

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

METEOROLOGIA



Tese de Doutorado

Roberto Carlos Gomes Pereira

**ÍNDICES DE INSTABILIDADE NA OCORRÊNCIA
DE DISTÚRBIO ONDULATÓRIO DE LESTE
NO NORDESTE DO BRASIL**

Campina Grande, Novembro de 2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

**INDICES DE INSTABILIDADE NA OCORRENCIA DE DISTURBIO
ONDULATORIO DE LESTE NO
NORDESTE DO BRASIL**

ROBERTO CARLOS GOMES PEREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. ENILSON PALMEIRA CAVALCANTI

TESE DE DOUTORADO EM METEOROLOGIA

Área de concentração: Meteorologia de meso e grande escala

NOVEMBRO DE 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

**INDICES DE INSTABILIDADE NA OCORRENCIA DE DISTURBIO
ONDULATORIO DE LESTE NO
NORDESTE DO BRASIL**

ROBERTO CARLOS GOMES PEREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. ENILSON PALMEIRA CAVALCANTI

TESE DE DOUTORADO EM METEOROLOGIA

Área de concentração: Meteorologia de meso e grande escala

NOVEMBRO DE 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

P436i Pereira, Roberto Carlos Gomes.

Índices de instabilidade na ocorrência de distúrbio ondulatório de Leste no Nordeste do Brasil / Roberto Carlos Gomes Pereira. – Campina Grande, 2013.

186 f. : il. Color.

Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro Ciências e Tecnologia.

"Orientação: Prof. Dr. Enilson Palmeira Cavalcanti".

Referências.

1. Região Nordeste do Brasil. 2. Distúrbio Ondulatório de leste. 3. Índice de Instabilidade. I. Cavalcanti, Enilson Palmeira. II. Título.

CDU 551.58(812/813)(043)

ROBERTO CARLOS GOMES PEREIRA

ÍNDICES DE INSTABILIDADE NA OCORRÊNCIA DE DISTÚRBO ONDULATÓRIO
DE LESTE NO NORDESTE DO BRASIL

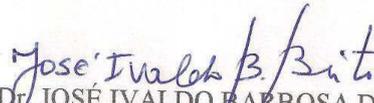
TESE APROVADA EM 25/11/2013

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. ENILSON PALMEIRA CAVALCANTI
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. JOSÉ IVALDO BARBOSA DE BRITO
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. DAVID MENDES
Escola de Ciência e Tecnologia
Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Prof. Dr. EMERSON MARIANO DA SILVA
Departamento de Física
Universidade Estadual do Ceará

Se quisermos ser grandes perante os
homens, deveríamos reconhecer primeiro
como somos pequenos diante de Deus.
(Roberto Carlos Gomes Pereira)

AGRADECIMENTOS

Um homem para existir precisa de uma família que cuide dele nos primeiros anos. Quando cresce precisa de uma família que o apoie e dê sentido a sua vida. Por isso agradeço aos meus pais, Edeval Pereira do Nascimento e Maria das Neves Gomes Pereira, assim como a Minha esposa Maria José da Silva Pereira e a meu filho Maxwell da Silva Pereira, pois sem eles nada que faço na vida teria sentido.

Agradeço também ao meu orientador Enilson Palmeira Calvacanti pela amizade e pelos ensinamentos.

Agradeço as minhas irmãs assim como também aos amigos que escolhi para fazer parte da minha família e que tanto contribuíram de forma direta e indireta para elaboração desse trabalho.

Encontramos pessoas nas nossas vidas que contribuem não só para o crescimento pessoal, mas também profissional, por isso não poderia esquecer de agradecer a Sra. Rosidalva Feitosa da Paz, superintendente do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás pertencente a Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás, assim como todos os amigos que lá trabalham.

Uma pesquisa necessita que acredite nela para que possa ser realizada e por essas qualidades que venho agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior (CAPES) que deu suporte para a realização deste trabalho.

RESUMO

A Região Nordeste do Brasil (NEB) tem uma grande diversidade climática, com períodos de secas prolongadas e trimestre chuvoso com grande variação espacial, apresentando pelo menos três fenômenos meteorológicos que atuam e contribuem para os regimes pluviométricos da Região, os quais foram determinados utilizando a técnica de componentes principais com os dados da climatologia de 1961 a 1990. Na faixa leste da região o fenômeno mais importante que atua são os “Distúrbios Ondulatórios de Leste” (DOL) que provocam grandes volumes de chuva, na maioria das vezes ultrapassando os 22,0 mm/dia, este sistema meteorológico se propaga na atmosfera tropical em meio a perturbações no campo de pressão se deslocando de leste para oeste e atingi a costa do NEB. Fazer a previsão desse sistema é difícil, já que as teorias conhecidas não se ajustam bem para esta região do globo. Os índices de instabilidade atmosférica são de natureza empírica e são uteis em latitudes altas, embora seus valores dependam muito das condições de onde são aplicados, foram analisados para o NEB 10 índices com a ocorrência de 126 casos de DOLs, no período de 2009-2012, que atingiram a costa leste da Região, o intuito deste trabalho foi determinar valores dos índices que possam ser usados como indicativos da ocorrência desses fenômenos. Previsões de 72 horas dos índices também foram calculados a partir da saída do modelo BRAMS com o intuito de fazer uma comparação entre os dados observados com os previstos, inferindo como os índices de instabilidade atmosférica poderiam ser utilizados a partir do modelo para tornar-se uma ferramenta que colabore como um preditor da ocorrência dos DOLs. Os resultados encontrados indicam que alguns índices têm valores característicos e que são bons indicativos desses sistemas, isto poderá permitir uma contribuição significativa na qualidade das previsões de tempo para a faixa leste do NEB.

Palavras-chaves: Região Nordeste do Brasil, Distúrbio Ondulatório de Leste, Índice de Instabilidade

ABSTRACT

The Brazilian Northeast has a very large variety of weather with long periods of lack of rain and rainy quarter with big spatial variation. At least three meteorological phenomena influence the rainfall of the region. These phenomena were determined by using the technique of main data and the weather data from 1961 to 1990. In the eastern of the region there are "Easterly Waves Disturb" (EWD) that cause a large amount of rain, most of the time, over 22.0mm/day. These weather systems in tropical atmosphere amidst disturbances in the pressure field from east to west and get the Brazilian Northeast coast, what makes difficult to have a precise weather forecast, since the known theories do not adjust well to this region. The index of atmospheric instability are empirical, but very useful at high latitudes, although their values depend very much on where they are applied. They were studied to determine values that can be used as indicators of the EWDs occurrence. With this purpose we used radiosonde data and model analysis to find out and determine characteristic values of 10 indices to the occurrence of 126 cases that reach the east Brazilian coast from 2009 to 2012. Weather forecast for 72 hours were also obtained from the forecast model BRAMs with the purpose of comparison with the forecast observed data and infer how the atmospheric indicator can be used from the model that can produce a tool that helps as predictor of EWDs. The results show that some indices obtained from radiosonde or models have characteristics values that can be good indicators of these systems. It will be given to support the making-decision organs to contribute to the reduction of damage to population in case of heavy rain, since the east of Brazilian Northeast is the most populous area in this region.

Keywords: Northeastern Brazil, Easterly Waves Disturb, Instability Index

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	3
3	MATERIAL E METODO	10
3.1	Área de estudo.....	10
3.2	Regimes pluviométricos.....	11
3.2.1.	Precipitação climatológica.....	11
3.2.2.	Análise de Componentes Principais	12
3.2.3.	Precipitação diária	12
3.3.	Distúrbio Ondulatório de Leste	13
3.3.1.	Identificação dos casos de DOL	13
3.3.2.	Análise estatística dos casos de DOL e casos escolhidos.....	14
3.4.	Índices de Instabilidade	14
3.4.1.	Radiossondagens.....	15
3.4.2.	Índices de instabilidade atmosférica.....	17
3.5.	Uso do BRAMS no estudo de DOL.....	20
4	RESULTADOS E DISCURSSÃO	20
4.1.	Regimes Pluviométricos	20
4.1.1.	Considerações gerais	23
4.2.	Análise estatística dos casos de DOL	25
4.3.	Distúrbios Ondulatórios de Leste	27
4.3.1.	DOL no dia 11 de maio de 2009.....	27
4.3.2.	DOL no dia 23 de maio de 2009.....	41

4.4. Índices de Instabilidade Atmosférica	54
4.4.1. Grupo um	55
4.4.2. Grupo dois	68
4.4.3. Grupo três	69
4.4.4. Grupo quatro	81
4.4.5. Grupo cinco	93
4.5. A utilização do BRAMS em casos de DOL	106
5 CONCLUSÕES SURGESTÕES	178
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	182

LISTA DE ABREVIATURAS

ACP - Análise de Componentes Principais

BRAMS - (Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System) ou Desenvolvimento brasileiro do modelo regional de sistemas atmosféricos.

CAPE – (convective available potential energy) ou Energia Potencial Disponível Convectiva

CAPE(t_v) - é semelhante ao CAPE só que utiliza a temperatura virtual no lugar da temperatura da temperatura da parcela.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DECEA - Ministério da Defesa e ao Comando da Aeronáutica

Diagrama Hovmoller – é um diagrama onde é feito mante-se um ponto fixo e mostra a evolução no tempo.

Diagrama SkewT X logP – Diagrama termodinâmico com a pressão em escala logarítmica e a temperatura com linhas inclinadas.

DOL - Distúrbios Ondulatórios de Leste ou onda de leste

GOES-12 – Satélite geoestacionários americano na versão 12

Índice Cross Totals - Índice de instabilidade atmosférica para a previsão de tempestades.

IIA - Índice de Instabilidade Atmosférica.

Índice K - Índice de instabilidade atmosférica para a previsão de tempestades.

Índice LIFT - Índice de instabilidade atmosférica para a previsão de tempestades.

Índice LIFT(t_v) - Índice de instabilidade atmosférica para a previsão de tempestades como o índice LIFT, só que utilizar a temperatura virtual no lugar da temperatura potencial.;

Índice Showalter – Índice de instabilidade atmosférica para a previsão de tempestades.

Índice SWEAT - Índice de instabilidade atmosférica utilizado para estudar o potencial da tempestade.

Índice Total Totals - Índice de instabilidade atmosférica para a previsão de tempestades.

Índice Vertical Totals - Índice de instabilidade atmosférica para a previsão de tempestades.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial

METAR - (METeorological Aerodrome Report) ou informe meteorológico regular de aeródromo

NEB - Região Nordeste do Brasil

REDMET - Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica

T - temperatura do ar

T126 – nomenclatura utilizada para determina o tamanho do ponto de grande de um modelo numero de tempo, neste caso é 126km.

Td - temperatura do ponto de orvalho

TMG – Tempo médio de Greenwich

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista de estações meteorológicas de radiossondagem no NEB, que tem os dados disponíveis na internet	16
Tabela 2. Quantidade de radiossondagens feitas mensalmente nas estações no NEB entre os anos de 2009 e 2012	16
Tabela 3. Valores dos índices de instabilidade e da precipitação diária no período do dia 10 a 12/05/2009	40
Tabela 4. Valores dos índices de instabilidade e da precipitação diária no período do dia 22 a 24/05/2009	54
Tabela 5 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009 e valores previstos pelo modelo BRAMS com diferença entre o observado x previsto	112
Tabela 6 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto	119
Tabela 7 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto para dois dias que antecedem o caso e para o dia em que ocorreu	126
Tabela 8 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 12/05/2010 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto	133
Tabela 9 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto	140
Tabela 10 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto	147
Tabela 11 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto	154
Tabela 12 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto	161
Tabela 13 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto	168

Tabela 14 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto	175
Tabela 15. Resumo dos resultados dos índices obtidos para as estações pertencentes aos cinco grupos de regimes pluviométricos sobre a Região NEB	176

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa do relevo da Região Nordeste do Brasil (NEB). Disponível em: <http://geworld.blogspot.com.br/2007/10/relevo-brasileiro.html>. Acesso em: 20 set. 2011 10
- Figura 2. A) localização das 80 Estações do INMET utilizadas e B) a distribuição da precipitação média anual na NEB do período de 1961 a 1991 11
- Figura 3. Estações de radiossondagem da Região Nordeste do Brasil (NEB) pertencente ao INMET e ao DECEA 15
- Figura 4. Classificação usando ACP, A) distribuição das estações classificadas em 5 grupos e B) regionalização dos grupos em regimes pluviométricos 21
- Figura 5. Percentual da precipitação média mensal em relação ao valor médio anual do período de 1961 a 1990. Os gráficos são centrados nos meses que compõem o trimestre chuvoso. A) grupo 1, máximo em março; B) grupo 2, máximo em junho, C) grupo 3, máximo em fevereiro; D) grupo 4, máximo em março E) grupo 5, máximo em maio; F) Regime pluviométrico dos cinco grupos 22
- Figura 6. Distribuição espacial das chuvas na Região Nordeste do Brasil (NEB); A) fevereiro, março e abril; B) maio, junho e julho; C) janeiro, fevereiro e março; D) agosto a dezembro 24
- Figura 7. A) Frequência da precipitação média diária da estação de Pernambuco, PE; os demais gráficos são média da ocorrência de precipitação acima de 22,0 mm/dia; B) para a estação de Recife, PE; C) para estação de Petrolina, PE; D) para a estação de Campina Grande, PB; E) para a estação de Floriano, PI; F) para a estação de Fortaleza, CE; os dados utilizados são da precipitação média diária do período de 2009-2012 e são das estações pertencentes ao INMET.
- Figura 8. (A) Gráfico com o índice pluviométrico médio mensal climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 e a precipitação no ano de 2009. Os gráficos a seguir são do grupo litoral elaborados a partir dos dados de 2009 (B) índice Showate, (C) índice Lift, (D) índice Lift(TV), (E) índice Sweat, (F) índice K, (G) índice Cross Totals. (H) índice vertical totals, (I) índice total totals, (J) índice CAPE, (K) índice CAPE(TV) 26
- Figura 8. Precipitação média diária da estação de Natal, RN, no mês de maio de 2009, pertencente ao INMET 27
- Figura 9. Imagens do Satélite GOES-12 no canal do infravermelho termal dos dias: A) 10/05/2009 das 20:45TMG, B) 11/05/2009 das 21:15TMG, C) 12/05/2009 das 21:15TMG e D) 13/05/2009 das 17:45TMG 28
- Figura 10. Diagrama SkewT X logP da estação de altitude de Natal-RN pertencente ao DECEA, correspondente a: A) 10/05/2009 das 12:00TMG, B) 11/05/2009 das 12:00TMG, C) 12/05/2009 das 12:00TMG e D) 13/05/2009 das 00:00TMG 29

- Figura 11. Campo do vento meridional no nível de 850 hPa proveniente das análises do modelo T126 das 00:00TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, C) 11/05/2009 e D) 12/05/2009 respectivamente 30
- Figura 12. Campo do vento meridional no nível de 700 hPa proveniente das análises do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, B) 11/05/2009 e D) 12/05/2009 respectivamente 31
- Figura 13. Campo do vento meridional no nível de 500 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, B) 11/05/2009 e D) 12/05/2009, respectivamente 32
- Figura 14. Campo do vento meridional no nível de 300 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, B) 11/05/2009 e D) 12/05/2009 respectivamente 33
- Figura 15. Campo da velocidade vertical (Omega) no nível de 500 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, B) 11/05/2009 e D) 12/05/2009 respectivamente 34
- Figura 16. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise das 00:00TMG do período de 08/05/2009 a 12/05/2009 na latitude de 0° dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, B) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente 36
- Figura 17. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise das 00:00TMG do período de 08/05/2009 a 12/05/2009 na latitude de 5°S dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, C) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente 38
- Figura 18. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise das 00:00TMG do período de 08/05/2009 a 12/05/2009 na latitude de 10°S dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, C) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente 39
- Figura 19. Imagens do Satélite GOES-12 no canal do infravermelho termal dos dias: A) 23/05/2009 das 23:15TMG, B) 24/05/2009 das 11:15TMG, C) 25/05/2009 das 20:15TMG e D) 26/05/2009 das 21:15TMG 41
- Figura 20. Diagrama SkewT X logP da estação de altitude de Natal; RN, pertencente ao DECEA, correspondente a: A) 23/05/2009 das 12:00TMG, B) 24/05/2009 das 00:00TMG, C) 25/05/2009 das 12:00TMG e D) 26/05/2009 das 12:00TMG 42
- Figura 21. Campo do vento meridional no nível de 850 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, B) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente 43

- Figura 22. Vento meridional no nível de 700 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, B) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente 44
- Figura 23. Campo do vento meridional no nível de 500 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, B) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente 45
- Figura 24. Campo do vento meridional no nível de 300 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, B) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente 46
- Figura 25. Campo da velocidade vertical (Omega) no nível de 500 hPa proveniente da análise do modelo T126 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, B) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente 47
- Figura 26. Diagrama Hovmoller do vento meridional gerados com análise do modelo T126 das 00:00TMG do período de 23/05/2009 a 27/05/2009 na latitude de 0° dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, B) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente 49
- Figura 27. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise do modelo T126 das 00:00TMG do período de 23/05/2009 a 27/05/2009 na latitude de 5°S dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700 hPa, C) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente 51
- Figura 28. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise do modelo T126 das 00:00TMG do período de 23/05/2009 a 27/05/2009 na latitude de 10°S dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, B) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente 53
- Figura 29. Estações de radiossondagem da Região Nordeste do Brasil (NEB) e a divisão dos grupos encontrada através da utilização da técnica de ACP..... 55
- Figura 30. (A) Gráfico da precipitação média anual do período de 2009 a 2012 e o índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Petrolina, PE; (B) gráfico médio mensal do índice Showalter; (C) gráfico médio anual do índice Showalter no período de 2009-2012. (D) índice Showalter médio para os casos de chuvas significativas 57
- Figura 31. (A) valor médio mensal do índice lift. (B) gráfico médio anual do índice lift no período de 2009-2012. (C) índice lift médio para os casos de chuvas significativas 58
- Figura 32. (A) valor médio mensal do índice lift(tv). (B) gráfico médio anual do índice lift(tv) no período de 2009-2012. (C) índice lift(tv) médio para os casos de chuvas significativas 59

