



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
MESTRADO EM METEOROLOGIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CONTRIBUIÇÃO DE UM SISTEMA CONVECTIVO DE MESOESCALA PARA O
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NA PARAÍBA**

AGAMENON VIANA LIMA
Mestrando

MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO
Orientador

Campina Grande –PB
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

AGAMENON VIANA LIMA

**CONTRIBUIÇÃO DE UM SISTEMA CONVECTIVO DE MESOESCALA PARA O
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NA PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em
Meteorologia da Universidade Federal de Campina
Grande em cumprimento às exigências para a
obtenção do grau de mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

METEOROLOGIA DE MESO E GRANDE ESCALA

ORIENTADOR

Dr. MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO

Campina Grande - PB
2009

O autor dedica este trabalho

**A Deus, aos meus pais
Josefa Carneiro Viana
e José Bezerra, ao meu
irmão (Aglaylson) e à
minha Noiva (Tatiana).**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, e depois ao meu orientador, Dr. Manoel Gomes Filho, pela eficiente orientação e por todos os incentivos durante a elaboração deste trabalho.

A todos os meus professores pela disposição em dividir seus conhecimentos durante os cursos ministrados.

Ao pessoal da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), por fornecer dados para a concretização deste trabalho.

À Divanete Cruz Rocha Farias (secretária do curso de pós-graduação em meteorologia da UFCG) por toda a atenção disponibilizada.

Aos meus colegas de estudos por todos os momentos que compartilhamos.

Aos meus familiares, Josefa Carneiro Viana Lima (mãe), José Bezerra Lima (pai), Aglaylson Viana Lima (irmão), Antônia Viana Rodrigues (madrinha), Tatiana de Melo (minha noiva), Maria do Céu (sogra) e José Miguel (sogro), por todo o apoio.

Aos meus amigos da República na qual morava, Marcelo, Abel, Tio Zé, André, Gian e André. E a Marquinhos (Boca), por todos os incentivos dados.

Aos amigos que acompanharam toda essa trajetória Gabriel, Ednaldo, Mossoró, Joerlan, Ênio, Assis, Ivaldo, Gilvan, Rodrigo, Renilton, Farias, Velez, Alcides.

AGAMENON VIANA LIMA

CONTRIBUIÇÃO DE UM SISTEMA CONVECTIVO DE MESOESCALA PARA O
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NA PARAÍBA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 27/7/2009

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. ENIO PEREIRA DE SOUZA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. VICENTE DE PAULA SILVA FILHO
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

RESUMO

Sistemas convectivos de mesoescala têm sido observados nos últimos anos e analisados através de técnicas observacionais com o objetivo de descrever e entender sua dinâmica. Neste trabalho, realiza-se um estudo usando essa técnica, para um caso ocorrido no dia 18 de março do ano 2008, para o qual são utilizadas imagens de satélite obtidas do INPE/CPTEC e NOAA dos Estados Unidos, e campos meteorológicos de altitude e superfície. Esse sistema é acompanhado desde sua formação na região costeira paraibana até sua dissipação sobre o sertão. Descrevem-se sua velocidade de propagação, ventos e taxa de precipitação considerando-se para isto, uma faixa latitudinal de um grau, centrada na latitude 7°S. Verifica-se que o sistema ao entrar em contato com o relevo paraibano, é afetado diretamente sofrendo variação na velocidade tanto na subida do Planalto da Borborema assim como também na Serra do Teixeira. Do mesmo modo que sistemas observados em estudos anteriores, este contribuiu de forma bastante decisiva para o armazenamento de água nos açudes localizados em sua trajetória.

Palavras chaves: Sistema Convectivo, Mesoescala, Precipitação.

CONTRIBUTION OF A MESOESCALE CONVECTIVE SYSTEM FOR THE WATER STORAGE IN THE “PARAÍBA”

ABSTRACT

Meso-scale convective systems have been observed in recent years and analyzed through observational techniques with the objective to describe and to understand its dynamics. In this work, a study is realized using this technique, for an occurrence of this kind of system in the day 18 March 2008, for which the satellite images from INPE/CPTEC and NOAA/USA are used, and meteorological fields of altitude and surface ones. This system is observed since its formation in the coastal region until its dissipation on the region called “Sertão”. Its speed of propagation, precipitation and winds are described considering a latitudinal band of one degree, centered in the latitude 7°S. It is verified that the system when interact with the topography is affected directly suffering variation in its speed in such a way that the air is ascent fin the neighborhood of the “Planalto da Borborema” as well as also in the range of the “Serra do Teixeira”. In a similar way that systems observed in previous studies, this one has contributed of sufficiently decisive form for the water storage in dams located in its trajectory.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. OBJETIVOS.....	18
2.1. Objetivo Geral.....	18
2.2. Objetivos Específicos.....	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1. Precipitação intensa na Paraíba.....	19
3.2. Estudos nos Distúrbios Ondulatórios de Leste.....	23
3.3. Relações entre as TSM's Globais e os volumes dos principais reservatórios de água.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1. Caracterização do Estado da Paraíba.....	29
4.2. Caracterização do Planalto da Borborema.....	31
4.3. Caracterização da Serra do Teixeira.....	33
4.4. Descrição dos Dados.....	34
4.5. Metodologia.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
6. CONCLUSÕES.....	59
7. BIBLIOGRAFIA.....	60
8. ANEXOS.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Descrição da Figura	Pág.
Figura 1	Desenvolvimento de uma Zona de Convecção devido a aproximação da ZCIT formando convergência.-----	19
Figura 2	Perfil topográfico compreendido ao longo da faixa de latitude centrada em 7°S do estado paraibano.-----	20
Figura 3	Temperatura da superfície para o dia 15/03/1994.-----	21
Figura 4	Umidade Relativa para o dia 15/03/1994.-----	21
Figura 5	Velocidade de propagação do sistema (m/s) para o dia 15/03/1994.-----	22
Figura 6	Precipitação do sistema (mm) para o dia 15/03/1994.-----	22
Figura 7	Modelo conceitual de ondas de leste: linhas de corrente (linhas sólidas) do escoamento em torno de 200 hPa e isóbaras (linhas tracejadas) dos baixos níveis Inclinação horizontal do eixo do cavado de NE-SW.-----	23
Figura 8	Imagem do Relevo paraibano.-----	30
Figura 9	Localização das Bacias Hidrográficas e dos Açudes-----	31
Figura 10	Imagem do Planalto da Borborema.-----	32
Figura 11	Imagem da Serra do Teixeira.-----	33

Figura 12	Perfil topográfico compreendido ao longo da faixa de latitude de 7,5° à 6,5°S centrada em 7°S do estado paraibano.	37
Figura 13.1	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 15:15 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	40
Figura 13.2	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 15:30 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	40
Figura 13.3	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 15:45 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	41
Figura 13.4	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 16:15 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	41
Figura 13.5	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 16:30 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	41
Figura 13.6	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 16:45 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	41
Figura 13.7	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 17:00 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	42
Figura 13.8	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para	42

a data 18/03/2008 às 17:15 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----

Figura 13.9	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 17:45 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	42
Figura 13.10	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 18:00 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	42
Figura 13.11	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 18:15 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	43
Figura 13.12	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 18:30 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	43
Figura 13.13	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 19:15 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	43
Figura 13.14	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 19:30 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	43
Figura 13.15	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 19:45 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	44

Figura 13.16	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 20:00 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	44
Figura 13.17	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 20:15 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	44
Figura 13.18	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 20:45 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	44
Figura 13.19	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 21:00 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	45
Figura 13.20	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 21:30 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	45
Figura 13.21	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 22:15 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	45
Figura 13.22	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 22:45 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	45
Figura 13.23	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para	46

a data 18/03/2008 às 23:00 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----

Figura 13.24	Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho para a data 18/03/2008 às 23:45 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba.-----	46
Figura 13.25	Imagem do satélite GOES 10 no canal infravermelho para a data 18 / 03 / 2008 das 15:15 às 00:00 na qual mostra a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba. Os períodos sucessivos das imagens são de 15 minutos, tempo local.-----	47
Figura 14	Vento Meridional (m/s) à superfície para o dia 18/03/2008.	48
Figura 15	Vento Zonal (m/s) à superfície para o dia 18/03/2008.	49
Figura 16	Temperatura (°C) à superfície para o dia 18/03/2008.	50
Figura 17	Umidade Relativa (%) próximo à superfície para o dia 18/03/2008.-----	51
Figura 18	Precipitação de Água (kg/m^2) para o dia 18/03/2008.	52
Figura 19	Campo dos Ventos próximo à superfície (m/s) para o dia 18/03/2008.-----	53
Figura 20	Campo dos Ventos em altitude (m / s) em 850 mb para o dia 18/03/2008.-----	53

Figura 21	Precipitação (mm) observada no dia 18 de março de 2008 compreendido ao longo da faixa de latitude de 7,5° à 6,5° centrada em 7°S.-----	55
Figura 22	Velocidade de propagação do sistema (m/s) do dia 18 de março de 2008.-----	56
Figura 23	Volume observado para o Açude de Coremas no mês de Março ano de 2008 devido ao sistema convectivo estudado.	57
Figura 24	Volume observado para o Açude de Boqueirão no mês de Março ano de 2008 devido ao sistema convectivo estudado.	57
Figura 25	Volume observado para o Açude de Gramame no mês de Março ano de 2008 devido ao sistema convectivo estudado.	58

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Descrição da Tabela	Pág.
Tabela 1	Volumes dos açudes do Estado da Paraíba até o fim de março de 2008.-----	25
Tabela 2	Dados das cidades localizadas a 7 ° S de latitude com cada intervalo de 0,5° de longitude. Com razão suavizar os resultados para evitar alguma subestimativa ou superestimativa a partir de valores pontuais.-----	34
Tabela 3	Dados de velocidade , precipitação , direção do vento, umidade relativa, temperatura do ar e Pressão atmosférica para a cidade de Campina Grande.-----	63
Tabela 4	Dados coletados referentes ao volume dos açudes para o mês de março de 2008.-----	69

SIGLAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba.

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas.

DAS – Divisão de Astrofísica.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration.

1. INTRODUÇÃO

Um fator em destaque nos Sistemas Convectivos é sua organização em várias escalas de espaço e tempo. Grande parte das precipitações na região tropical e nas latitudes médias nos meses que compreendem o verão e o inverno é ocasionada pelos sistemas convectivos, na qual o mesmo é responsável pelas condições de tempo, que às vezes chegam a serem extremas as precipitações em algumas regiões do globo.

Para o acompanhamento e análise das trajetórias e dos ciclos de vida dos Sistemas Convectivos são utilizadas imagens em um canal infravermelho térmico de um satélite estacionário, no qual são reconhecidas primeiramente as características morfológicas da região. E com a superposição de imagens sucessivas do Sistema Convectivo é possível a análise do ciclo de vida desses Sistemas.

A principal fonte de energia para o funcionamento destes sistemas encontra-se no calor latente liberado pelas nuvens convectivas (Nitta, T., 1970 e 1972, e Maddox, R. A., 1980) e essa energia é obtida da seguinte maneira: a parcela antes de iniciar seu processo de levantamento, a energia é considerada calor sensível, pois aquece o ar ao seu redor, e enquanto aquece, uma parte dela é utilizada para evaporar água disponível em superfície, como rios, lagos, vegetação, etc. Ao ceder energia de calor sensível para evaporar água, parte desta energia é armazenada através do vapor d'água na parcela em forma de calor latente. Ao ascender a parcela resfria adiabaticamente e parte do vapor d'água condensa liberando calor latente. Então o calor latente é um empréstimo de energia, solicitado pela matéria, para mudança de estado físico.

Foi detectado que os distúrbios ocorriam com maior frequência nos meses de março a agosto, devido a análise dos dados de vento e temperatura no período de 1978 e novembro de 1979 (Chan, C. S., 1980).

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala que se propagam sobre a Paraíba é originária do Oceano Atlântico, onde se locomovem sobre o continente em direção ao Sertão Paraibano. Sistemas de mesoescala são fenômenos meteorológicos que variam em tamanho de alguns até centenas quilômetros aproximadamente, e incluem os MCCs (Complexos convectivos de Mesoescala), MCSs (Sistemas convectivos de mesoescala) e as rajadas de vento.

A intensidade das precipitações, no decorrer do ano no Nordeste Brasileiro, ocorre principalmente devido à atividade convectiva associada com pelo menos quatro sistemas meteorológicos importantes: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é responsável pelas

precipitações que ocorrem no centro norte da região; os Sistemas Frontais que provocam chuva no centro sul do NEB, os Distúrbios de Leste responsáveis pelas chuvas no leste do NEB e os Vórtices Ciclônicos da Alta Troposfera, que produzem chuvas, principalmente, na parte norte da região.

Alguns sistemas de mesoescala originam-se de perturbações ao sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é uma zona de convergência em baixos níveis (divergência em altos níveis) na região de fronteira entre os hemisférios Norte e Sul, e que o SC sofre intensificação ao entrar em contato com a topografia do continente. Para o caso da Paraíba, o sistema sofre uma mudança em sua intensificação devido ao Planalto da Borborema e a Serra do Teixeira no sertão paraibano.

É importante destacar que os Sistemas Convectivos de Mesoescala são nuvens tipo cumulonimbus aglomeradas, e este fenômeno meteorológico ocorre em uma escala da ordem de dimensões de 1 km a centenas de quilômetros, dito acima e sua duração é de 1h a 1 dia, em que são formados pela interação de jatos de altos e baixos níveis. O ar mais frio e seco interage com o ar mais quente e úmido, acarretando elevados índices de precipitação.

Em nosso caso, o sistema de mesoescala é observado desde a sua formação sobre o Oceano Atlântico até a costa da Paraíba, seguido de desaceleração, expansão sobre o Nordeste e desaparecimento do sistema convectivo. O sistema ao atravessar o continente é acompanhado por rajadas de vento, trovoadas de curta duração e grande intensidade.

Nos tópicos revisão bibliográfica é descrita a propagação de um desses sistemas, ocorrida em 15 de março de 1994, provavelmente o mais intenso dentre os que ocorreram no referente ano. O sistema é acompanhado desde a sua origem sobre o Oceano Atlântico a dezenas de quilômetros da costa da Paraíba até seu desaparecimento no Sertão. É mostrada a distribuição de precipitação ao longo da sua trajetória ao mesmo tempo em que é oferecida uma correlação visual com a topografia do terreno. Assim é possível realizar uma avaliação completa sobre um Sistema Convectivo interagindo com um continente.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Realizar um estudo da passagem de um Sistema Convectivo de Mesoescala que se propagou sobre o Estado da Paraíba no dia 18 de março de 2008 e suas contribuições para o armazenamento de água.

2.2. Objetivos Específicos

- Mostrar de forma objetiva a interação do Sistema Convectivo com a topografia do terreno, que provoca alterações significativas na intensidade e na sua velocidade.
- Utilizar imagens de satélite para identificar e mostrar sua propagação sobre a Paraíba.
- Realizar uma análise meteorológica do sistema a partir dos dados coletados de precipitação, direção do vento, temperatura, umidade relativa e velocidade.
- Determinar as características do sistema para um melhor entendimento deste fenômeno, que afeta a região estudada com fortes índices pluviométricos.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Precipitação intensa na Paraíba

Segundo Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996) os distúrbios no escoamento de leste estão entre um dos importantes fatores na atmosfera tropical para a formação de um Sistema Convectivo, pois os resultados implicam em uma elevada taxa de precipitação na Paraíba, que ocorre frequentemente no período entre março a julho devido à propagação de Sistemas Convectivos de Mesoescala. Entretanto a precipitação intensa na região não depende apenas do Sistema Convectivo, mas também da aproximação da Zona de Convergência Intertropical.

A Figura 1 faz parte de um estudo observacional de um Sistema Convectivo vindo do Oceano Atlântico em direção à costa paraibana Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996). Mas o estudo para esse sistema, no de 15/03/1994, mostra uma influência da ZCIT, como apresentado abaixo na imagem.

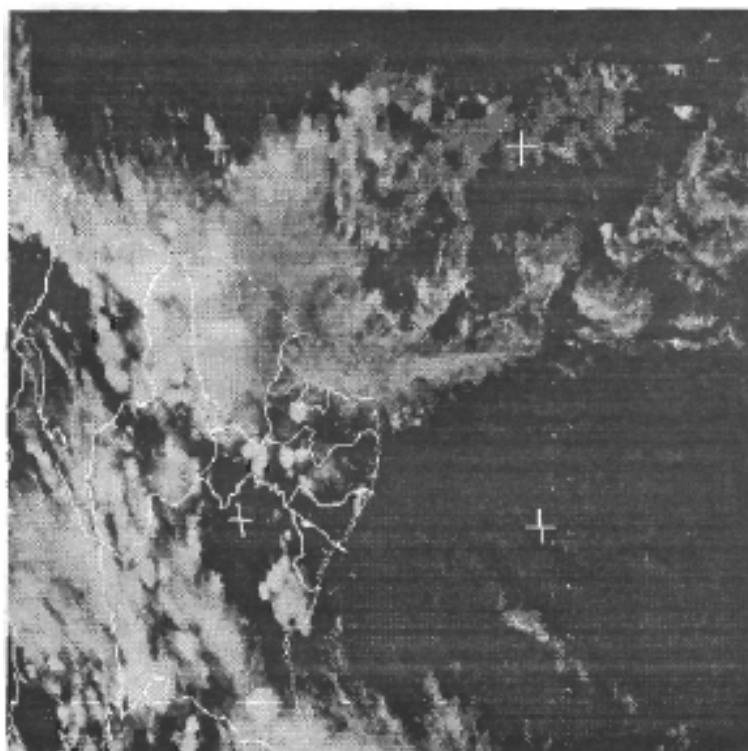


Figura 1 – Desenvolvimento de uma Zona de Convecção devido a aproximação da ZCIT formando convergência¹.

¹ Fonte: Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. 1996

Ressalta-se que Cho, H. R. (1974) mostraram que a atividade das nuvens (Cúmulos) na atmosfera tropical são controladas pela convergência de grande escala, e desenvolveram um método no qual determinam as variáveis meteorológicas de grande escala que introduz a convecção cúmulos.

Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996) estudou a trajetória do sistema desde a sua formação no Atlântico até o nordeste brasileiro. Os sistemas geralmente se formam ao sul da Zona de Convergência Intertropical, onde o sistema mantém uma velocidade constante. Mas ao entrar pela costa leste no litoral paraibano essa velocidade diminui devido à topografia da região, pois o sistema entra em contato com a Serra da Borborema e a Serra do Teixeira em direção ao oeste do nordeste.

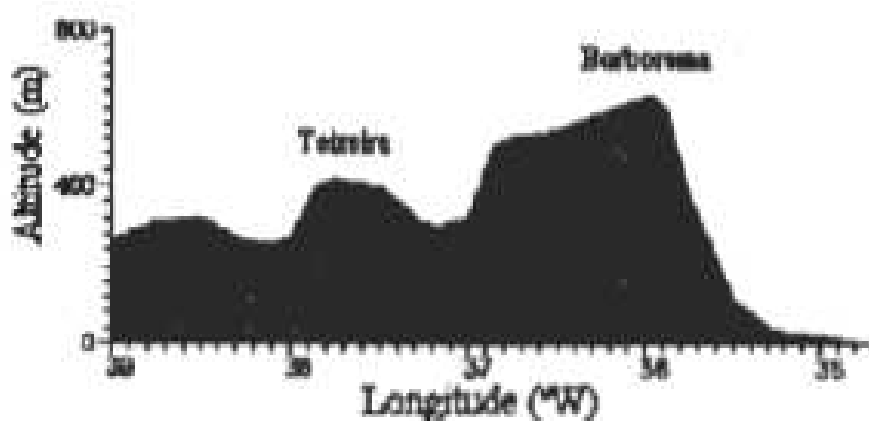


Figura 2 – Perfil topográfico compreendido ao longo da faixa de latitude centrada em 7°S do estado paraibano².

