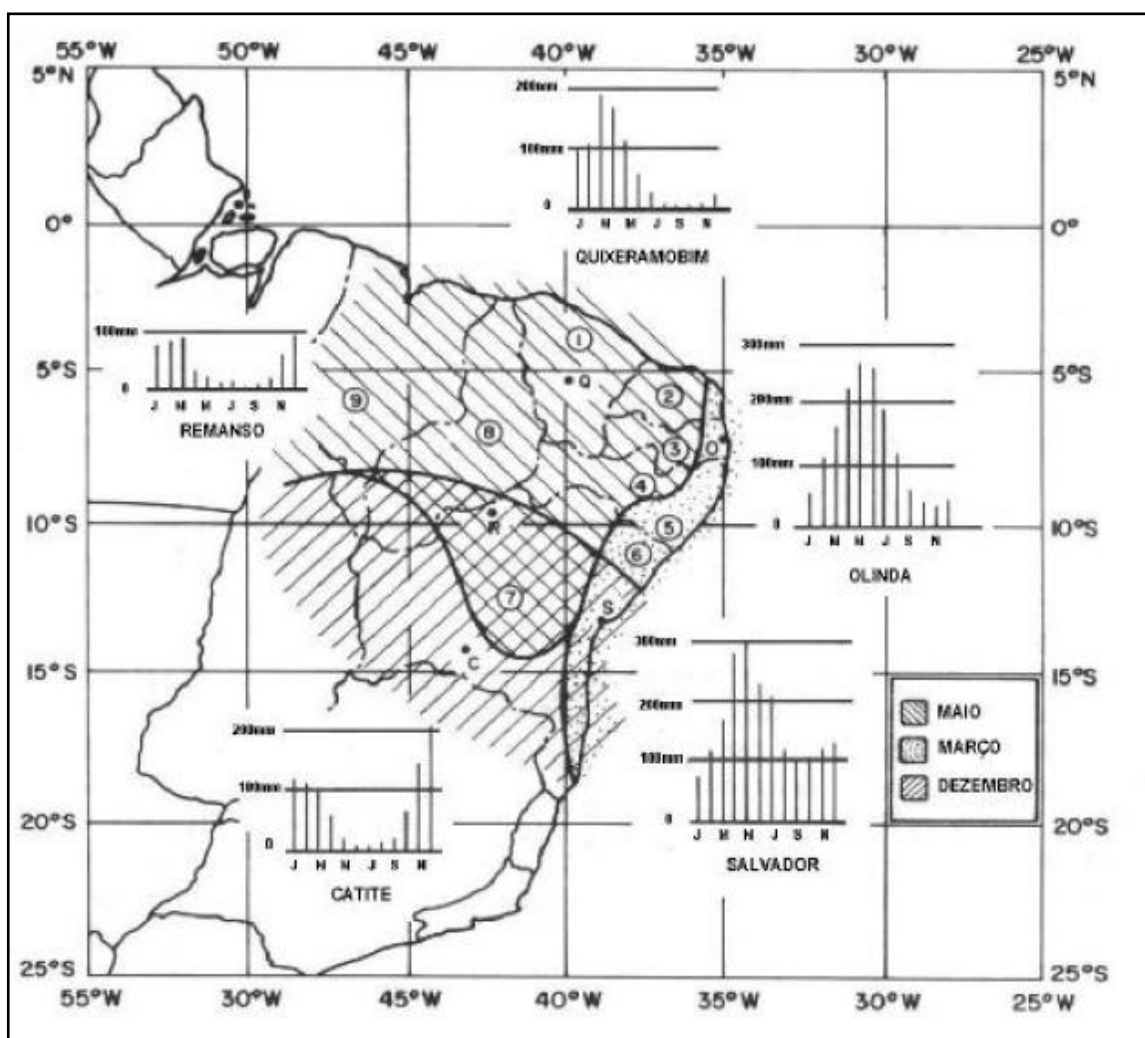


Figura 2.1 - Distribuição dos principais regimes de chuva sobre o nordeste brasileiro.

Fonte: Nobre e Molion (1988).

2.2 DISTURBIOS ONDULATÓRIOS DE LESTE

A atmosfera tropical, é caracterizada por muita umidade e intensa atividade convectiva, é observado fenômenos meteorológicos em várias escalas de espaço e de tempo, desde a convecção de cúmulos até a oscilação quase-bienal. Os estudos destes fenômenos

foram no passado bastante limitado pela escassez e baixa freqüência das observações meteorológicas nos trópicos. Atualmente os centros meteorológicos têm ao longo dos últimos 10 a 15 anos gerados análises globais, o que tem possibilitado melhorar o entendimento de vários aspectos da atmosfera tropical. Em várias regiões da faixa tropical tem sido observada a presença de um fenômeno de tempo caracterizado por distúrbios nos ventos de leste, que vem sendo estudado há mais de quarenta anos. Estes distúrbios foram chamados de ondas de leste e foram encontrados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte e na faixa tropical perto da África. (ESPINOZA, 1996).

Ondas de Leste são distúrbios que ocorrem na região equatorial e que recebem este nome por terem deslocamento de leste para oeste. No Hemisfério Sul, é caracterizado sinoticamente por um cavado sobre o Oceano Atlântico que se desloca para a costa do Nordeste brasileiro, ocasionando mudança na direção da componente meridional do vento. Nesta região, o sistema pode causar chuva moderada. Na dianteira do cavado é comumente observada uma crista, cuja região costuma apresentar tempo bom, com subsidência e nebulosidade baixa. No eixo do cavado ocorrem chuvas freqüentes e, após sua passagem, ocorrem fortes movimentos ascendentes do ar e chuvas de moderada para forte intensidade. (OLIVEIRA et al., 2009).

Yamazaki (1975) estudou a dinâmica das perturbações da região tropical do Atlântico Sul até a costa brasileira e comparou os resultados com os inferidos através de análises das seções longitude-tempo das imagens de satélite para o inverno de 1967, construídas por Wallace (1970). Concluiu deste modo que a elevada pluviosidade nos meses de inverno ao longo da costa brasileira estaria associada aos distúrbios de leste por ele definido.

Silvestre (1996), utilizando dados de vento meridional, para um período de 10 anos, mostrou que esses distúrbios ondulatórios existem através do ano todo com diferentes comprimentos de onda e que nas estações de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), outono (março, abril e maio) e inverno (junho, julho e agosto), eles se deslocam atingindo a costa norte do NEB. No verão o comprimento de onda é de 6000 km a 7000 km, e velocidade de fase de 10 m s⁻¹ a 14 m s⁻¹, no outono o comprimento de onda é de 5000 km a 6000 km e a velocidade de fase de 10 m s⁻¹ a 13 m s⁻¹ e no inverno os comprimentos de onda são mais curtos variando de 3500 km a 4000 km, velocidade de fase de 10 m s⁻¹ e 13 m s⁻¹.

Segundo Espinoza (1996) as ondas de leste deslocam-se para oeste durante todo ano, mas com características sazonais diferentes, sendo os distúrbios mais intensos no verão. Por

outro lado Chan (1990) mostrou que nas estações de outono e primavera podem-se constatar mais facilmente os padrões de propagação das ondas de leste, pelo fato de se observarem maiores desvios da componente meridional do vento. Desta maneira, sugere-se a presença de distúrbios mais ativos nestas duas épocas do ano.

Do ponto de vista observacional, Riehl (1945) foi o primeiro a fornecer uma estrutura tridimensional detalhada destes distúrbios no Mar do Caribe, consagrando a idéia de que as ondas de leste ocorrem em toda a região tropical e que sua estrutura varia de uma região para outra.

Yamazaki & RAO (1977), aplicaram técnica de secções tempo-longitude de cinturões zonais para estudar as ondas de leste. Nestes mosaicos, bandas de nebulosidade bem definidas com inclinação de leste para oeste com o tempo podem ser identificadas, podendo fornecer estimativas sobre sua velocidade de propagação (pela própria inclinação), sua frequência (pela ocorrência das linhas inclinadas) e também sobre seu comprimento de onda (compondo as informações anteriores). Assim, lugares sem cobertura amostral, como os oceanos, por exemplo, podem ser estudados através de imagens de satélite.

2.3 SISTEMA FRONTAL

Um mecanismo importante de produção de chuva para o sul do Nordeste e para o este do Nordeste é a penetração de sistemas frontais, entre as latitude 5°S e 18°S . A penetração até latitudes equatoriais ocorre mais freqüentemente no inverno do Hemisfério Sul (HS), pois o posicionamento médio da ZCIT, o equador meteorológico, é em torno de 10°N a 14°N nessa época.

Oliveira (1986), através de uma climatologia usando imagens de satélite geoestacionário entre 1979-1984, verificou que os sistemas frontais freqüentemente se associam e interagem com convecção tropical, embora nem todos os sistemas frontais o façam com a mesma intensidade.

Para haver forte interação entre os sistemas frontais e a convecção, parece ser necessário que os sistemas frontais apresentem ampla penetração continental, sendo a região entre 15°S e 25°S uma das regiões preferenciais para essas ocorrências. Durante a primavera e verão do HS, os sistemas frontais se posicionam preferencialmente sobre a parte central do continente sul-americano, com seu eixo no sentido NW-SE, de inclinação variável, criando uma zona de convergência de umidade que, posteriormente, foi denominada zona de

convergência do Atlântico Sul (ZCAS). O deslocamento da ZCAS para 12°-15°S, e sua permanência com atividade intermitente, causa a estação chuvosa (novembro a março) do sul do NEB. Entre abril e julho, observou-se que a uma zona de convergência se instala sobre a costa leste do NEB e constitui-se no mecanismo dinâmico mais importante para a produção de chuvas sobre o leste do NEB, que apresenta seus quatro meses mais chuvosos nesse período.