Figura 33. (A) valor médio mensal do índice Swet. (B) gráfico médio anual do índice swet no período de 2009-2012. (C) índice Swet médio para os casos de chuvas significativas.....	60
Figura 34. (A) valor médio mensal do índice k. (B) gráfico médio anual do índice k no período de 2009-2012. (C) índice k médio para os casos de chuvas significativas.....	61
Figura 35. (A) valor médio mensal do índice Cross Totals. (B) gráfico médio anual do índice Cross Totals no período de 2009-2012. (C) índice Cross Totals médio para os casos de chuvas significativas	62
Figura 36. (A) valor médio mensal do índice Vertical Totals. (B) gráfico médio anual do índice Vertical Totals no período de 2009-2012. (C) índice Vertical Totals médio para os casos de chuvas significativas	63
Figura 37. (A) valor médio mensal do índice Total Totals. (B) gráfico médio anual do índice Total Totals no período de 2009-2012. (C) índice Total Totals médio para os casos de chuvas significativas	64
Figura 38. (A) valor médio mensal do índice CAPE. (B) gráfico médio anual do índice CAPE no período de 2009-2012. (C) índice CAPE médio para os casos de chuvas significativas	65
Figura 39. (A) valor médio mensal do índice CAPE. (B) gráfico médio anual do índice CAPE no período de 2009-2012. (C) índice CAPE médio para os casos de chuvas significativas	66
Figura 40. Precipitação média anual de 2009 a 2012 com índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Campina Grande, PB68	
Figura 41A. precipitação media anual do período de 2009 a 2012 com o índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Floriano, PI.....	69
Figura 41. (B) valor médio mensal do índice Showalter. (C) gráfico médio anual do índice Showalter no período de 2009-2012. (D) índice Showalter médio para os casos de chuvas significativas	70
Figura 42. (A) valor médio mensal do índice Lift. (B) gráfico médio anual do índice Lift no período de 2009-2012. (C) índice Lift médio para os casos de chuvas significativas.....	71
Figura 43. (A) valor médio mensal do índice Lift(tv). (B) gráfico médio anual do índice Lift(tv) no período de 2009-2012. (C) índice Lift(tv) médio para os casos de chuvas significativas	72

- Figura 44. (A) valor médio mensal do índice Swet. (B) gráfico médio anual do índice Swet no período de 2009-2012. (C) índice Swet médio para os casos de chuvas significativas....
..... 73
- Figura 45. (A) valor médio mensal do índice K. (B) gráfico médio anual do índice K no período de 2009-2012. (C) índice K médio para os casos de chuvas significativas..... 74
- Figura 46. (A) valor médio mensal do índice Cross Totals. (B) gráfico médio anual do índice Cross Totals no período de 2009-2012. (C) índice Cross Totals médio para os casos de chuvas significativas 75
- Figura 47. (A) valor médio mensal do índice Vertical Totals. (B) gráfico médio anual do índice Vertical Totals no período de 2009-2012. (C) índice Vertical Totals médio para os casos de chuvas significativas 76
- Figura 48. (A) valor médio mensal do índice Total Totals. (B) gráfico médio anual do índice Total Totals no período de 2009-2012. (C) índice Total Totals médio para os casos de chuvas significativas 77
- Figura 49. (A) valor médio mensal do índice CAPE. (B) gráfico médio anual do índice CAPE no período de 2009-2012. (C) índice CAPE médio para os casos de chuvas significativas 78
- Figura 50. (A) valor médio mensal do índice CAPE(tv). (B) gráfico médio anual do índice CAPE(tv) no período de 2009-2012. (C) índice CAPE(tv) médio para os casos de chuvas significativa 79
- Figura 51A. precipitação média anual do período de 2009 a 2012 com o índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Fortaleza; CE 81
- Figura 51. (B) valor médio mensal do índice Showalter. (C) valor médio anual do índice Showalter no período de 2009-2012. (D) índice Showalter médio para os casos de chuvas significativas 82
- Figura 52. (A) valor médio mensal do índice Lift. (B) valor médio anual do índice Lift no período de 2009-2012. (C) índice Lift médio para os casos de chuvas significativas
..... 83
- Figura 53. (A) valor médio mensal do índice Lift(tv). (B) valor médio anual do índice Lift(tv) no período de 2009-2012. (C) índice Lift(tv) médio para os casos de chuvas significativas 84
- Figura 54. (A) valor médio mensal do índice Sweat. (B) valor médio anual do índice Sweat no período de 2009-2012. (C) índice Sweat médio para os casos de chuvas significativas..
..... 85
- Figura 55. (A) valor médio mensal do índice K. (B) valor médio anual do índice K no período de 2009-2012. (C) índice K médio para os casos de chuvas significativas 86

- Figura 56. (A) valor médio mensal do índice Cross Totals. (B) valor médio anual do índice Cross Totals no período de 2009-2012. (C) índice Cross Totals médio para os casos de chuvas significativas 87
- Figura 57. (A) valore médio mensal do índice Vertical Totals. (B) valor médio anual do índice Vertical Totals no período de 2009-2012. (C) índice Vertical Totals médio para os casos de chuvas significativas 88
- Figura 58. (A) valor médio mensal do índice Total Totals. (B) valor médio anual do índice Total Totals no período de 2009-2012. (C) índice Total Totals médio para os casos de chuvas significativas 89
- Figura 59. (A) valor médio mensal do índice CAPE. (B) valor médio anual do índice CAPE no período de 2009-2012. (C) índice CAPE médio para os casos de chuvas significativas 90
- Figura 60. (A) valor médio mensal do índice CAPE(tv). (B) valor médio anual do índice CAPE (tv) no período de 2009-2012. (C) índice CAPE (tv) médio para os casos de chuvas significativas 91
- Figura 61A. precipitação média anual do período de 2009 a 2012 com o índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Recife, PE..... 93
- Figura 61B. Ocorrência média de casos de chuva acima de 22,0 mm/dia no período de 2009 a 2012 na estação de Recife-PE..... 94
- Figura 62. (A) valor médio mensal do índice Showalter. (B) valor médio anual do índice Showalter no período de 2009-2012. (C) índice Showalter médio para os casos de chuvas significativas 95
- Figura 63. (A) valor médio mensal do índice Lift. (B) valor médio anual do índice Lift no período de 2009-2012. (C) índice Lift médio para os casos de chuvas significativas.....
..... 96
- Figura 64. (A) valor médio mensal do índice Lift(tv). (B) valor médio anual do índice Lift(tv) no período de 2009-2012. (C) índice Lift(tv) médio para os casos de chuvas significativas 97
- Figura 65. (A) valor médio mensal do índice Sweat. (B) valor médio anual do índice Sweat no período de 2009-2012. (C) índice Sweat médio para os casos de chuvas significativas 98
- Figura 66. (A) valor médio mensal do índice K. (B) valor médio anual do índice K no período de 2009-2012. (C) índice K médio para os casos de chuvas significativas 99
- Figura 67. (A)valor médio mensal do índice Cross Totals. (B)valor médio anual do índice Cross Totals no período de 2009-2012. (C) índice Cross Totals médio para os casos de chuvas significativas 100

- Figura 68. (A) valor médio mensal do índice Vertical Totals. (B) valor médio anual do índice Vertical Totals no período de 2009-2012. (C) índice Vertical Totals médio para os casos de chuvas significativas 101
- Figura 69. (A) valor médio mensal do índice Total Totals. (B) valor médio anual do índice Total Totals no período de 2009-2012. (C) índice Total Totals médio para os casos de chuvas significativas 102
- Figura 70. (A) valor médio mensal do índice CAPE. (B) valor médio anual do índice CAPE no período de 2009-2012. (C) índice CAPE médio para os casos de chuvas significativas 103
- Figura 71. (A) valor médio mensal do índice CAPE(tv). (B) valor médio anual do índice CAPE(tv) no período de 2009-2012. (C) índice CAPE(tv) médio para os casos de chuvas significativas 104
- Figura 72 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009
..... 106
- Figura 73 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009
..... 107
- Figura 74- Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009 108
- Figura 75- Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009
..... 109
- Figura 76- Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009
..... 110
- Figura 77- Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009
..... 111

- Figura 78- Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 113
- Figura 79 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 114
- Figura 80- Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009 115
- Figura 81- Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 116
- Figura 82 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 117
- Figura 83- Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 118
- Figura 84 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009
..... 120
- Figura 85 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009
..... 121
- Figura 86 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009 122

- Figura 87 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009
..... 123
- Figura 88- Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009
..... 124
- Figura 89 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009
..... 125
- Figura 90 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 127
- Figura 91- Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 128
- Figura 92- Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009 129
- Figura 93- Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 130
- Figura 94 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 131
- Figura 95 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009
..... 132

- Figura 96 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010
..... 134
- Figura 97 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010
..... 135
- Figura 98 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010 136
- Figura 99 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010
..... 137
- Figura 100 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010
..... 138
- Figura 101- Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010
..... 139
- Figura 102- Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010
..... 141
- Figura 103 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010
..... 142
- Figura 104- Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010 143

Figura 105 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010	144
Figura 106 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010	145
Figura 107 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010	146
Figura 108 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011	148
Figura 109- Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011	149
Figura 110 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011	150
Figura 111 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011	151
Figura 112- Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011	152
Figura 113 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011	153

- Figura 114- Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011
..... 155
- Figura 115 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011
..... 156
- Figura 116 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011 157
- Figura 117 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011
..... 158
- Figura 118 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011
..... 159
- Figura 119 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011
..... 160
- Figura 120 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012
..... 162
- Figura 121- Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012
..... 163
- Figura 122 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012 164

- Figura 123 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012
..... 165
- Figura 124 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012
..... 166
- Figura 125 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012
..... 167
- Figura 126 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012
..... 169
- Figura 127 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012
..... 170
- Figura 128 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012
..... 171
- Figura 129 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012
..... 172
- Figura 130 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012
..... 173
- Figura 131 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012
..... 174

1 – INTRODUÇÃO

O estado da atmosfera é caracterizado pela determinação de parâmetros que fornecem informações de um ponto em um determinado instante. Haja vista se encontrarem em constantes mudanças, em virtude dos vários fatores que agem na atmosfera. Com o objetivo de prever a variação dos parâmetros atmosféricos foram elaborados os índices de instabilidade atmosféricos. Os quais, embora tenham natureza empírica proporcionam um aviso a cerca da ocorrência de tempo severo como granizo, chuva forte, tempestades com chuvas torrenciais, tornados, entre outros fenômenos. Alguns índices têm um desempenho melhor, dependendo do fenômeno, da época do ano e localização geográfica.

Para se utilizar os índices é importante conhecer o comportamento dos valores característicos que têm influência do relevo e das estações do ano, o que pode requerer um ajuste para as áreas de influência da radiossondagem.

Na Região Nordeste do Brasil (NEB) atuam vários sistemas meteorológicos, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) e frentes frias, como descrito por Kousky (1985). Esses fenômenos provocam os maiores volumes de chuvas nesta região e, em algumas partes, atingem uma média de 1.500 mm/ano, com uma concentração na estação chuvosa.

Este trabalho tem, por objetivo, aplicar índices de instabilidade como preditor de chuva forte principalmente em casos de DOLs, o que se constitui em um dos principais sistemas meteorológicos responsáveis por acumulados significativos de precipitação que ocorrem em pequeno intervalo de tempo. Com este intuito foram utilizados dados provenientes de radiossondagens feitas em estações localizadas na Região NEB para o cálculo de índices de instabilidade atmosféricos para o período de 2009 a 2012 com o objetivo de se conhecer o comportamento desses índices ao longo do ano, tais como características sazonais e quais valores estarão associados a sistemas severos de tempo. A partir da associação entre os índices de instabilidade atmosférica (IIA) e os valores pluviométricos, serão determinados valores característicos sazonais, mensais e diários para identificar quais estão associados com a ocorrência de chuva na região NEB.

Com base no conhecimento dos regimes pluviométricos da Região foram identificados o período de maior atuação dos DOLs, e analisado dois casos que mostraram o comportamento dos índices e os seus valores característicos para o NEB.

O modelo BRAMS foi utilizado para alguns casos de DOL; dentre 126 casos encontrados, dez casos foram estudados mais detalhadamente com o modelo em uma previsão de 72 horas, o intuito foi de acompanhar esses casos com o modelo e ter uma ferramenta a mais visando à previsão desse tipo de fenômeno que é responsável por mais de 40% das chuvas anuais na costa leste do NEB.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A região tropical recebe quase a mesma quantidade de radiação proveniente do sol, em todos os meses do ano fazendo com que não ocorram variações significativas de temperatura durante o ano. A alta evapotranspiração favorece as principais características da atmosfera tropical, que são umidade relativa do ar elevada e intensa atividade convectiva, dando origem a fenômenos meteorológicos em várias escalas de espaço e de tempo, desde a convecção cúmulos até a oscilação quase-bienal. Em diversas regiões da faixa tropical tem-se observado a presença de um fenômeno de tempo caracterizado por distúrbios nos ventos de leste, que vem sendo estudado há mais de cinquenta anos. Estes distúrbios, chamados ondas de leste ou Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) foram encontrados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Tropical e na faixa tropical perto da África.

Riehl (1949) definiu análise do vento em diferentes níveis da atmosfera, a técnica de perturbação e as propriedades cinemáticas e hidrostáticas desenvolvidas por Rossby, e nos níveis de 700 e 300 hPa, como os mais favoráveis para a propagação das ondas longas. Essas características foram aplicadas na determinação dos distúrbios de leste e são usadas até hoje. O autor ainda caracterizou a nebulosidade associada a esses distúrbios, como sendo nuvens altas na forma de V-invertido e com as seguintes condições de tempo: subsidência a oeste do cavado e tempo nublado ou encoberto a leste do cavado na baixa troposfera; a onda se move mais lentamente que a corrente básica, e possui um núcleo de ar mais frio que a vizinhança e sua inclinação é para leste, com relação à altura.

Segundo Spinoza (1996) as características destes distúrbios podem ser observadas pelo deslocamento das isóbaras; para isto utilizou-se da citação do trabalho de Dunn (1940) que observou perturbações nas linhas de pressão (isóbaras) se deslocando de leste para oeste na região do Caribe. Em outro trabalho, alguns anos depois de Riehl (1945) idealizou um modelo que mostrou o deslocamento para oeste dos campos de pressão na região do Caribe. As características encontradas por Riehl (1949) de tais ondas são: velocidade de fase de 6 graus de longitude por dia, período de 3 a 4 dias e comprimento horizontal de onda de 2.000 a 3.000 km.

Através do balanço de energia cinética Kung e Merrit (1974) mostraram que um máximo de energia cinética é formado entre as camadas de 400 e 200 hPa e uma camada de mínima entre 200 e 100 hPa; isto ocorreu pela contribuição da convecção em baixos níveis. É

provável que este mecanismo seja o responsável pelo deslocamento da ZCIT em escala sinótica, ao sul do Equador.

Os estudos destes fenômenos tropicais foram, no passado, bastante limitados pela escassez e baixa frequência das observações meteorológicas nos trópicos; em parte, nos últimos 10 a 15 anos essa falta de dados está sendo compensada pelas análises globais geradas pelos centros meteorológicos.

Liebmann et al, 2011 mostraram que os mecanismos que provocam chuvas no Nordeste do Brasil, na área situada em torno do ponto 10°S e 40°O, têm as chuvas associadas ao “trem de ondas” sinóticas de latitude média; já em um outro ponto, a algumas centenas de quilômetros em torno de 5°S e 37,5°O, as chuvas são mais associadas as ondas de Kelvin.

Em seus trabalhos Mota e Gandu (1998) estudaram casos de DOLs para três faixas de latitudes tropicais ao sul do Equador, no Oceano Atlântico e encontraram valores similares aos de estudos anteriores.

A América do Sul é bastante afetada na sua faixa tropical leste por esses distúrbios, cuja maioria se forma na costa da África, atravessa todo o Oceano Atlântico Tropical e provoca chuvas no Brasil atingindo a costa leste da Região Nordeste. Segundo Vianello e Alves (1991), esses distúrbios atingem a Região da Zona da Mata, principalmente no inverno, uma vez que a circulação é dominada pelo Anticiclone que provoca subsidência e a consequente inversão dos alísios, essas ondas se desenvolvem e se deslocam sob tais condições e à proporção em que a baixa pressão avança, promovendo a intensificação dos alísios. O ar úmido é injetado pela circulação anticiclônica e a área de convergência, associada ao cavado, provoca a ascensão desse ar, favorecendo a formação de nuvens de grande extensão vertical. Imediatamente após a passagem da onda, o nível de inversão dos alísios volta a baixar.

Na faixa leste da Região Nordeste não só há DOL mas vários fenômenos meteorológicos provocam chuvas com a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e ainda têm resquício de sistemas frontais que vêm do sul do continente e em alguns casos ocorrem os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) como o relatam Reis et al. (2000) de um VCAM e um DOL associados que produziram chuvas nos Estado de Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba provocando um acumulado de mais de 150% acima da média climatológica da região. Mota e Gandu (1998) também ressaltam que esses sistemas podem estar associados entre si, como DOL x frente fria, ou DOL x ZCIT.

A Região Nordeste do Brasil (NEB) é a terceira maior Região do país e tem grande variação no regime de precipitação devido aos vários sistemas meteorológicos atuantes. Estas

características contribuem para a diferença na distribuição da precipitação ano a ano, mas existe um padrão climatológico das chuvas.

Segundo Hastenrath, (2012) a Região Nordeste do Brasil é propensa à seca, ao fazer uma análise dinâmica do clima do nordeste, ao longo de um século. Pois em anos de seca o gradiente da TSM no Atlântico Tropical é mais fraco e a zona de convergência intertropical (ZCIT) não atinge sua posição mais ao sul; essas secas tem forte impacto sócio-econômico.