É observado que um dia antes da origem do distúrbio, as condições dos campos de temperatura e da umidade relativa em baixos níveis suportam a convecção. Ver Figuras 3 e 4 (Fontes: National Meteorological Center/USA para o dia 15/03/94 para a região leste do nordeste).

² Fonte: Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. 1996

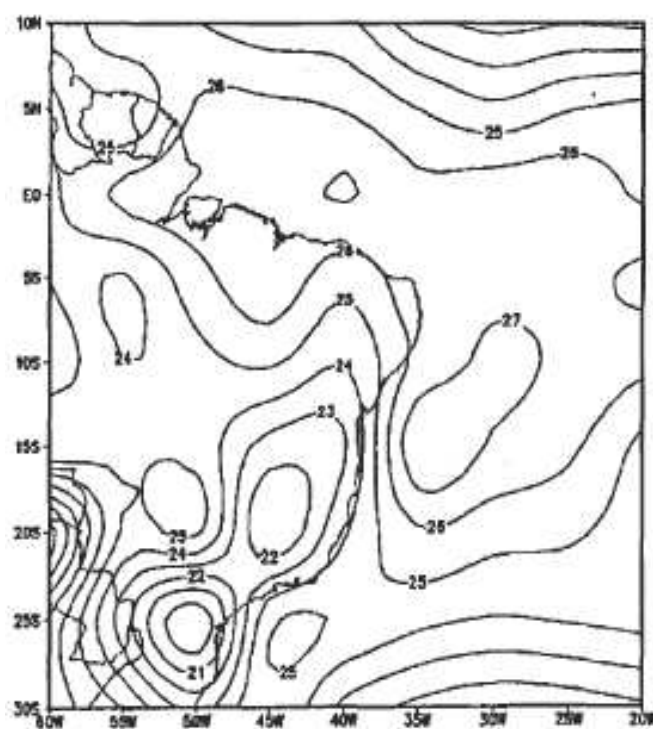


Figura 3 – Temperatura da superfície para o dia 15/03/1994³.

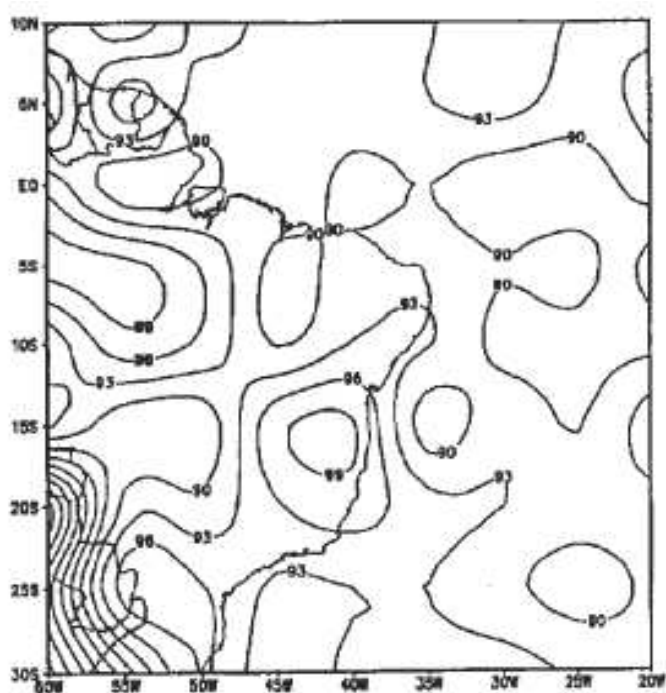


Figura 4 – Umidade Relativa para o dia 15/03/1994⁴.

³ Fonte: Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. 1996

⁴ Fonte: Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. 1996

Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996) realizou um estudo do comportamento da velocidade e da precipitação no intuito de mostrar a influência desses relevos no sistema convectivo. A Figura 5 mostra a velocidade do sistema do oceano até sua interação com o continente, onde sofre uma desaceleração e a Figura 6 mostra a precipitação para o dia 15 de março de 1994, onde é vista a relação entre o sistema e a topografia.

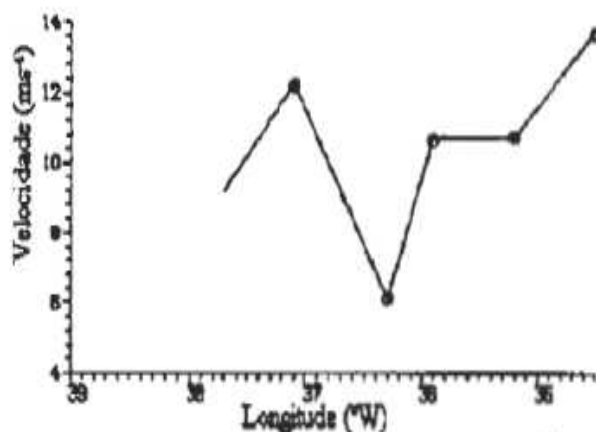


Figura 5 – Velocidade de propagação do sistema (m/s) para o dia 15/03/1994⁵.

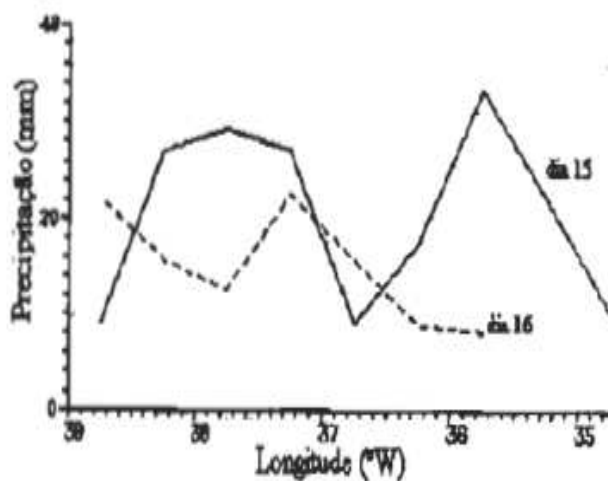


Figura 6 – Precipitação do sistema (mm) para o dia 15/03/1994⁶.

⁵ Fonte: Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. 1996

⁶ Fonte: Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. 1996

3.2. Estudos nos Distúrbios Ondulatórios de Leste

Segundo Riehl, H. *et al* (1945) os distúrbios ondulatórios de leste de escala sinótica, são também chamadas Ondas de Leste ou ondas Africanas, pois foram encontrados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte e na faixa tropical perto da África. São climatologicamente fundamentais para a produção de chuvas, e têm como característica fortes precipitações em áreas que geralmente são secas.

Um dos primeiros cientistas a detectarem os distúrbios de leste na região do Caribe foi Riehl, H. (1945). Com um modelo eles mostraram que nesta região os campos de pressão deslocam-se para oeste, com nuvens altas na forma de V invertido associado a estes distúrbios (ver Figura 7), caracterizados com velocidade de fase de 6° de longitude por dia, comprimento horizontal da onda em torno de 2000 a 3000 km e período de 3 a 4 dias.

As condições de tempo determinadas pelo modelo, nas quais estão associadas estas ondas foram respectivamente, tempo claro e chuvoso a oeste e leste do cavado respectivamente. A máxima intensidade da onda ocorre em torno dos níveis de 700 a 500 hPa e a inclinação é para leste na vertical, sendo essas características utilizadas até hoje na determinação dos distúrbios de leste.

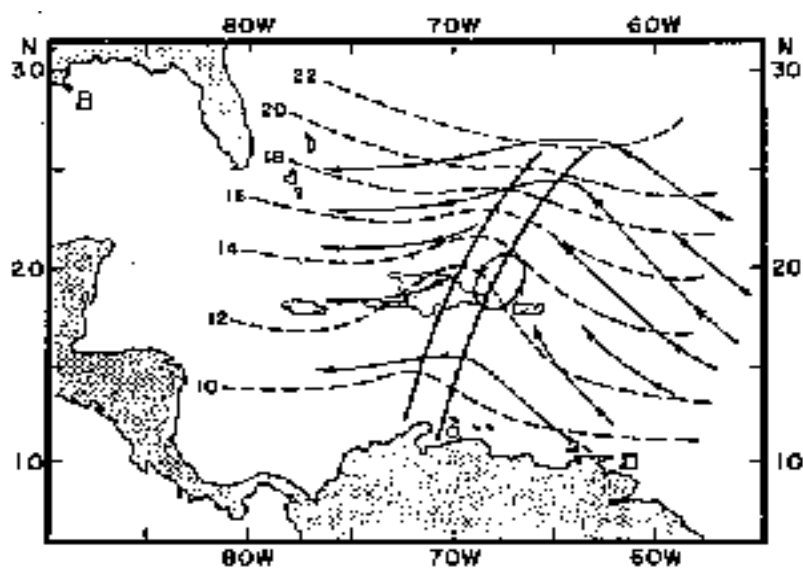


Figura 7 – Modelo conceitual de ondas de leste: linhas de corrente (linhas sólidas) do escoamento em torno de 200 hPa e isóbaras (linhas tracejadas) dos baixos níveis Inclinação horizontal do eixo do cavado de NE-SW⁷.

⁷ Fonte: Riehl, H., 1945

3.3. Relações entre as TSM's Globais e os volumes dos principais reservatórios de água.

Gomes Filho, M. F.; Aragão, J. O. R.; Srinivasan, V. S. *et al* (1999) relaciona as TSM's globais aos volumes dos açudes na Paraíba. O nordeste sofre sérios problemas de estiagem e os dois fenômenos que mais influenciam na formação das nuvens afetando as chuvas no Nordeste brasileiro são: o El Niño e o Dipolo do Atlântico.

O El Niño é um fenômeno de aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico na região do equador (Hastenrath, S.; Heller, L., 1977). Devido a este fenômeno ocorre uma formação de uma circulação térmica afetando os movimentos ascendentes e descendentes em torno da região equatorial para os oceanos Pacífico e Atlântico, com um movimento direcionado no sentido leste – oeste em função dos ventos alísios. Essa circulação é chamada de Circulação de Walker, que consiste em um ramo descendente anômalo sobre o Atlântico, diminuindo os movimentos ascendentes sobre a Amazônia e Nordeste Brasileiro, fazendo com que ocorra a diminuição das nuvens e consequentemente a diminuição da precipitação nas regiões descritas acima (Caviedes, C. N., 1973).

O outro fenômeno que afeta a região com as secas é o chamado Dipolo do Atlântico. Sua influência deve-se ao fato de que o Atlântico Tropical Norte tem a temperatura mais elevada que o normal e o Atlântico Tropical Sul tem a temperatura mais baixa que o normal (Moura, A. D.; Shukla, J., 1981).

Uma circulação térmica anômala direta do tipo Hadley reduz os movimentos ascendentes sobre o nordeste brasileiro fazendo com que a formação de nuvens seja inibida, e consequentemente, reduzindo as chuvas (Moura, A. D.; Shukla, J., 1981).

No Nordeste Brasileiro, o Estado da Paraíba sofre periodicamente longas estiagens. E como foi dito que a estiagem esta ligada à circulação em grande escala, as circulações estão trazendo problemas às populações devido a este fenômeno, principalmente as que se localizam no sertão dos estados que compõem o polígono da seca.

Mas os fenômenos de circulação não somente inibem a formação de nuvens afetando as chuvas, mas também atuam como causadores de precipitações intensas como, por exemplo, sistemas convectivos de mesoescala (Moura, A. D.; Shukla, J., 1981).

Uma característica desse sistema é que há uma transferência de água para os reservatórios que se encontram em seu caminho, com formação no Oceano Atlântico e com ocorrência frequente em março.

O monitoramento dos volumes dos açudes da Paraíba mostra que até o fim de março de 2008 a maioria dos açudes já estava sangrando, com isso pode-se ter uma idéia de como está o nível de precipitação no Estado da Paraíba devido aos fenômenos ocorrentes durante o mês de março de 2008. Todos estes dados foram medidos pela AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.

Volumes Observados

Município	Açude	Capacidade Máxima (m3)	Volume Atual (m3)	% Volume Total	Data
Algodão de Jandaira	Algodão	1.025.425	365.260	35,6	26/03/2008
Araçagi	Araçagi	63.289.037	63.289.037	Sangrando	02/04/2008
Areia	Vaca Brava	3.450.000	453.300	13,1	02/04/2008
Areial	Covão	672.260	54.069	8,0	26/03/2008
Barra de Santa Rosa	Curimataú	5.989.250	4.534.750	75,7	31/03/2008
Barra de Santa Rosa	Poleiros	7.933.700	7.933.700	Sangrando	02/04/2008
Barra de São Miguel	Bichinho	4.574.375	1.849.960	40,4	01/04/2008
Belém	Lagoa do Matias	1.239.883	732.598	59,1	31/03/2008
Belém do Brejo do Cruz	Escondido	16.325.813	15.706.628	96,2	02/04/2008
Belém do Brejo do Cruz	Tapera	26.418.660	3.213.747	12,2	31/03/2008
Boa Ventura	Riacho Verde	1.256.250	1.256.250	Sangrando	02/04/2008
Bonito de Santa Fé	Bartolomeu I	17.570.556	17.570.556	Sangrando	02/04/2008
Boqueirão	Epitácio Pessoa	411.686.287	411.686.287	Sangrando	01/04/2008
Borborema	Canafistula II	4.102.626	1.484.671	36,2	31/03/2008
Brejo do Cruz	Santa Rosa	2.843.984	2.843.984	Sangrando	02/04/2008
Cachoeira dos Índios	Cachoeira da Vaca	339.156	339.156	Sangrando	02/04/2008
Cacimba de Dentro	Cacimba de Várzea	9.264.321	9.264.321	Sangrando	02/04/2008
Cajazeiras	Engenheiro Ávidos	255.000.000	179.540.300	70,4	02/04/2008
Cajazeiras	Lagoa do Arroz	80.220.750	80.220.750	Sangrando	02/04/2008
Camalaú	Camalaú	46.437.520	34.425.444	74,1	01/04/2008
Campina Grande	José Rodrigues	22.332.348	13.602.809	60,9	02/04/2008
Caraúbas	Campos	6.594.392	2.676.491	40,6	01/04/2008
Caraúbas	Curimatã	4.277.080	273.780	6,4	28/03/2008
Carrapateira	Bom Jesus	343.800	343.800	Sangrando	02/04/2008
Catingueira	Cachoeira dos Cegos	71.887.047	71.887.047	Sangrando	28/03/2008
Conceição	Condado	35.016.000	35.016.000	Sangrando	27/03/2008

Conceição	Serra Vermelha I	11.801.173	11.652.580	98,7	02/04/2008
Conceição	Video	6.040.264	6.040.264	Sangrando	26/03/2008
Condado	Engenheiro Arcoverde	36.834.375	36.834.375	Sangrando	28/03/2008
Conde	Gramame / Mamuaba	56.937.000	46.025.640	80,8	02/04/2008
Congo	Cordeiro	69.965.945	35.237.765	50,4	02/04/2008
Coremas	Coremas / Mãe D'água	1.358.000.000	1.358.000.000	Sangrando	02/04/2008
Cuité	Boqueirão do Cais	12.367.300	2.950.373	23,9	25/03/2008
Curral Velho	Bruscas	38.206.463	29.614.364	77,5	01/04/2008
Desterro	Jeremias	4.658.430	4.658.430	Sangrando	02/04/2008
Diamante	Vazante	9.091.200	9.091.200	Sangrando	31/03/2008
Duas Estradas	Duas Estradas	410.260	214.968	52,4	02/04/2008
Emas	Emas	2.013.750	2.013.750	Sangrando	26/03/2008
Fagundes	Gavião	1.450.840	739.200	51,0	28/03/2008
Gurjão	Gurjão	1.929.250	1.385.090	71,8	02/04/2008
Ibiara	Piranhas	25.696.200	25.696.200	Sangrando	31/03/2008
Igaracy	Cochos	4.199.773	4.199.773	Sangrando	25/03/2008
Imaculada	Albino	1.833.955	1.244.940	67,9	25/03/2008
Ingá	Chã dos Pereiras	1.766.100	47.540	2,7	10/03/2008
Itaporanga	Cachoeira dos Alves	10.611.196	10.611.196	Sangrando	25/03/2008
Itatuba	Serra Vellha	689.840	70.668	10,2	26/03/2008
Jericó	Carneiro	31.285.875	31.285.875	Sangrando	26/03/2008
João Pessoa	Marés	2.136.637	1.724.704	80,7	02/04/2008
Juarez Távora	Brejinho	789.000	67.840	8,6	24/03/2008
Juazeirinho	Mucutu	25.370.000	13.781.999	54,3	23/03/2008
Juru	Glória	1.349.980	1.349.980	Sangrando	25/03/2008
Juru	Timbaúba	15.438.572	15.438.572	Sangrando	01/04/2008
Livramento	Livramento (Russos)	2.432.420	2.432.420	Sangrando	02/04/2008
Mamanguape	Jangada	470.000	470.000	Sangrando	01/04/2008
Manaíra	Catolé I	10.500.000	10.500.000	Sangrando	31/03/2008
Mari	Olho d'Água	868.320	868.320	Sangrando	28/03/2008
Massaranduba	Massaranduba	604.390	34.145	5,6	28/03/2008
Montadas	Emídio	415.770	20.798	5,0	26/03/2008
Monteiro	Pocinhos	6.789.305	494.036	7,3	28/03/2008
Monteiro	Poções	29.861.562	10.762.815	36,0	28/03/2008
Monteiro	Serrote	5.709.000	77.630	1,4	28/03/2008
Monteiro	São José II	1.311.540	1.212.932	92,5	28/03/2008
Nova Olinda	Saco	97.488.089	81.834.930	83,9	01/04/2008
Olho d'Água	Jenipapeiro (Buiú)	70.757.250	70.757.250	Sangrando	28/03/2008
Olivedos	Olivedos	5.875.124	5.496.698	93,6	01/04/2008
Ouro Velho	Ouro Velho	1.675.800	369.020	22,0	28/03/2008
Patos	Farinha	25.738.500	25.738.500	Sangrando	02/04/2008