Existem anos, como 1992 e 2000, por exemplo, em que sistemas frontais permaneceram estacionários sobre o leste do NEB, durante 4 a 8 semanas, associados a um vórtice nos níveis superiores, uma circulação ciclônica fechada (baixa pressão) com o ar central mais frio que sua periferia, e produzem grandes totais pluviométricos durante a estação seca, preferencialmente entre os meses de novembro a março.

Esses vórtices frios foram descritos por Gan (1983) que mostrou que eles se movem para oeste com velocidade de 4 a 6 ° de longitude por dia e têm sua maior frequência no mês de janeiro.

2.4 MECANISMOS TROPICAIS DE MESOESCALA

Durante as primeiras horas da manhã, o continente se aquece mais rapidamente que o oceano adjacente. Estabelece-se um gradiente térmico, com temperaturas mais elevadas sobre o continente. Esse gradiente gera uma circulação rasa, com o ar subindo sobre o continente, criando uma região de pressão mais baixa e forçando a entrada do ar marinho, com temperaturas mais baixas, a brisa marinha.

O movimento de ar ascendente sobre o continente provoca a formação de nuvens que podem precipitar se seus topos atingirem uma altura adequada, usualmente 3 a 4 km de altitude. Já durante o entardecer, o continente se resfria mais rapidamente que o oceano devido à perda radiativa de ondas longas, e o gradiente térmico reverte-se, com temperaturas maiores sobre o oceano que sobre o continente. Gera, então, uma circulação da terra para o mar, com movimentos ascendentes, formação de nuvens e chuvas sobre o oceano próximo a orla marítima. As brisas, por si só, são mecanismos que produzem chuvas leves e de curta duração.

Nobre e Molion (1988) sugeriram que a confluência dos alísios com a brisa de terra (noturna) possa ser um dos mecanismos importantes na produção de chuva na região costeira. O campo dos ventos alísios é frequentemente perturbado por penetrações de sistemas frontais em latitudes baixas, quer sobre o oceano quer sobre o continente. No Atlântico Sul, a

convergência dos ventos de sul, associados aos sistemas frontais, com os ventos de leste, provocam perturbações ondulatórias nos alísios (POA) que se propagam para oeste imerso no campo dos alísios. Cohen et al. (1989) descreveram as perturbações costeiras, associadas à brisa marítima, e sugeriram que as perturbações são o fator principal para o máximo pluviométrico junto à costa em maio-junho. Tais linhas tinham uma largura de até 170 km, 68 % apresentaram um tempo de duração entre 6-12 horas e o número máximo de linhas formadas na costa ocorreu no mês de julho, com um máximo secundário em abril.

A aproximação de sistemas frontais, provenientes do sul, muitas vezes provoca o surgimento de linhas de instabilidade, que se propagam em sua vanguarda, alinhadas aos mesmos. Essas linhas, denominadas pré-frontais, deslocam-se a uma velocidade média de 10° de latitude por dia, e produzem totais pluviométricos superiores a 50 mm por dia e rajadas de ventos excedendo a 100 km h^{-1} . São mais comuns durante o período de inverno, de abril a julho.

A convecção local ocorre devido ao aquecimento da superfície e à convergência de umidade transportada pelos Alísios. As Normais Climatológicas, publicadas pelo INMET, indicaram que, a temperatura média do ar atinge seu valor máximo no mês de março. As análises dos dados de precipitação das estações da rede da SUDENE mostraram que, geralmente, esse mês é o mais chuvoso, em média, na maior parte do NE, particularmente em seu interior. Maior aquecimento provoca intensificação da convergência e a convecção local que, embora produza pequenas células de chuva e baixos totais pluviométricos, não deve ser desprezada por constituir-se um mecanismo muito importante para a vida do semi-árido. Porém, a convecção local pode ser inibida quando os mecanismos de escala maior não forem favoráveis.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DADOS

Os dados diários de precipitação foram obtidos através da plataforma de coleta de dados (PCD), de responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o mês de junho de 2010.

Foram utilizadas imagens do Satélite Meteorológico GOES 12, no canal infravermelho para os dias 17, 18 e 19 de junho, com objetivo de identificarmos os sistemas sinóticos atuantes durante o período de estudo.

Neste trabalho foram utilizados, também, dados referentes ao mês de junho de 2010, de reanálises do NCEP/NCAR (*National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research*) obtidos no site NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) do governo dos Estados Unidos. Os dados do NCEP possuem uma grade global com resolução espacial de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ (o que equivale a 300 km^2) e resolução temporal de seis horas. Para a análise e descrição dos sistemas atmosféricos que possam ter atuado sobre o NEB foi estabelecido uma grade de latitude de 30° S a 10° N e longitude de 75° W a 0° . Os parâmetros gerados foram; Campo de vento, Omega, umidade relativa (UR), divergência, Vorticidade, diagramas de longitude x tempo (Hovmoller).

3.2 METODOLOGIA – LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MUNICÍPIOS DE BARREIROS E PALMARES

O município de Barreiros, latitude $-08^\circ 49' 06''$, longitude $35^\circ 11' 11''$, altitude 22 m, localiza-se a 13 km do litoral. O clima é predominantemente Tropical quente e úmido. A precipitação média varia entorno de 1.500mm a 2.500 mm anuais, distribuídos em dois períodos distintos, outono e inverno, principalmente do mês de junho ao mês agosto.

O município de Palmares, latitude $-08^\circ 41' 00''$, longitude $35^\circ 35' 30''$ e altitude 125 m, localizam-se a 68.5 km do litoral. O clima é predominantemente tropical, com fortes chuvas no outono e inverno. A precipitação média varia entorno de 1.500 mm a 2.500 mm anuais, distribuídos em dois períodos distintos, outono e inverno, principalmente do mês de junho ao mês agosto. Figura 2 mostra a localização geográfica dos municípios em estudo, e das áreas mais afetadas pelos alagamentos e enchentes no NEB.



Figura 3.1 - Localização dos municípios mais afetados pelas precipitações no NEB.

Fonte: 2010 - Portal Educacional do Estado do Paraná/Secretaria de Estado da Educação do Paraná.

4. ANÁLISE E DISCUSSÕES

4.1 PRECIPITAÇÃO

A figura 3 mostra a localização das duas cidades Barreiros e Palmares no estado de Pernambuco escolhidas para esse estudo devido aos altos níveis de precipitação registrados nessas localidades pelas estações meteorológicas do INMET localizadas nas mesmas.

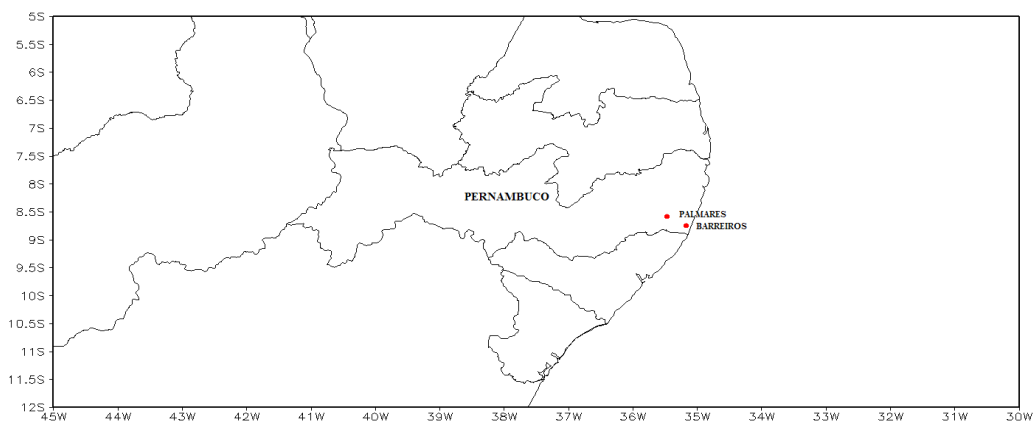


Figura 4.1 - Cidades mais atingidas pela precipitação no estado de Pernambuco.

Na Figura 4 é apresentado o total diário de precipitação para o município de Barreiros durante o mês de junho de 2010. Observa-se claramente três períodos de precipitação intensa ao longo do mês. O primeiro período compreende os dias 3, 4 e 5 de junho com precipitação acumulada de 91,7 mm. O segundo período compreende os dias 17, 18 e 19 de junho, com precipitação acumulada de 210,5 mm. O terceiro período compreende os dias 27 e 28 de junho, com precipitação acumulada de 135 mm. O total acumulado do mês foi de 610,1 mm.