A Região NEB se destaca entre as Regiões do Brasil por seus períodos de secas prolongadas, apresentando portanto, uma grande variação espacial e temporal de índice pluviométrico, que a principio, é causado pela diversidade de sistemas meteorológicos que atuam, tais como circulação de Hadley e de Walker, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), penetração de Sistemas Frontais, mecanismos de brisas marítimas e terrestres, linhas de instabilidade, associados ao elevado albedo da superfície, às anomalias de temperatura da superfície do Oceano Atlântico e do Pacífico, que entre outros, são os responsáveis pela descontinuidade da precipitação na Região NEB (VIANELO E ALVES, 1991).

A interação entre os vários fenômenos que ocorrerem na costa da Região Nordeste do Brasil tem seus primeiros estudos na década de 1970 como o trabalho feito por Cavalcanti e Kousky (1982) que mostra a ocorrência de fenômenos atmosféricos em escala sinótica interagindo com a circulação de brisa marítima. Neste estudo foram utilizados dados de análises do NCEP e imagens de satélite visando identificar e estudar a evolução dos sistemas.

Entre outros estudos nos quais utilizam dados de precipitação pluvial para identificar os diferentes regimes de precipitação na Região do NEB se encontra o de Strang (1972), trabalho este citado por Kousky (1979), em que se utilizou um método observacional com o qual foram definidos três regimes para a Região Nordeste: um centrado em março, na parte norte, outro em maio na parte leste e o último em dezembro, na parte sul, Kousky (1979) usou a mesma série, ou seja, a série temporal dos dados de precipitação pluvial de 1931 a 1960. Passadas três décadas questiona-se: houve alguma mudança na delimitação desses regimes? É possível sim dadas as alterações antrópicas ou mesmo de caráter climático ocorridas neste período.

No campo da altura no nível da superfície do mar existe, no Atlântico Equatorial, um sinal de propagação para leste dominada pelo vento zonal, ao longo do equador, segundo Bunge e t al. 2009.

A circulação de leste sobre a parte NEB facilita a entrada de distúrbios atmosféricos que se propagam do Oceano Atlântico para o continente, em várias escalas de tempo e de espaço. Gomes et al. (2006) em seu estudo identificou e mostrou em imagens de satélite a interação

de um distúrbio provocando chuvas e rajadas de vento ao interagir com o relevo da região no ano de 1995.

As ondas de leste interagem com oscilações sinóticas de alta frequência (menos de 3 dias) tal como também, com frequências maiores (mais de 9 dias) segundo Marques, 2006, isto ocorre em virtude da energia cinética e, para demonstrá-lo, foi utilizada uma reanálise do National Centers for Environmental Prediction-National Centers Atmospheric Research (NCEP-NCAR).

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) tem grande influência no regime pluviométrico da Região NEB e vários casos de chuvas forte provocadas por esses sistemas, são relatados todos os anos, como relatam Calheiros et al (2005) que, em um único episódio deste fenômeno, chegou a chover 120 mm em Barreiros, no litoral de Pernambuco e no período entre 30 de julho e 1 de agosto de 2000 o volume de chuvas observado atingiu os 400 mm; já Alves et al., 2006, mostrou que entre 10% a 15% das chuvas em parte do leste da região Nordeste estão associados aos DOLs.

Um caso interessante da ocorrência de um DOL associado a outros sistemas meteorológico foi documentando por Vaz (2006) no qual identificou a atuação de um DOL associado à intensa convecção local e sistemas frontais. Intensificados por águas anormalmente quentes ao longo do Atlântico e próximos a costa do NE aumentando a convergência do fluxo de umidade em baixos níveis e intensificando os complexos convectivos de escala sub-sinótica.

Mota e Gandu (1998) mostraram que alguns aglomerados de nuvens no hemisfério sul se deslocam para oeste nas faixas de latitudes mais próximas ao equador; enquanto em outros casos, nas latitudes mais ao sul se deslocam de sudeste junto com os alísios. A intensificação desses sistemas de nuvens ao se aproximar da costa brasileira pode estar relacionada com a interação do escoamento da escala sinótica, ou seja, frentes frias que atingem o sul da Região NEB, e com as circulações locais aumentando a possibilidade de chuva.

Os trabalhos anteriormente relacionados sinalizam a importância em uma forma de prever com mais precisão a chegada das ondas de leste; em Pereira (2006) foram utilizados índices de instabilidade na tentativa de se determinar aqueles que apresentasse resultados nas regiões tropicais, mas este tipo de trabalho sempre esbarra na falta de informações observacionais da região do Oceano Atlântico Tropical Sul.

Os índices de instabilidade atmosférica (IIA) são conhecidos na literatura. Eles são de uma natureza empírica, muitas vezes só são aplicáveis a determinadas regiões geográficas e seus limites são dependentes das variações sazonais, mas os IIA podem avaliar a possibilidade

de convecção dentro das próximas horas proporcionando, assim, um aviso acerca da ocorrência de tempestades (KOENING e COING, 2009). Os índices podem ser aplicados para diversos eventos, granizo, chuva pesada, "seca", tempestades, as tempestades com chuvas torrenciais e tornados, entre outros fenômenos (TUDURÍ e RAMIS, 1997). Alguns índices têm melhor desempenho, dependendo do fenômeno, da época do ano e da localização geográfica, como foi o caso do estudo feito por Schultz (1989) que utilizou sete índices, em que se destacou o SWEAT. Isto evidencia que é imprescindível saber a resposta de cada índice para a região em que serão utilizados, pois alguns índices necessitam de ajustes, como foi o caso do estudo feito por Sly (1966) que utilizou o índice Jefferson e nele introduziu a umidade em 12 e 21 metros de altitude; outro fator importante que provoca alterações nas aplicações de índices de instabilidade é a estação do ano. No estudo sobre a sazonalidade para diversas regiões pode proporcionar um conhecimento maior sobre a aplicação desses índices em torno do ponto onde está sendo realizada a radiossondagem, fazendo um mapeamento de cada um dos índices e o comportamento, como foi feito por DeRubertis (2006).

Segundo Nascimento (2005) utilizando os dados meteorológicos coletados diariamente em toda parte do mundo e associados com os conhecimentos físicos e dinâmicos de fenômenos de tempo severo, é possível identificar e minimizar as consequências dos estragos provocados por esses sistemas. Para isto é necessário conhecer melhor o comportamento para cada lugar onde serão aplicados. Com este propósito Nascimento (2005) faz uma revisão dos conceitos e mostra que no Brasil, sobretudo nas Regiões Sul e Sudeste, onde ocorre a maioria dos principais desastres naturais, existe uma grande gama de dados, como também, do conhecimento para aplicar essa tecnologia e com isso incentivar novos pesquisadores.

A aplicação de índice de instabilidade para a região NEB foi feita por Pereira (2006), mas os resultados não foram satisfatórios; portanto, um estudo que caracterize o comportamento de alguns índices para esta Região pode ser uma ferramenta útil para a previsão de tempo.

Em seu estudo, Adams e Souza, 2009, encontraram uma correlação inversa entre CAPE e precipitação com a existência de uma correlação positiva e moderada de 0,6 para o sudoeste dos Estados Unidos, na época da monção.

No estudo de DOLs a pesquisa com dados de reanálise do NCEP/NCAR é comumente utilizada principalmente para obter informações onde os dados observados não existem, como é o caso de grande parte dos oceanos. Alves et al. (2006) utilizaram dados de reanálise para estudar a ocorrência de casos de DOLs entre 1996 e 2005 que chegaram até Alcântara no Maranhão, depois de ter passado por Natal no Rio Grande do Norte.

A reanálise do NCEP vem evoluindo com melhorias, embora venha apresentando um pequeno desvio, em relação a umidade na América do Sul, colocando uma atmosfera um pouco mais seca perto da foz do Rio Amazônia e na costa leste da Região NEB segundo Silva et al 2011.

Os DOLs, embora tenham sua maior influência na costa leste do Nordeste do Brasil, associados à convecção local e a outros fenômenos que atuam nesta parte do país podem provocar chuvas intensas em grande parte da Região NEB e atingir a Região Norte do Brasil, propagando-se pelo continente ou pela parte Equatorial do Oceano Atlântico, de forma que não fica restrita à parte leste da Região NEB.

A utilização de modelos para previsão de fenômenos atmosféricos em latitudes baixas já vem sendo feita; agora, sua acurácia são poucos trabalhos que tratam deste tema; no trabalho de Fedorova et al (2006) utilizaram-se do modelo ETA com resolução de 10 km e reanálise do NCEP analisaram o modelo para um caso em que, com ajuda de imagem de satélite foi identificado a atuação de uma Onda de Leste associada a ZCIT e mostrou que os resultados eram significativos.

A convecção tropical é um grande desafio para a habilidade dos sistemas de previsão de tempo e clima. Segundo Waliser et al 2012 a World Climate Research Programme (Programa de pesquisa do clima mundial WCRP) lançou o programa (THORPEX) que é um sistema de observação de pesquisa e previsibilidade experimental que visa utilizar as observações já existentes e ampliar os recursos computacionais para avançar na caracterização, modelagem, parametrização e previsão de multi-escala da convecção tropical e extratropical. Neste trabalho foram encontrada uma infinidade de atividade de ondas tropicais, incluindo onda de leste, a oscilação de Madden-Julian e interações de ondas tropicais convectivas acopladas.

A utilização do modelo ETA para identificar a atuação do DOL no NEB foi feita por Torres e Ferreira em 2011, que utilizaram duas grades, uma de 40 km e outra de 10km e dois tipos de parametrização de convecção [Betts–Miller–Janjic' (BMJ) e Kain–Fritsch (KF)]; os resultados aponta uma similaridade entre o padrão obtido e o observado mas evidencia a necessidade de se pesquisar um número maior de casos e desenvolver uma parametrização que se ajuste melhor à convecção tropical que possa ser utilizada.

Um modelo de código aberto e que vem sendo utilizado no Brasil é o RAMS desenvolvido no *Colorado State University* e que é a unificação de vários códigos existentes de simulação numérica de tempo. No Brasil foi feito um trabalho de implementação da parametrização no esquema de cúmulos rasos gerando uma melhora na sua aplicação e na

sensibilidade do modelo, o que permitiu gerar nuvens mais rasas, este estudo foi feito por Souza e Silva 2003. Devido às modificações recebidas este modelo passou a ser denominado BRAMS (*Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System*).

3. MATERIAL E METODO

3.1. Área de estudo

A área de estudo fica entre os paralelos de 0° e 20°S e entre os meridianos de 0° e 50°O e têm, como parte continental, toda a Região Nordeste do Brasil (NEB) incluindo grande parte do Oceano Atlântico Equatorial Sul; à parte continental tem o relevo suave com a existência de dois planaltos o da Borborema e o da bacia do rio São Francisco (Planalto Bahiano), cujo ponto mais elevado esta na Chapada Diamantina, o Pico do Barbado, com 2.033 m no Estado da Bahia (Figural).

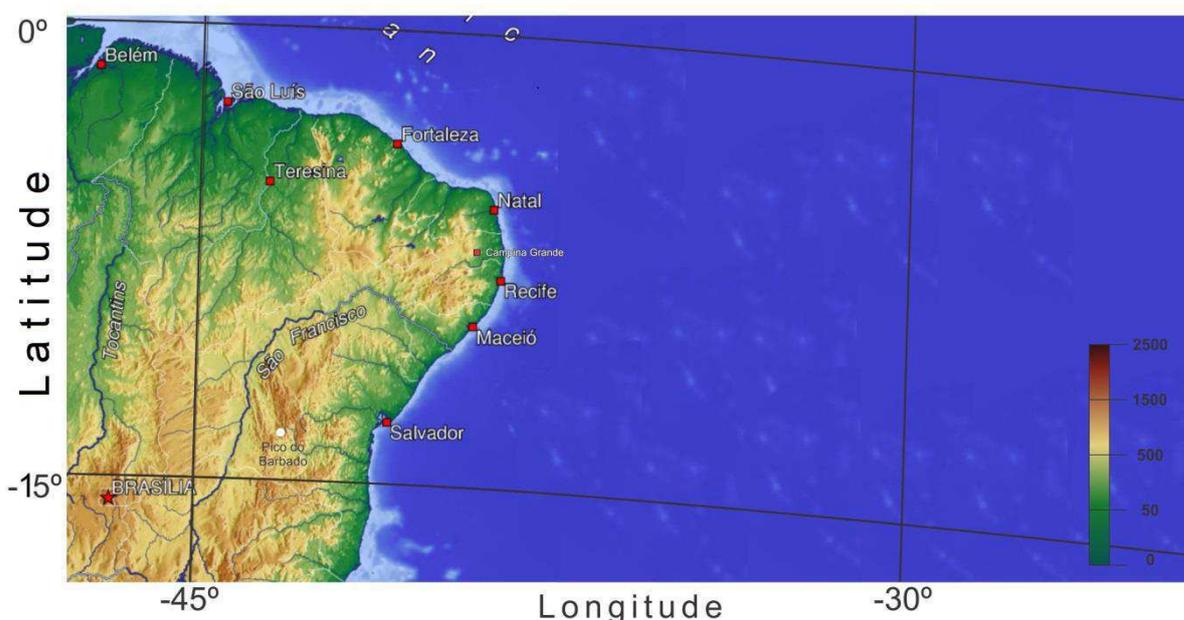


Figura 1. Mapa do relevo da Região Nordeste do Brasil (NEB) e de uma grande parte do Oceano Atlântico sul. Disponível em: <http://geworld.blogspot.com.br/2007/10/relevo-brasileiro.html>. Acesso em: 20 set. 2011

A maior parte da área de estudo é coberta por oceano, não se tendo observações frequentes; até mesmo no continente, as quantidades de observações não é satisfatória e falta regularidade.

A Região Nordeste do Brasil (NEB) é a terceira maior Região do país e tem grande variação no regime de precipitação devido aos vários sistemas meteorológicos atuantes; essas características contribuem para a diferença na distribuição da precipitação ano a ano, mas existe um padrão climatológico das chuvas em regimes pluviométricos.

3.2. Regimes pluviométricos

Os primeiros estudos que mostraram algumas das características do regime de precipitação da Região NEB foram elaborados na década de 70 e feitos com dados de 1931 a 1960 utilizando-se um método qualitativo. No presente estudo dados mais recentes e o uso de Análise de Componentes Principais (ACP) foram utilizados com o objetivo de se verificar os padrões encontrados nos estudos anteriores se mantiveram e que os sistemas meteorológicos estão relacionados com a precipitação de cada parte da Região NEB.

3.2.1. Precipitação climatológica

A base de dados para a utilização da ACP são médias mensais da precipitação referente ao período de 1961 a 1990 das 81 estações climatológicas dos Estados do Nordeste do Brasil pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Nas Figuras 2A e 2B estão a localização das estações e a distribuição espacial da precipitação anual na região, respectivamente.

O volume de chuva anual, com base nesses dados, varia entre 428,1 mm/ano em Petrolândia, PE e 2417,6 mm/ano e Recife, PE, sendo que os maiores valores ocorrem na faixa oeste em toda a faixa da costa leste da Região e em parte oeste do litoral norte. Na parte central da Região o volume é inferior a 1.000 mm/ano e em área no norte do Estado da Bahia, centro-oeste de Pernambuco, chegando em algumas áreas ao menor valor anual.

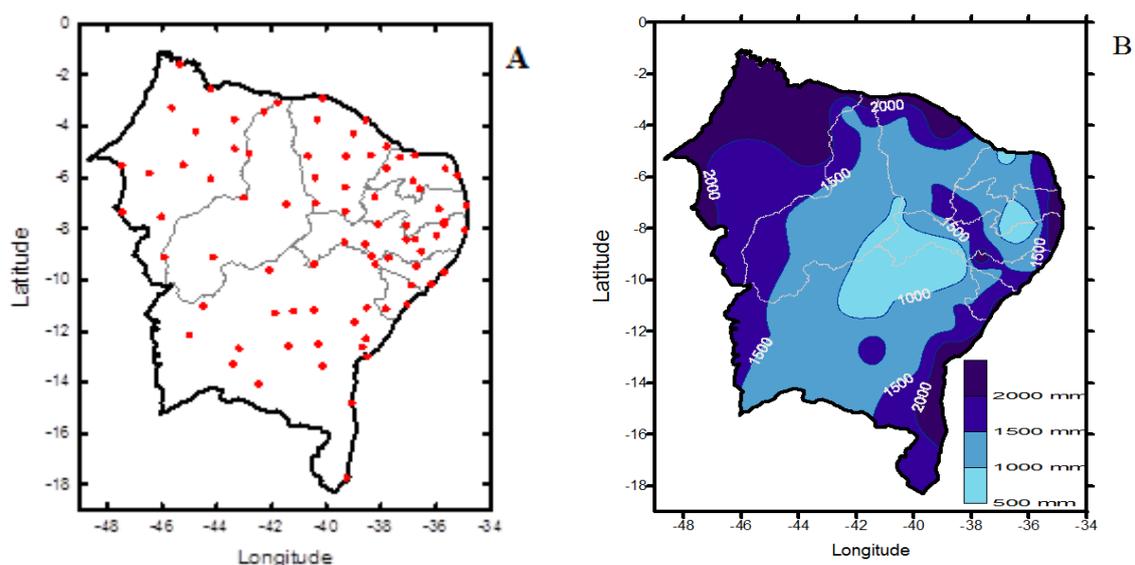


Figura 2. A) localização das 81 Estações do INMET utilizadas e B) a distribuição da precipitação média anual na NEB do período de 1961 a 1990

3.2.2. Análise de Componentes Principais

Em razão das dimensões da Região NEB e a grande quantidade de estações distribuídas em seu território utilizar a técnicas de Análise de Componentes Principais (ACP) é mais indicada pois segundo Richman, (1985); Wilks, (2006), a aplicação de ACP em trabalhos com grandes amostras tem a vantagem de reduzir ao máximo o volume total das variáveis iniciais com perda mínima das informações as quais são indispensáveis na investigação das variáveis envolvidas no problema em questão.