Patos	Jatobá I	17.516.000	17.516.000	Sangrando	02/04/2008
Pedra Lavrada	Caldeirão	1.277.250	664.250	52,0	28/03/2008
Picuí	Caraibeiras	2.709.260	2.575.856	95,1	01/04/2008
Picuí	Várzea Grande	21.532.659	9.021.827	41,9	02/04/2008
Pirpirituba	Pirpirituba	4.666.188	4.269.504	91,5	02/04/2008
Prata	Prata II	1.308.433	66.913	5,1	01/04/2008
Prata	São Paulo	8.455.500	5.675.140	67,1	28/03/2008
Princesa Isabel	Jatobá II	6.487.200	6.487.200	Sangrando	02/04/2008
Puxinanã	Milhã (Evaldo Gonçalves)	802.684	79.453	9,9	28/03/2008
Riacho de Santo Antônio	Riacho de Santo Antônio	6.834.000	1.521.850	22,3	25/03/2008
Riacho dos Cavalos	Riacho dos Cavalos	17.699.000	13.963.800	78,9	01/04/2008
Santa Cruz	Caldeirão I	508.433	192.793	37,9	25/03/2008
Santa Inês	Santa Inês	26.115.250	9.492.400	36,4	02/04/2008
Santa Luzia	Santa Luzia	11.960.250	11.960.250	Sangrando	24/03/2008
Santa Teresinha	Capoeira	53.450.000	53.450.000	Sangrando	31/03/2008
Santana dos Garrotes	Queimadas	15.625.338	15.625.338	Sangrando	31/03/2008
Sapé	São Salvador	12.657.520	10.527.807	83,2	28/03/2008
Seridó	Felismina Queiroz	2.060.000	2.060.000	Sangrando	27/03/2008
Serra Branca	Serra Branca I	2.117.062	1.951.046	92,2	31/03/2008
Serra Branca	Serra Branca II	14.042.568	3.145.151	22,4	31/03/2008
Serra Grande	Cafundó	313.680	313.680	Sangrando	27/03/2008
Serra Redonda	Chupadouro II	634.620	44.492	7,0	25/03/2008
Serra da Raiz	Suspiro	276.400	38.182	13,8	24/03/2008
Soledade	Soledade	27.058.000	27.058.000	Sangrando	31/03/2008
Sousa	São Gonçalves	44.600.000	44.600.000	Sangrando	02/04/2008
Sumé	Sumé	36.800.000	26.777.662	72,8	31/03/2008
São Domingos do Cariri	São Domingos	7.340.440	7.340.440	Sangrando	31/03/2008
São Francisco	Paraíso (Luiz Oliveira)	5.340.024	5.340.024	Sangrando	31/03/2008
São José da Lagoa Tapada	Jenipapeiro	1.948.300	1.948.300	Sangrando	18/03/2008
São José de Caiana	Pimenta	255.744	255.744	Sangrando	25/03/2008
São José de Piranhas	São José I	3.051.125	3.051.125	Sangrando	25/03/2008
São José do Brejo do Cruz	Baião	39.226.628	30.248.228	77,1	31/03/2008
São José do Sabugi	São José IV	554.100	554.100	Sangrando	02/04/2008
São José dos Cordeiros	São José III	956.000	956.000	Sangrando	24/03/2008
São João do Cariri	Namorado	2.118.980	937.914	44,3	01/04/2008
São João do Rio do Peixe	Chupadouro I	2.764.100	2.764.100	Sangrando	02/04/2008
São João do Rio do Peixe	Pilões	13.000.000	13.000.000	Sangrando	27/03/2008

São Mamede	São Mamede	15.791.280	15.791.280	Sangrando	27/03/2008
São Sebastião de Lagoa de Roça	São Sebastião	453.075	67.600	14,9	28/03/2008
São Sebastião do Umbuzeiro	Santo Antônio	24.424.130	7.313.270	29,9	01/03/2008
Taperoá	Lagoa do Meio	6.647.875	2.325.991	35,0	26/03/2008
Taperoá	Taperoá II (Manoel Marcionilo)	15.148.900	15.148.900	Sangrando	26/03/2008
Tavares	Novo II	706.080	364.476	51,6	01/04/2008
Tavares	Tavares II	9.000.000	9.000.000	Sangrando	18/03/2008
Teixeira	Bastiana	1.271.560	301.249	23,7	31/03/2008
Teixeira	Riacho das Moças	6.413.411	2.520.546	39,3	02/04/2008
Teixeira	Sabonete	1.952.540	597.666	30,6	31/03/2008
Teixeira	São Francisco II	4.920.720	959.658	19,5	31/03/2008
Triunfo	Gamela	472.926	472.926	Sangrando	28/03/2008
Uiraúna	Arrojado	3.596.180	2.535.608	70,5	31/03/2008
Uiraúna	Capivara	37.549.827	12.563.917	33,5	31/03/2008
Várzea	Várzea	1.132.975	1.132.975	Sangrando	31/03/2008
Água Branca	Bom Jesus II	14.174.382	14.174.382	Sangrando	28/03/2008

	56 Reservatórios Sangrando
	15 Reservatórios em Observação (menor que 20% do Volume Total)
	2 Reservatórios em Situação Crítica (menor que 5% do Volume Total)

Tabela 1 – Volumes dos açudes do Estado da Paraíba para o fim de março de 2008.

Fonte: AESA/ DNOCS/ CAGEPA

Tabela retirada do website: www.aesa.pb.gov.br/

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização do Estado da Paraíba

Neste tópico ter-se-á um melhor entendimento do território paraibano, e com isso, uma compreensão do comportamento de um Sistema Convectivo sobre o Estado.

Uma grande parte do território paraibano é constituída por rochas resistentes, nas quais forma-se um complexo cristalino. O estado possui praias e terras arenosas, onde se forma a Planície Litorânea. Na região da Mata têm-se os tabuleiros, que são formados por acúmulos de terras, que descem de lugares altos. No Agreste encontram-se as depressões que ficam entre os tabuleiros e o Planalto da Borborema, no qual se apresentam muitas serras, como a do Teixeira (Lira, L., 1997).

As duas regiões montanhosas em destaque, para melhor entendimento do sistema em estudo, são o Planalto da Borborema e a Serra do Teixeira, pois as duas serras influenciam muito na velocidade do Sistema Convectivo observado, em que a mesma se movimenta no sentido leste-oeste passando respectivamente pelo Planalto da Borborema e Serra do Teixeira.

A Paraíba encontra-se na parte mais oriental das Américas, e com isso, os sistemas formados no Atlântico incidem diretamente no estado. O clima no litoral é tropical úmido e com chuvas abundantes, mas na medida em que caminha para o interior do estado, o clima se torna semi-árido e com estiagens prolongadas e com baixas precipitações devido à presença da Serra da Borborema (Lira, L., 1977).

A Figura 8 mostra o relevo paraibano, a Figura 10 mostra uma imagem destacada do Planalto da Borborema e a Figura 11 mostra uma imagem destacada da Serra do Teixeira. As Figuras 10 e 11 destacam a Figura 8 e a Figura 9 mostra a localização das Bacias Hidrográficas e dos Açudes.

O relevo do Estado da Paraíba apresenta-se de uma forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo diferentes, no qual foram trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas.

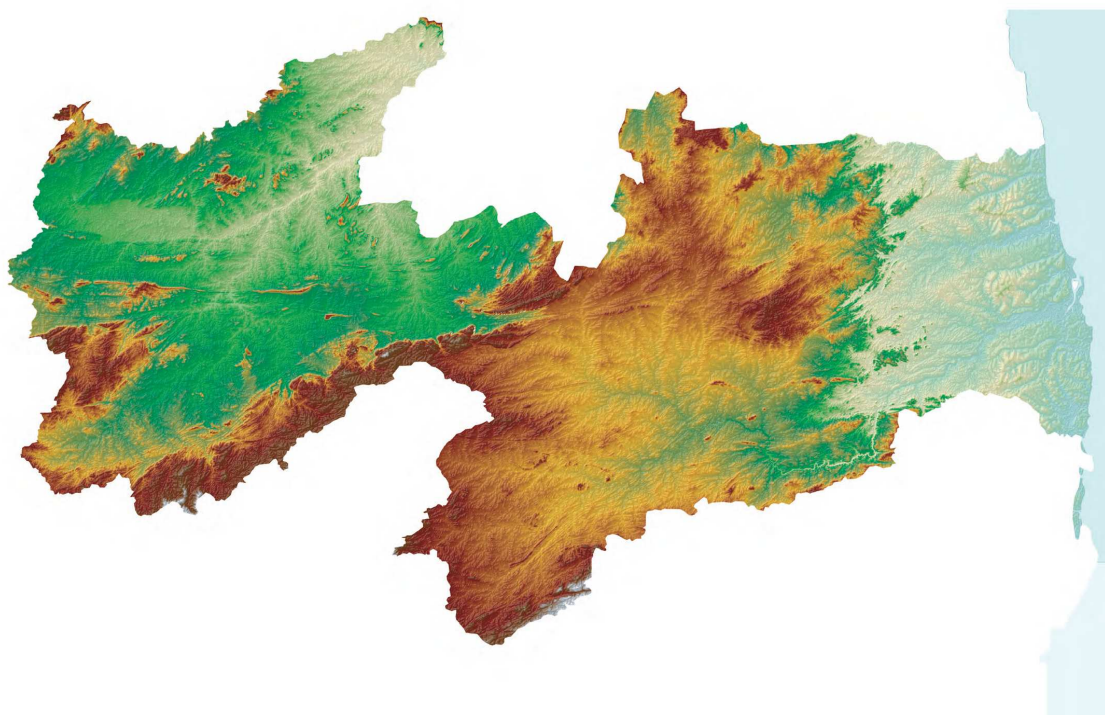


Figura 8 – Imagem do Relevo paraibano⁸.

Na Figura 9 mostra todas as bacias e sub-bacias hidrográficas do Estado da Paraíba, e todos os açudes monitorados pela AESA. Alguns dos açudes o monitoramento é diário, tais como Acauã, Epitácio Pessoa, Coremas, Gramame, Capoeira, Lagoa do Arroz e São Gonçalo.

⁸ <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportais/mapas.html>

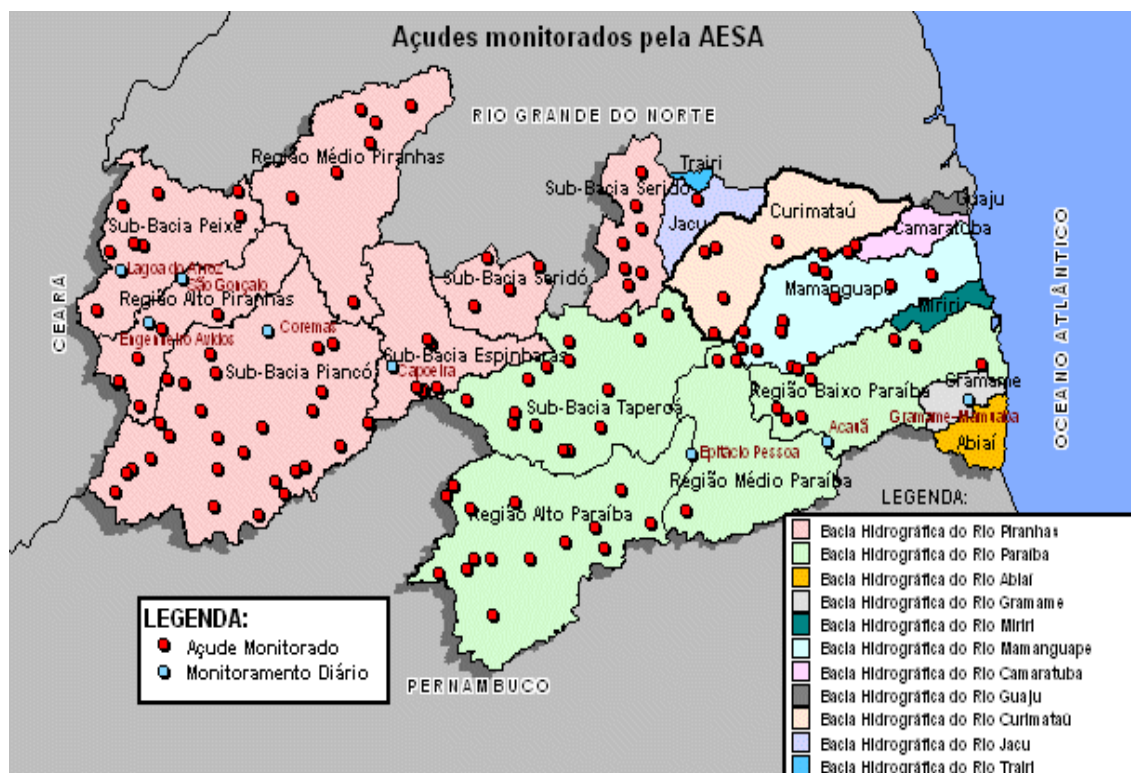


Figura 9 – Localização das bacias hidrográficas e dos açudes no Estado da Paraíba⁹.

4.2. Caracterização do Planalto da Borborema

O Planalto da Borborema destaca-se do relevo do Nordeste, e na Paraíba ele é fundamental devido o conjunto de relevo, redes hidrográficas e os climas, onde as serras e o planalto possuem altitudes que variam aproximadamente de 300 a 800 metros de altitude.

O Planalto é uma região montanhosa no interior do Nordeste, e sua localização compreende os estados da Paraíba, de Pernambuco, do Rio Grande do Norte e de Alagoas. No Planalto da Borborema localizam-se importantes cidades, como Campina Grande (Paraíba), Caruaru e Garanhuns (Pernambuco) e Arapiraca (Alagoas).

No seu lado oriental, domina a baixada litorânea com um desnível de 300m, o que lhe confere ao topo uma altitude de 500m. Já para o interior, o planalto ainda se alteia mais e alcança média de 800m em seu centro, e depois passa a baixar até atingir 600m junto ao lado ocidental. Diferem consideravelmente as topografias da porção oriental e da porção ocidental.

⁹ <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>

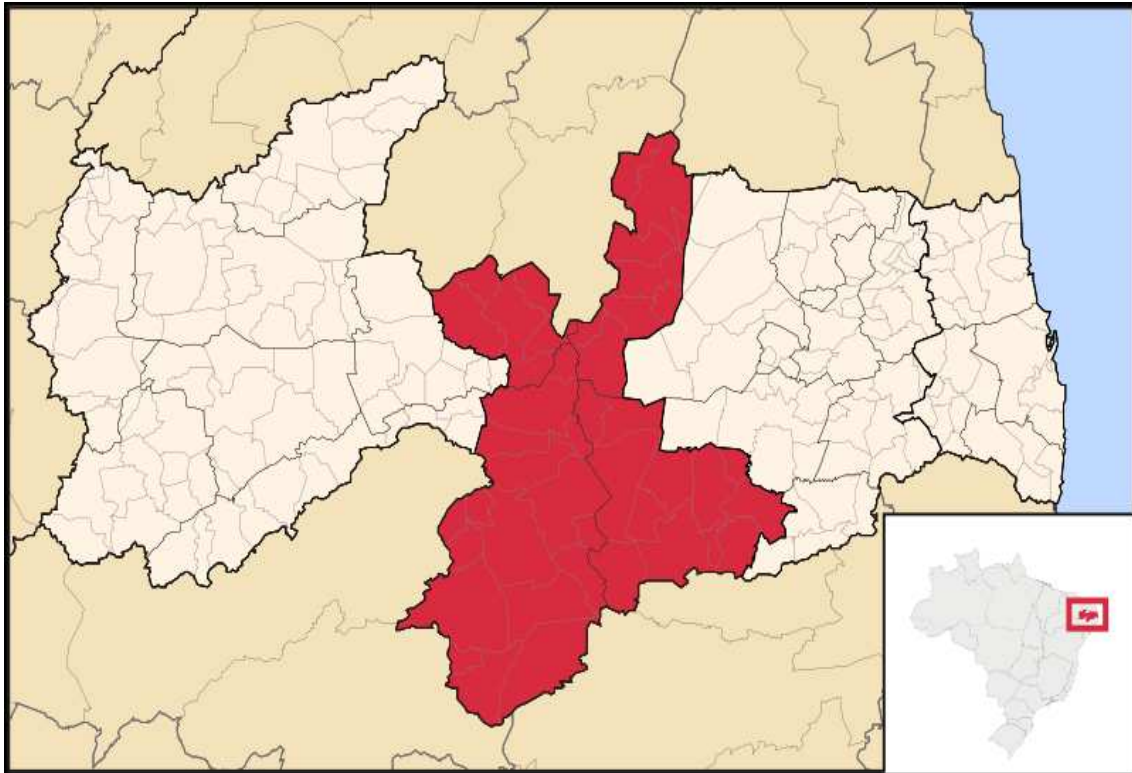


Figura 10 – Imagem do Planalto da Borborema¹⁰.

¹⁰ Fonte: Wikipedia

4.3. Caracterização da Serra do Teixeira

A Serra de Teixeira é uma das mais conhecidas, com uma altitude média de aproximadamente 700 metros, onde se encontra o ponto culminante da Paraíba, a saliência do Pico do Jabre, que tem uma altitude de 1.197 metros acima do nível do mar, e fica localizado no município de Maturéia. O sistema convectivo sofre grande influência ao entrar em contato com esta Serra.

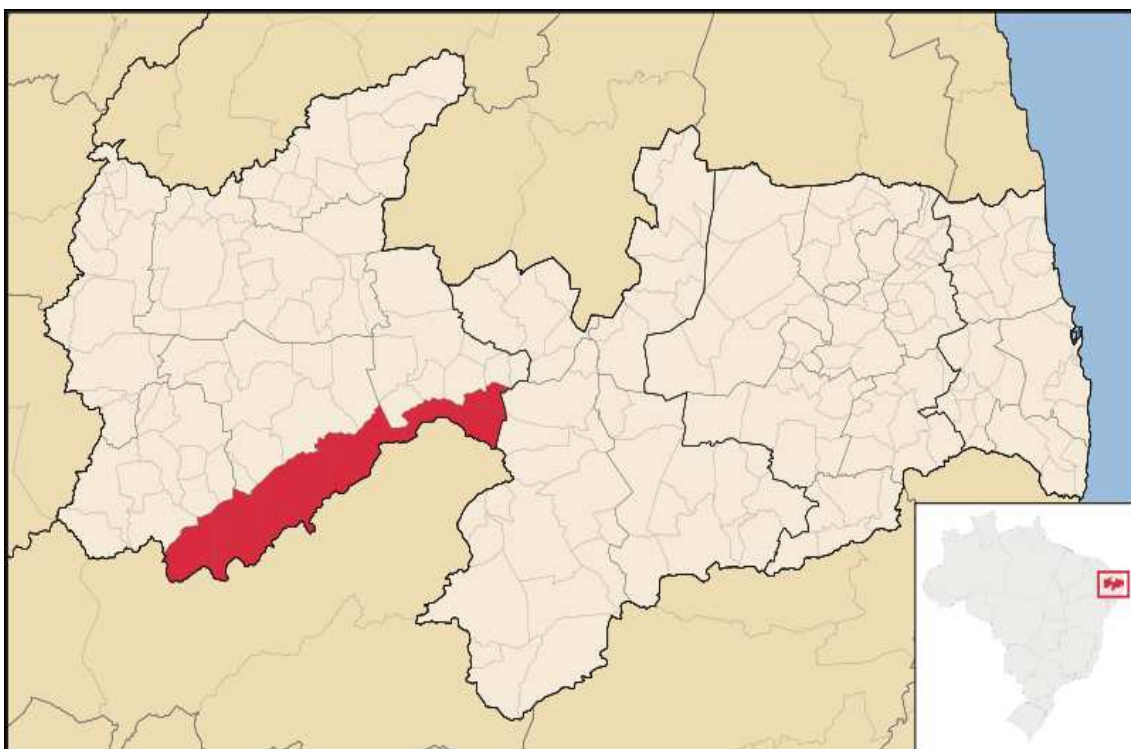


Figura 11 – Imagem da Serra do Teixeira¹¹.