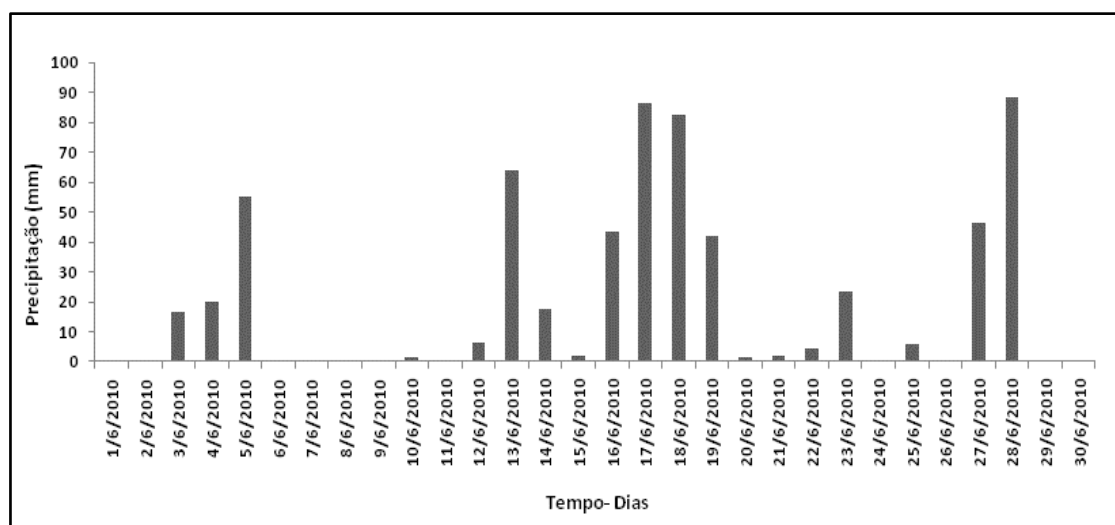


Figura 4.2. Precipitação pluviométrica acumulada diária para a cidade de Barreiros - PE para o mês de junho de 2010. Fonte: dados do INMET

Na Figura 5 é mostrada a distribuição de precipitação para o mês de junho no município de Palmares. Observa-se uma distribuição temporal semelhante a do município de Barreiros (figura 4), variando apenas no número de dias com precipitação e sem precipitação. Tivemos dois períodos de precipitação intensa ao longo do mês. O primeiro período compreende os dias 2, 3, 4 e 5 de junho com precipitação acumulada de 144,3 mm. O segundo período compreende os dias 17, 18 e 19 de junho, com precipitação acumulada de 354,5 mm. O total acumulado do mês foi de 659,3 mm. A normal climatológica da precipitação para o mês de junho para o município é de 247 mm, portanto a precipitação incidente foi 166,8 % acima do normal.

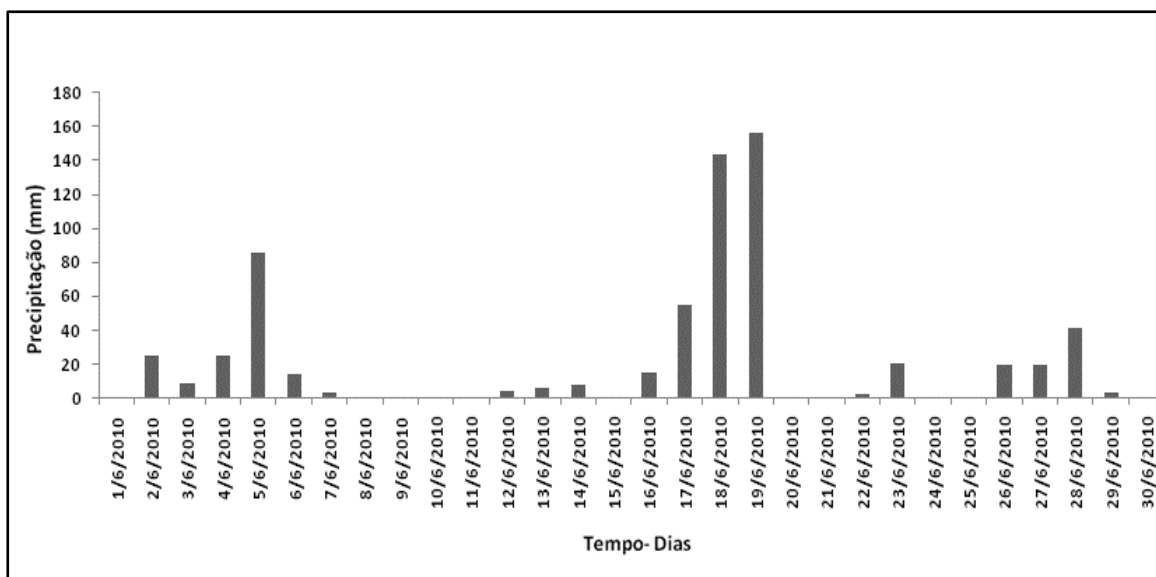


Figura 4.3. Precipitação pluviométrica acumulada diária para a cidade de Palmares-Pe para o mês de junho de 2010. Fonte: dados do INMET

Através da análise das imagens de satélite pode-se observar os sistemas atmosféricos durante os dias 17, 18 e 19 de junho onde ocorreu a formação de um complexo convectivo que foi responsável pelas chuvas intensas sobre o estado de Pernambuco.

Sobre a região norte da América do Sul há uma grande formação de nebulosidade influenciada pelos pulsos da zona de convergência intertropical (ZCIT) que está no hemisfério norte (HN). Sobre o centro do Brasil predomina uma massa de ar seco e quente, característica do inverno do hemisfério sul (HS), que atua como uma barreira impedindo que os sistemas frontais avancem sobre o Brasil, deixando estáveis as condições de tempo sobre o centro-oeste e centro-sul do país.

No NEB, sobre o leste do estado de Pernambuco, observar-se a evolução de um complexo convectivo isolado que se inicia no dia 17 e perdura por mais de 24 horas se dissipando no final da tarde do dia 18 caracterizando-se pelo tempo de duração como um fenômeno de escala sinótica.

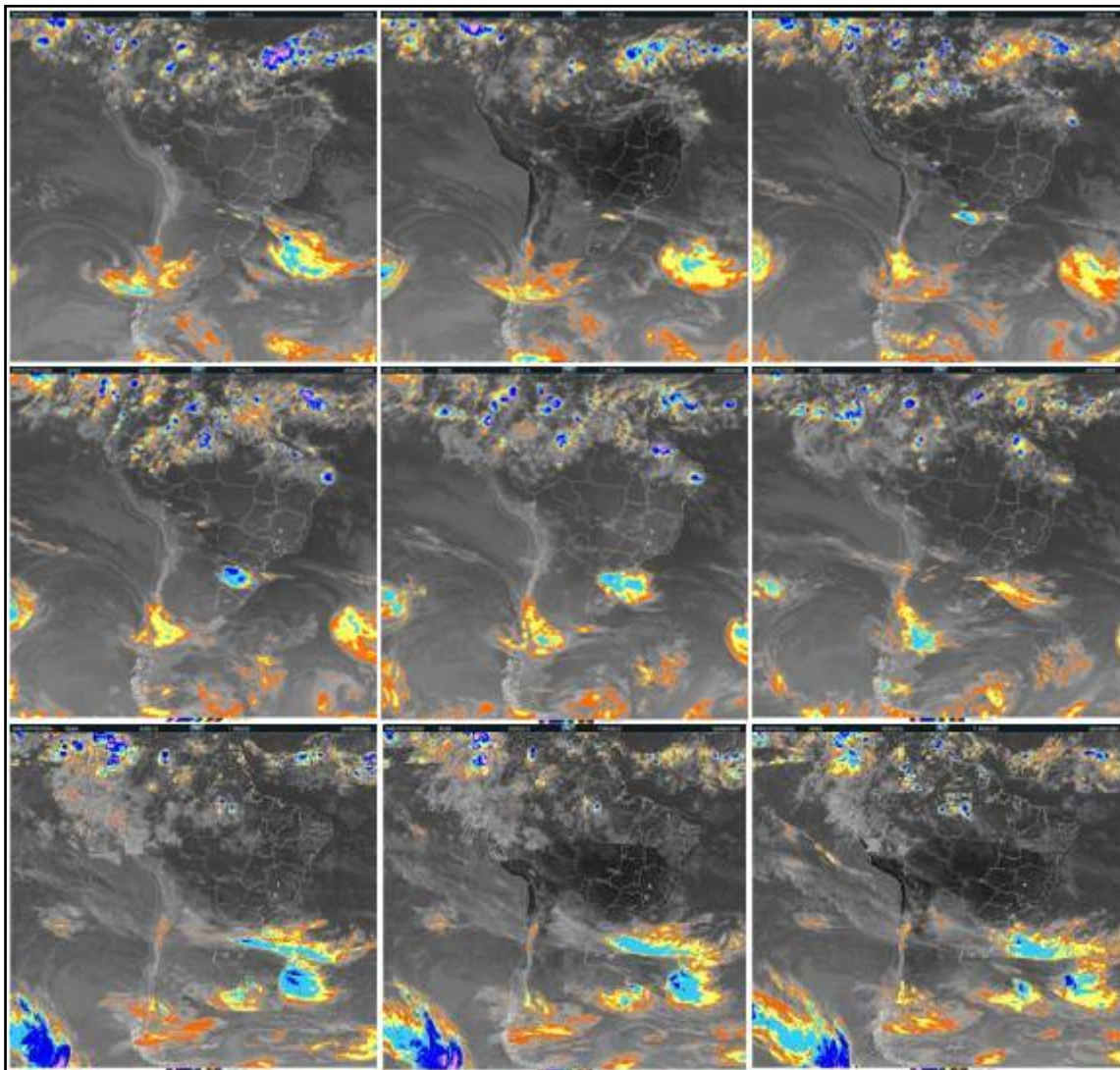


Figura 4.4. Imagens de Satélite para os dias 17, 18 e 19 de junho. Fonte: CPTEC/INPE

Para fazer uma relação de consistência dos dados de reanálise do NCEP/NCAR foi gerado um gráfico de longitude x tempo da velocidade vertical (ω) com uma grade de latitude de 6° S à 9° S e longitude de 45° W a 0°, cobrindo a área entre a costa oeste do continente africano ao estado de Pernambuco no qual os valores negativos indicam movimentos ascendentes (convecção) e positivos ausência de convecção.