Aos dados de precipitação médio mensal do período de 1961 a 1990 foi aplicado ACP que consiste no princípio matemático em fazer a transformação linear e ortogonal das variáveis iniciais quanto ao critério de maximizar as variâncias, ou seja, a ACP consiste em projetar uma nuvem de indivíduos situados em um espaço afim, de dimensão \mathbf{p} em um subespaço afim, de dimensão \mathbf{q} , de tal forma que sua projeção sofra a menor deformação possível. O plano sobre o qual são efetuadas essas projeções é denominado plano principal.

$$D_{ij} = \left[\sum (x_{iq} - x_{jq})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

em que: D_{ij} é a soma entre todas as distâncias entre os pontos x_i e x_j , x_{iq} é a projeção do ponto x_i no subespaço q e x_{jq} é a projeção do ponto x_j no subespaço q .

Uma planilha contendo os dados médios mensais $X_{n \times p}$ de todas as estações foi utilizada para aplicação da estatística ACP. Esta planilha contém 81 linhas correspondentes ao número de estações utilizadas e 12 colunas referentes à média mensal de cada mês.

No agrupamento utilizou-se o critério de agregação à inércia intraclasse e como medida de similaridade a distância euclidiana e o método de classificação hierárquica (WARD, 1963).

3.2.2. Precipitação diária

Os dados de precipitação acumulada em 24 horas utilizados são das estações meteorológicas de superfície do INMET das mesmas localidades em que há também, estações de altitude. Esses dados foram utilizados para identificar o dia de ocorrência de precipitação; grande parte dos dados foi obtida como estimativa a partir dos gráficos disponíveis no site do INMET.

3.3. Distúrbio Ondulatório de Leste

A ocorrência de DOL na Região NEB está sempre associada a grande volumes de precipitação; sendo assim, os dados diários de precipitação podem ser utilizados para identificar a possível ocorrência deste fenômeno, principalmente no inverno, quando, segundo Vianello e Alves (1991) é mais frequente.

Com as imagens de satélite no canal infravermelho termal e conforme Mota e Gandu, (1998), pode-se identificar, através da temperatura de brilho, a chegada de grandes aglomerados convectivos, a costa do NEB.

Para se identificar os Distúrbios Ondulatórios de Leste foram utilizados:

- i. Dados das estações de superfície do INMET de precipitação diária do período de 2009 a 2012;
- ii. Imagens do satélite geostacionário GOES-12 no canal do infravermelho em que parte é proveniente do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO) e outra do Departamento de Satélites Ambientais (DSA) do CPTEC/INPE.
- iii. Dados oriundos da análise do T126 do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) pertencentes ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) dos anos de 2009 e 2010 de algumas variáveis meteorológicas dos 17 níveis da atmosfera disponíveis.

3.3.1. Identificação dos casos de DOL

Os DOL que ocorrem na costa leste da Região NEB provocam acumulados significativos de precipitação. Esta informação foi útil para se identificar a serie de dados, quando ocorreu volume significativo de precipitação diária. As estações de superfície que utilizadas são as mesmas da localidade estação de altitude.

Nas imagens de satélite no canal infravermelho termal em aglomerado de nuvens pode ser facilmente observado, já que a temperatura de brilho tem valor elevado, sendo visivelmente identificados.

As ondas atmosféricas possuem maior intensidade entre os níveis de pressão de 700 e 500hPa, segundo Riehl (1945). Na atmosfera tropical as ondas podem ser intensas; já a partir do nível de 850hPa. A ocorrência de algumas perturbações pode ser observada no perfil atmosférico que são obtidas através de radiossondagem feitas em uma sequencia.

Para a identificação dos casos de DOL também foram utilizados as análise do modelos T126 do CPTEC/INPE de algumas variáveis, como:

- vento meridional em quatro níveis atmosféricos, 850, 700, 500 e 300 hPa,
- velocidade vertical ômega no nível não divergente de 500hPa.
- diagramas de Hovmoller do vento meridional para recortes feitos nas latitudes de 0°, 5°S e 10°S. Este procedimento foi utilizado por Mota e Gandu, 1997, para identificar características de propagação dos DOL e qual a parte do leste da Região NEB é mais afetada por este tipo de sistema.

Como exemplo dos diversos casos estudados serão mostrados dois, sendo que um estava associado a ZCIT e o outro a sistemas de latitudes médias, como frente fria.

3.3.2. Análise estatística dos casos de DOL e casos escolhidos

Foram identificados 123 casos de DOL que ocorreram no período de 2009 a 2012 no litoral leste do NEB, alguns casos acompanhados de outros fenômenos meteorológicos que atuam na região, como resquícios de frentes frias e ZCIT, mas na maior parte ocorrem apenas como variação nos campos de pressão que se deslocam de leste para oeste. Parte dos DOLs que atingiu o leste da Região NEB adentra o continente e chega a atingir a estação de Floriano no interior do Estado do Piauí, como também, no sertão de Pernambuco, mas este não é o principal fenômeno meteorológico responsável pelas chuvas nestas estações.

Os casos ora apresentados receberão atenção especial por se tratar de grande volume de chuva no primeiro dia.

Caso 1: Ocorreu no dia 11/05/2009

Caso 2: Ocorreu no dia 23/05/2009

3.4. Índices de Instabilidade

Nesta parte do trabalho foram utilizados três tipos de dados:

- i. Dados provenientes de estações de altitude das 12:00 UTC, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e ao Departamento de controle Aéreo (DECEA) que é uma organização do Estado brasileiro, subordinado ao Comando da Aeronáutica Ministério da Defesa;
- ii. Dados de estações climatológicas de superfície pertencentes ao INMET;

iii. Dados de aeroportos em código METAR da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDMET).

3.4.1. Radiossondagens

Todas as estações estão localizadas no NEB e os dados utilizados são de sete estações de radiossondagem que dispuseram desses dados no ano 2009. Dessas estações duas estão localizadas no interior dos Estados e mais cinco que estão próximas ao litoral, sendo quatro nas capitais dos Estados: Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará e outra em uma cidade litorânea Caravelas-BA (Figura 3 e Tabela 1). Com os dados de precipitação mensal climatológica no período de 1961 a 1990 foram calculados a correlação entre as estações.

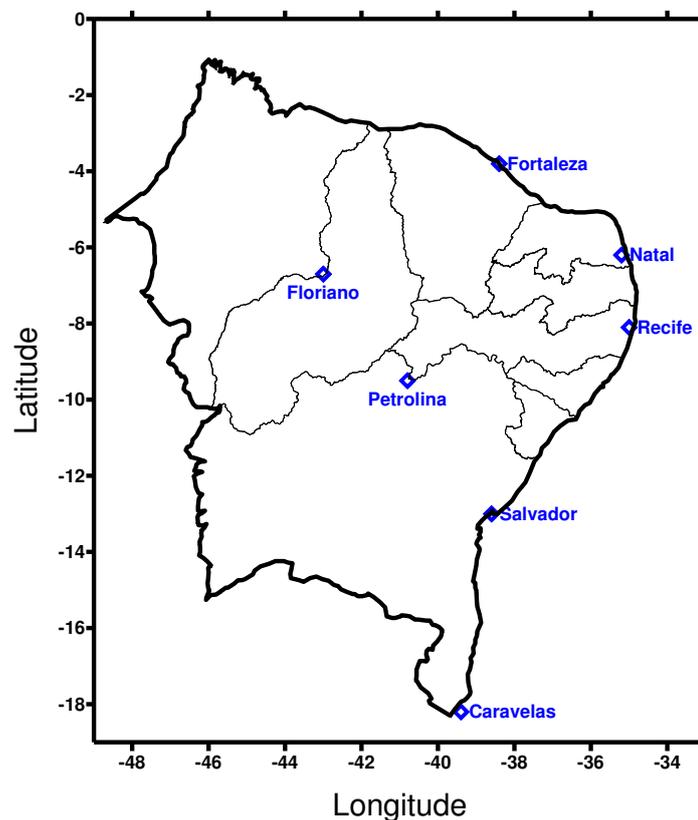


Figura 3. Estações de radiossondagens da Região Nordeste do Brasil (NEB) pertencentes ao INMET e ao DECEA

Tabela 1. Lista de estações meteorológicas de radiossondagens no NEB, que tem os dados disponíveis na internet.

Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude(m)	Órgão
Fortaleza	82397	3,76S	38,60W	19	INMET
Natal	82599	5,90S	35,25W	35,3	DECEA*
Recife	82900	8,05S	34,90W	11	INMET
Salvador	83229	13,01S	38,51W	51	INMET
Caravelas	83498	17,72S	39,25W	3	INMET
Petrolina	82983	9,38S	40,48W	370	INMET
Floriano	82678	6,76S	43,01W	123	INMET

*DECEA – Departamento de Controle Aéreo que é uma organização do Estado brasileiro subordinada ao Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa

No período de 2009 a 2012 foram realizados na Região NEB 6766 radiossondagem, a maior parte no mês de maio, 654; das estações utilizadas aquela com maior número de sondagens foi a de Petrolina;PE, com 1215; os meses de julho, agosto e setembro, foram os que tiveram as menores quantidades de sondagens, principalmente na estação de altitude de Salvador, BA, onde não ocorreu sondagem nos meses de agosto e setembro, durante o período (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de radiossondagens feitas mensalmente nas estações no NEB entre os anos de 2009 e 2012

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
Caravelas	71	73	85	79	92	71	76	69	56	92	79	85	928
Floriano	87	95	114	97	115	103	74	76	95	104	110	53	1123
Fortaleza	78	68	87	84	74	85	75	86	115	99	99	77	1027
Natal	91	77	69	70	86	86	85	74	65	73	107	104	987
Petrolina	101	109	91	116	111	100	95	99	85	110	116	82	1215
Recife	70	90	96	102	101	98	70	70	76	85	77	73	1008
Salvador	59	44	61	52	75	70	7	-	-	21	27	62	478
Soma	557	556	603	600	654	613	482	474	492	584	615	536	6766

3.3.2. Índices de instabilidade atmosférica

A maioria dos índices de instabilidade é de fácil cálculo, bastando, para isto, apenas de uma radiossondagem. Além do mais, eles são muito eficiente para se fazer previsão de curto prazo de eventos meteorológicos severos. Porém sua utilização é bastante difundida e comprovada para regiões de médias latitudes. A utilização de índices de instabilidade tem, como intuito, determinar se existem valores característicos na ocorrência fenômenos severos na Região NEB e possivelmente, serem utilizados como preditor de tempo para esses sistemas.

Foram utilizados 10 tipos de índices de instabilidade atmosféricas obtidos a partir do endereço: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> e relacionados abaixo:

- Índice Showalter;

$$\text{SHOW} = T_{500} - T_{\text{parcela}};$$

T_{500} = Temperatura do ar em Celsius em 500 hPa;

T_{parcela} = Temperatura do ar em Celsius em 500 hPa levada até 800 hPa;

- Índice LIFT;

$$\text{LIFT} = T_{500} - T_{\text{parcela}};$$

T_{500} = Temperatura do ar em Celsius em 500 hPa;

T_{parcela} = Temperatura do ar em Celsius em 500 hPa levada até a superfície mantendo as condições de pressão, temperatura e umidade do nível de 500 hPa;

- Índice LIFT(*tv*) é mesma forma para o cálculo do índice LIFT, só que utilizar a temperatura virtual no lugar da temperatura da parcela;

- Índice SWEAT;

$$\text{SWEAT} = 12 \times Td_{850} + 20 \times \text{TERM2} + 2 \times \text{SKT}_{850} + \text{SKT}_{500} + \text{SHEAR} \text{ em que:}$$

Td_{850} = temperatura do ponto de orvalho em Celsius em 850 hPa;

$\text{TERM2} = (\text{TT} - 49)$ é o índice Total Totals menos 49;

SKT_{850} = A velocidade do vento em nós no nível de 850 hPa;

SKT_{500} = A velocidade do vento em nós no nível de 500 hPa;

$\text{SHEAR} = 125 \times [\text{sen}(\text{DIR}_{500} - \text{DIR}_{850}) + 0,2]$, em que DIR_{500} e DIR_{850} são a direção do vento nos níveis de 500 hPa e 850 hPa respectivamente.

- Índice K;

$$K=(T_{850}-T_{500})+Td_{850}-(T_{700}-Td_{700}) \text{ em que:}$$

T_{850} = Temperatura do ar em Celsius em 850 hPa;

T_{500} = Temperatura do ar em Celsius em 500 hPa;

Td_{850} = Temperatura do ponto de orvalho em Celsius em 850 hPa;

T_{700} = Temperatura do ar em Celsius em 700 hPa;

Td_{700} = Temperatura do ponto de orvalho em Celsius em 700 hPa;

- Índice Cross Totals

$$CTOT= Td_{850}-T_{500} \text{ em que:}$$

Td_{850} = Temperatura do ponto de orvalho em Celsius em 850 hPa;

T_{500} = Temperatura do ar em Celsius em 500 hPa;

- Índice Vertical Totals;

$$VTOT= T_{850}-T_{500} \text{ em que:}$$

T_{850} = Temperatura do ar em Celsius em 850 hPa;

T_{500} = Temperatura do ar em Celsius em 500 hPa;

- Índice Total Totals;

$$TTOT=(T_{850}-T_{500})+(Td_{850}-T_{500}) \text{ em que:}$$

T_{850} = Temperatura do ar em Celsius em 850 hPa;

T_{500} = Temperatura do ar em Celsius em 500 hPa;

Td_{850} = Temperatura do ponto de orvalho em Celsius em 850 hPa;

T_{500} = Temperatura do ar em Celsius em 500 hPa;

- CAPE;

$$CAPE = \int_{z=NCE}^{z=NE} g \frac{\Delta\theta_e}{\theta_{eS}} dZ \text{ em que:}$$

NE= nível de equilíbrio (térmico) em metros;

NCE= nível de convecção espontânea em metros;

g= aceleração da gravidade em metros por segundo ao quadrado;

$\Delta\theta_e$ = diferença entre a temperatura potencial equivalente da parcela em superfície e a temperatura potencial equivalente saturada do ambiente, em cada nível em graus celsius dado pela equação:

$\Delta\theta_e = \theta_{ep} - \theta_{es}$ em que:

θ_{ep} = temperatura potencial equivalente da parcela em superfície graus Celsius;

θ_{es} = temperatura potencial equivalente saturada do ambiente, dada pela sondagem em graus Celsius;

- $CAPE(tv)$ é mesma forma para o cálculo do CAPE, mas utilizar a temperatura virtual no lugar da temperatura da parcela.

Os índices foram calculados para os dias em que as radiossondagens estavam disponíveis na internet. Com o objetivo de encontrar um valor característico e também qual o índice que melhor se adaptasse à região tropical, em particular a Região Nordeste do Brasil, serão utilizados, neste processo apenas os valores dos primeiros dias em que ocorreu precipitação, com valores terminados pelas metodologias apresentadas anteriormente.

3.5. Uso do BRAMS no estudo de DOL

No presente trabalho foi utilizado o *Regional Atmospheric Modeling System* (RAMS), na sua versão modificada para aplicação no Brasil o BRAMS (*Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System*), que se tratar de um modelo de código aberto e necessita de baixo potencial computacional.

A versão utilizada neste trabalho é a 4.2 com as seguintes características:

- Grade de 120x170 pontos
- Resolução de 35x35km
- Ponto central -15,0° de latitude e -20° de longitude
- Área de cobertura de 0° a -30° de latitude e 0° a -40° de longitude
- Temperatura da superfície do mar (TSM) semanal
- Integração de 6x6 horas
- Parametrização de radiação de Chen (1988)
- Parametrização de cumulos e do tipo de nuvens Greel (1993)

Foram geradas previsões de 72 horas antes da ocorrência do DOL utilizando-se como partida a reanálise no NCEP; o objetivo é mostrar o comportamento do modelo na previsão desse tipo de sistema meteorológico analisando o comportamento de alguns índices de instabilidade atmosféricas (IIA) previstos pelo modelo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o melhor entendimento deste trabalho os resultados foram divididos em quatro partes seguindo gradativamente o desenvolvimento do trabalho o que permite uma descrição de cada uma das partes e, por último será feita uma síntese na qual se utilizarão todos os resultados encontrados.

4.1. Regimes Pluviométricos

Com a aplicação da técnica de ACP foram obtidos 5 grupos com características específicas. As estações foram numeradas segundo o grupo que elas pertencem e colocado espacialmente, o número que identifica cada grupo (Figura 4A). O grupo 1 compreende uma área que contém grande parte do Estado do Ceará, exceto a parte do norte, grande parte do Estado do Rio Grande do Norte, exceto a parte leste, parte centro oeste do Estado da Paraíba e do Estado de Pernambuco e uma pequena porção norte do Estado da Bahia. O grupo 2 tem uma parte entre o centro e o litoral do Estado da Paraíba e Pernambuco, parte oeste dos Estados de Alagoas e Sergipe e uma pequena área na divisa entre Bahia e Sergipe. O grupo 3 tem grande área do Estado da Bahia e do Piauí e sul do Estado do Maranhão e é o grupo com a maior área. O grupo 4 fica restrito a uma parte norte da região NEB, que compreende o centro norte do Estado do Maranhão, o litoral do Estado do Piauí e parte do norte do Estado do Ceará; o grupo 5 é uma faixa litorânea que vai do leste do Rio Grande do Norte até o Recôncavo Baiano; enfim as áreas de cada grupo foram delimitadas manualmente e hachuradas (Figura 4B).