¹¹ Fonte: Wikipedia

4.4. Descrição dos Dados

Os dados que serão utilizados neste trabalho são informações coletadas pelo INPE/CPTEC/DAS e pela Estação Meteorológica automatizada – dados meteorológicos em tempo real localizada na Universidade Federal de Campina Grande, na qual a Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (Meteorologia) responsabiliza-se pela obtenção de informações sobre precipitação, temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, radiação solar, velocidade e direção do vento, a cada 10 minutos.

Com os dados contidos na Tabela abaixo referentes à latitude, longitude e altitude podem auxiliar a analisar o comportamento do sistema ao interagir com o Planalto da Borborema. A topografia assume papel fundamental em relação a sua interferência no clima, o que de certa forma tem atuado nas ocorrências de diversificações climáticas existentes no Estado, nas mais diferentes latitudes, longitudes e altitudes.

A Tabela 2 tem a finalidade de mostrar os dados de latitude, longitude e altitude das cidades localizadas ao longo da faixa de latitude de 7,5° a 6,5°S centrada em 7°S, ou seja, das cidades que interagem com o sistema, afim de elaborar um perfil topográfico.

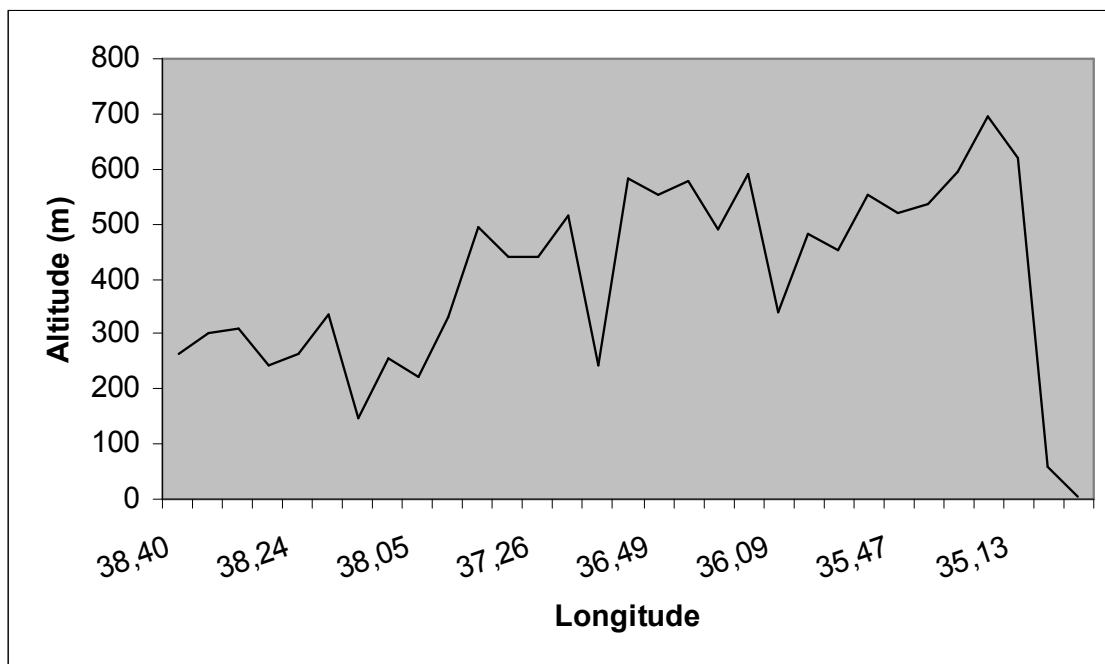
Tabela 2 – Dados das cidades localizadas ao longo da faixa de latitude de 7,5° a 6,5°S centrada em 7°S. Com a razão de suavizar os resultados para evitar alguma subestimativa ou superestimativa a partir de valores pontuais.

Local	Latitude	Longitude	Altitude
Água Branca	-7,3	37,38	735
Algodão de Jandaíra	-6,54	36	470
Araçagi	-6,51	35,22	57
Areia	-6,57	35,41	618
Areial	-7,03	35,55	695
Barra de Santa Rosa	-6,47	36,03	457
Barra de São Miguel	-7,45	36,19	486
Belém	-6,41	35,32	149
Belém do Brejo do Cruz	-6,11	37,32	176
Boa Ventura	-7,24	38,12	303
Bonito de Santa Fé	-7,18	38,3	593
Boqueirão	-7,28	36,08	355
Borborema	-6,48	35,34	368
Brejo do Cruz	-6,2	37,29	199
Cachoeira dos Índios	-6,55	38,4	319

Cacimba de Dentro	-6,38	35,47	536
Cajazeiras	-6,53	38,33	298
Camalaú	-7,53	36,49	521
Campina Grande	-7,13	35,52	551
Caraúbas	-7,43	36,29	451
Carrapateira	-7,02	38,2	372
Catingueira	-7,07	37,36	287
Conceição	-7,33	38,3	376
Condado	-6,54	37,36	253
Conde	-7,15	34,54	112
Congo	-7,47	36,39	480
Coremas	-7	37,56	218
Cuité	-6,29	36,09	649
Curral Velho	-7,34	38,01	338
Desterro	-7,17	37,05	591
Diamante	-7,25	38,15	315
Duas Estradas	-6,41	35,25	144
Emas	-7,06	37,42	268
Fagundes	-7,21	35,46	505
Gurjão	-7,14	36,29	491
Ibiara	-7,3	38,24	341
Igaracy	-7,1	38,08	313
Imaculada	-7,23	37,3	763
Ingá	-7,16	35,36	0
Itaporanga	-7,18	38,09	291
Itatuba	-7,22	35,37	117
Jericó	-6,33	37,48	233
João Pessoa	-7,06	34,51	47
Juarez Távora	-7,1	35,35	145
Juazeirinho	-7,04	36,34	553
Juru	-7,32	37,49	580
Livramento	-7,22	36,56	584
Mamanguape	-6,5	35,07	35
Manaíra	-7,42	38,09	757
Mari	-7,03	35,19	143
Massaraduba	-7,12	35,47	541
Montadas	-7,08	35,54	713
Monteiro	-7,53	37,07	599
Nova Olinda	-7,28	38,02	319
Olho d'água	-7,13	37,45	267
Olivedos	-6,59	36,14	559
Ouro Velho	-7,37	37,08	591
Patos	-7,01	37,16	242
Pedra Lavrada	-6,45	36,28	516
Picuí	-6,3	36,2	439
Pirpirituba	-6,46	35,29	99
Prata	-7,41	37,04	577
Princesa Isabel	-7,44	37,59	683
Puxinanã	-7,09	35,57	657
Riacho de Santo Antônio	-7,41	36,09	440

Riacho dos Cavalos	-6,26	37,39	198
Santa Cruz	-6,31	38,03	314
Santa Inês	-7,37	38,33	0
Santa Luzia	-6,52	36,55	299
Santa Terezinha	-7,02	37,26	306
Santana dos Garrotes	-7,23	37,59	322
Sapé	-7,05	35,13	123
Seridó	-6,56	36,24	631
Serra Branca	-7,29	36,39	493
Serra Grande	-7,12	38,22	593
Serra Redonda	-7,1	35,4	391
Serra da Raiz	-6,41	35,26	331
Soledade	-7,03	36,21	521
Sousa	-6,45	38,13	220
Sumé	-7,4	36,52	532
São Domingos do Cariri	-7,38	36,25	400
São Francisco	-6,37	38,05	285
São José da Lagoa Tapada	-6,56	38,09	257
São José de Caiana	-7,14	38,18	610
São José de Piranhas	-7,07	38,3	342
São José do Brejo do Cruz	-6,12	37,21	147
São José do Sabugi	-6,46	36,47	333
São José dos Cordeiros	-7,23	36,48	527
São João do Cariri	-7,23	36,31	458
São João do Rio do Peixe	-6,43	38,31	245
São Mamede	-6,55	37,05	263
São Sebastião de Lagoa de Roça	-7,06	35,51	641
São Sebastião do Umbuzeiro	-8,09	37	594
Taperoá	-7,12	36,49	532
Tavares	-7,38	37,52	724
Teixeira	-7,13	37,15	768
Triunfo	-6,34	38,35	310
Uiraúna	-6,31	38,24	301
Vázea	-6,46	36,59	265

Com base nas informações observadas nesse tópico é feito um perfil topográfico das cidades localizadas ao longo da faixa de latitude de 7,5° a 6,5°S centrada em 7°S. Devido o grande número de dados é introduzida uma linha de tendência a fim de suavizar o gráfico. É destacado o Planalto da Borborema com altitude de aproximadamente 600m e a Serra do Teixeira com altitude de aproximadamente 450m.



4.5. Metodologia

Neste trabalho procura-se identificar a ocorrência, dentro das imagens e campos pré-determinados, do sistema em questão, para análise e acompanhamento de sua evolução.

A seguinte análise se resume a utilização do método de Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996), que se baseia a utilização de imagens e dados coletados por postos automáticos a fim de realizar um acompanhamento do sistema convectivo.

É observada a topografia do terreno de forma objetiva no capítulo Materiais e Métodos, no qual é mostrado que as regiões de maiores altitudes no Estado que são a Serra do Teixeira e o Planalto da Borborema, e que as mesmas influenciam na intensidade e na velocidade do sistema, consequentemente afetando o nível pluviométrico.

São utilizados dados de uma estação meteorológica localizada em Campina Grande ver Tabela 3 em anexo, no qual são coletados dados referentes à velocidade do vento, temperatura do ar, precipitação e umidade relativa, para que haja um acompanhamento, e que sirva de comparativo com as imagens registradas pela NOAA/USA

A seqüência de Figuras 13 (13.1–13.25) mostra as imagens referentes à formação e atuação de um sistema convectivo para o dia 18 de março de 2008. E através delas pode ser feito uma observação de sua posição ao longo de sua trajetória e o cálculo de sua velocidade. O calculo é feito no caso em que existe uma continuidade do sistema como a diferença da posição do centro de massa no instante “t” e o instante “t + Dt”. A partir dessa informação, é possível gerar uma lista que descreve a variação temporal do Sistema Convectivo durante seu ciclo de vida desde sua primeira detecção até a dissipação completa.

Uma vez que o sistema apresenta uma dimensão transversal de aproximadamente 1° de latitude, a precipitação considerada foi a média espacial de alguns postos localizados em uma faixa entre 6,5° S e 7,5° S e a cada intervalo de 0,5° de longitude. Esta metodologia tem como razão suavizar os resultados para evitar alguma subestimativa ou superestimativa a partir de valores pontuais.

Os dados para Campina Grande são fundamentais para a analise, pois os dados fornecem informações de como o sistema convectivo interage com o Planalto da Borborema.

É necessário relacionar a trajetória do sistema convectivo com a precipitação observada ao longo da mesma, e a observação da interação do sistema com a topografia. Tendo as informações

necessárias pode-se ter uma idéia a respeito da importância e contribuições do armazenamento de água no Estado da Paraíba.

O instrumento utilizado para a análise da intensidade da precipitação durante a ação do sistema foi obtido a partir de pluviógrafos localizados ao longo da sua trajetória, centrada ao longo da latitude 7° S. O perfil do terreno em que o sistema convectivo interage é apresentado no tópico 4.4 (Figura 12).

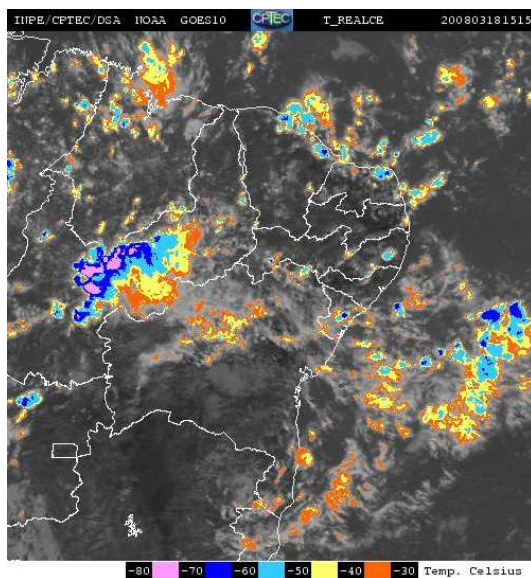
É usada a velocidade média estimada de propagação do sistema, tempo local, mas para este estudo de caso a intensidade do vento manteve uma média de 10 m/s, usando-se intervalos de 15 minutos, tomando-se como base a latitude de 7° S que se caracteriza por dividir a Paraíba em duas partes aproximadamente iguais. Afinal, a posição média do sistema se enquadra ao longo dessa latitude.

A Tabela 3 em anexo comporta dados referentes à Campina Grande, e observa que a velocidade do vento fica com uma média de aproximadamente 4 m/s para superfície, assim como é visto na Figura 19 para o vento na superfície.

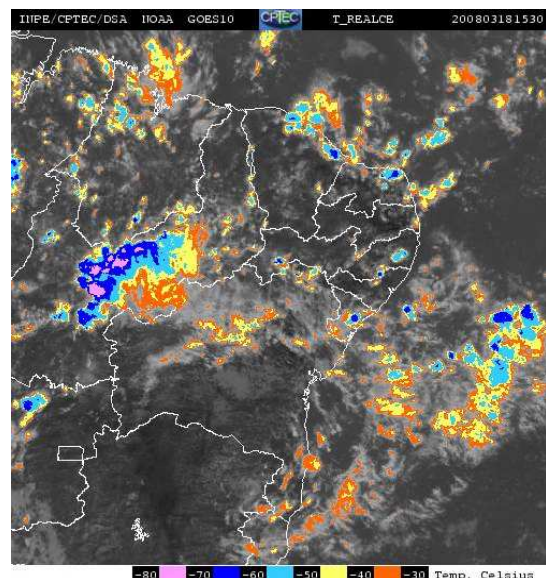
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estuda-se a propagação de um Sistema Convectivo de Mesoescala sobre a Paraíba para o dia 18 de março de 2008, através do qual foi analisada sua intensidade e sua velocidade em relação a topografia do Estado. Esse sistema convectivo começou a se formar por volta das 15h00min tempo local, ao se deslocar sobre o continente, cruzando toda extensão longitudinal do Estado Paraibano.

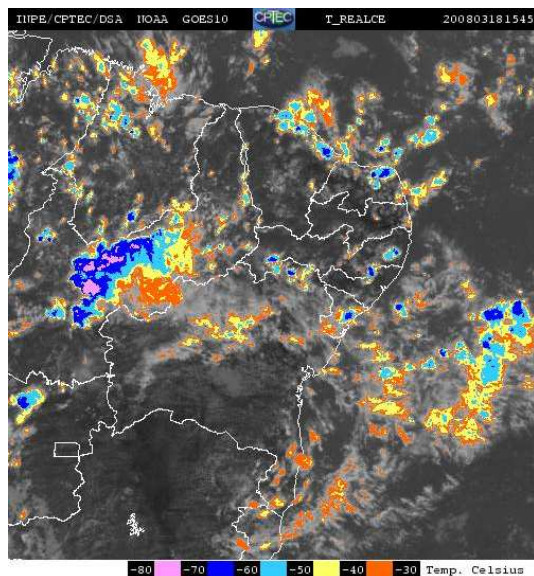
Das 15:15 às 15:30 (Figura 13.1 e 13.2) pode-se notar uma formação vindo do oceano atlântico próximo à costa paraibana, e para esse período foi registrada, na cidade de Campina Grande, precipitação de 0,0mm. Das 15:45 às 16:45 (Figura 13.3 a 13.7) o sistema está interagindo com a topografia ao leste da Serra da Borborema, e para esse período foi registrada, na cidade de Campina Grande, precipitação de 0,9mm. Das 17:00 às 19:45 (Figura 13.8 a 13.16) o sistema sofre uma expansão, pois interage com a parte mais alta da serra, e para esse período foi registrada, na cidade de Campina Grande, precipitação de 40,3mm seguido de rajadas de ventos e trovoadas. Das 20:00 às 21:30 (Figura 13.17 a 13.21) o sistema sofre diminuição em sua velocidade devido o efeito de barlavento da Serra, e para esse período foi registrado, na cidade de Campina Grande, precipitação de 0,5mm. E das 22:15 à 00:00 (Figura 13.22 a 13.26) o sistema volta a intensificar ao entrar em interação com a Serra do Teixeira, e consequentemente com o Sertão da Paraíba, e para esse período foi registrado, na cidade de Campina Grande, precipitação de 7,1mm.



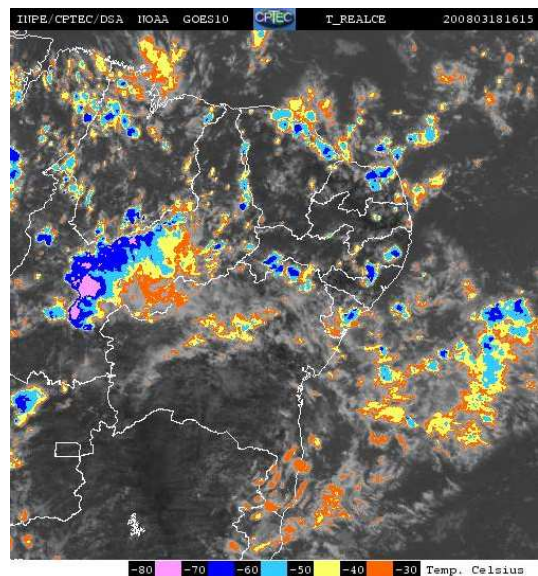
13.1- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 15:15.



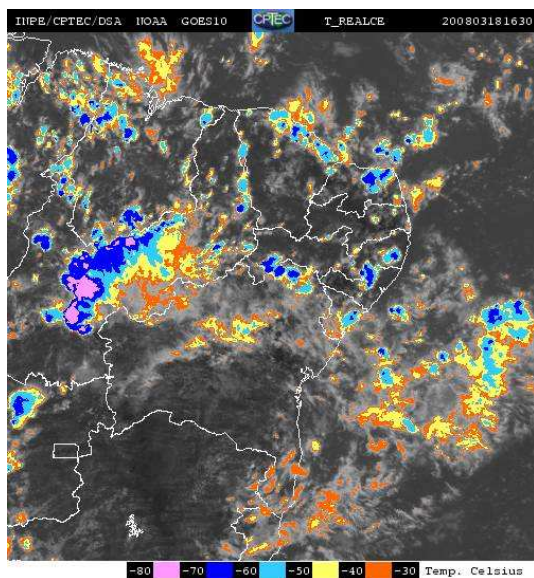
13.2- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 15:30.



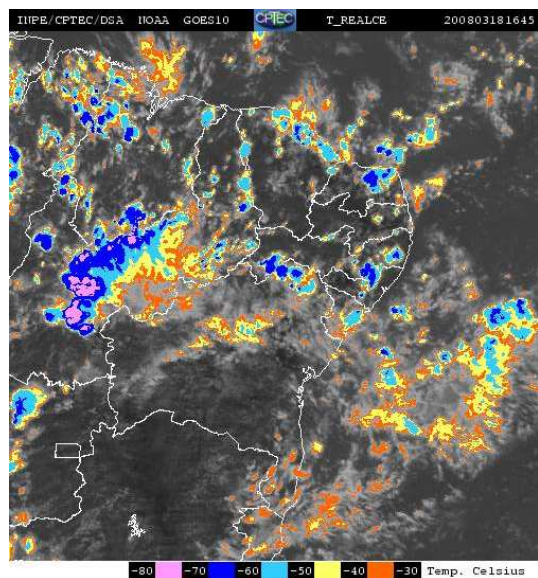
13.3- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 15:45.