Comparando com os períodos de precipitação registrados pelas estações meteorológicas do INMET, e as imagens de satélite, percebe-se a coerência dos dados na descrição do evento estudado, dando confiança e credibilidade para se trabalhar com os dados de reanálises. A figura 7 apresenta o gráfico gerado com os dados do NCEP/NCAR. Percebe-se a evolução espacial e temporal do movimento vertical da costa oeste do continente africano até o nordeste brasileiro, especificamente sobre Pernambuco, observa-se que a predominância

sobre a costa da África é de valores positivos de Omega indicando ausência de movimentos ascendentes, mostrando que a influência das perturbações atmosféricas vindas de leste derivam de outra região da costa do continente africano que interagindo com a dinâmica da atmosfera do NEB contribuiu de forma significativa para a formação dos três complexos convectivos que se formaram sobre Pernambuco nos dias de maior precipitação (03 a 05, 13 a 19, 26 a 29/jun 2010), os movimentos ascendentes estão bem intensos indicando que houve precipitação na região nesse período, nos demais dias o gráfico não descreve movimentos ascendentes significativos, fator consistente com os gráficos gerados com os dados observados pela estação do INMET.

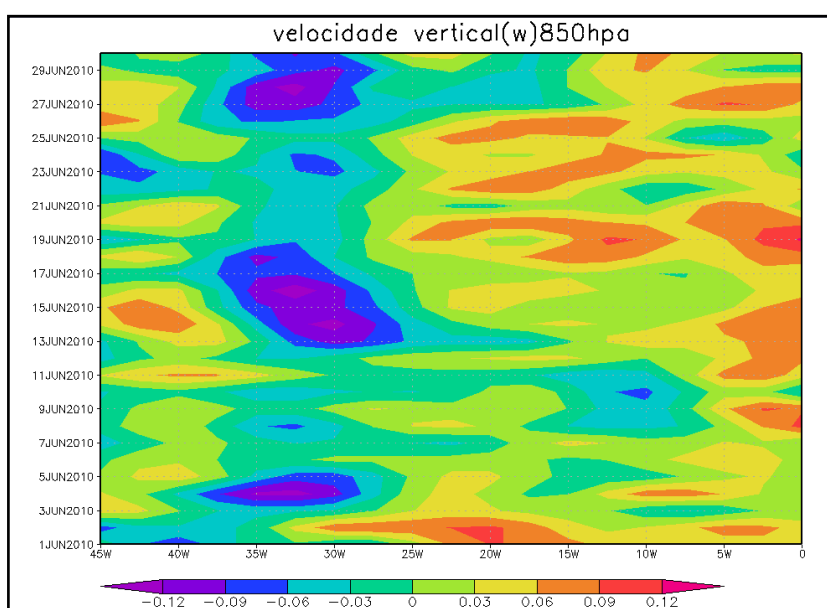


Figura 4.5. Diagrama de longitude x tempo da velocidade vertical sobre Pernambuco no mês de junho 2010.

O Próximo campo a ser observado será a anomalia de TSM do oceano atlântico equatorial e Oceano Pacífico equatorial que através do comportamento das suas características modulará as circulações atmosféricas sobre a região tropical da América do sul.

Na figura 8 mostra a anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) nas bacias do Oceano Pacífico e Oceano Atlântico equatorial para o mês de Junho de 2010, as condições oceânicas no Pacífico Equatorial, mostram uma área significativa de anomalia negativa de -0.9 °C de TSM indicando a formação do fenômeno La Niña, o qual favorece os processos convectivos sobre o NEB.

Na bacia do atlântico equatorial a anomalia positiva ainda esta bastante intensa, aproximadamente 1.5°C . O gradiente de temperatura entre os dois oceanos provoca alterações na circulação zonal, célula de Walker, que pode vir a favorecer ou inibir a convecção na região tropical.

No entanto como a anomalia positiva sobre o Atlântico equatorial esta mais intensa que a anomalia negativa do oceano Pacífico equatorial, a precipitação no norte e nordeste esta sendo modulada pelas circulações geradas da anomalia positiva sobre a bacia do Atlântico equatorial, o qual esta inibindo a formação nuvens sobre o continente com esse padrão de TSM.

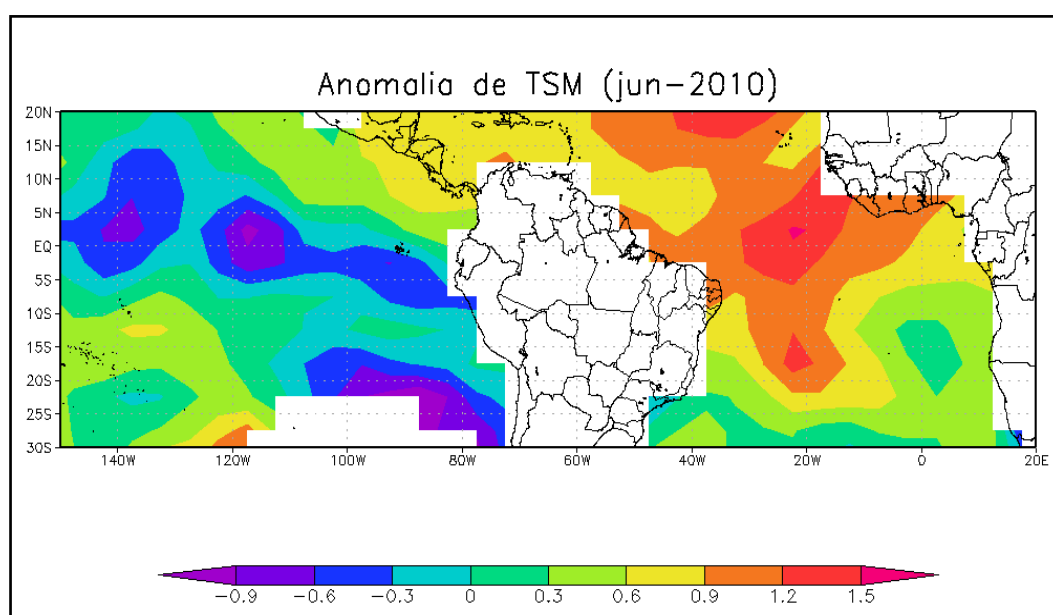


Figura 4.6. Anomalia de TSM em junho de 2010.

A figura 9 apresenta as linhas de corrente, no nível de 850 hPa, nos dias 17, 18, e 19 de junho, período que a precipitação acumulada foi mais significativo.

No dia 17 de junho percebe-se a confluência dos ventos sobre o atlântico equatorial no escoamento de leste que se estende até o continente passando pelo nordeste brasileiro o que localmente deixa as condições atmosféricas instáveis sobre o NEB, sobre o centro sul a uma difluência sobre o atlântico se intensificando à medida que se aproxima do continente e uma crista está configurada, indicando estabilidade nessa área.

Na circulação observada no dia 18 de junho percebe-se a intensificação da alta pressão que esta sobre o centro sul do país confirmando as condições estáveis observadas no dia 17 de junho, e o aumento na intensidade da confluência do vento sobre o norte da Bahia e Pernambuco intensificando a instabilidade atmosférica sobre o NEB.

O Padrão médio da circulação observado no dia 19 de junho já não apresenta o sistema de alta pressão que estava posicionada sobre o sudeste brasileiro no dia 18 de junho. Sobre o NEB a confluência dos ventos vindos de sudeste torna-se mais intensa elevando a instabilidade atmosférica que esta estabelecida desde o dia 17 de junho favorecendo as condições para a formação de células convectivas e possível precipitação sobre a região nordeste.