Utilizando o trabalho de Kousky, 1979, para critério de comparação com a classificação obtida com a técnica de ACP foram plotadas, nos mesmos grupos, estações de regimes pluviométricos idênticos centrados nos trimestres chuvosos. Para um entendimento melhor foi utilizado o valor de porcentagem da média mensal em relação à anual, no intuito de saber o quanto representa o valor de cada mês em relação ao total do ano. Com base nisto o primeiro grupo tem, como o mês central do trimestre chuvoso março e o volume nesses meses corresponde a 58% do volume anual (Figura 5A); o segundo grupo é junho, o grupo três é fevereiro e o quarto é o mês de março enquanto o volume no trimestre centrado nesses meses corresponde a 44%, 42,% e 61% respectivamente; o quinto grupo, o mês de maio, é o centro do trimestre com maior precipitação e o volume é de 45% em relação ao que ocorrer ao longo do ano (Figuras 5 A a E). Os grupos 1 e 4 têm o mês de março como, centro do trimestre de

maior volume de precipitação, sendo que a diferença entre eles está sobretudo no volume de precipitação que é de 152,3mm 318,1mm, respectivamente (Figura 5F).

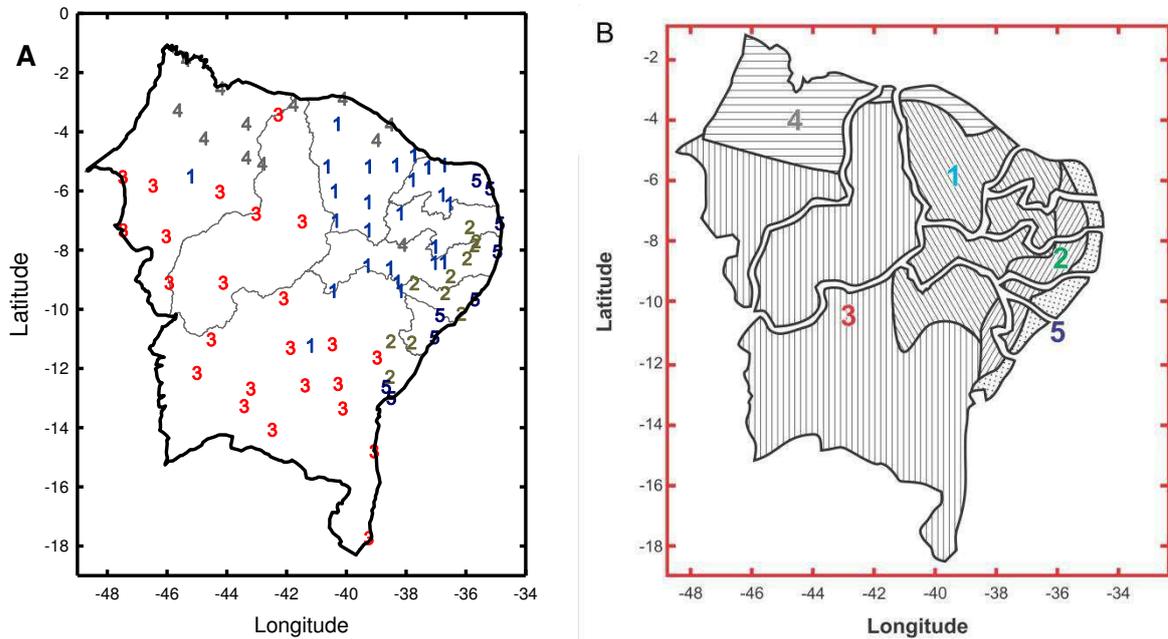


Figura 4. Classificação usando ACP, A) distribuição das estações classificadas em 5 grupos e B) regionalização dos grupos em regimes pluviométricos

Analisando o comportamento simultâneo das 5 classificações obtidas o grupo o um e três têm o mesmo mês de maior volume só que, no mês seguinte a precipitação diminui rapidamente no grupo um enquanto continua elevada no grupo três. O grupo quatro a curva é semelhante aos grupos descritos anteriormente mas o volume na estação das chuvas é muito superior, embora na época de estiagem tenha o mesmo comportamento; já os grupos dois e cinco têm comportamento distinto entre eles e também entre os descritos anteriormente (Figura 5F).

Na comparação com os padrões mostrados por Kousky (1979) os grupos quatro e cinco têm o mesmo trimestre chuvoso, o grupo três tem uma pequena semelhança e os grupos um e dois não têm padrão e assim não são comparados.

A distribuição da chuva acumulada na região NEB referente aos regimes um e quatro ocorre no centro-norte do Estado do Maranhão, norte do Piauí e em parte do norte do Ceará (Figura 6A). Este período coincide com o mês da atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre a América do Sul; a ZCIT tem sua posição mais ao sul no mês de março e sua disposição diária e sazonal está condicionada a vários fatores dentre os quais se destacam a continentalidade ou a maritimidade, o relevo e a vegetação, Mendonça e Danni-Oliveira, 2007.

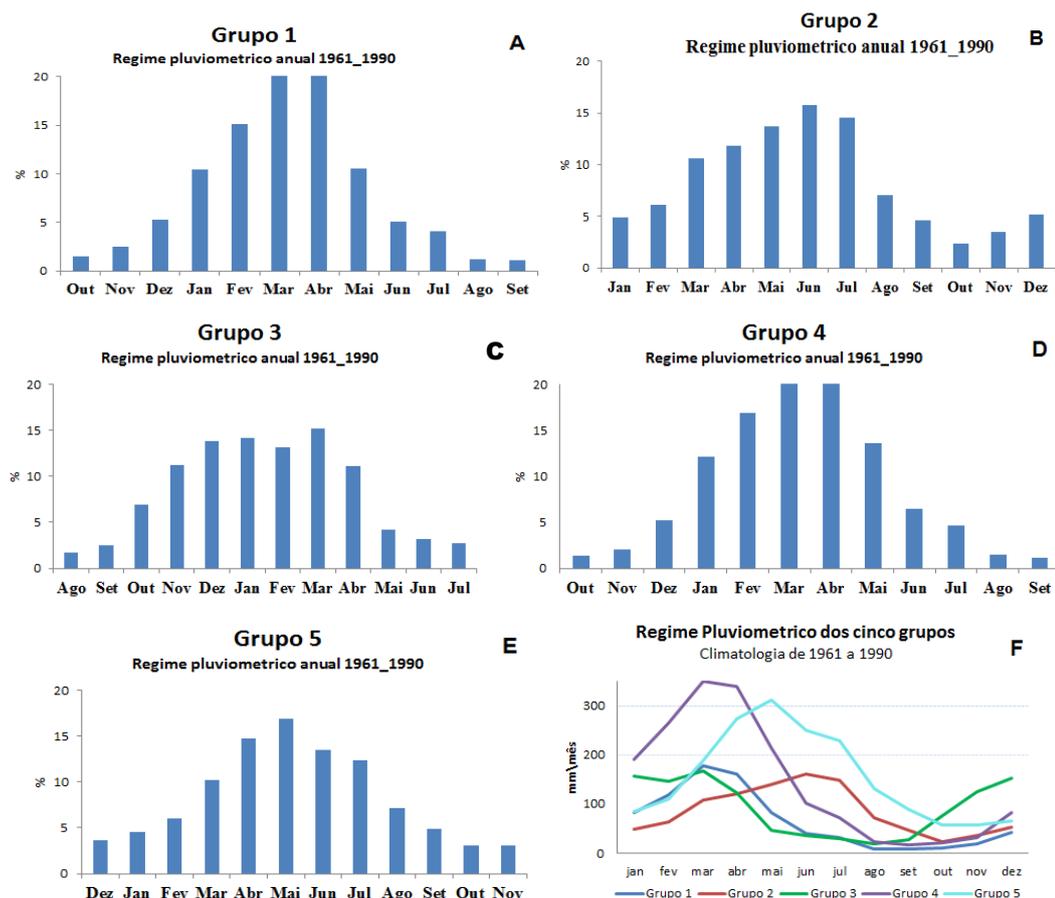


Figura 5. Percentual da precipitação média mensal em relação ao valor médio anual do período de 1961 a 1990. Os gráficos são centrados nos meses que compõem o trimestre chuvoso. A) grupo 1, máximo em março; B) grupo 2, máximo em junho, C) grupo 3, máximo em fevereiro; D) grupo 4, máximo em março E) grupo 5, máximo em maio; F) Regime pluviométrico dos cinco grupos

No trimestre chuvoso centrado no mês de maio os maiores volumes ocorrem em uma faixa que contorna as partes leste e norte da NEB em que o volume acumulado neste período supera os 300 mm no trimestre ou a mais de 60% do volume anual (Figura 6B). Nesses meses os grupos que se destacam são o dois e o cinco, compostos pelas estações que ficam apenas na faixa leste da NEB, mas o grupo dois o trimestre chuvoso é centrado no mês de junho. As chuvas nesta faixa estão relacionadas com relativo aquecimento das águas do Oceano Atlântico Equatorial Sul, segundo Hastenrath, e Lawrence (1993); as chuvas nesta região têm forte relação com os distúrbios ondulatórios de leste ou apenas onda de leste. Essas ondas podem estar associadas a outros sistemas meteorológicos, como frentes frias, a ZCIT ou apenas ser oscilações no campo médio de pressão, segundo Mota e Gandu (1998).

Na faixa norte da NEB os volumes são superiores a 300 mm, ou acima de 55% do volume médio mensal, em que o trimestre chuvoso estar centrado no mês de março.

No trimestre centrado no mês de fevereiro o volume de precipitação na NEB fica acima de 300 mm na maior parte da região, exceto nos Estados de Sergipe e Alagoas, parte leste da Paraíba, Pernambuco e no nordeste da Bahia, em que o volume fica abaixo de 300 mm. Mas neste trimestre se destacam as estações que ficam no centro sul da Bahia e do Maranhão e de grande parte do Piauí (Figura 6C). As chuvas que ocorrem neste período são provenientes da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT determina o comportamento desta região e as anomalias vão ser positivas ou negativas e têm a ver com a interação desse sistema com a fase da Oscilação Sul (OS) (HASTENRATH, 1990).

No período de agosto a dezembro o volume de chuva na NEB fica abaixo dos 300 mm, no Estado de Ceará, em parte dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte o volume é abaixo de 100 mm (Figura 6D); isto ocorre devido a atuação de um sistema de alta pressão conhecida como a Célula de Hadley que compõem à estrutura tridimensional com a circulação de Walker, este sistema fica mais ao norte e ao oeste nos meses em que ocorre o período seco na NEB.

4.1.1. Considerações gerais

O padrão encontrado na definição dos regimes de precipitação, quando se consideram apenas três grupos, é semelhante ao mostrado por Strang (1972) que foi citado por Kousky (1979) exceto pela estação de Fortaleza que na presente classificação pertence a outro regime.

O padrão, seja com o conjunto de dados de 1931 a 1960 ou de 1961 a 1990, é bem semelhante, mostrando que as diferenças encontradas se devem principalmente a utilização de método mais criterioso que permite um detalhamento maior de cada regime pluviométrico.

A relação dos trimestres chuvosos com os principais fenômenos meteorológicos atuantes na NEB, possibilitou mostrar a influência espacial de cada um dos sistemas.

O padrão encontrado com a nova base de dados e a aplicação da técnica de ACP, evidenciam uma coerência com os obtidos por Kousky (1979) e a determinação dos regimes pluviométricos é enriquecida pelo grau maior de detalhamento. Uma associação dos períodos de maior volume de precipitação com os sistemas meteorológicos atuantes na Região NEB indicou o fenômeno que atua naquele determinado período do ano.

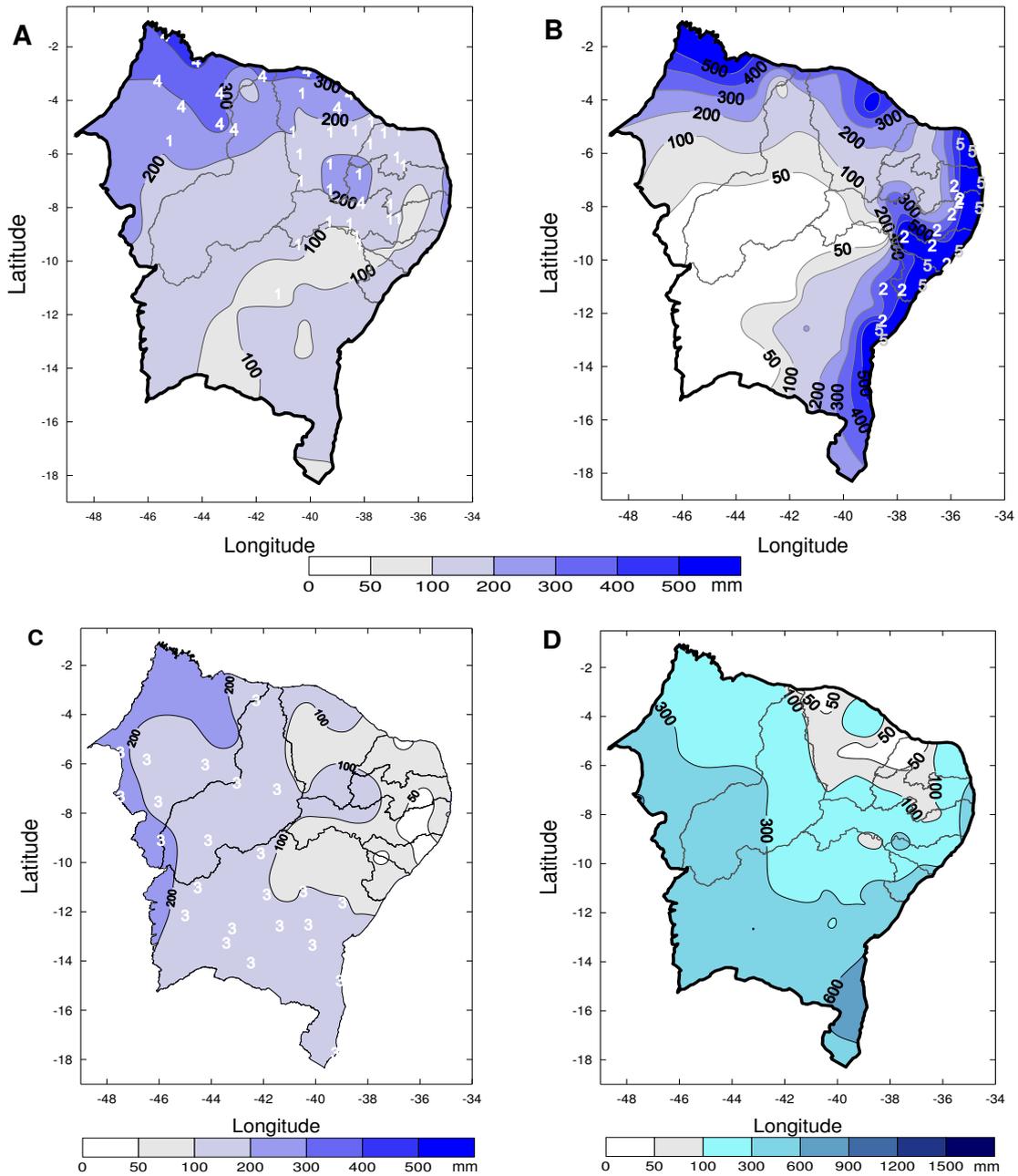


Figura 6. Distribuição espacial das chuvas na Região Nordeste do Brasil (NEB); A) fevereiro, março e abril; B) maio, junho e julho; C) janeiro, fevereiro e março; D) agosto a dezembro

4.2. Análise estatística dos casos de DOL

Observando os dados de precipitação diária para a estação de Recife, PE, como também imagens de satélite no período de 2009-2012 e alguns campos provenientes da análise do modelo global do CPTEC T126L28, encontrou-se que na ocorrência de 126 casos DOL 50% das vezes ocorre precipitação entre 20 e 30 mm/dia com o valor mais frequente de 22,0mm/dia (Figura 7A). Considerando o valor modal de 22,0mm/dia tem-se que a maior frequência ocorre nos meses de maio a julho chegando a mais de 5 casos ano (Figura 7B).

Considerando estes resultados e aplicando para as outras estações do NEB representantes dos regimes pluviométricos mostrados na seção 4.1 tem-se que:

No regime pluviométrico do grupo um, onde a estação que representará este grupo é a de Petrolina, PE, a ocorrência de precipitação acima de 22,0mm/dia ocorre no período de janeiro a abril e nos meses de outubro e dezembro (Figura 7C), mas a frequência é maior que um apenas nos meses de fevereiro e abril e chega a ocorrerem em torno de 5 casos por ano.

O grupo dois será representado pela estação de Campina Grande, PB em que ocorrer por volta de 12 vezes em média por ano precipitação em torno de 22,0 mm/dia com uma maior frequência no mês de junho (Figura 7D); no período de setembro a dezembro não foi registrado precipitação acima do valor referencia.

A estação de Floriano no Piauí representará o grupo pluviométrico três e com base nos dados de precipitação dessa estação o volume referencia de 22,0 mm/dia ocorre em média 10,5 vezes por ano com uma maior frequência no mês de março, já no período de julho a setembro não foi registrada nenhuma ocorrência (Figura 7E).

As estações com maior frequência da ocorrência do valor de precipitação de referencia no trimestre chuvoso para o grupo quatro que terá com representante a estação de Fortaleza, CE. Por ano ocorre em torno de 22,7 casos em média de precipitação acima de 22,0 mm/mês que se concentram entre os meses de janeiro a julho, no período de agosto a novembro não foram registrado nenhum caso (Figura 7F).