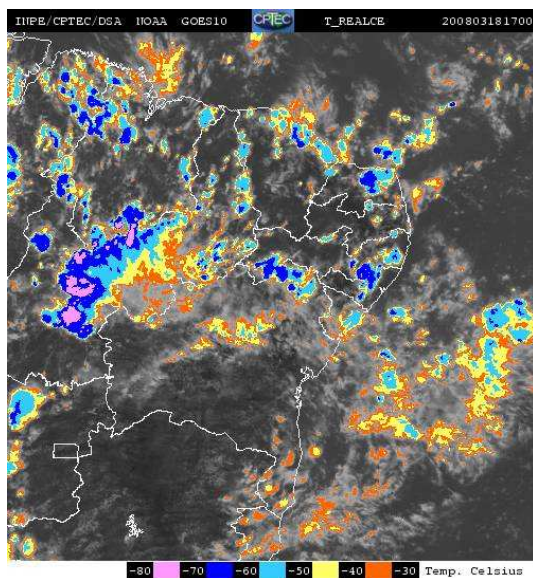
13.4- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 16:15.



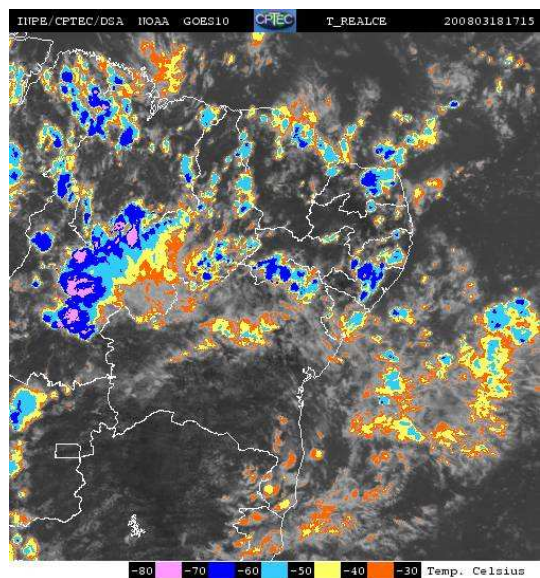
13.5- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 16:30.



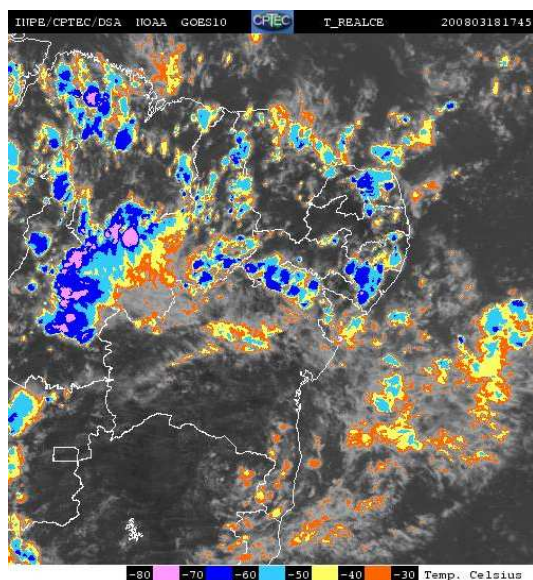
13.6- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 16:45.



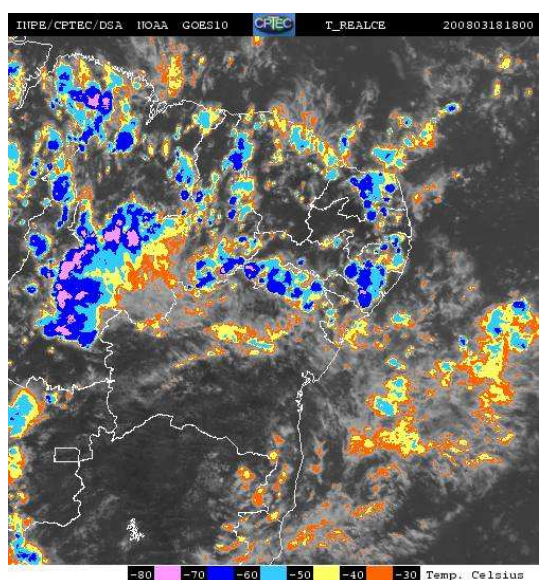
13.7- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 17:00.



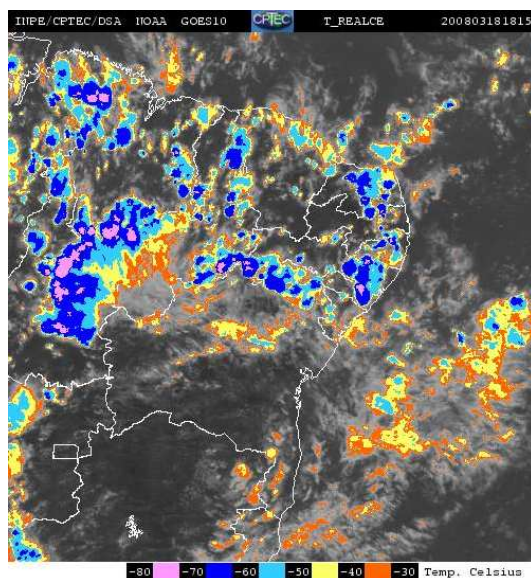
13.8- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 17:15.



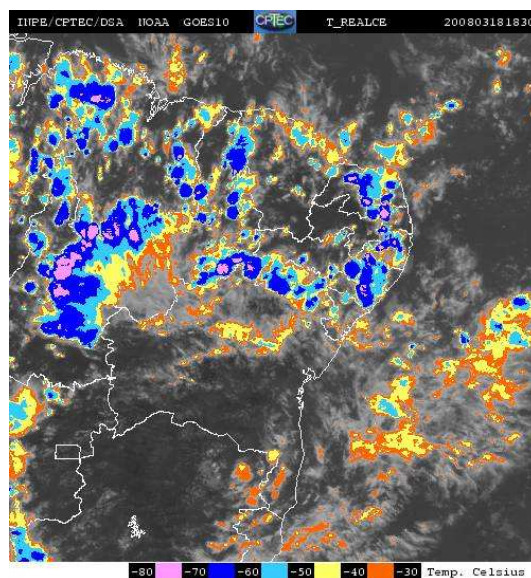
13.9- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 17:45.



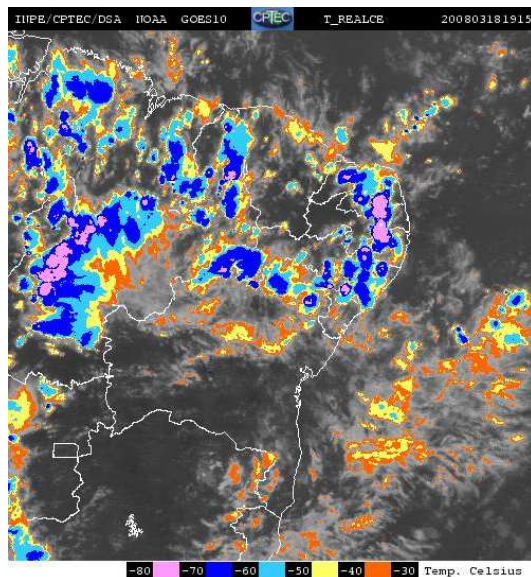
13.10- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 18:00.



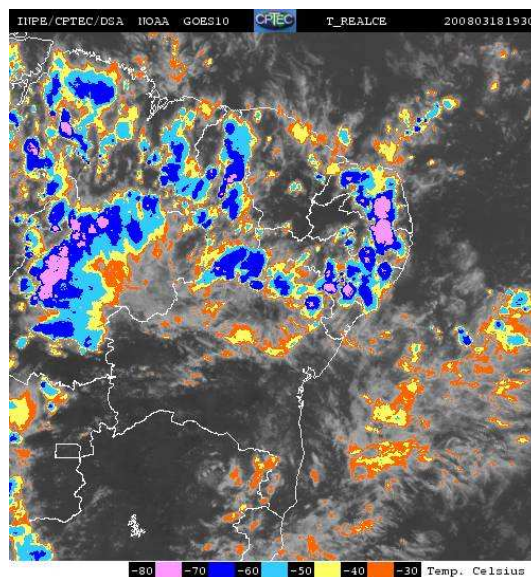
13.11- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 18:15.



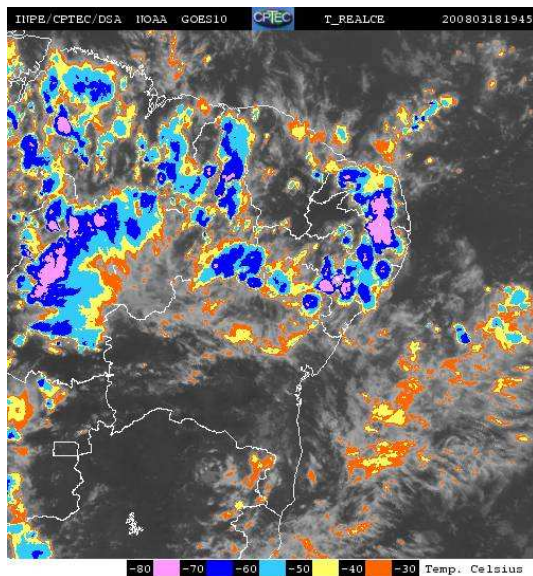
13.12- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 18:30.



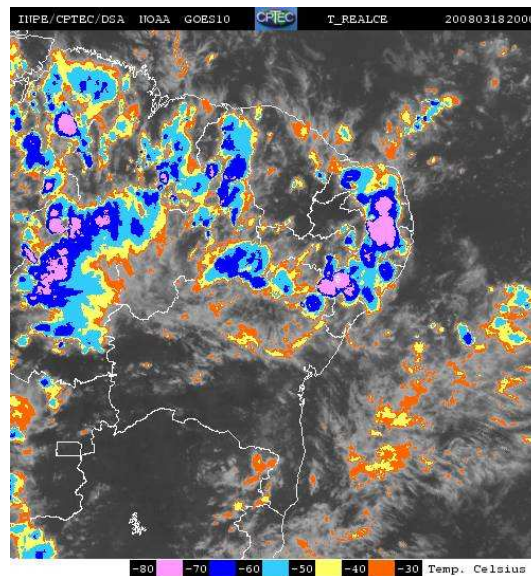
13.13- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 19:15.



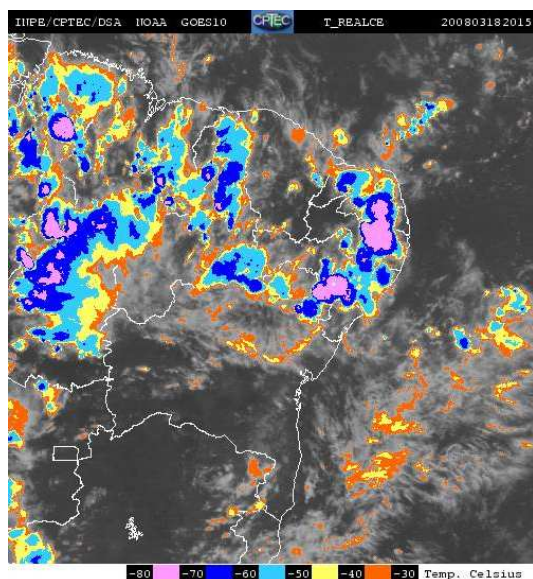
13.14- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 19:30.



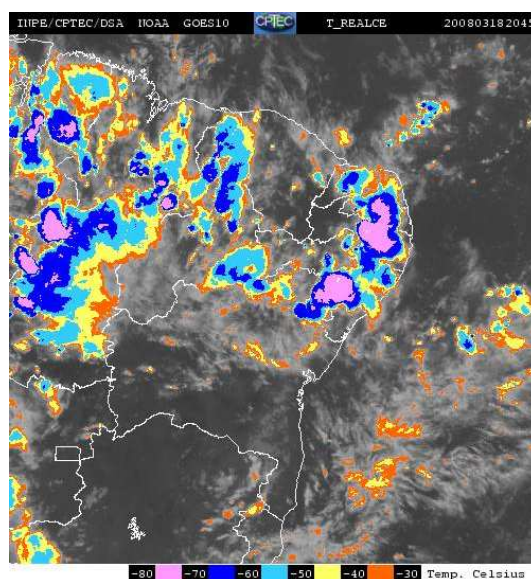
13.15- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 19:45.



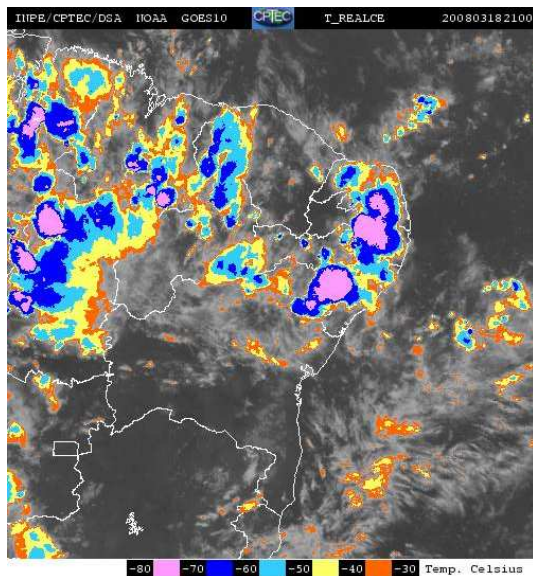
13.16- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 20:00.



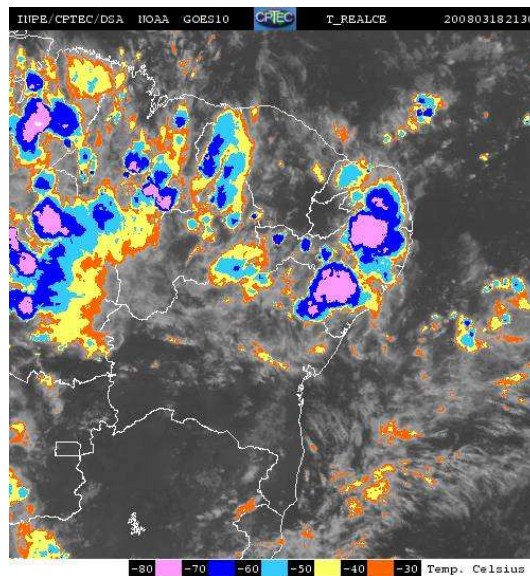
13.17- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 20:15.



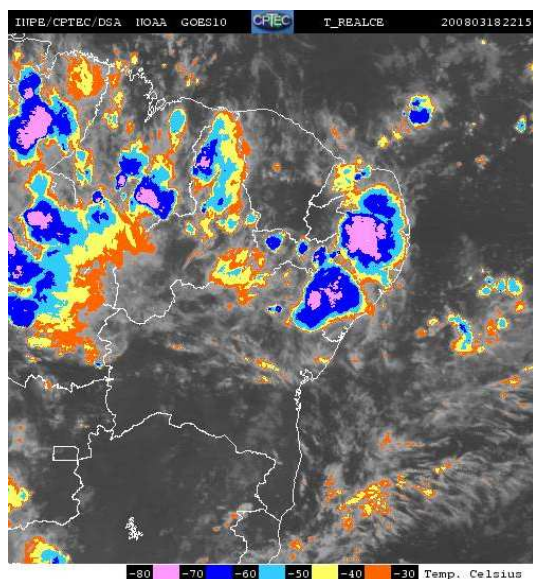
13.18 Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 20:45.



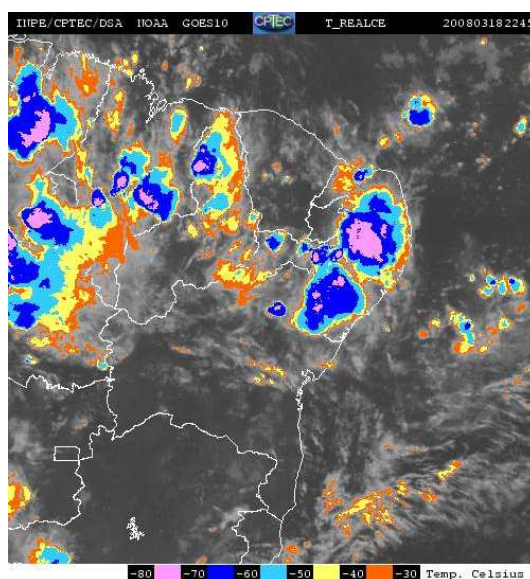
13.19- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 21:00.



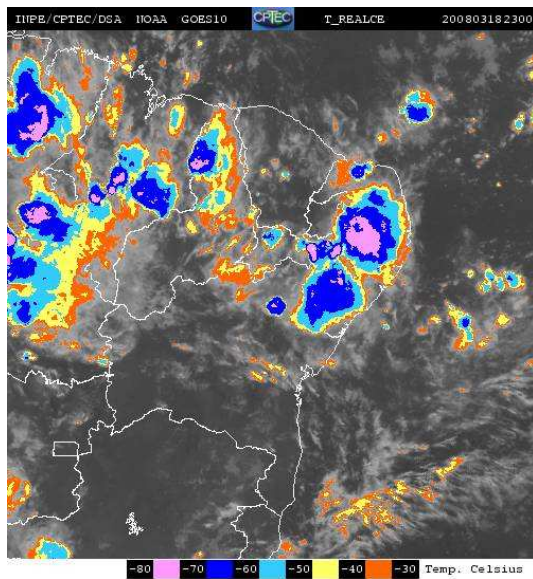
13.20- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 21:30.



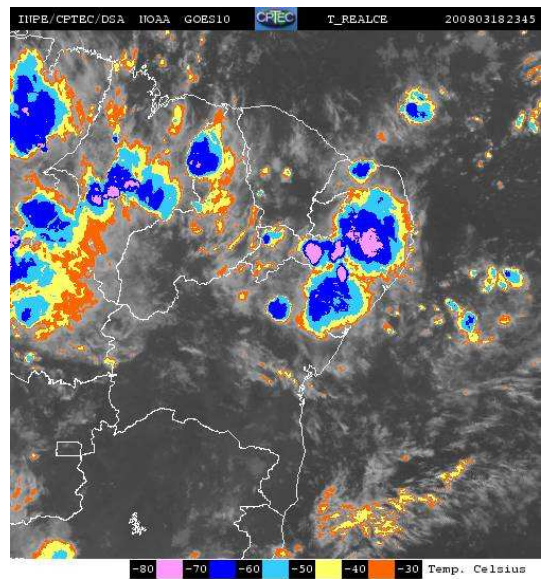
13.21- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 22:15.



13.22- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 22:45.



13.23- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 23:00.



13.24- Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 às 23:45.