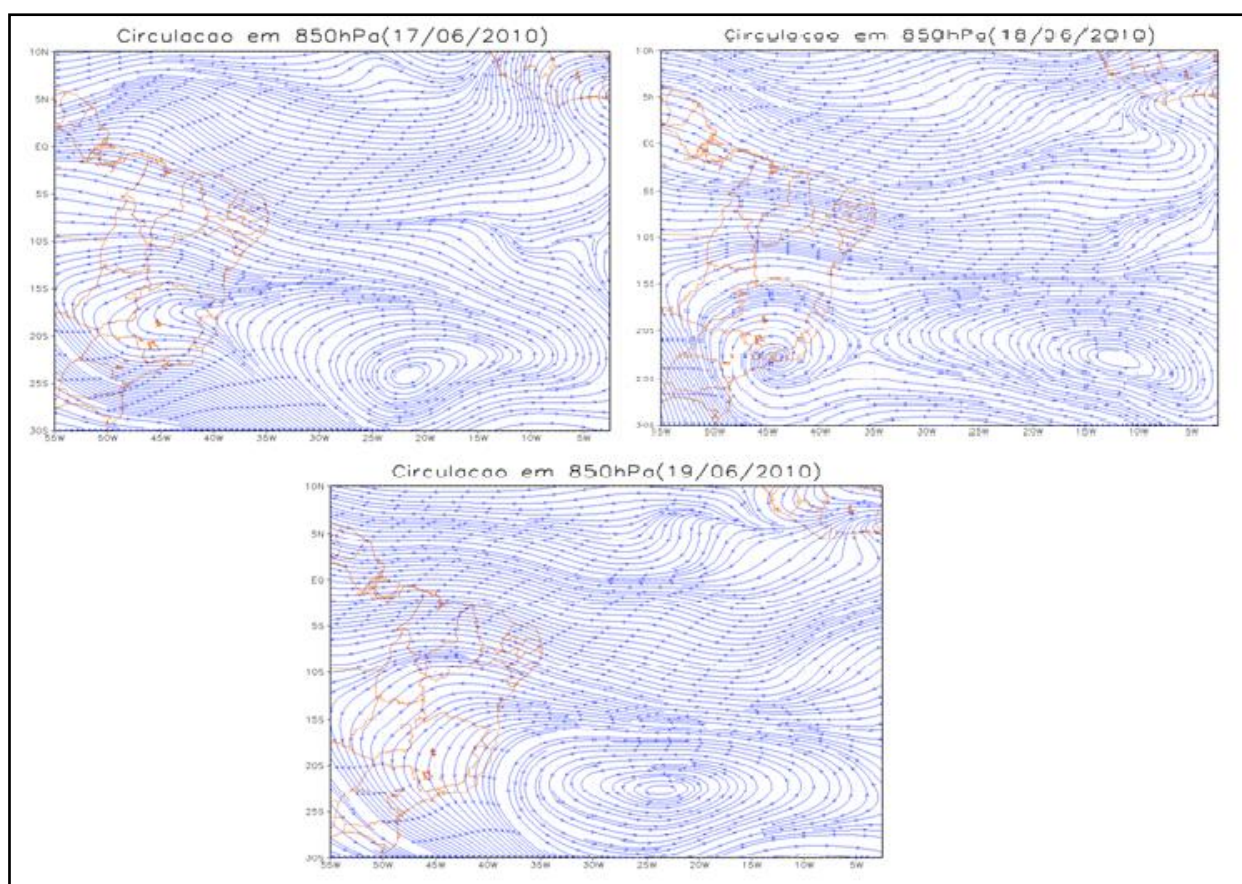


Figura 4.7. Circulação média do dia 17, 18 e 19/06/2010.

Com objetivo de uma melhor identificação de áreas favoráveis a formação de células convectivas e precipitação no NEB, foram geradas no software Grads, através da componente zonal e meridional do vento, mapas de divergência e de vorticidade.

Através do campo de vorticidade no nível de 850 hPa (figura 10), podemos identificar intensificação ou desintensificação dos sistemas atuantes sobre o nordeste do Brasil em especial sobre o estado de Pernambuco.

No dia 17 percebe-se a que a vorticidade positiva esta dominando quase todo o Brasil com exceção apenas do extremo norte do NEB e a região nordeste do estado do Pará. Sobre o estado de Pernambuco a vorticidade é predominantemente positiva, e próxima da neutralidade no nordeste do estado, o que mostra uma tendência a instabilidade nessa região.

A vorticidade positiva no dia 18 sofre uma alteração diminuindo de intensidade sobre o norte e sudeste do país, em Pernambuco a vorticidade negativa começa a se intensificar no litoral do estado caracterizando a instabilidade gerada pela confluência dos ventos sobre a região (figura 9) e dando condições para a intensificação da convecção.

No dia 19 a instabilidade atmosférica se intensifica e tendência negativa da vorticidade aumenta se estendendo do estado de alagoas ate o norte do Brasil, assim a existência de algum mecanismo atmosférico atuando sobre o NEB se torna mais evidente, sendo que os dois parâmetros observados até agora mostram condições favoráveis para a intensificação da instabilidade atmosférica sobre o NEB.

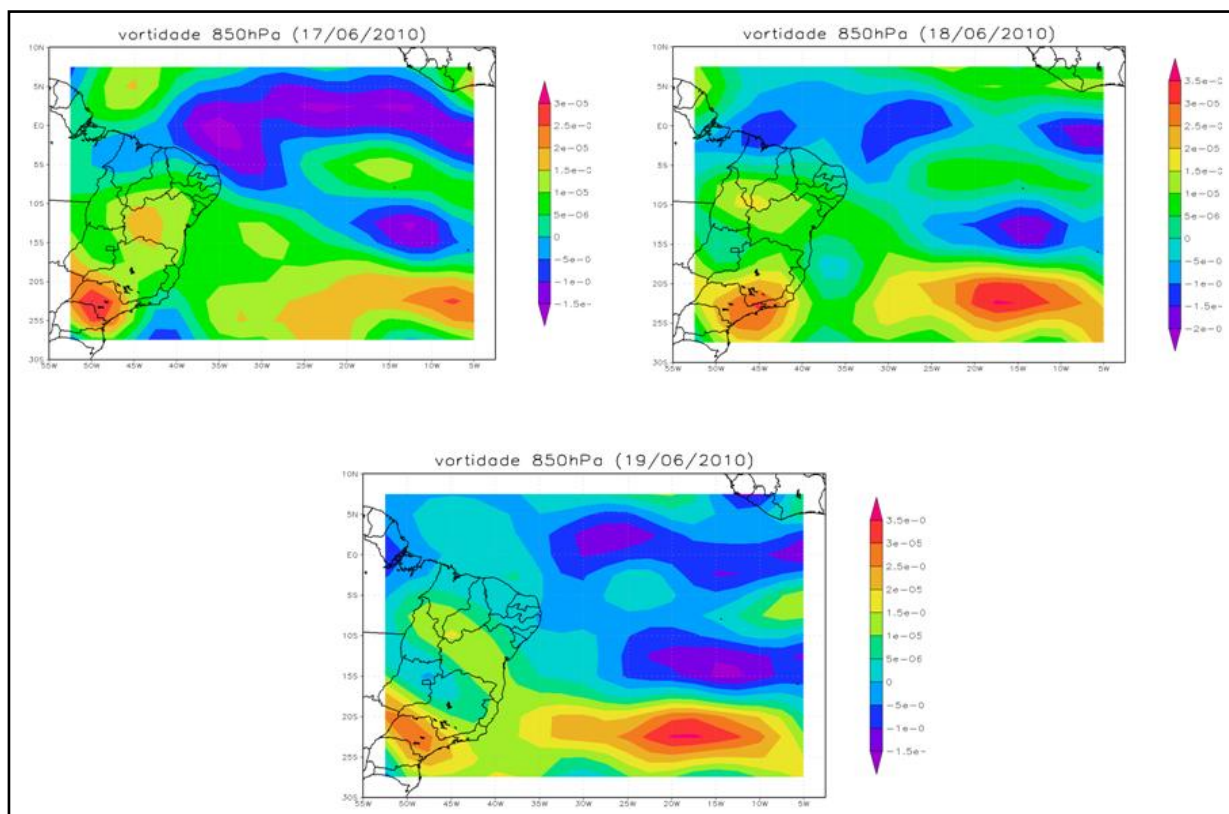


Figura 4.8. Vorticidade no nível de 850hPa para dos dia 17, 18,e 19/jun/2010.

A figura 11 apresenta o campo de divergência em altos níveis, através do qual é possível analisar o comportamento da circulação atmosférica sobre a área de estudo.

O campo de divergência em 300 hPa para o dia 17 de junho, onde tem-se a predominância da divergência negativa, que indica movimento descendente em baixos níveis, sobre a maior parte do oceano atlântico e nordeste brasileiro, do norte de Santa Catarina até o sudoeste da Bahia predomina divergência positiva indicando movimentos convectivos em baixos níveis.

No dia 18 observa-se que no sudeste do Brasil a divergência positiva permanece bem acentuada, indicando a presença de um sistema frontal sobre a região. Este sistema está bastante enfraquecido, como podemos constatar através das imagens de satélite. A região norte e grande parte do nordeste apresentam o mesmo padrão do dia 17 de junho com predominância de divergência negativa com exceção dos estados localizados no leste do NEB onde uma faixa de divergência positiva é observada, o que indica fluxo ascendente em baixos níveis.

No dia 19 de junho o campo de divergência apresenta-se bem diferente do dia 18 de junho, onde havia uma faixa de divergência positiva sobre o leste da região nordeste, sobre o sudeste do Brasil a divergência negativa atuava com menor intensidade. A faixa de divergência sobre o nordeste se intensifica e passa a dominar toda a porção norte e nordeste do NEB indicando o fortalecimento dos movimentos convectivos em baixos níveis principalmente na área que vai do estado do Maranhão até o oeste do Estado do Rio Grande do Norte, no litoral de Pernambuco a divergência positiva também se intensificou indicando que toda a região norte e nordeste do NEB está sobre condições atmosféricas instáveis em baixos níveis.

Observa-se uma faixa de divergência negativa que segue do estado do Amapá até o litoral do estado da Bahia, tendo sobre o centro do estado de Tocantins, extremo sul do Maranhão e Piauí, e oeste da Bahia a área com valores mais intensos de divergência negativa, indicando que nessa região compreendida entre esses quatro estados está com condições bem estáveis em baixos níveis.