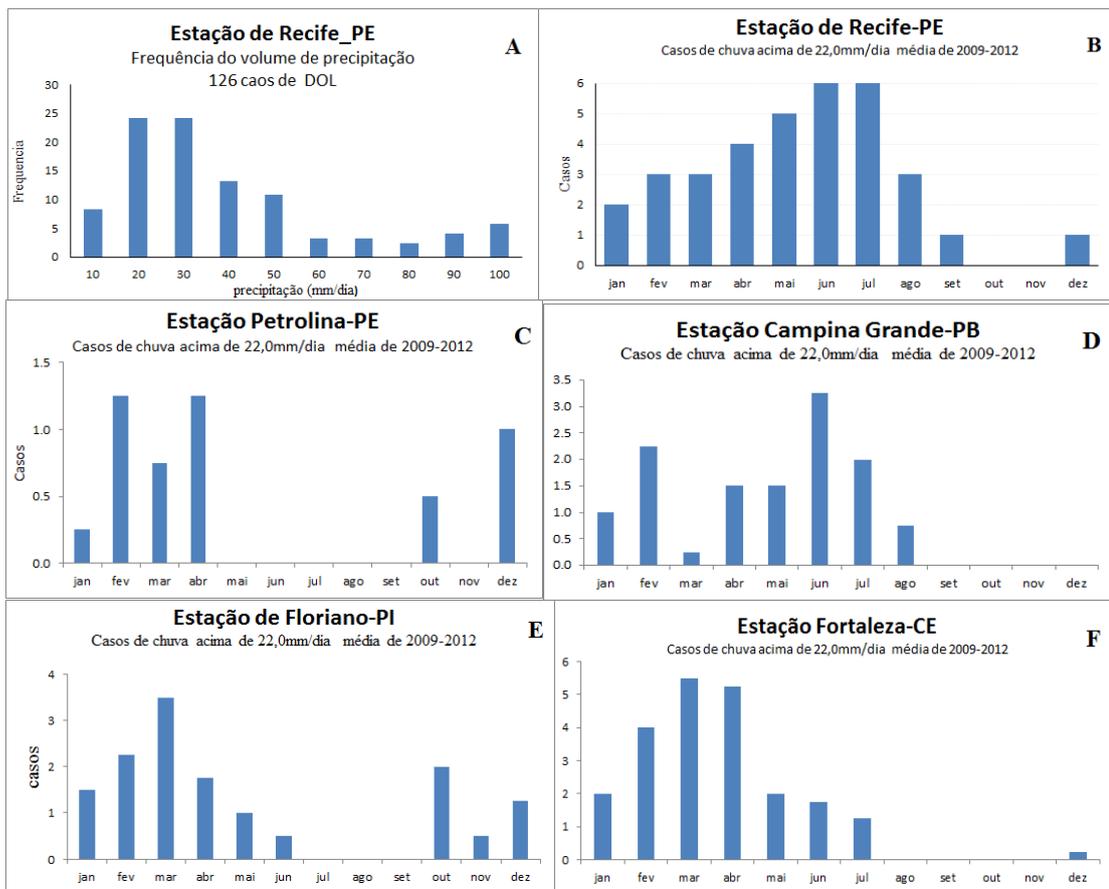


Figura 7. A) Frequência da precipitação média diária da estação de Pernambuco, PE; os demais gráficos são média da ocorrência de precipitação acima de 22,0 mm/dia; B) para a estação de Recife, PE; C) para estação de Petrolina, PE; D) para a estação de Campina Grande, PB; E) para a estação de Floriano, PI; F) para a estação de Fortaleza, CE; os dados utilizados são da precipitação média diária do período de 2009-2012 e são das estações pertencentes ao INMET

4.3. Distúrbios Ondulatórios de Leste

O volume médio de chuva no mês de maio de 2009, no litoral leste da Região Nordeste do Brasil, foi de 440,8 mm/mês correspondendo a 74% acima da média climatológica. Quando se analisa a série temporal de precipitação diária do mês de maio de 2009, em uma das estações que fica no litoral leste da Região NEB, por exemplo, a estação de Natal, RN, observa quatro eventos com volume de precipitação significativa, um ocorrido no dia 03, outro no dia 11, outro no dia 18 e mais outro que começou no dia 23 e foi até o dia 26/05 (Figura 8). Apenas nos casos dos dias 11 e 23 o acumulado foi de 149,8 mm que correspondem a 60% do volume climatológico para o mês nesta estação e 41% do volume do ano de 2009.

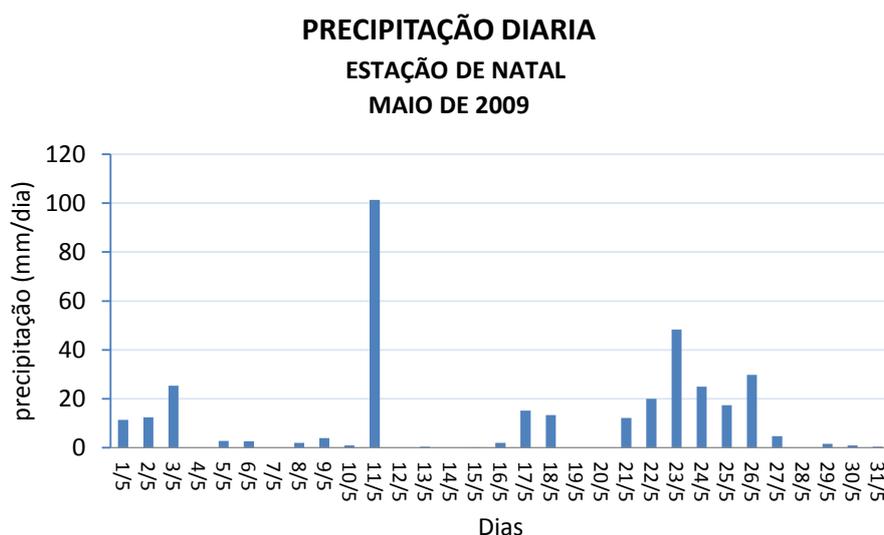


Figura 8. Precipitação média diária da estação de Natal, RN, no mês de maio de 2009, pertencente ao INMET

4.3.1. DOL no dia 11 de maio de 2009

No dia 10/05/2009 um Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) chegou ao litoral leste da Região NEB; este sistema atingiu uma faixa entre Sergipe e a Paraíba, como pode ser observado na imagem do GOES-12 deste dia, o horário das 20:45 TMG (Figura 9A). A média de chuvas nas estações que ficam na faixa leste do NEB foi de 36,4 mm/dia. Na estação de Conde, BA o volume foi de 143,2 mm/dia. O DOL continuou atuando na Região como pode ser observado na imagem de satélite (Figura 9B). o volume de chuva médio na Região NEB no dia 11/05/2009 foi de 28,1 mm/dia. Na estação de Natal, RN, o maior volume de

precipitação neste dia foi de 101.4 mm/dia que foi atingindo por uma parte do sistema como pode ser visto na imagem de satélite pelo acompanhamento das nuvens (Figura 9C). No dia 13/05/2011 o acumulado de chuva foi de apenas 3,5 mm/dia na média das estações e o maior volume foi de 23,8 mm/dia; o sistema já tinha dissipado e o que estava atuando era apenas áreas de instabilidade, que podem ser visto na imagens de satélite como nuvens esparsas (Figura 9D).

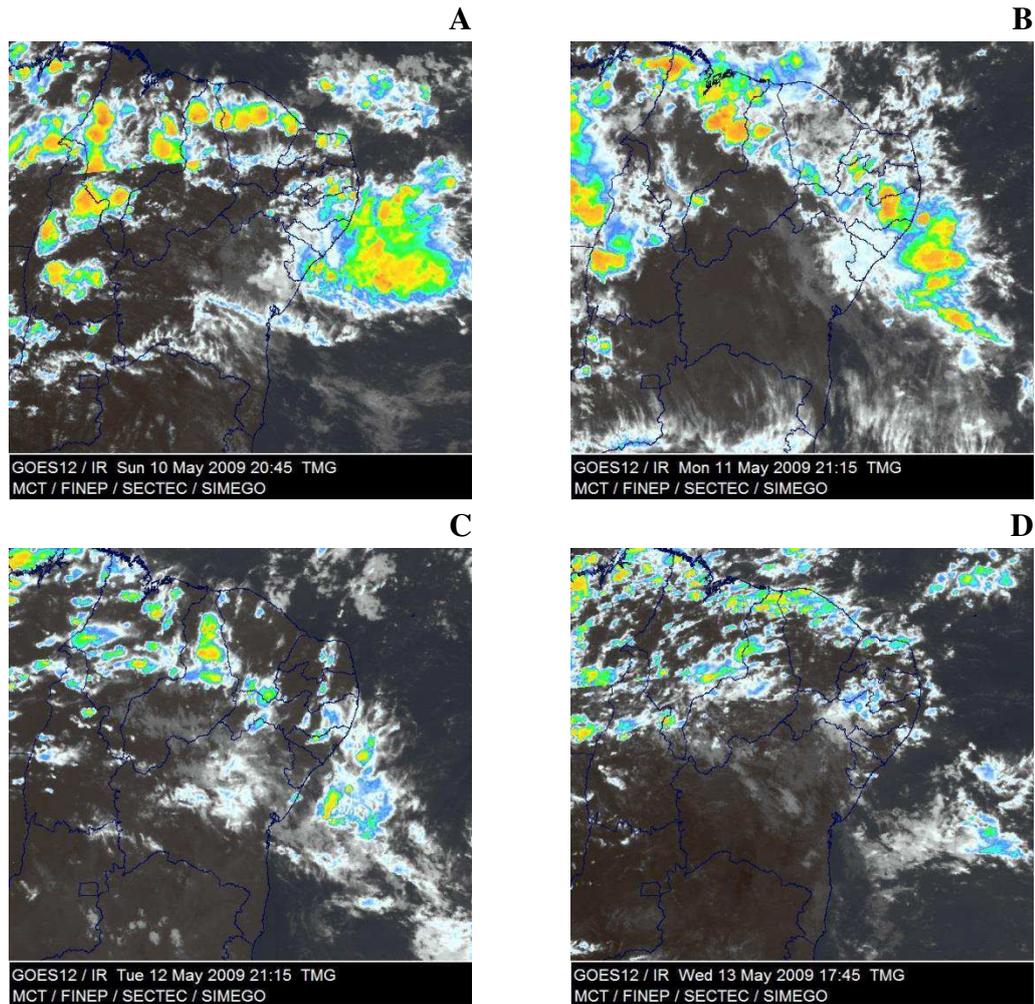


Figura 9. Imagens do Satélite GOES-12 no canal do infravermelho termal dos dias: A) 10/05/2009 das 20:45TMG, B) 11/05/2009 das 21:15TMG, C) 12/05/2009 das 21:15TMG e D) 13/05/2009 das 17:45TMG

O perfil vertical da atmosfera com a radiossondagem das 12:00 TMG sobre a estação de Natal,RN, no dia 10/05/2009 (Figura 10A) pela proximidade das curvas da temperatura do ar (T) e da temperatura do ponto de orvalho (Td) da superfície até o nível de 600 hPa, indica atmosfera bastante úmida. No dia 11/05/2009 a aproximação entre as curvas de T e de Td é maior que no dia anterior e vai desde a superfície até os mais altos níveis significando uma atmosfera ainda mais úmida (Figura 10B); no dia 12/05/2009 a atmosfera está com um perfil mais úmido apenas até o nível de 700 hPa (Figura 10C); no dia 13/05/2009 o perfil tem uma quase saturação da atmosfera em torno do nível de 900 hPa depois tem uma secagem entre os níveis de 900 hPa e 800 hPa e volta a uma saturação próximo do nível de 700 hPa (Figura 10D).

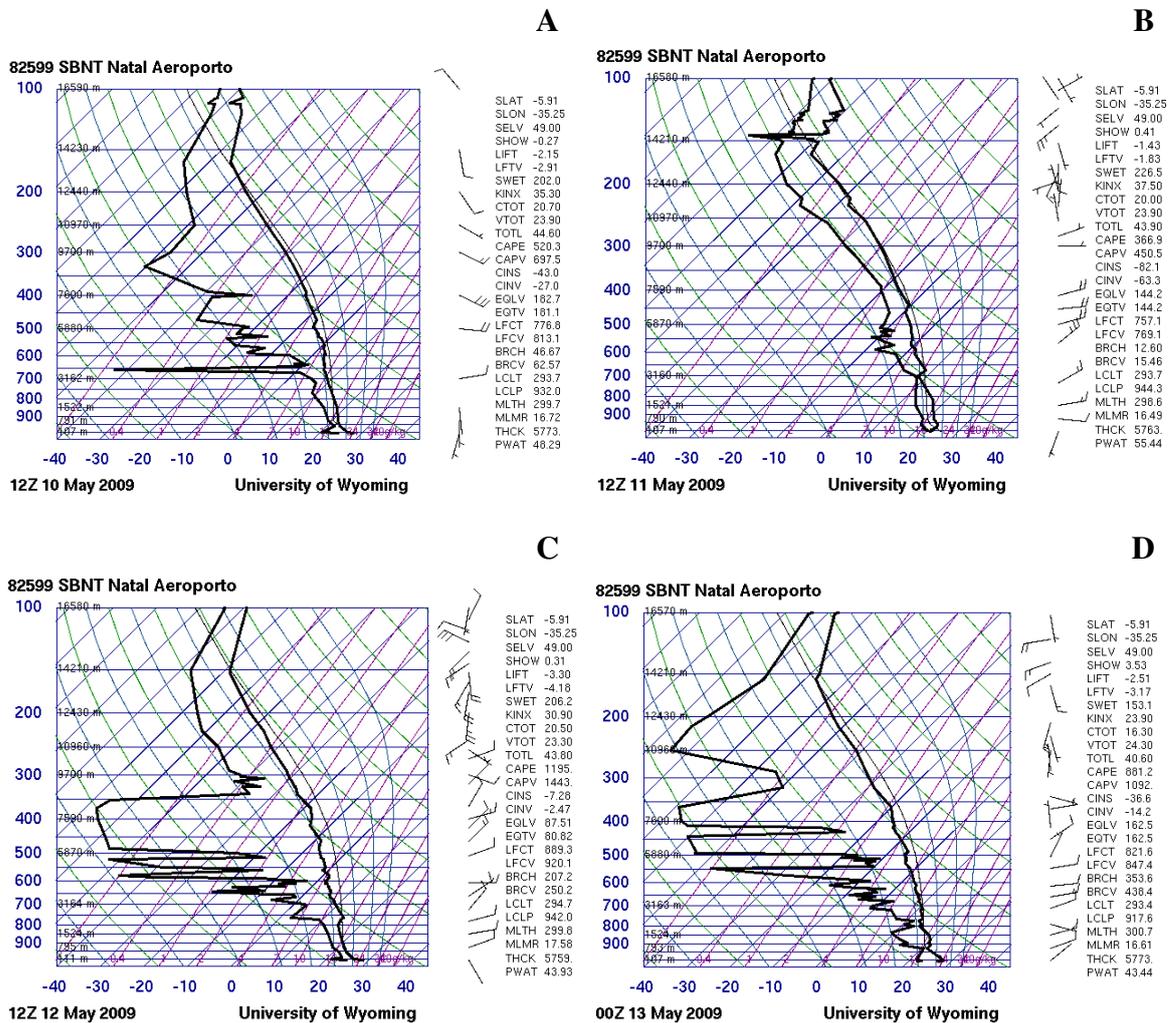


Figura 10. Diagrama SkewT X logP da estação de altitude de Natal-RN pertencente ao DECEA, correspondente a: A) 10/05/2009 das 12:00TMG, B) 11/05/2009 das 12:00TMG, C) 12/05/2009 das 12:00TMG e D) 13/05/2009 das 00:00TMG

Campo do vento meridional em 850 hPa

No campo do vento meridional no nível de 850 hPa identifica-se um núcleo positivo próximo ao litoral equatorial interligado a um outro no litoral leste da Região NEB indicando um vento com uma componente de sul aproximando-se no dia 09/05/2009 (Figura 11A); no dia 10/05/2009 este centro com valores elevados do vento de sul atinge a faixa leste do continente (Figura 11B). Um centro com vento de sul adentra o continente na faixa litorânea passando a ter uma componente de norte no dia 11/05/2009, ao sul de 8°S (Figura 11C). Praticamente toda a faixa leste da Região NEB fica com vento de norte no dia 12/05/2009, exceto uma pequena parte mais a norte e o litoral norte, que continua com vento de sul (Figura 11D).