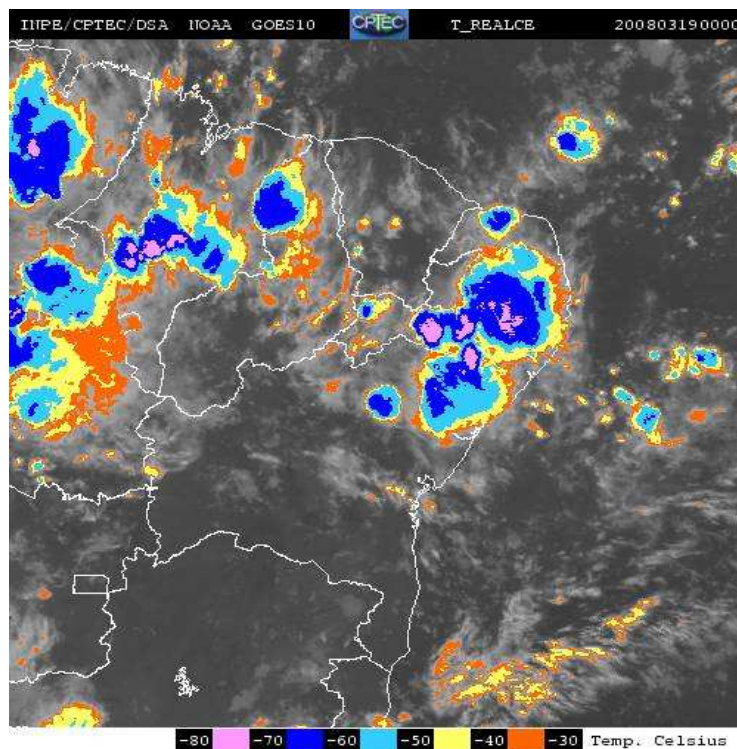


Figura 13.25 (13.1–13.25) – Imagem do satélite GOES10 no canal infravermelho realçado para a data 18/03/2008 das 15:15 à 00:00 na qual mostra-se a formação de um Sistema sobre o estado da Paraíba. Os períodos sucessivos das imagens são de 15 minutos, tempo local¹².

É observada a interação do sistema com a topografia do terreno de forma objetiva, no qual é mostrado que as regiões de maiores altitudes no Estado são a Serra do Teixeira e o Planalto da Borborema, e que as mesmas influenciam na intensidade e na velocidade do sistema, consequentemente afetando o nível pluviométrico.

São utilizados dados de uma estação meteorológica localizada em Campina Grande ver Tabela 3 em anexo, no qual são coletados dados para que haja um acompanhamento, e que sirva de comparativo com as imagens registradas pela NOAA/USA.

¹² Fonte: INPE/CPTEC/DAS.

Através do estudo realizado para o vento em baixos níveis, foi observado a componente meridional do vento (Figura 14) apresenta uma variação de velocidade com valores entre 0 e 1,5 m/s aproximadamente. E a componente zonal do vento (Figura 15) apresenta uma variação de velocidade com valores entre -4,5 e -3 m/s aproximadamente no Oceano Atlântico, e uma variação de velocidade com valores entre -3 e -1,5 m/s aproximadamente no Estado paraibano. É importante observar que a componente meridional do vento manteve uma velocidade praticamente constante desde sua passagem pelo Atlântico, mas a velocidade da componente zonal do vento sofre uma aceleração na medida em que vai entrando em contato com o território paraibano. E através destes dados é possível perceber a enorme influência das Serras na intensidade dos ventos.

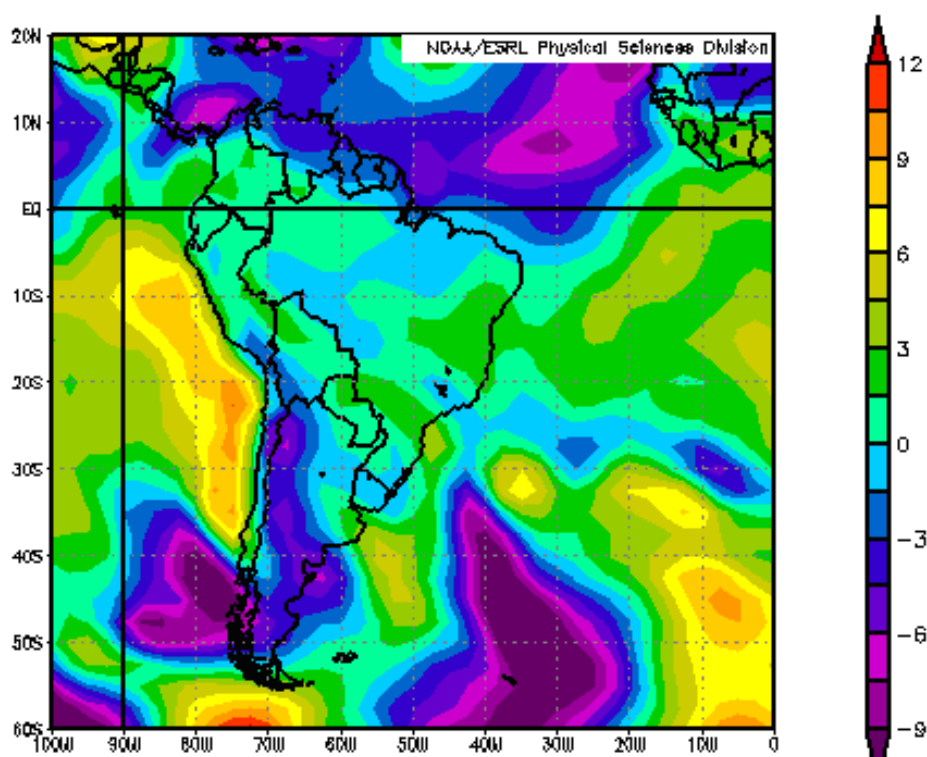


Figura 14 – Vento Meridional (m/s) à superfície para o dia 18/03/2008¹³.

¹³ Fonte: NOAA/USA

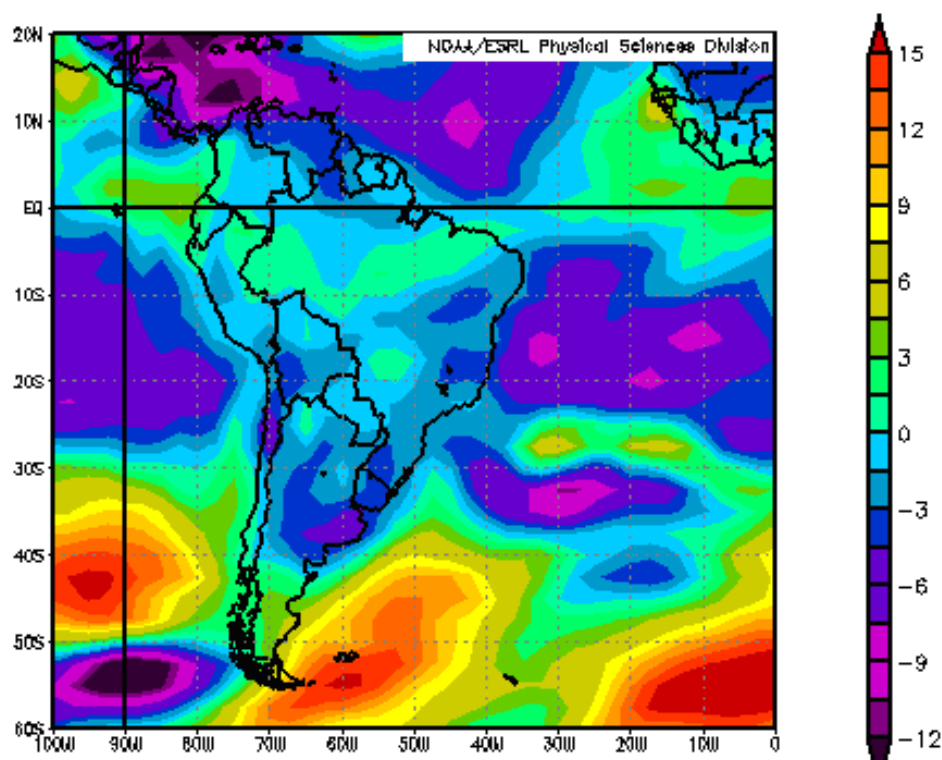


Figura 15 – Vento Zonal (m/s) à superfície para o dia 18/03/2008¹⁴.

Na Figura 16 observa-se que a temperatura da superfície do mar está variando entre 25 e 27,5 °C para pontos (10S;30W), (0;40W), (20S;30W) do Atlântico, e variando entre 27,5 e 30 °C para pontos (4S;33W), (9S;5W), (7N;15W), observa-se que a temperatura no continente é menor comparada com o oceano Atlântico, fazendo com que haja uma quantidade maior de vapor D'água no continente, e com isso uma possível precipitação. A temperatura na região paraibana para o dia do fenômeno encontrava-se aproximadamente entre 22,5 e 25 °C.

É importante destacar que quando a chuva iniciou sobre a cidade de Campina Grande a temperatura apresentava um valor de aproximadamente 23,7 °C, observando que os resultados estão coerentes, na medida em que se comparar os dados da estação meteorológica em Campina Grande e a Figura 16. A temperatura sobre o Estado oferece condições necessárias para se ter uma umidade relativa capaz de suportar um sistema convectivo, e com isso favorecer um ambiente para a propagação desse sistema.

¹⁴ Fonte: NOAA/USA

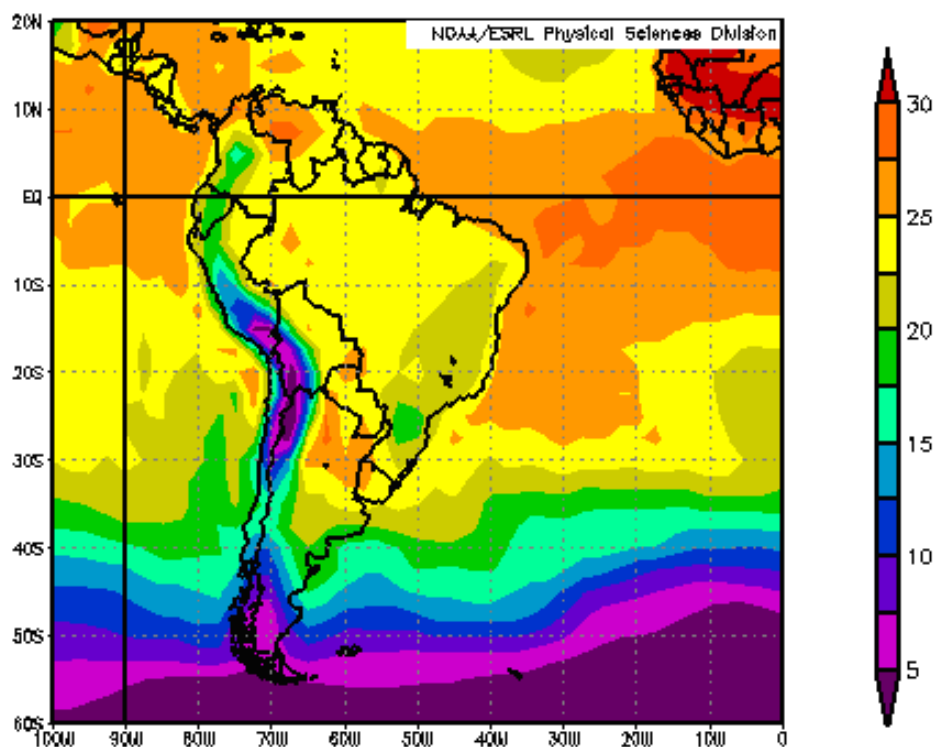


Figura 16 – Temperatura (°C) à superfície para o dia 18/03/2008¹⁵.

Na Figura 17 observa-se que a umidade relativa apresentou uma tendência de aumento em todo o território paraibano, com uma variação de 10 a 20% para todo o Estado, que apresenta uma umidade entre 90 a 100 % e para o Oceano Atlântico mostra uma média de 80% aproximadamente. Essa diminuição da umidade relativa para o Oceano está relacionada ao aumento de temperatura do ar (Figura 16), pois para um conteúdo de vapor D'água na atmosfera, quanto menor a temperatura maior é a umidade relativa.

¹⁵ Fonte: NOAA/USA

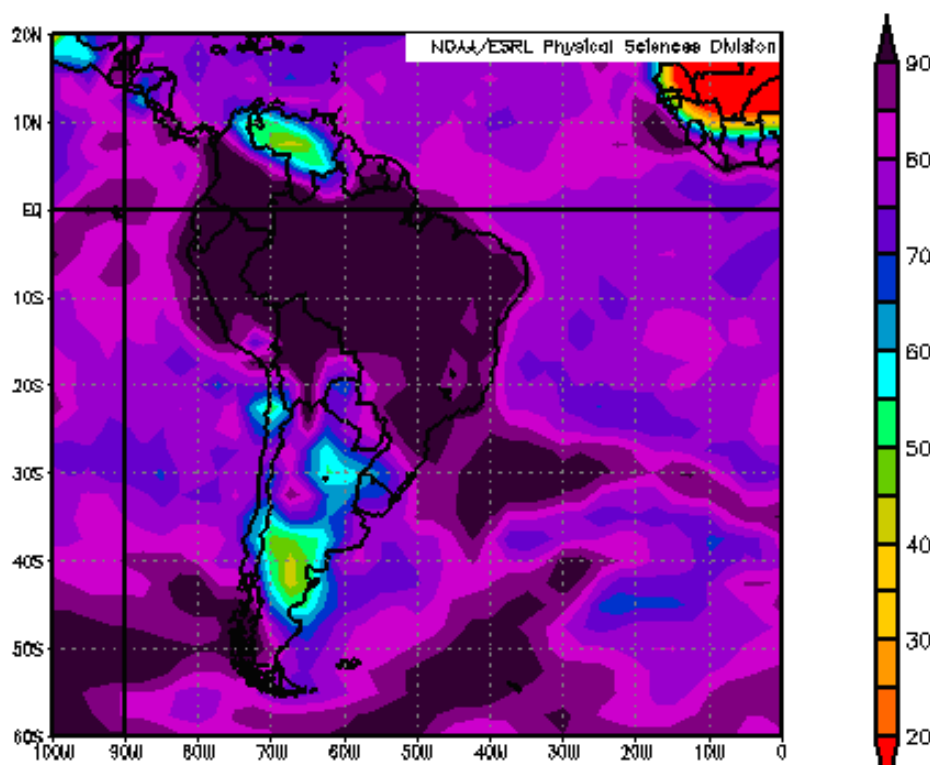


Figura 17 – Umidade Relativa (%) próximo à superfície para o dia 18/03/2008¹⁶.

Ao analisar a Figura 18 pode-se observar que a região em estudo, no dia 18 é apresentada uma possível precipitação com valores entre 37,5 e 47,5mm aproximadamente, o que também pode ser visto na Tabela 03, que o nível pluviométrico medido para a cidade de Campina Grande apresenta um valor de 48,8mm aproximadamente.

Através desta análise comparativa dos dados observa-se uma coerência entre os valores da estação meteorológica e a análise da Figura 18.

¹⁶ Fonte: NOAA/USA

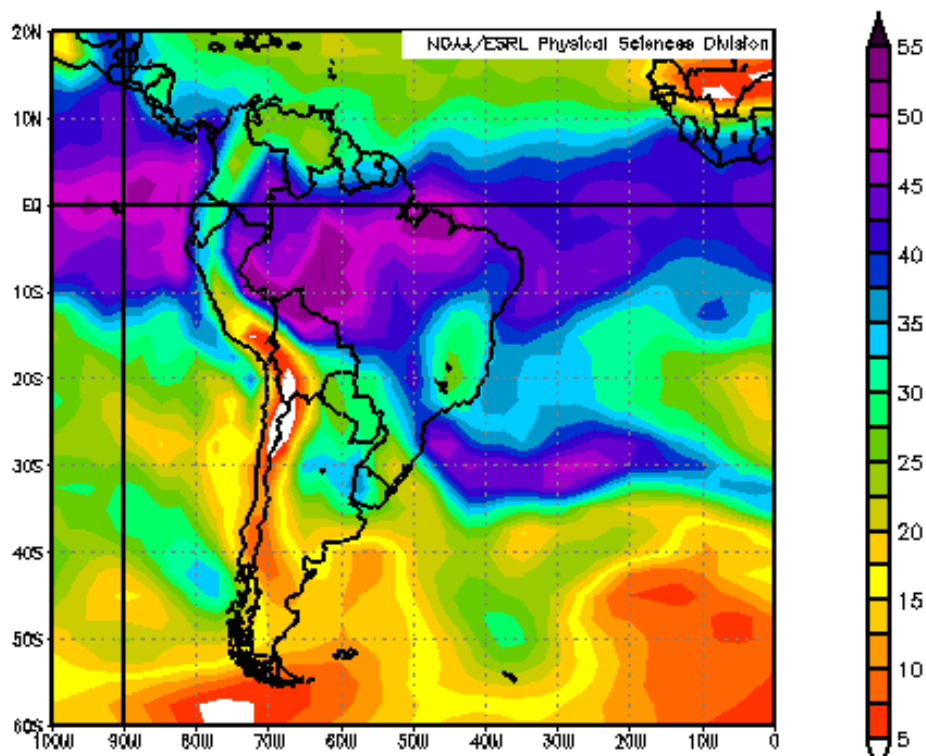


Figura 18 – Água Precipitável (kg/m^2) para o dia 18/03/2008¹⁷.

São observados os campos de vento para superfície e para altos níveis, ver Figuras 19 e 20. Na Figura 20 é vista uma ondulação sobre a região paraibana, e são encontrados valores elevados para a velocidade, especialmente próximos ao litoral paraibano. O sistema é mantido devido a um jato em baixos níveis em um fraco regime de ventos que supre as células convectivas de ar quente e úmido, reforçando o vórtice de núcleo aquecido, responsável pela manutenção do sistema.

Ao observar a Figura 19 são visto claramente os vetores do vento vindo do Oceano Atlântico de sudeste e nordeste. Estes se encontram no litoral paraibano, e com isso favorecem um ambiente para a propagação de um sistema convectivo. Podem ser encontrados ventos com valores de velocidade de aproximadamente 4 m/s.

¹⁷ Fonte: NOAA/USA

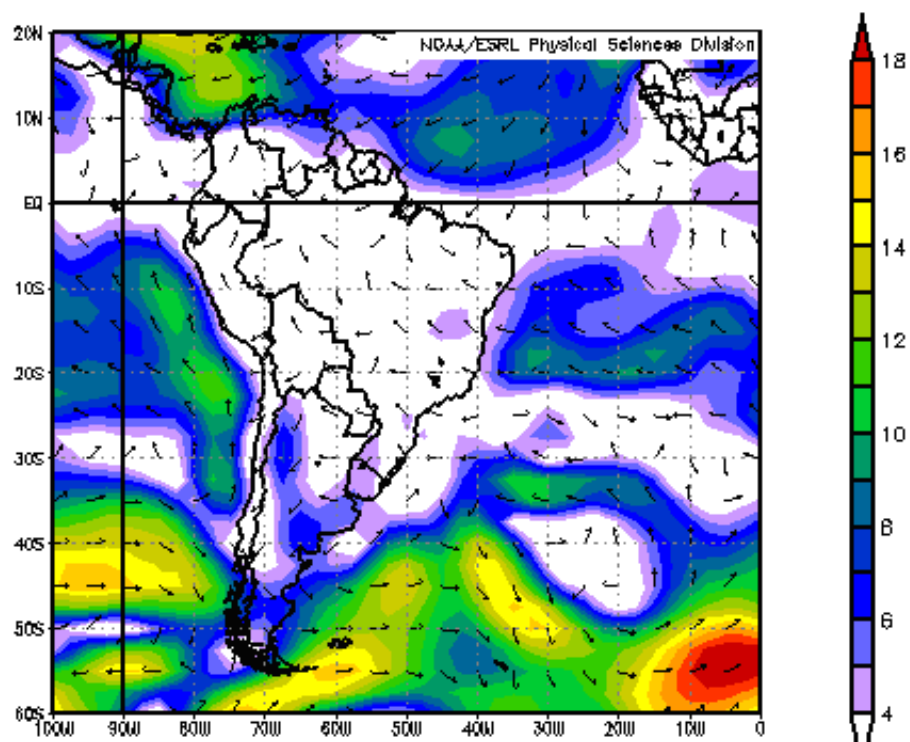


Figura 19 – Campo dos Ventos próximo à superfície (m/s) para o dia 18/03/2008¹⁸.