Na região sul, o sistema frontal estacionário que estava em processo de frontólise se desconfigurou sobre a região sudeste do Brasil, diminuindo os processos convectivos em baixos níveis sobre o leste do estado de São Paulo, sul de Minas Gerais e sobre o estado do Rio de Janeiro, e o sistema continua perdendo força mesmo estada sobre o oceano.

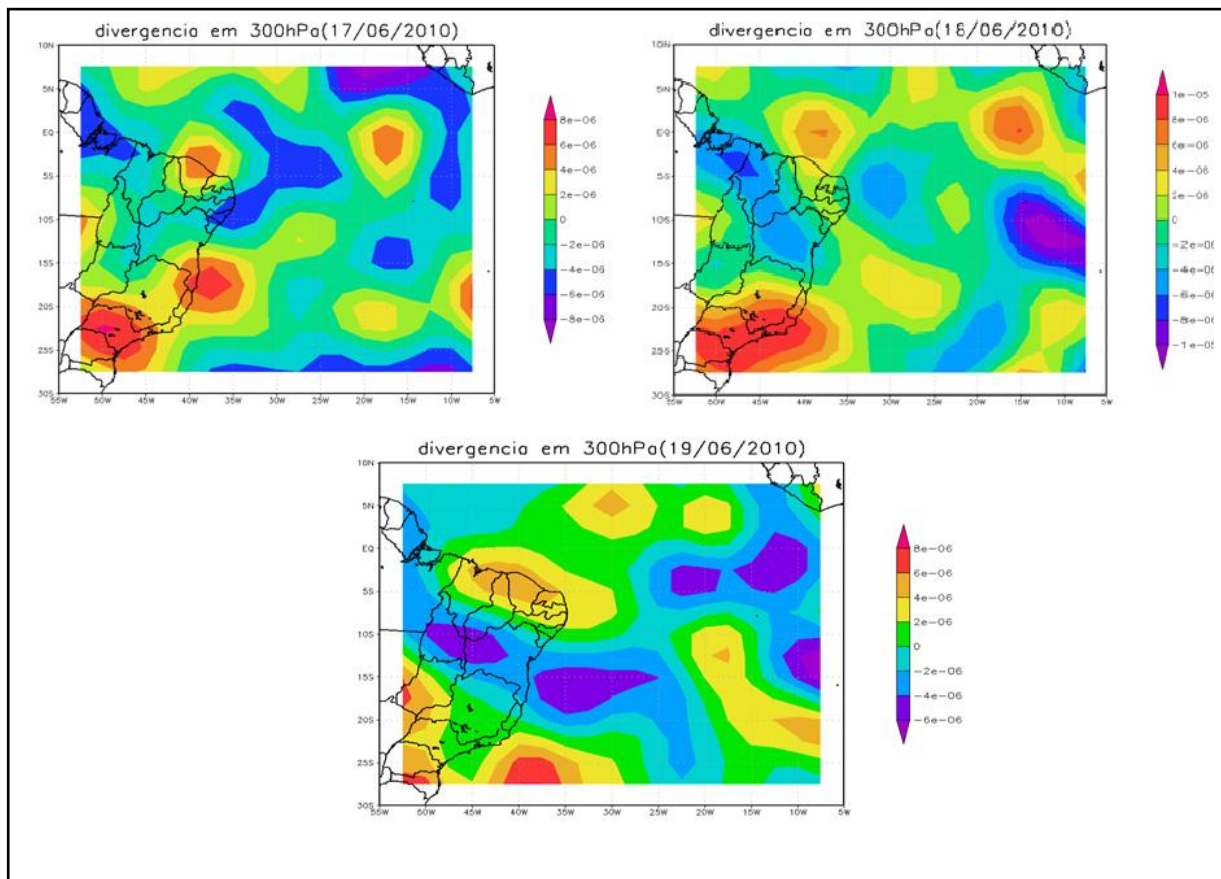


Figura 4.9 – Divergência em 300hPa do dia 17, 18, e 19/jun/2010.

Foram gerados mapas de velocidade vertical (ω) para o nível de 850 hPa (figura 12), com objetivo de confrontar o padrão observado de divergência em altos níveis.

No dia 17 de junho, observa-se que na região norte e nordeste do Brasil predominam o ω negativo, que significa movimentos ascendentes (convecção), correspondendo a divergência positiva em altos níveis (figura 10) mostrando que a presença de nebulosidade com precipitação ocorreu sobre essa região, principalmente sobre a faixa mais ao norte da região nordeste. No restante do Brasil predomina valores positivo de ω que indica ausência de movimentos ascendentes, portanto estabilidade atmosférica.

Percebe-se sobre os países vizinhos da região sul do Brasil que um sistema frontal bem intenso está configurado e gerando uma grande área de instabilidade sobre o oeste da região sul do Brasil.

No dia 18 de junho, tem-se a desintensificação dos movimentos ascendentes sobre o norte e nordeste do país, no entanto temos convecções profundas sobre o extremo norte do Pará. O leste do NEB ainda está sobre o domínio de ω negativo, mostrando que a área de instabilidade sobre o NEB ainda está configurada.

Comparando com a divergência em altos níveis do dia 18 (figura 10) temos a confirmação desse comportamento, onde a divergência positiva também se desintensificou assim como a os movimentos convectivos em baixos níveis caracterizando o enfraquecimento do sistema atuante.

No restante do país o valor de ω se mantém positivo, sem movimentos ascendentes, com exceção do sul do Mato Grosso do Sul e oeste da região Sul do Brasil onde a presença do sistema frontal, enfraquecido, ainda favorece a instabilidade.

Sobre o oeste da região sul do Brasil o sistema frontal que esta sobre o Paraguai e Argentina deslocou-se um pouco para o sul do Brasil e sua área de instabilidade se intensificou dando condições para a formação de um complexo convectivo de mesoescala (CCM) sobre a região sul do Brasil.

No dia 19 observa-se a inversão do padrão de ω sobre o nordeste do Brasil dos últimos dois dias onde o ω passou a se caracterizar de forma neutra mostrando o que a área de instabilidade presente sobre o NEB desintensificou-se e as condições atmosféricas tornaram-se mais estáveis, mostrando o mesmo comportamento de neutralidade para quase todo o território brasileiro com exceção da parte norte da região norte e o estado do maranhão que ainda apresenta áreas com instabilidade atmosférica e valores de ω negativo predominante.

E na área oeste da região sul do Brasil o sistema frontal se manteve estacionário, passando a perder força e diminuindo gradativamente sua intensidade.

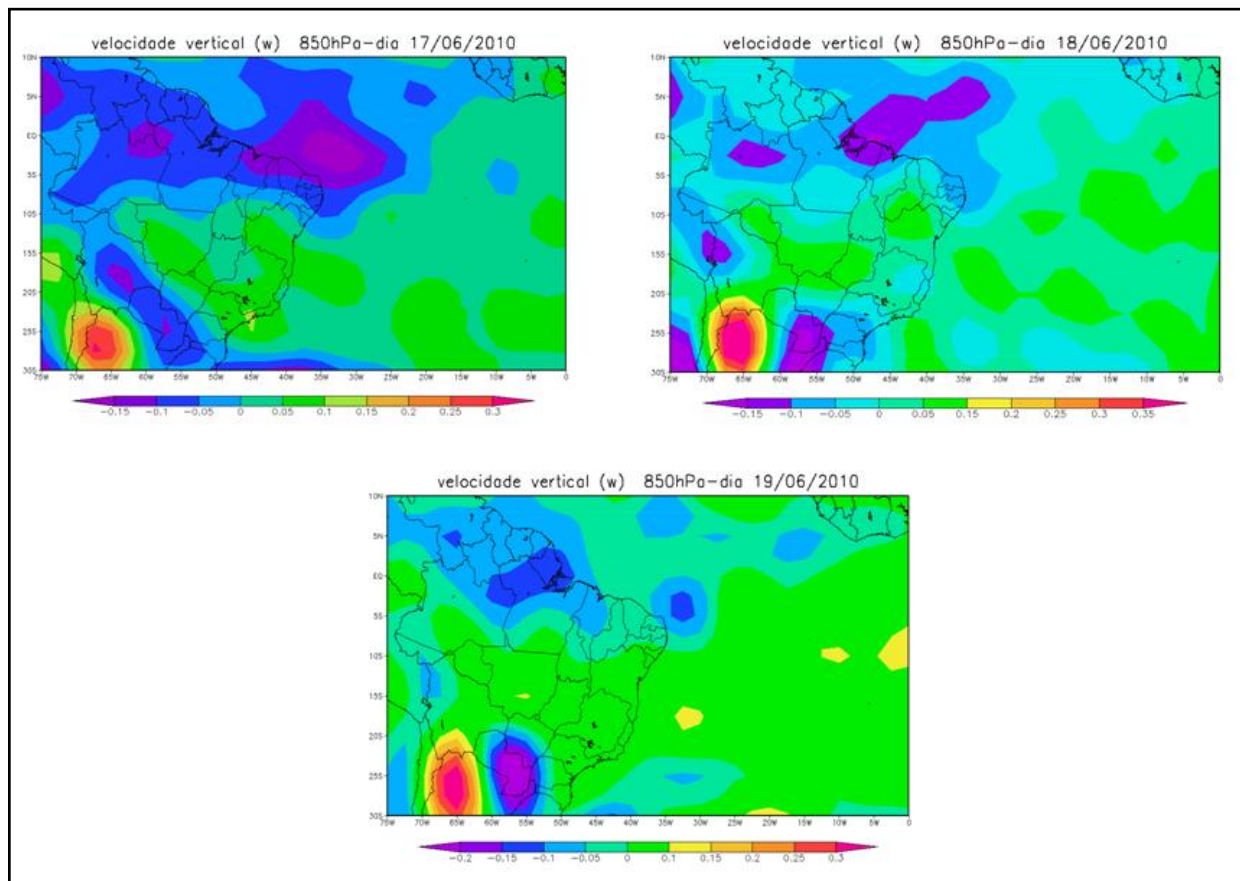


Figura 4.10 - Velocidade vertical em 850hPa do dia 17, 18, e 19/jun/2010.