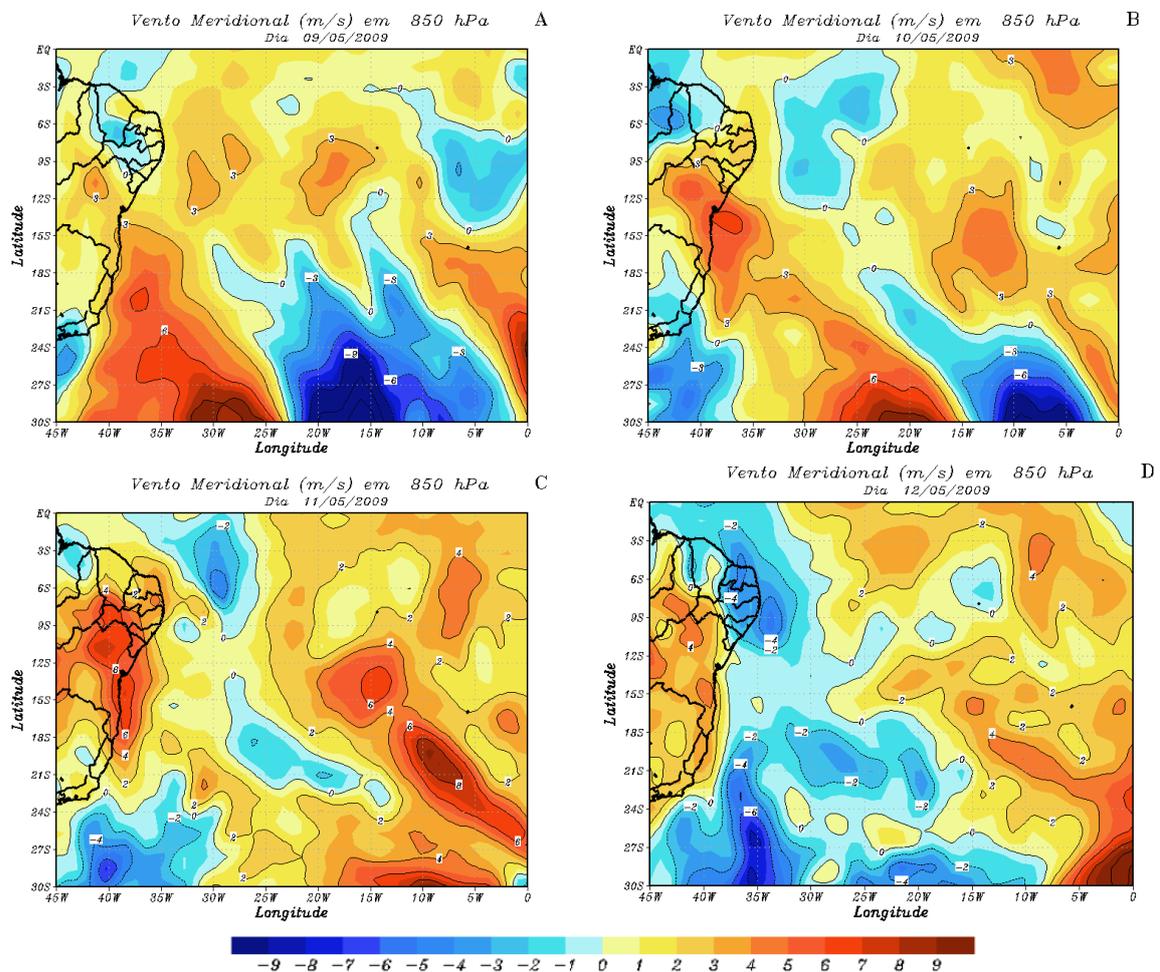


Figura 11. Campo do vento meridional no nível de 850 hPa proveniente das análises do modelo T126 das 00:00TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, C) 11/05/2009 e D) 12/05/2009 respectivamente

Campo do vento meridional em 700 hPa

Como no campo do vento meridional em 700 hPa, observa-se um núcleo positivo também próximo à costa leste da Região NEB, menos intenso e mais próximo da costa no dia 09/05/2009 (Figura 12A); no dia 10/05/2009 o centro de maiores valores atingiu o litoral da Região NEB principalmente em uma faixa que vai do leste do Rio Grande do Norte até Pernambuco. Os ventos meridionais estão mais intensos do que no nível de 850 hPa (Figura 12B). O centro com valores acima de 3,0m/s de sul, ainda está presente sobre a parte leste da Região NEB no dia 11/09/2009 no nível de 700 hPa (Figura 12C) enquanto em 850 hPa os ventos já são de norte e fracos; no dia 12/05/2009 os ventos passaram a ser de norte (Figura 12D) como ocorreu também no nível de 850 hPa.

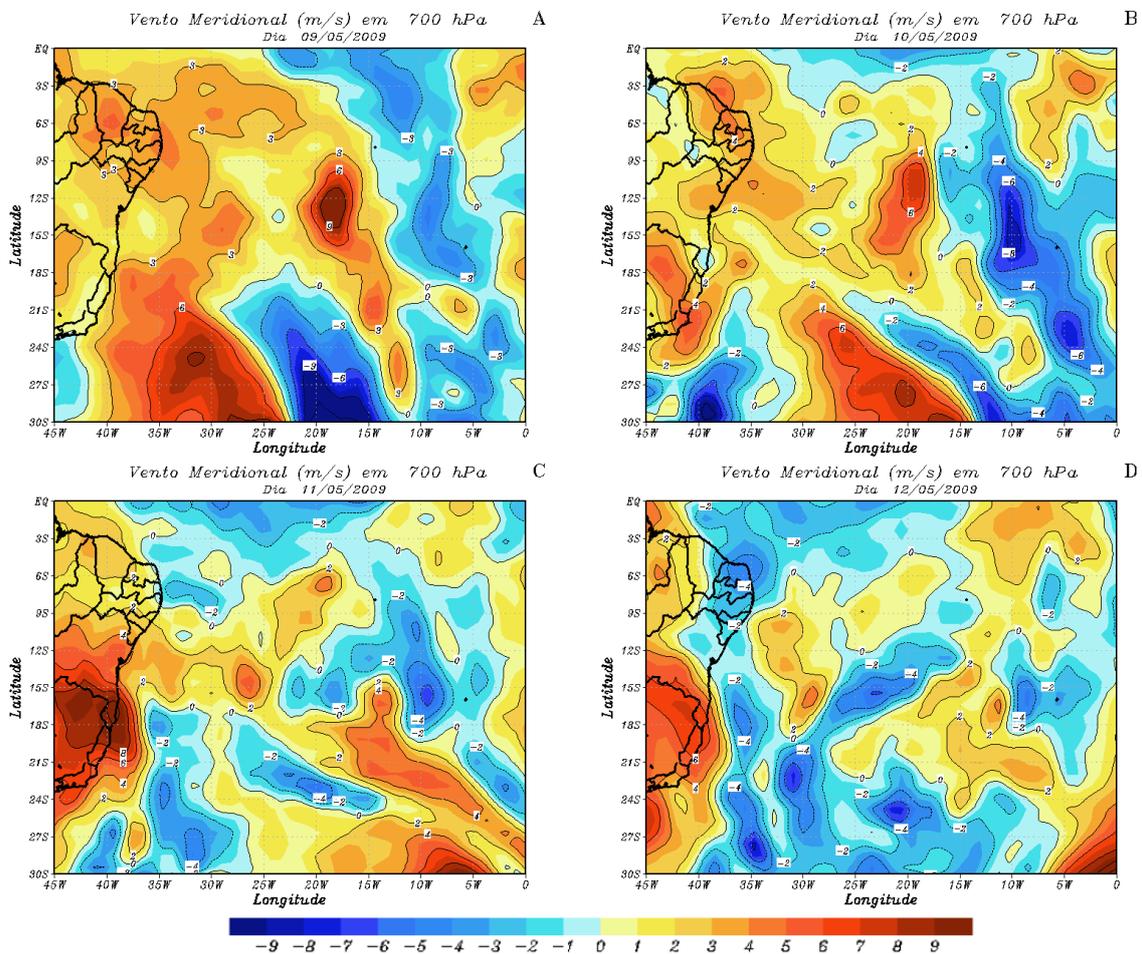


Figura 12. Campo do vento meridional no nível de 700 hPa proveniente das análises do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, B) 11/05/2009 e D) 12/05/2009 respectivamente

Campo do vento meridional em 500 hPa

Em 500hPa os valores do vento meridional no litoral da Região NEB no dia 09/05/2009 estavam próximos de zero (Figura 13A); no dia 10/05/2009 os ventos se encontravam com uma pequena magnitude, mas se aproximava da Região um núcleo com valores acima de 3,0m/s (Figura 13B); no dia seguinte indicavam calma em este nível (Figura 13C); no dia 12/05/2009 também indicou calma na Região de interesse (Figura 12D).

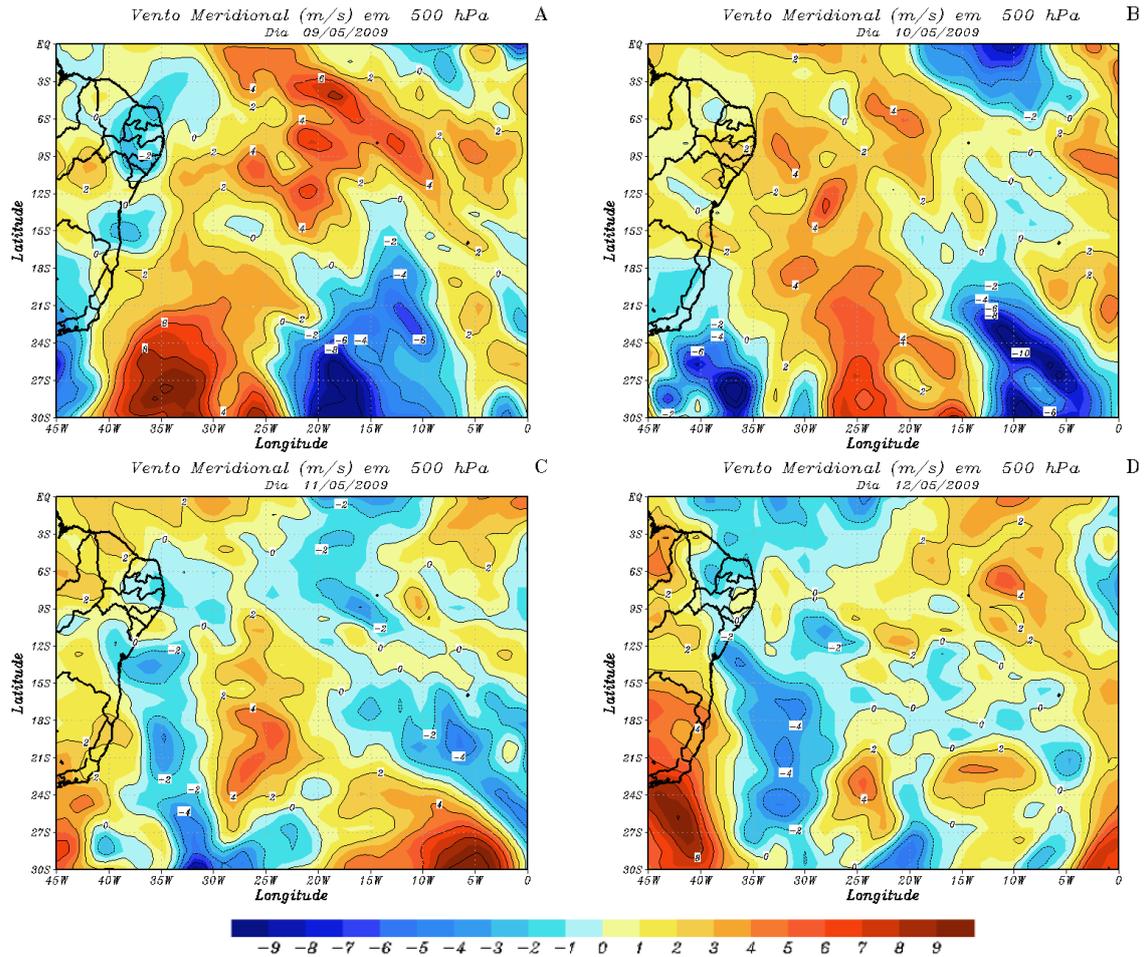


Figura 13. Campo do vento meridional no nível de 500 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, C) 11/05/2009 e D) 12/05/2009, respectivamente

Campo do vento meridional em 300 hPa

Tem-se em 300hPa, um núcleo de vento com valores acima de 10m/s, no dia 09/05/2009 no centro do Atlântico é de 2,0m/s próximo a costa do NEB (Figura 14A); no dia 10/05/2009 na costa da Região continua em torno dos 2,0m/s (Figura 14B). Nos dias seguintes, ou seja, 11 e 12/05/2009 o núcleo mostram a circulação de norte ficando mais forte no último dia (Figura 14C e D).

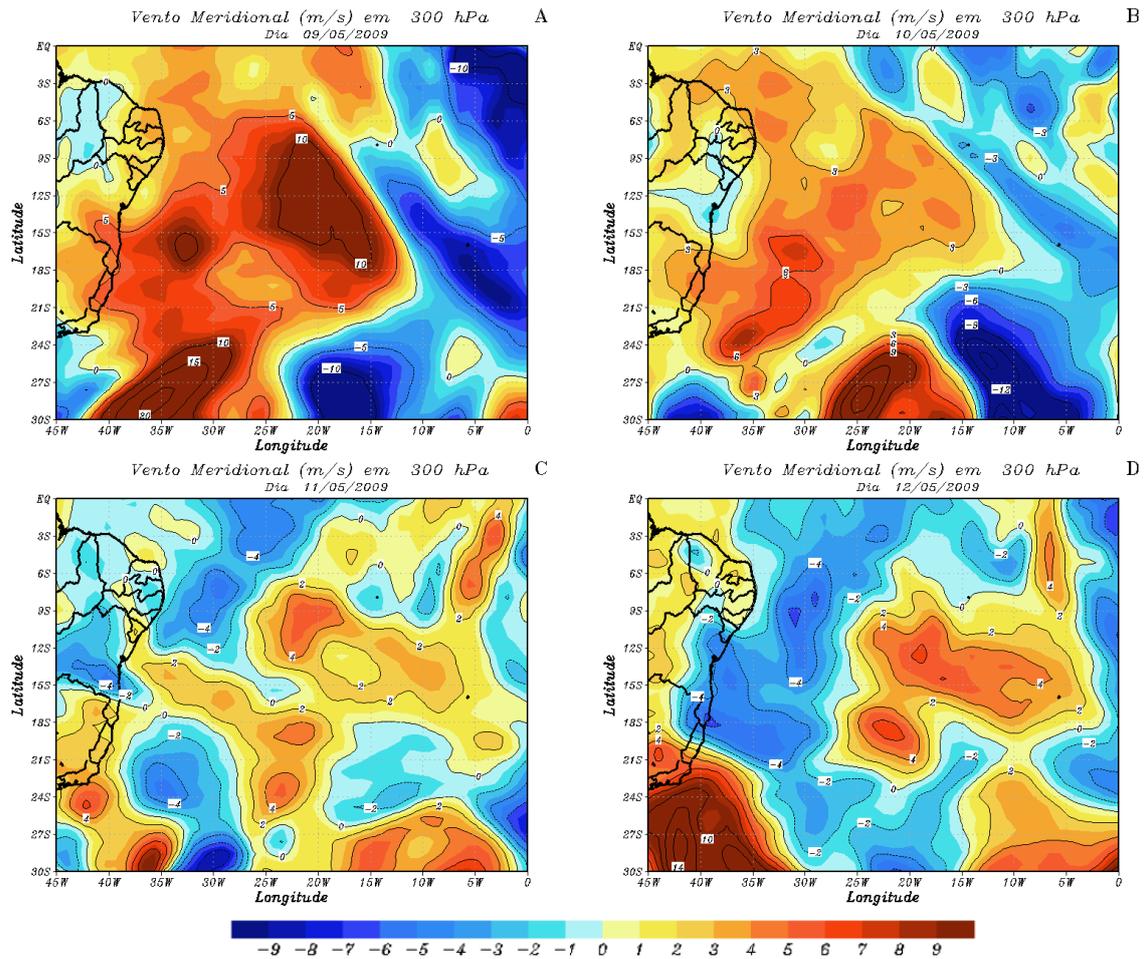


Figura 14. Campo do vento meridional no nível de 300 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, C) 11/05/2009 e D) 12/05/2009 respectivamente

Ômega no nível de 500 hPa

No dia 09/05/2009 os valores de ômega apenas em uma faixa bem litorânea da Região NEB eram negativos, indicando movimento ascendente (Figura 15A); no dia 10/05/2009, os valores de ômega na mesma área, referida anteriormente, ficaram mais negativos, e isto ocorreu também no dia seguinte mostrando um aumento na atividade convectiva na área citada (Figura 15B e C); já no dia 12/05/2009, em que no dia anterior era toda uma área negativa, ficou menor com valores alternados negativos e positivos, indicando um provável enfraquecimento do sistema (Figura 15D). Na costa do NEB verifica-se os valores sempre negativos que fica mais intenso a partir do dia 11/05/2009 com a chegada do DOL.

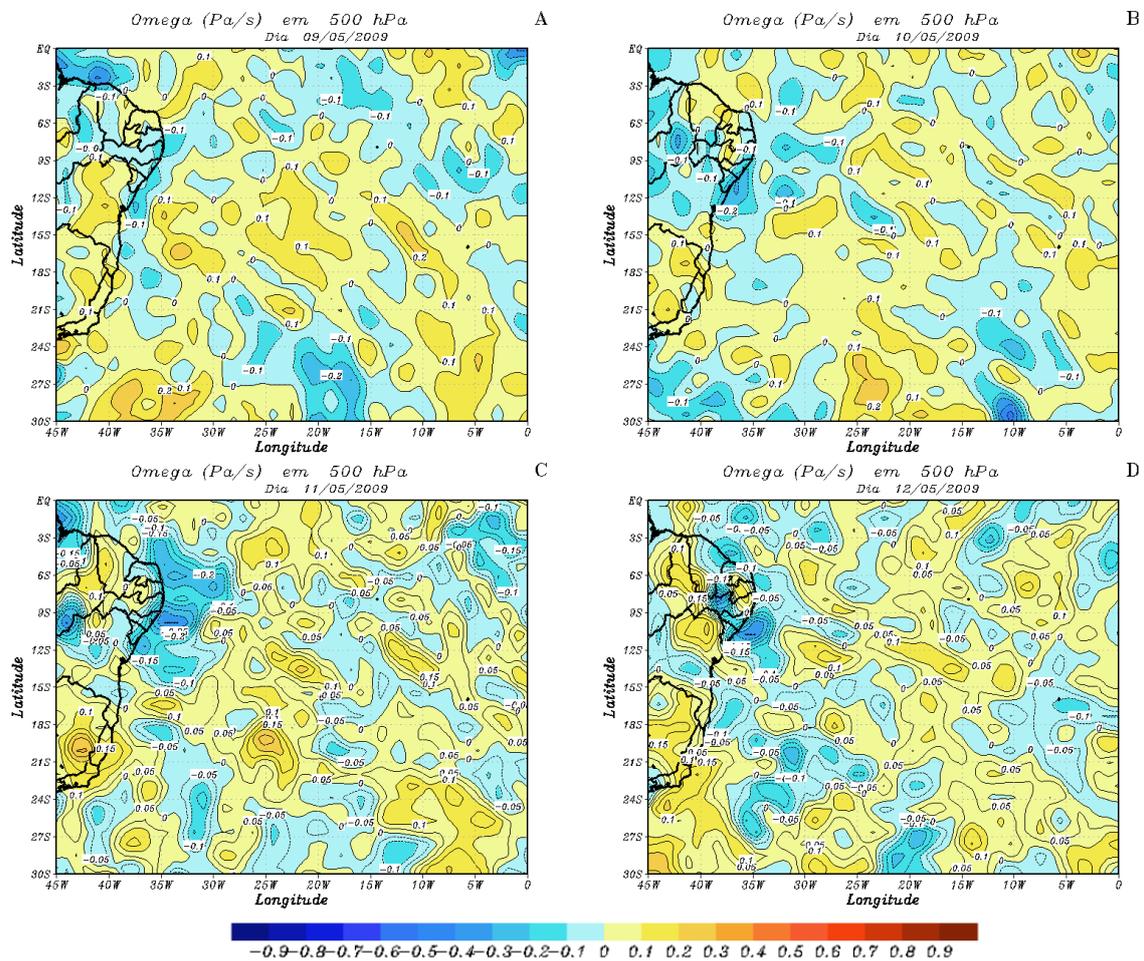


Figura 15. Campo da velocidade vertical (Omega) no nível de 500 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 09/05/2009, B) 10/05/2009, C) 11/05/2009 e D) 12/05/2009 respectivamente

Diagrama de Hovmoller

O diagrama de Hovmoller foi elaborado para os níveis de 850, 700, 500 e 300 hPa e feito um corte na latitude de 0° e entre as longitudes de 0° e 40°O para o período de 08 a 12/05/2009; a área de interesse correspondente ao litoral leste da Região NEB está entre as longitudes de 30°O e 40°O .

a) Evolução temporal do vento meridional na latitude de 0°

Nesta latitude se observam, no nível de 850 hPa, valores positivos o que indica uma circulação de sul basicamente em toda a faixa de longitudes no primeiro dia; no segundo dia são observados na faixa de longitude entre 40°O e 35°O , valores negativos que passam a ser positivos a partir das 12:00TMG; no dia 11/05/2009 os valores voltam a ser negativos; esta alternância de valores positivos e negativos indica a passagem de um sistema, pois essa mudança de sinal equivale à passagem da crista e do cavado de um fenômeno em forma de onda (Figura 16A).