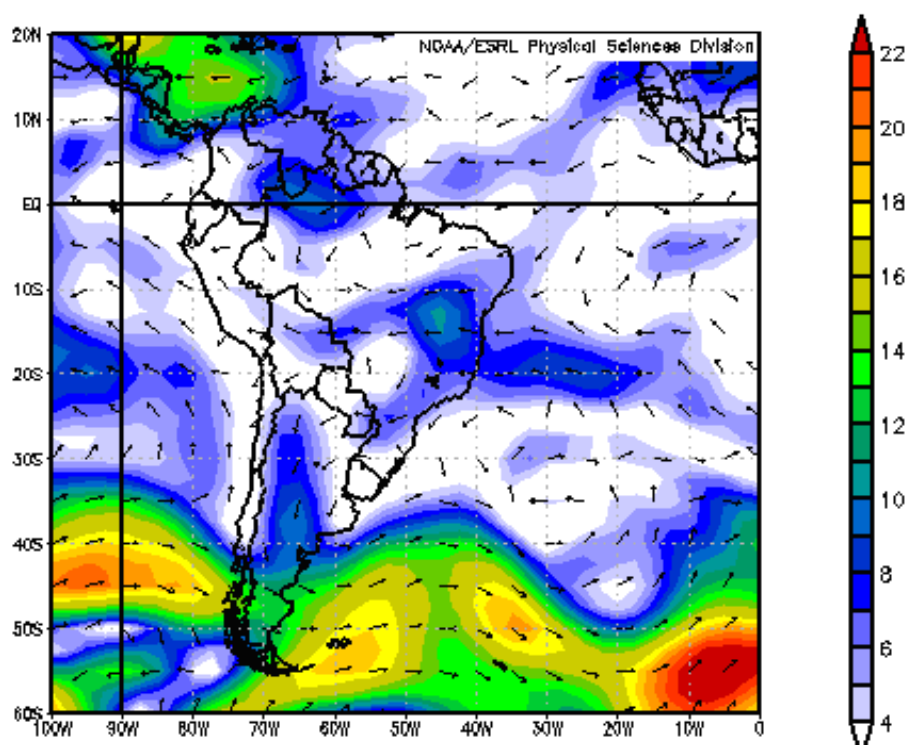


Figura 20 – Campo dos Ventos em altitude (m/s) em 850mb para o dia 18/03/2008¹⁹.

¹⁸ Fonte: NOAA/USA

¹⁹ Fonte: NOAA/USA

Através dos postos automáticos da Paraíba, foram obtidos os dados para precipitação e velocidade do sistema ao longo do seu trajeto.

Na Figura 21 é possível observar a relação entre o sistema e a topografia. Assim como Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996), em que destaca a presença de dois picos referentes ao Planalto da Borborema e a Serra do Teixeira, foi realizada a mesma metodologia para as análises referentes aos sistemas convectivos, e ambas as análises foram feitas sobre uma faixa de um grau de latitude centrada em 7°S.

Na análise feita para a precipitação foi constatada a importante presença das serras em relação às chuvas. É observado que as chuvas têm maiores intensidades quando se aproximam da Serra do Teixeira e do Planalto da Borborema, pois o sistema interage com o Planalto, no qual a precipitação aumenta em relação à altitude, pois o sistema se expandiu e devido ao efeito de condensação ocorre à chuva, favorecendo os açudes ao longo de seu trajeto.

Na Figura 21 foi coletados dados referentes à contribuição de água em algumas cidades, após a passagem do sistema, no qual é observada uma estreita coerência com a Figura 18 relacionada à água precipitável. Uma análise feita para Campina Grande apresentou uma precipitação de aproximadamente 48,8mm, no qual coincidiu com a Figura 21.

A mesma situação foi vista em Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996) em relação à presença e influência das serras para a contribuição de água para a Paraíba.

Observando a Figura 18 é possível ver uma indicação de subseqüentes precipitações, e através disso é possível compreender a importância do relevo e da posição do Estado em relação à incidência das chuvas vindas do Atlântico, pois apresentou índices pluviométricos desejados como consequência da passagem do sistema.

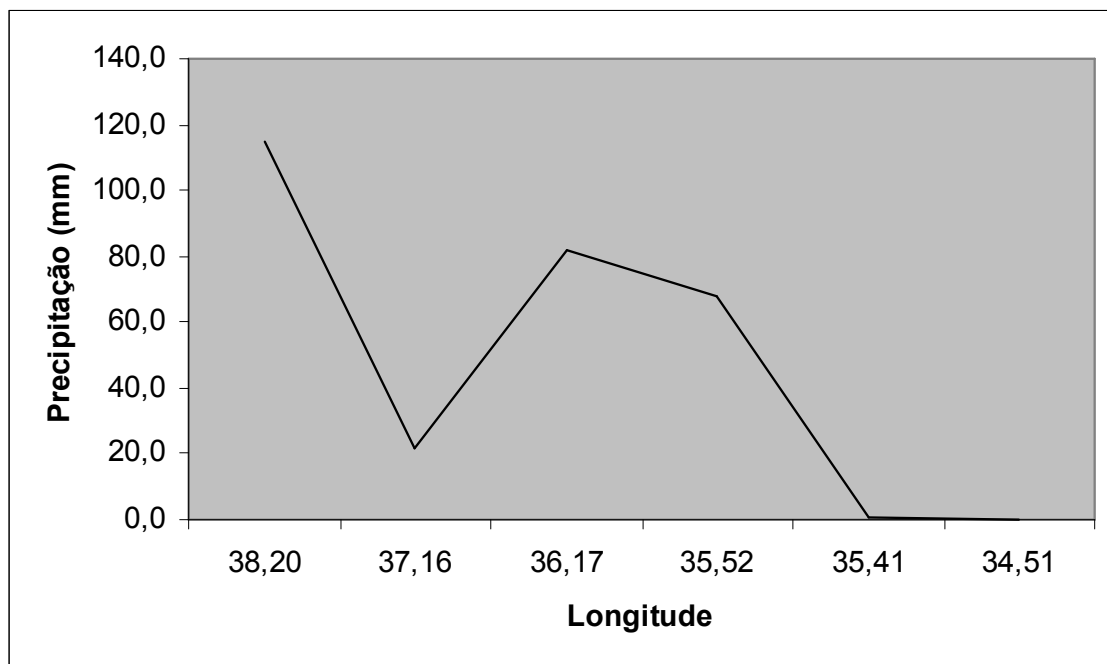


Figura 21 – Precipitação (mm) observada no dia 18 de março de 2008, compreendida ao longo da faixa de latitude de 7,5° a 6,5° centrada em 7°S.

Na Figura 22 é observada a relação da topografia com a velocidade do sistema. É calculada a variação temporal e espacial, ou seja, no caso em que exista uma continuidade como a diferença da posição do centro de massa no instante t e no instante $t + Dt$. Assim como em Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996), foi constatado o mesmo comportamento, logo nessa análise os ventos atingem uma velocidade em média de 10 m/s aproximadamente.

Na análise feita para velocidade em 1996 o Planalto da Borborema teve grande influência, pois a velocidade do sistema reduziu e logo após aumentou, mas voltou a reduzir devido a Serra do Teixeira. Realizando uma análise comparativa com Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996), o mesmo foi constatado. Se for comparada a Figura 22 abaixo com as Figuras 14 e 15, pode ser visto uma diferença, pois uma é para a velocidade do sistema, e as outras são velocidades para o vento na superfície na componente zonal e meridional.

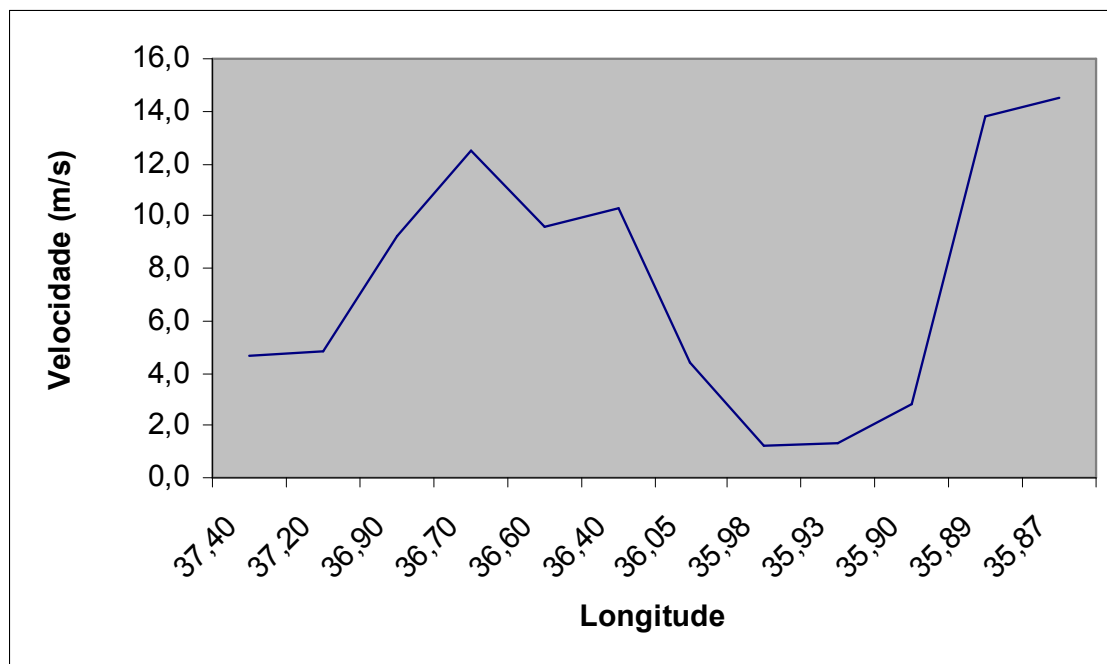


Figura 22 – Velocidade de propagação do sistema (m/s) do dia 18 de março de 2008.

Através da observação realizada para a passagem do sistema convectivo é possível definir a sua contribuição para o armazenamento de água no Estado da Paraíba. Isso ocorre também devido à influência do relevo, pois o sistema interage com o Planalto da Borborema e passa a ganhar velocidade após atravessar, e volta a diminuir ao interagir com o relevo da Serra do Teixeira como pode se constatar na Figura acima. A velocidade aumenta à medida que atravessa a parte mais alta do planalto ou da serra (Figura 22).

A análise da Figura 18 apresenta uma possível precipitação na região. Essa precipitação causou um aumento no volume dos açudes localizados em sua trajetória, tais como Gramame/Mamuaba, Eptácio Pessoa e Coremas/Mãe D'água (Figura 9).

Nas Figuras 23 e 24, apresenta-se uma contribuição para o armazenamento da água durante a passagem do sistema. Através da Tabela 2 em anexo é possível observar uma contribuição para o reservatório de Coremas de 25,800 milhões de m^3 , e para o reservatório Eptácio Pessoa um aumento de 18,180 milhões de m^3 . O fenômeno é semelhante ao observado por Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* 1996.

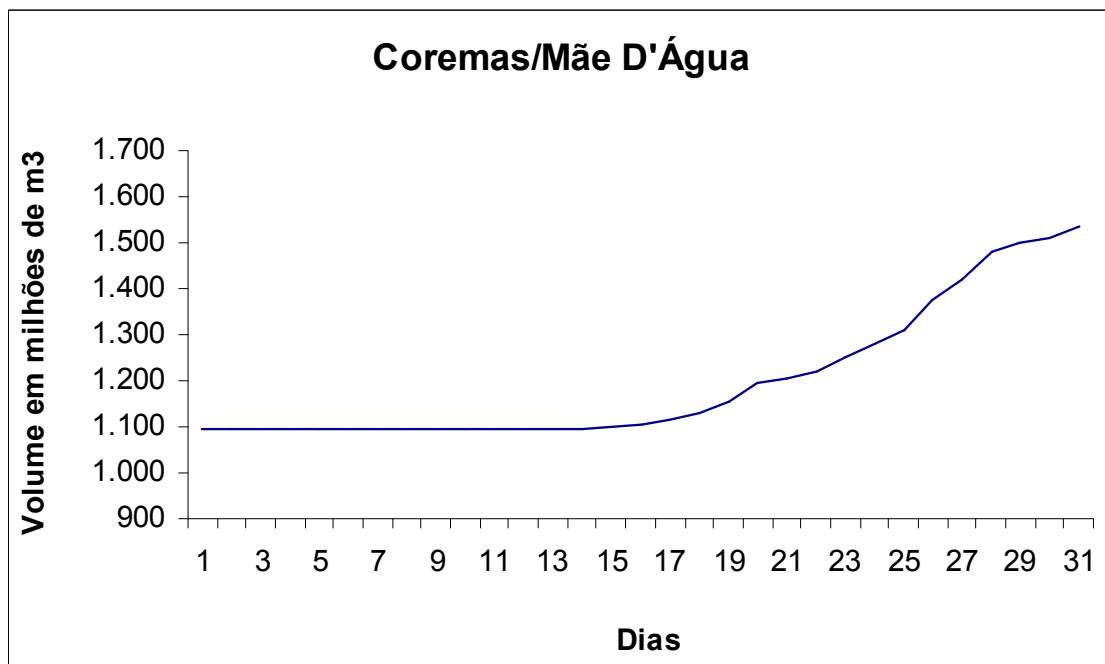


Figura 23 – Volume observado para o Açude de Coremas/Mãe D'água no mês de março de 2008 devido ao sistema convectivo estudado.

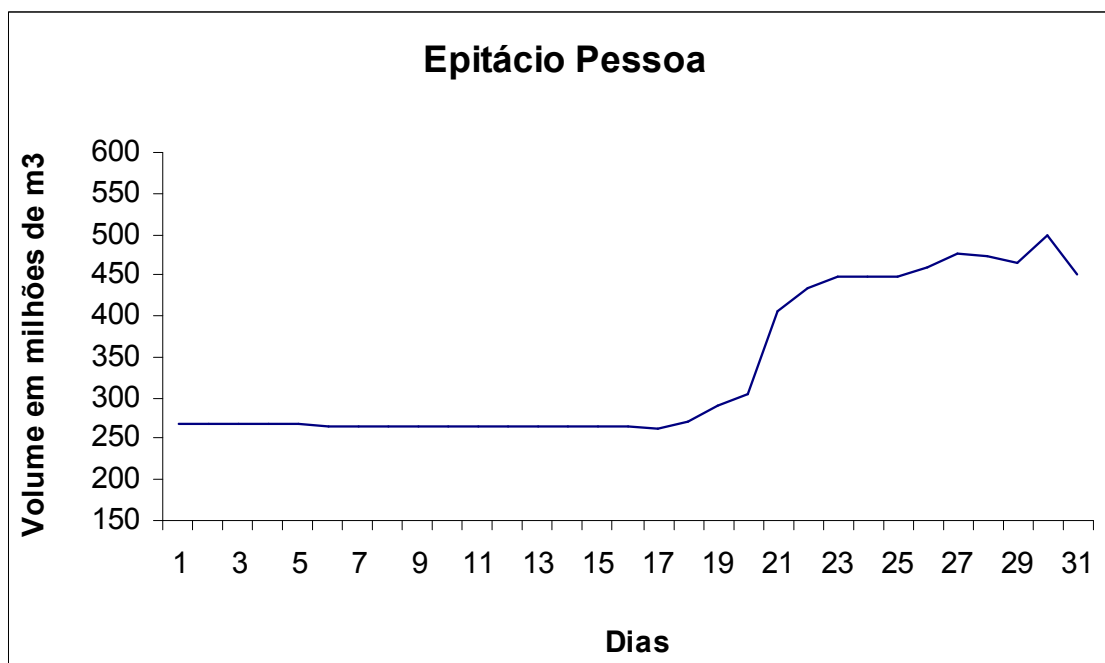


Figura 24 – Volume observado para o Açude Epitácio Pessoa no mês de março de 2008 devido ao sistema convectivo estudado.

Os sistemas convectivos que ocorrem no período que vai de fevereiro a maio têm grande importância, mas para o açude de Gramame/Mamuaba não ocorre o mesmo efeito em relação à passagem do sistema no dia 18 de março de 2008, pois se encontra em uma região de planície. Os dados referentes ao volume dos açudes são vistos na Tabela 4 em anexo.

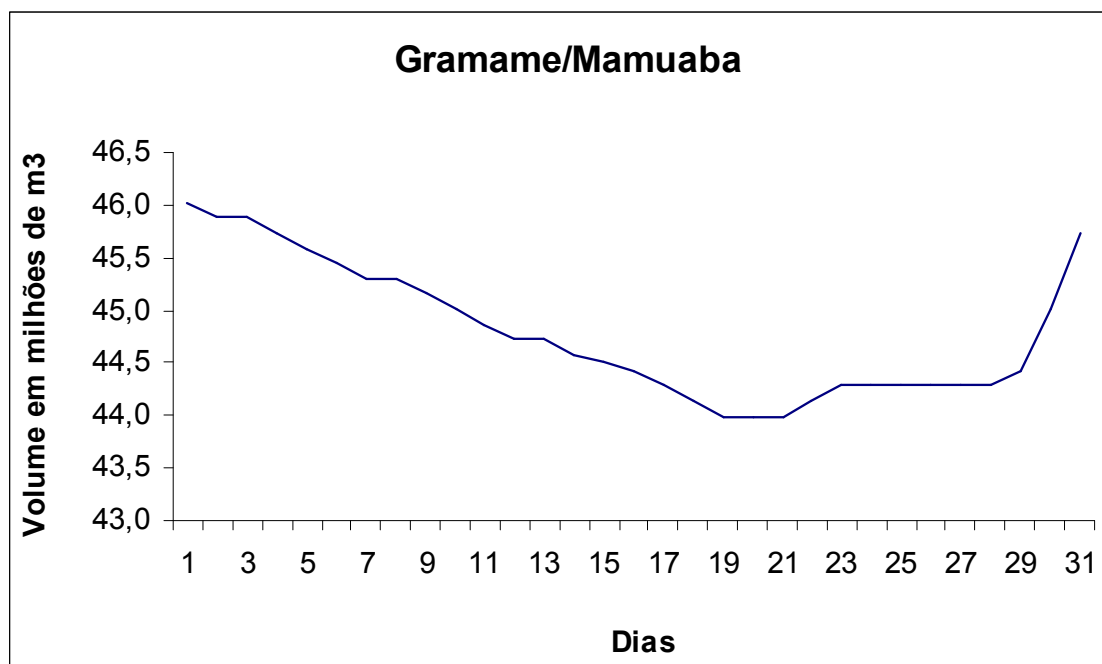


Figura 25 – Volume observado para o Açude de Gramame/Mamuaba no mês de março de 2008 devido ao sistema convectivo estudado.