Para a confirmação e descrição do sistema atmosférico que modulou a precipitação no período estudado, foram gerados gráficos de tempo x longitude conhecidos como Hovmoller, através dos quais é possível identificar o surgimento e evolução espacial e temporal da perturbação atmosférica através da inversão de sentido da componente meridional do vento (v).

A figura 13 tem-se uma projeção espacial de longitude de 45 W a 0E e latitude de 1S a 20S no nível de 850 hPa englobando toda a região nordeste do Brasil buscando identificar a propagação perturbações na corrente básica de leste. Percebe na figura abaixo a evolução de uma perturbação vinda do oceano atlântico alcançado a costa do Brasil nos dias 5 a 7/jun e nos dias estudados 18 e 19/jun caracterizando que houve influência de perturbações atmosféricas, na formação do complexo convectivo que se formou sobre estado de Pernambuco.

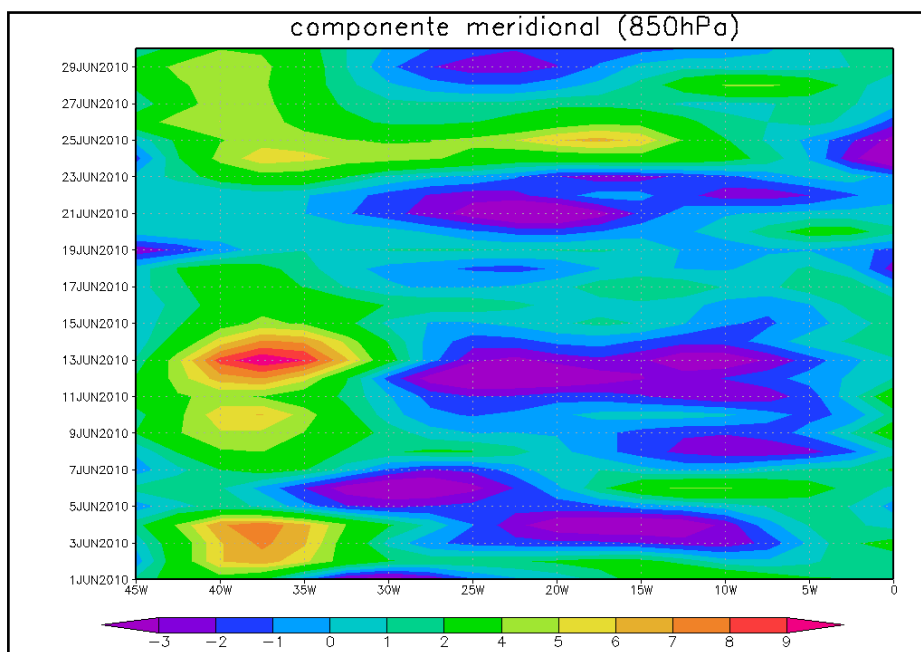


Figura 4.11 - Diagrama de Hovmoller da componente meridional do vento sobre o NEB.

Na figura 14 tem-se a representação do gráfico de longitude x tempo com projeção somente sobre Pernambuco, nos quais mostra como o distúrbio vindo de leste se caracterizou sobre o estado.

Os diagramas de Hovmoller da componente meridional do vento nos níveis de 850, 700, e 500 hPa foram utilizados para a identificação dos distúrbios de leste e também para a caracterização dos seus parâmetros básicos. Onde as oscilações apresentaram-se bastante intensas durante o período investigado principalmente no nível de 500 hPa. Também se observou que as amplitudes dos distúrbios diminuiram no litoral do estado de Pernambuco.

As perturbações atmosféricas, que são caracterizadas com a mudança no sentido normal da componente meridional do vento que no caso normal seria positiva na direção norte passando a ser negativa na direção sul com a passagem da perturbação de leste, observadas no nível de 850 hPa sobre o oceano atlântico onde se desintensificam antes de chegar ao litoral brasileiro.

A convecção sobre o continente, no nível de 700 hPa onde as perturbações são menos intensas e sua variação espacial é bem maior, sua intensidade é bem menor não causando resultados significativos em relação a influencia no complexo convectivo observado na figura 6.

No nível de 500 hPa a perturbação vinda de leste foi mais intensa que nos outros níveis, percebe-se a penetração do distúrbio de leste nos dias 01 a 07, 10 e 11, 16 a 23 e o ultimo distúrbio de leste ocorrido na costa de Pernambuco no dia 29 de junho mostrando que a sua área de propagação mais intensa se deu neste nível explicando a formação de nuvens tão profundas sobre o estado e a intensidade das precipitações.

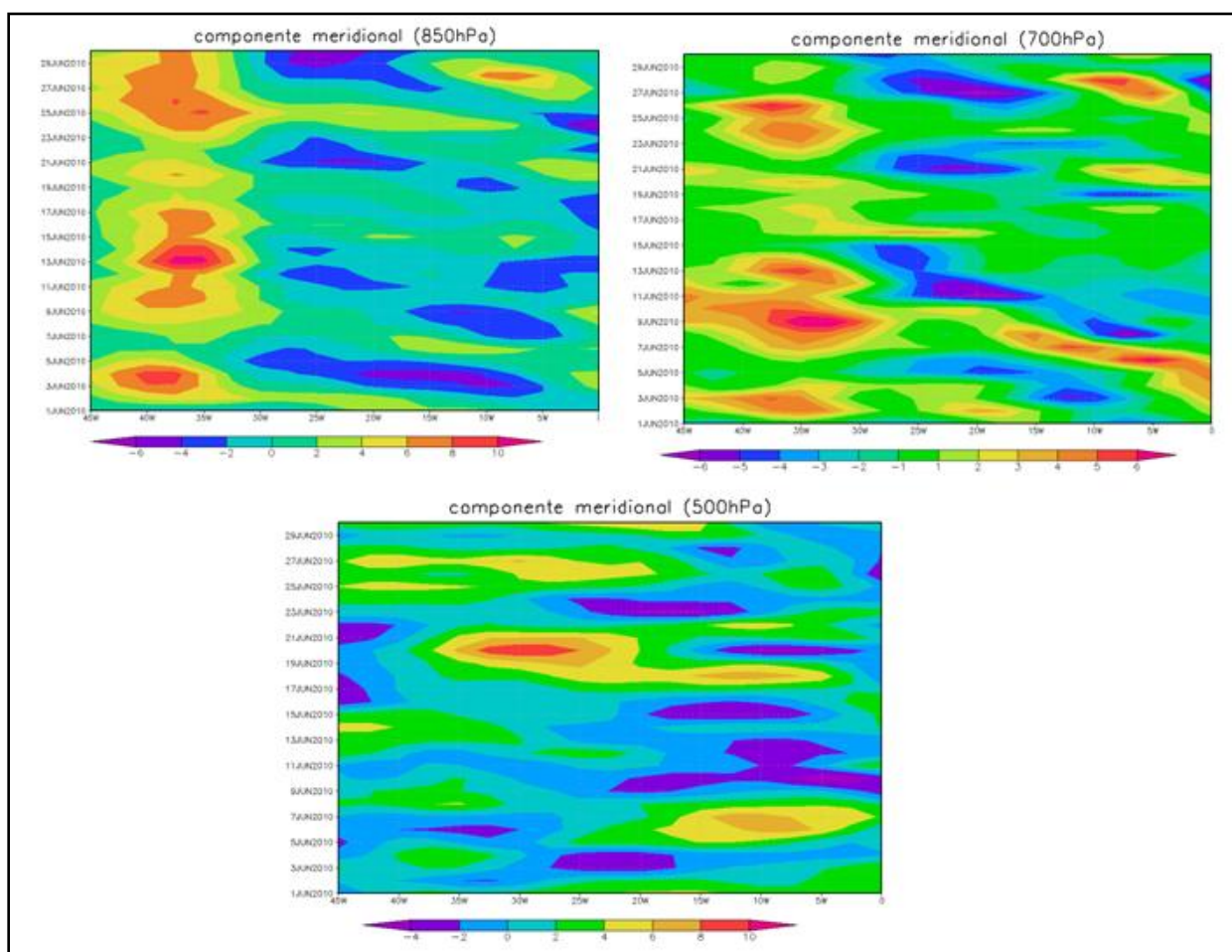


Figura 4.12 -. Diagramas de longitude x tempo sobre Pernambuco.

Para identificar a possível atuação de outros sistemas meteorológicos sobre o NEB, além das perturbações vindas de leste, foram gerados mapas de umidade relativa, da superfície até 850 hPa, sobre o Brasil (figura 15). Observa-se que no dia 17 de junho houve grande disponibilidade de umidade sobre o litoral do nordeste e uma faixa que segue do nordeste do Pará até o noroeste do Amazonas, sobre o centro sul do país observa-se a predominância de uma massa de ar seco que se estende desde o Mato Grosso até o Paraná, esse tipo de fenômeno é muito comum no período de inverno sobre o Brasil e comporta-se como uma

barreira para os sistemas frontais que perdem forças quando encontram uma massa com características tão diferentes e se desintensificam sobre o continente.

No dia 18 de junho as configurações da umidade relativa sobre o Brasil permanecem com um comportamento semelhante do dia 17, com uma suave diminuição do teor de umidade na divisa do estado de Mato Grosso com o estado de Mato Grosso do Sul.

No dia 19 observa-se o aumento da concentração de umidade sobre a região central do país devido a o sistema frontal estacionário sobre essa área precipitando e umidificando o ambiente sobre sua influencia, assim enfraquecendo a massa de ar seca.

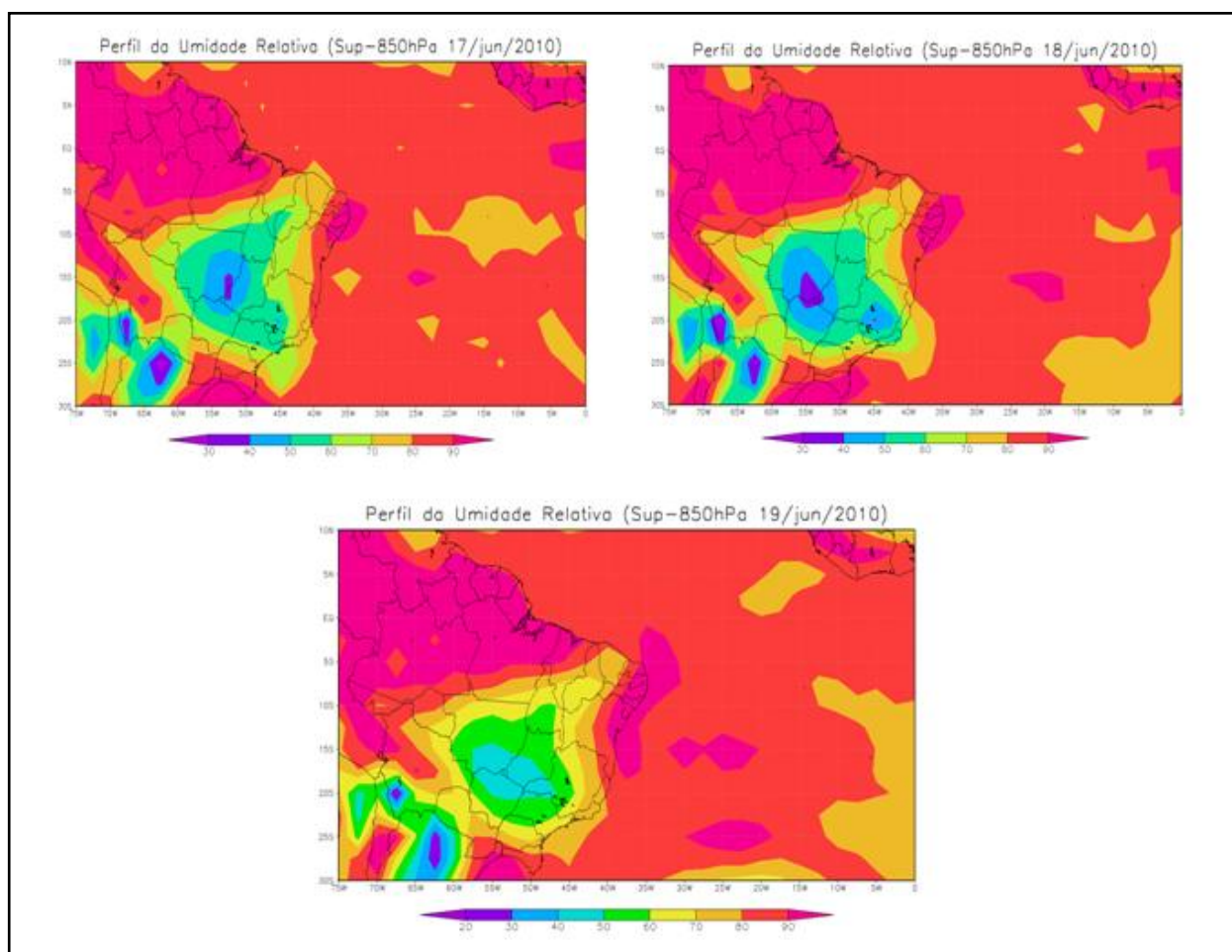


Figura 4.13. Umidade relativa perfil da Superfície e o nível de 850hPa.

5. CONCLUSÃO

A circulação atmosférica associada ao escoamento criado pela alta semipermanente do Atlântico sul que se intensifica no período de inverno favoreceu o transporte de umidade do oceano para o litoral de Pernambuco aumentando a concentração de vapor d' água próximo à superfície, associado a isso o sistema de brisas intensificou os processos convectivos próximo ao litoral do NEB.

As perturbações barotrópicas associadas com o escoamento de leste foram detectadas nos níveis de 700 hPa e principalmente no nível de 500 hPa (entre 8 a 10 km de altitude), onde os distúrbios vindos de leste intensificaram a convecção e interagindo para a formação de um complexo convectivo sobre o estado de Pernambuco.

Devido à interação das perturbações de leste com o sistema de brisas o complexo convectivo que se formou sobre o NEB permaneceu por mais de um dia devido estar sendo alimentado pela umidade transportada do oceano passando de fenômeno de mesoescala para fenômeno de escala sinótica por apresentar duração superior a um dia.

A precipitação causada por esse sistema foi 166,8% maior que a normal climatológica de precipitação para a cidade de Palmares que é de 247 mm para o mês de junho, e os totais registrados nas duas cidades foi de 659,3 mm em Palmares e 610,1 mm na cidade de Barreiros no mês de junho de 2010.

Os campos de velocidade vertical, divergência e vorticidade mostraram consistência física com as condições atmosféricas durante o período de estudo, caracterizando as áreas de instabilidade próximas a superfície associadas com a divergência em altos níveis, e a constatação da sua intensificação observada no gráfico de vorticidade, indicado por valores negativos, que estão relacionados com áreas de baixa pressão, assim aumentado o potencial convectivo sobre o NEB.

O posicionamento do complexo convectivo foi determinante para o grande volume de chuva e conseqüentemente os grandes alagamentos que ocorreram nos município de Palmares e Barreiros, devido à localização das mesmas está próximo aos rios que cortam a região, os quais transbordaram devido à intensidade das precipitações elevando o seu leito acima do normal.

REFERÊNCIAS

- CHAN, C.S. **Análise de distúrbios ondulatórios de leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul**. São José dos Campos. 1990. 134p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.
- COHEN, J.C.P.; SILVA DIAS, M.A.F.; NOBRE, C.A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise**, v.4, n.11, p.34-40, 1989.
- ESPINOZA, E.S. **Distúrbios nos ventos de leste no atlântico tropical**. 1996. 123f. Dissertação (Mestrado) - INPE, São José dos Campos, 1996.
- GAN, M.A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil**. São José dos Campos. 65p. (INPE-2685-TDL/126). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1982.
- GOMES FILHO, M. F. **Um estudo sobre a influência do albedo diferencial e da orografia na circulação atmosférica: Uma aplicação para o Nordeste Brasileiro**, INPE-1640-TDL/015, INPE, São José dos Campos (SP), 1979. Site: <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-7ea5f627d14a9f9a88cc694cf707236f.pdf>
- HASTENRATH, S. **Climate and circulation of the tropics**. [S.l.] d. Reidel pub.co., 1985. p.455.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast brazil. **Q. Jour roy. Meteor. Soc.**, n. 103, p.77-92. 1977.
- MARQUES et al., **Implementing the comandos architecture**. In: esprit technical week. Brussels: north-holland. 1988.
- MOLION, I. C. B.; bernardo, s. O. **Dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro**. In congresso brasileiro de meteorologia, 11, Fortaleza: sbm. P. 561-572, 2000.
- NOBRE, C. A., MOLION, L.C.B. **The climatology of droughts and drought prediction**. In: **autores, impacts of climatic variations on agriculture**, pub. Co, 764p, 1988.
- OLIVEIRA, A. S. De. **Interações entre sistemas frontais na américa do sul e a convecção da amazônia**. Inpe- 4008-tdl/239, INPE, São José Dos Campos, 115p,1986.

RIEHL, H. **Waves in the easterlies and the polar front in the tropics**, chicago: university of chicago press, 79p, 1945.

SILVESTRE, E. **Distúrbios nos ventos de leste no atlântico tropical**, São José dos Campos, INPE, 1996. Site: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/18.html>

YAMAZAKI, Y., **tropical cloudiness over south atlantic ocean**. J. Meteor. Soc. Japan, 55, 204-207, 1975.

YAMAZAKI, Y.; rao, v.b. **Tropical cloudiness over south atlantic ocean**, jour. Met. Soc. Japan, v. 55, n.2, p. 205-207, 1977.

WALLACE D.C. **A new manifestation of leber's disease and a new explanation for the agency responsible for its unusual pattern of inheritance**. Brain, f.j.v.93, n.1, p.121–132. 1970.