Foi realizado um levantamento dos dados de estações automáticas pelo Estado referentes à velocidade, precipitação e temperatura, para os quais foram feitos gráficos mostrando o comportamento desses dados em relação à interação do sistema em estudo com a topografia da Paraíba.

Além desses dados foi necessária a utilização de imagens para se fazer o acompanhamento do sistema, sua expansão e variação de temperatura. Foi criado um gráfico contendo o perfil topográfico com o intuito de mostrar a influência do sistema com o terreno.

Assim foi resolvido em uma análise comparativa com Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996) que as análises para esse estudo de caso foram compatíveis.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos podemos concluir que:

1. Verifica-se que a topografia exerce influencia ao longo da trajetória na intensidade e velocidade do sistema convectivo.
2. O fato da velocidade média de propagação ter-se mantido constante é explicado pelo efeito compensatório do continente em desacelerar o sistema e da topografia em acelerá-lo.
3. A temperatura no oceano em média é maior que a do continente, e com isso, estabelece um transporte de umidade relativa favorável à formação e propagação do sistema convectivo no nordeste brasileiro.
4. As condições atmosféricas observadas, especialmente o cisalhamento do vento com a altura, foram decisivos para a formação e desenvolvimento do sistema convectivo e parecem ser precursoras desse tipo de sistema atmosférico.
5. A ocorrência de sistemas convectivos de mesoescala sobre o estado da Paraíba, no período que vai de fevereiro a maio, tem importância decisiva para os totais de precipitação da estação chuvosa da região estudada devido à sua relativamente grande frequência.
6. O Sistema observado guarda uma estreita relação com os resultados obtidos por Gomes Filho, M. F.; Souza E. P.; Becker C. T. *et al* (1996).

7. BIBLIOGRAFIA

CAVIEDES, C.N., 1973: Secas and El Nino: Two simultaneous climatical hazards in South America. Proceedings of the Association American Geography, Washington, v.5, p.44-49.

CHAN. C.S., 1990: Análise de distúrbios ondulatórios de leste sobre o Oceano Atlântico Equatorial Sul. (INPE-5222-TDL/437),134p.

CHO, H.R. & Ogura, Y., 1974: A relationship between cloud activity and the low-level convergence as observed in Reed-Recker's composite easterly waves. J. Atmos. Sci., 31,2058-2065.

Earth System Research Laboratory: Physical Sciences Division – Composites Day NOAA Research: <http://www.cdc.noaa.gov/Composites/Day/>

GOMES FILHO, M. F.; SOUZA E. P.; BECKER C. T., 1996: Sistemas Convectivos de Mesoescala com Precipitação Intensa na Paraíba: Um estudo de caso. Revista Brasileira de Meteorologia, 11(1/2): 36-43.

GOMES FILHO, M. F.; ARAGÃO, J. O. R.; SRINIVASAN, V. S., 1999: Relações entre as TSM's Globais e os Volumes dos principais reservatórios de água da Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, p.74-81.

GOMES FILHO, M. F.; SOUSA, F. A. S.; CAVALCANTI, E. P., 2000: Relações entre as vazões médias mensais do Rio Piancó e as anomalias de temperatura da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico tropical. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.4, p.304-308.

HASTENRATH, S.; HELLER, L., 1977: Dynamics of climate hazards in Northeast Brazil. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London, v.103, p.77-92.

LIRA, L., Leandro de Lima, JÁCOME, Aluizio, OLIVEIRA, Andréia Benari, AZEVÊDO, Camila, SAMARA, Érica, 1997: *História da Paraíba*. Monografia de Ensino médio. Capítulo Relevo.

MACHADO, L. A. T.; GUEDES, R. L.; ALVES, M. A. S.: Características Estruturais de Sistemas Convectivos e Forçantes da Convecção na América do Sul, observados por satélites. Centro técnico Aeroespacial e Instituto de Atividades Espaciais.

MADDOX, R.A., 1980: Mesoscale convective complexes. Bull. Amer. Meteor. Society, 61, p.p. 1374-1387.

MOURA, A.D. & SHUKLA, J., 1981: On the dynamics of drought in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. Journal of the Atmospheric Sciences, Boston, v.38, p.2653-2675.

NITTA, T., 1970: A study of generation and conversion of eddy available potential energy in the tropics. J. Meteor. Soc. Japan, 48, 524-528.

NITTA, T., 1972: Energy budget of wave disturbances over Marshall Islands during the years of 1956 and 1958. J. Meteor. Soc. Japan, 50, 71-84.

PALMER, C.E., 1952: Tropical meteorology. Quart. J. Roy. Met. Soc., 78, 126-163.

RIEHL, H., 1945: Waves in the easterlies and the polar front in the tropics, Univ. of Chicago, 79p.

RIEHL, H., 1979: Climate and weather in the tropics. Academic Press, 611p.

SILVA, E. M.; SILVA, V. L. C.; SILVA, F. W. F., 2002: Análise das Condições de Instabilidade Atmosféricas associadas à ocorrência de um Sistema Convectivo de Mesoescala sobre a região metropolitana de Fortaleza – CEARÁ.

SIMPSON, R.H., FRANK, N., SHINDELER, D. & JOHNSON, H.M., 1968: The Atlantic Hurricane season. Mon. Wea. Rev., 96, 251-259.

UVO, C. R. B., 1989: “A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do Nordeste Brasileiro”. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos - SP.

Velasco, I. and Fritsch, J.M. 1987: Mesoscale Convective Complexes in American Journal of Geophysical Research, 92, No.D8, p.p. 9591-9613.

YAMAZAKI, Y & RAO, V.B., 1977: Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. J. Meteor. Soc. Japan, 55, 205-207.

8. ANEXOS

Tabela 3 – Dados de velocidade , precipitação , direção do vento, umidade relativa, temperatura do ar e Pressão atmosférica para a cidade de Campina Grande.

Campina Grande (Dados Meteorológicos – Estação Automática)

Data: 18/03/2008

Precipitação total diária: 48.8mm

Temp. máxima diária: 30.3°C às 13:30 hs

Temp. mínima diária: 16.5°C às 23:50 hs

Hora	Velocidade do vento (m/s)			Direção do Vento (°)	Umidade relativa (%)	Temp. do ar (°C)	Radiação global (W/m²)	Fluxo de calor do solo (W/m²)		Temperatura do solo (°C)			Precipitação (mm)
	1m	2m	10m					1cm	10cm	2cm	15cm	30cm	
23:50	.544	.904	1.419	100.5	-6999	16.5	0	-22.01	-34.45	25.6	28.4	29.9	0
23:40	.486	.776	1.067	100.4	-6999	16.5	0	-22.92	-35.67	25.6	28.4	29.9	0
23:30	.458	.912	2.175	106.4	-6999	16.7	0	-22.35	-36.78	25.6	28.5	30.0	0
23:20	.456	.624	1.629	112.6	-6999	16.9	0	-24.54	-37.51	25.5	28.5	30.0	0
23:10	.475	.72	.919	102.1	-6999	17.0	0	-31.42	-37.09	25.6	28.6	30.1	.1
23:00	.53	.683	.788	116.3	-6999	17.2	0	-43.02	-35.81	25.8	28.7	30.1	1.1
22:50	.866	1.183	1.276	120.3	-6999	17.4	0	-42.34	-33.42	26.2	28.8	30.2	5.2
22:40	.514	.568	.496	93.4	-6999	17.4	0	-19.41	-32.68	26.3	28.9	30.2	.7
22:30	.447	.447	.134	68.66	-6999	17.4	0	-20.32	-33.48	26.3	28.9	30.3	0
22:20	.447	.45	.134	74.4	-6999	17.4	0	-22.76	-34.37	26.3	28.9	30.3	0
22:10	.447	.447	.134	84.5	-6999	17.3	0	-23.4	-35.4	26.2	29.0	30.4	0
22:00	.447	.462	.134	79.5	-6999	17.3	0	-23.93	-36.52	26.2	29.0	30.4	0

Hora	Velocidade do vento (m/s)			Direção do Vento (°)	Umidade relativa (%)	Temp. do ar (°C)	Radiação global (W/m²)	Fluxo de calor do solo (W/m²)		Temperatura do solo (°C)			Precipitação (mm)
	1m	2m	10m					1cm	10cm	2cm	15cm	30cm	
21:50	.447	.471	.134	75.4	-6999	17.3	0	-24.27	-37.71	26.2	29.0	30.5	0
21:40	.447	.447	.134	80.5	-6999	17.3	0	-24.58	-38.99	26.1	29.1	30.5	0
21:30	.447	.48	.134	71.6	-6999	17.4	0	-24.68	-40.42	26.1	29.1	30.6	0
21:20	.447	.447	.142	77.9	-6999	17.5	0	-25.04	-41.95	26.0	29.2	30.7	0
21:10	.447	.447	.142	92.5	-6999	17.4	0	-26.36	-43.55	26.0	29.2	30.7	0
21:00	.447	.558	.134	65.04	-6999	17.4	0	-26.73	-45.36	25.9	29.3	30.8	.1
20:50	.447	.519	.168	210.1	-6999	17.3	0	-27.28	-47.21	25.9	29.3	30.9	.1
20:40	.454	.811	.152	163.4	-6999	17.0	0	-29.35	-49.23	25.8	29.4	30.9	0
20:30	.464	.63	.136	74.3	-6999	17.0	0	-30.45	-51.48	25.8	29.4	31.0	.1
20:20	.456	.607	.25	30.99	-6999	17.1	0	-30.99	-54.06	25.7	29.5	31.1	0
20:10	.459	.546	.134	73.9	-6999	17.0	0	-32.29	-56.62	25.6	29.6	31.2	.1
20:00	.478	.728	.523	44.45	-6999	17.2	0	-34.93	-60.05	25.5	29.7	31.3	.1

Hora	Velocidade do vento (m/s)			Direção do Vento (°)	Umidade relativa (%)	Temp. do ar (°C)	Radiação global (W/m²)	Fluxo de calor do solo (W/m²)		Temperatura do solo (°C)			Precipitação (mm)
	1m	2m	10m					1cm	10cm	2cm	15cm	30cm	
19:50	.715	1.199	1.092	86.2	-6999	17.1	0	-36.88	-63.21	25.4	29.8	31.4	.4
19:40	.71	1.287	1.664	110.8	-6999	16.7	0	-37.46	-66.82	25.4	29.9	31.4	.4
19:30	.536	1.239	2.459	119	-6999	16.9	0	-37.2	-71.3	25.3	30.1	31.5	.5
19:20	.835	1.383	2.575	125.5	-6999	17.8	0	-36.62	-75.8	25.2	30.2	31.6	.6
19:10	.451	.734	.47	99.6	-6999	17.9	0	-45.86	-80.2	25.1	30.5	31.7	.2
19:00	.491	.78	.61	93.3	-6999	17.9	0	-65.72	-83.4	25.4	31.0	31.7	1.8
18:50	1.019	1.596	2.322	95.5	108	18.0	0	-94.4	-85	26.5	32.0	31.7	7.4
18:40	.594	1.14	1.374	135.1	106	18.1	0	-80	-75.2	27.6	32.7	31.7	7.8
18:30	.51	.812	.683	78.3	104	18.1	0	-98	-67.72	28.0	33.1	31.6	1.3
18:20	.786	1.226	1.192	109.7	102	17.9	0	-151.8	-40.49	29.8	33.4	31.6	5.2
18:10	1.03	1.575	2.26	98.3	100	18.0	0	-173.5	-10.8	32.4	33.6	31.6	8.6
18:00	.831	1.679	3.619	115.7	97	18.2	0	-77.9	-6.592	33.0	33.7	31.6	5.6

Hora	Velocidade do vento (m/s)			Direção do Vento (°)	Umidade relativa (%)	Temp. do ar (°C)	Radiação global (W/m²)	Fluxo de calor do solo (W/m²)		Temperatura do solo (°C)			Precipitação (mm)
	1m	2m	10m					1cm	10cm	2cm	15cm	30cm	
17:50	.62	1.354	2.667	115.1	95	18.5	-.012	-42.39	-4.258	33.4	33.7	31.6	.3
17:40	.832	1.46	2.185	97.9	93	18.7	-.624	-40.42	-1.783	33.7	33.8	31.5	.1
17:30	.855	1.5	1.873	120.2	93	19.2	-.924	-37.42	.839	34.0	33.9	31.5	.1
17:20	1.083	1.716	2.684	131.7	89	20.3	.347	-34.62	3.706	34.3	33.9	31.5	0
17:10	1.438	1.778	2.259	147.3	82	22.2	5.863	-33.52	7.13	34.6	34.0	31.5	0
17:00	1.88	2.223	2.826	218.6	79	22.7	7.83	-32.01	10.96	35.0	34.1	31.4	0
16:50	1.915	2.206	3.26	290.8	81	22.5	7.63	-26.61	14.76	35.3	34.1	31.4	0
16:40	2.228	2.835	3.953	221.5	84	22.2	2.945	-16.13	17.7	35.7	34.1	31.3	.4
16:30	2.107	2.706	4.577	154.7	74	23.7	-.679	-8.19	20.6	35.9	34.2	31.3	.5
16:20	1.338	1.876	2.533	154.2	67	24.5	3.313	-6.596	23.86	36.3	34.2	31.3	0
16:10	1.016	1.399	1.626	44.09	64	24.6	5.666	-4.669	27.55	36.6	34.2	31.2	0
16:00	1.396	1.72	2.087	11.31	63	24.8	5.631	-1.951	31.62	36.9	34.2	31.2	0

Hora	Velocidade do vento (m/s)			Direção do Vento (°)	Umidade relativa (%)	Temp. do ar (°C)	Radiação global (W/m²)	Fluxo de calor do solo (W/m²)		Temperatura do solo (°C)			Precipitação (mm)
	1m	2m	10m					1cm	10cm	2cm	15cm	30cm	
15:50	1.311	1.704	2.666	37.34	62	24.8	25.26	1.118	36.09	37.3	34.1	31.1	0
15:40	1.163	1.558	2.537	39.36	61	25.2	39.6	5.063	40.93	37.7	34.1	31.1	0
15:30	1.358	1.664	3.115	34.17	58	25.8	35.03	11.13	45.89	38.2	34.0	31.0	0
15:20	.803	1.396	2.295	38.03	55	26.6	47.89	20.75	50.55	38.6	34.0	31.0	0
15:10	1.691	2.16	2.669	263.5	52	27.9	82.8	34.57	54.24	38.9	33.9	30.9	0
15:00	2.074	2.759	3.561	206.8	47	28.7	140.5	51.8	57.21	39.2	33.8	30.9	0
14:50	1.902	2.432	3.168	215	45	29.3	551	56.1	59.74	39.3	33.7	30.8	0
14:40	1.99	2.731	3.48	199.3	46	29.0	376.5	72.3	60.67	39.5	33.6	30.8	0
14:30	2.007	2.698	3.33	209.3	45	29.6	568.2	88.9	60.41	39.4	33.5	30.7	0
14:20	1.904	2.65	3.298	211.2	43	29.9	791	91.3	60.36	39.3	33.3	30.7	0
14:10	1.573	2.323	2.968	188.6	44	29.7	829	85.2	61.75	39.2	33.2	30.6	0
14:00	2.163	2.784	3.641	221.4	45	29.3	887	67.92	64.48	39.2	33.1	30.6	0

Tabela 4 – Dados coletados referentes ao volume dos açudes para o mês de março de 2008.

Dias	<u>Acauã</u> <u>(Argemiro</u> <u>de</u> <u>Figueiredo)</u> (Itatuba) Capac. 253.000	<u>Capoeira</u> (Santa Teresinha) Capac. 53.450	<u>Coremas</u> <u>/ Mãe</u> <u>D'água</u> (Coremas) Capac. 1.358.000	<u>Engenheiro</u> <u>Ávidos</u> (Cajazeiras) Capac. 255.000	<u>Epitácio</u> <u>Pessoa</u> (Boqueirão) Capac. 411.686	<u>Gramame</u> <u>/</u> <u>Mamuaba</u> (Conde) Capac. 56.937	<u>Lagoa do</u> <u>Arroz</u> (Cajazeiras) Capac. 80.221	<u>São</u> <u>Gonçalo</u> (Sousa) Capac. 44.600
01	168,344	31,575	1.093,000	110,712	268,244	46,026	25,192	28,201
02	168,208	31,836	1.094,075	110,712	267,940	45,881	25,192	28,201
03	168,072	31,510	1.093,000	110,888	267,637	45,881	25,192	28,201
04	167,936	31,575	1.093,000	110,712	267,334	45,735	25,192	28,303
05	167,800	31,543	1.093,000	110,888	267,030	45,590	25,451	28,815
06	167,665	31,510	1.094,075	110,888	266,424	45,445	25,503	29,020
07	167,529	31,478	1.094,075	112,123	266,120	45,300	26,333	30,043
08	167,257	31,478	1.094,075	113,005	265,817	45,300	27,162	30,965
09	166,986	31,478	1.095,150	113,710	265,514	45,155	27,861	31,374
10	166,714	31,478	1.097,300	114,063	265,210	45,010	28,503	31,937
11	166,442	31,445	1.097,300	115,121	264,907	44,865	28,677	32,091
12	166,171	31,412	1.096,225	122,881	264,604	44,720	29,377	32,398
13	166,035	31,380	1.097,300	127,114	264,907	44,720	32,583	32,615
14	165,899	31,347	1.097,300	127,819	264,604	44,575	33,049	32,730
15	165,763	31,934	1.098,375	129,230	264,300	44,502	33,340	33,306
16	165,627	31,902	1.105,900	132,228	263,997	44,430	33,864	34,227
17	165,492	31,902	1.115,575	135,403	263,694	44,285	36,981	34,687
18	165,356	31,902	1.128,475	143,836	272,187	44,140	38,337	36,184
19	165,220	31,902	1.154,275	157,225	290,367	43,995	40,099	40,096
20	173,233	32,456	1.192,975	167,214	304,280	43,995	47,067	Sangrando
21	177,541	33,737	1.204,800	170,827	406,991	43,995	48,100	Sangrando
22	183,662	34,053	1.220,925	171,677	Sangrando	44,140	51,001	Sangrando
23	185,370	34,251	1.251,025	179,540	Sangrando	44,285	53,824	Sangrando
24	189,641	36,108	1.278,020	188,305	Sangrando	44,285	56,646	Sangrando
25	193,513	39,541	1.311,500	192,142	Sangrando	44,285	59,316	Sangrando
26	197,980	43,961	Sangrando	205,445	Sangrando	44,285	62,342	Sangrando
27	223,969	46,200	Sangrando	202,887	Sangrando	44,285	67,314	Sangrando
28	Sangrando	48,812	Sangrando	196,236	Sangrando	44,285	69,577	Sangrando
29	Sangrando	51,041	Sangrando	186,514	Sangrando	44,430	71,114	Sangrando
30	Sangrando	Sangrando	Sangrando	179,753	Sangrando	45,010	74,189	Sangrando
31	Sangrando	Sangrando	Sangrando	182,728	Sangrando	45,735	77,501	Sangrando

Fonte: AESA / DNOCS / CAGEPA

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)