No nível de 700 hPa os valores nas longitudes entre 40°O e 30°O no período entre os dias 08 e 10/05/2009 foram praticamente positivos e passaram a negativos depois deste período; já na faixa entre 25°O e 10°O os valores foram negativos em todo o período, indicando a ocorrência de ventos provenientes do Hemisfério Norte (Figura 16B).

No nível de 500 hPa em que na região de interesse os valores começaram o período com valores negativos e passaram a positivos e depois do dia 11/05/2009 voltam a valores negativos indicando uma circulação de norte; no primeiro dia deste período entre as latitudes de 30°S e 10°S observa-se um núcleo com valores positivos que avançam e atingem a região de interesse a partir do dia 09/05/2009 tornando-se mais intenso no dia 11/05/2009 (Figura 16C).

Os valores do vento meridional no nível de 300 hPa são relativamente menos intensos neste período em relação aos níveis mais baixos da atmosfera, porém a evolução, embora com intensidade diferente, é semelhante ao nível de 500 hPa (Figura 16D).

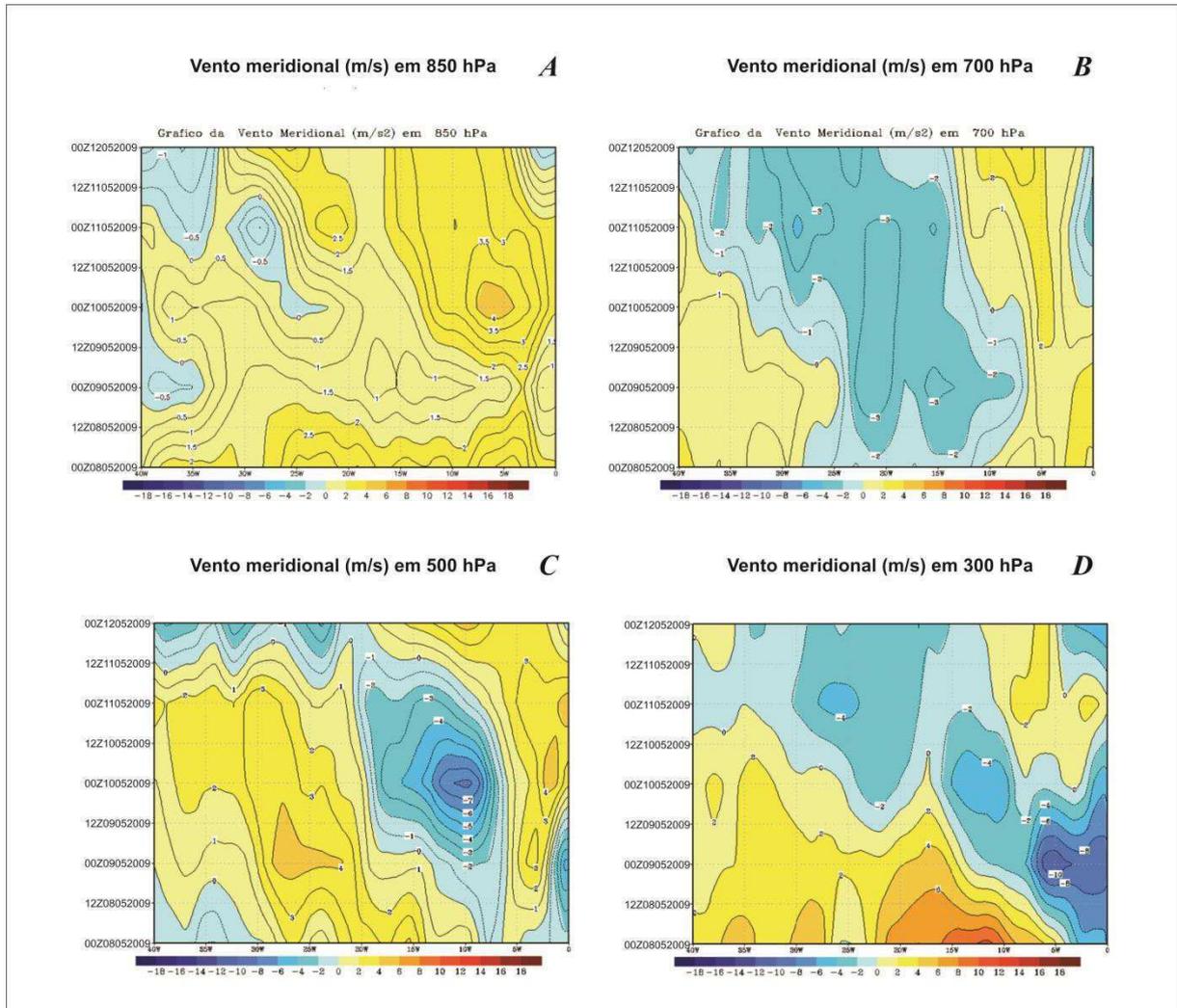


Figura 16. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise das 00:00TMG do período de 08/05/2009 a 12/05/2009 na latitude de 0° dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, C) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente

b) Evolução temporal do vento meridional na latitude de -5°

No nível de 850hPa analisando na longitude de 35°S no primeiro dia do período (09/05/2009), observam-se valores positivos do vento meridional, no segundo dia os valores continuam positivos, mas diminuem, no dia 11/09/2009 voltam a se intensificar e no dia 12/05/2009 passam a valores negativo nesta longitude; na longitude em torno dos 30°S, os valores são negativos, desde o dia 10/05/2009 mostrando a passagem de um sistema ondulatório (Figura 17A).

No nível de 700 hPa os valores são positivos no período de 08 a 11/05/2009 basicamente entre as longitudes de 40°O e 15°O; a partir do dia 11/05/2009 os valores passaram a ser negativos nesta faixa de longitude (Figura 17B).

No nível de 500 hPa observa-se um núcleo de ventos meridionais com valores acima de 6m/s em torno da longitude de 18°O; este núcleo se desloca para oeste e atingir a faixa de longitude entre 40°O e 30°O entre o dia 10/05/2009 e 11/05/009 (Figura 17C).

Na faixa de longitude entre 40°O e 20°O, no nível de 300 hPa, os valores do vento meridional foram positivos no período de 08 a 10/05/2009 e depois passaram a negativos (Figura 17D).

c) Evolução temporal do vento meridional na latitude de -10°

Os valores do vento meridional no dia 08/05/2009 no nível de 850 hPa eram praticamente positivos em toda a faixa longitudinal. No dia 09/05/2009 um núcleo negativo é observado em torno da longitude de 5°O e outro é observado no dia 10/05/2009 na longitude de 30°O; ao longo do período na longitude de 40°O os valores foram positivos, sendo que no dia 11/05/2009 os valores tiveram uma máxima atingindo valores superiores a 8,0m/s (Figura 18A).

No nível de 700 hPa os valores foram praticamente negativo em todo o período entre as longitudes de 15°O e 0°O; na faixa entre 40°O e 15°O foram praticamente positivos, sendo que um núcleo pode ser observado entre os dias 10 e 11/05/2009 em torno da longitude de 17°O. Aparentemente, este núcleo se desloca para Oeste, se enfraquece e atingir a Região Leste do NEB no dia 12/05/2009(Figura 18B).

Um núcleo de valores positivos foi observado no dia 08/05/2009 em torno da longitude de 10°O com valores acima de 8,0m/s. Este núcleo se expande e atingi a Região Leste do NEB no dia 10/05/2009; ele chegou à parte do continente com menor intensidade no nível de apenas 3,0m/s (Figura 18C).

Os valores do vento meridional chegaram a atingir mais de 12,0m/s em um núcleo observado em torno da longitude de 20°S no nível de 300 hPa entre os dias 08 e 09/05/2009. Aparentemente este núcleo estava na longitude de 30°O no início do dia 08/05/2009 e se deslocou para leste, no dia 09/05/2009. Este deslocamento para leste talvez tenha ocorrido devido ao núcleo neste nível estar associado a uma frente fria que estava atuando no Oceano Atlântico mais ao sul (Figura 18D).

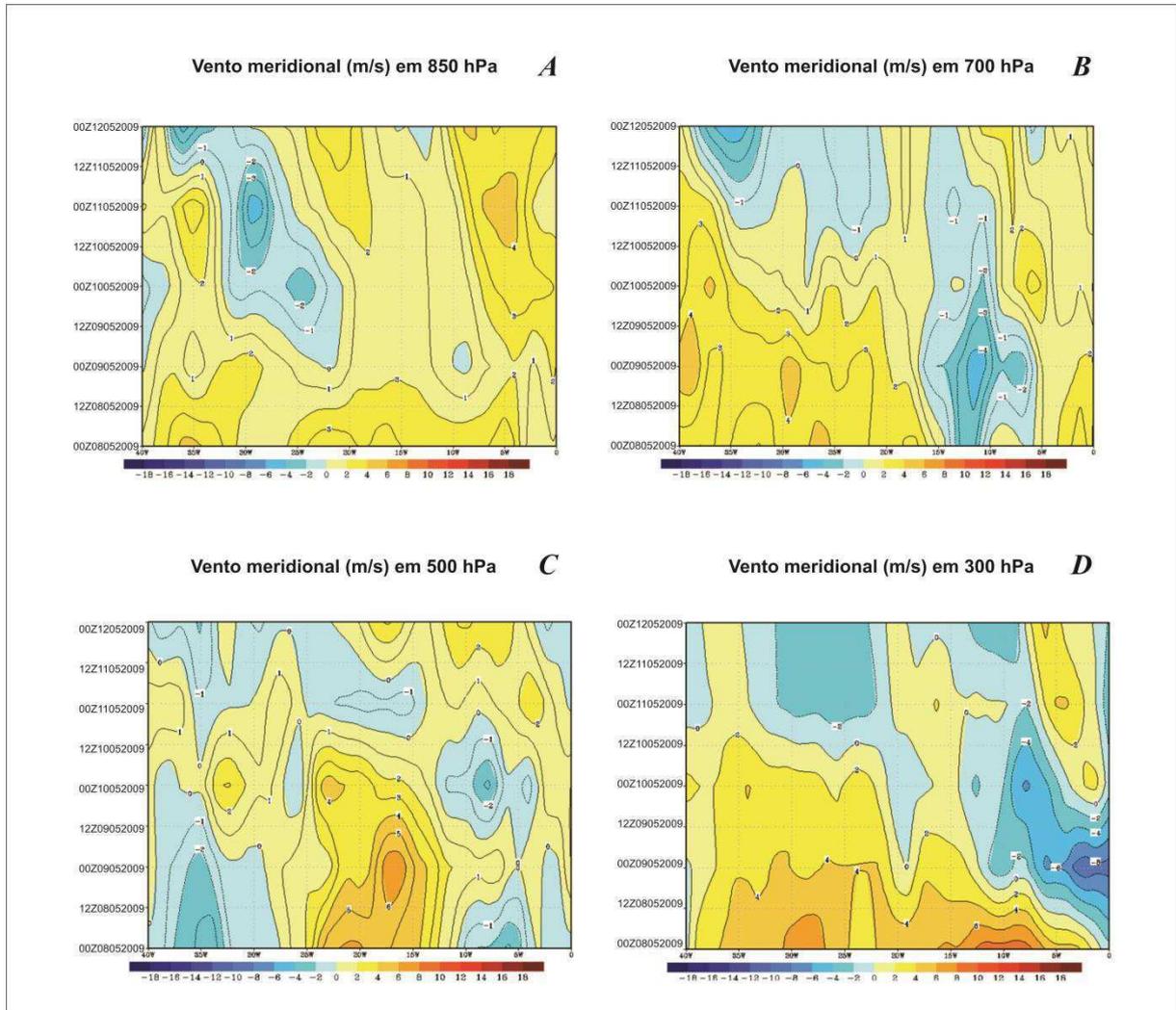


Figura 17. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise das 00:00TMG do período de 08/05/2009 a 12/05/2009 na latitude de 5°S dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, C) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente

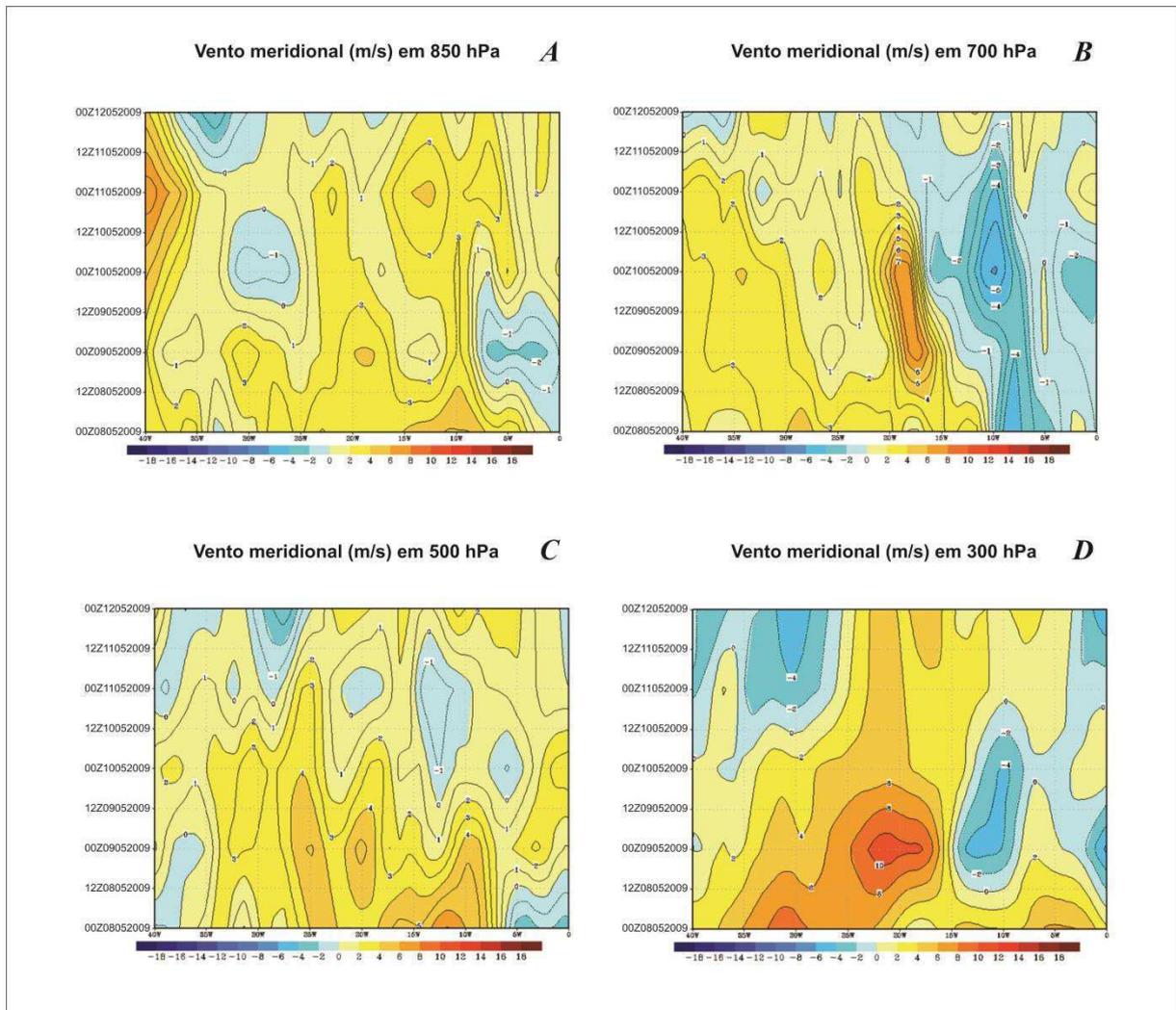


Figura 18. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise das 00:00TMG do período de 08/05/2009 a 12/05/2009 na latitude de 10°S dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, C) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente

Resumo do caso de 11 de maio de 2009

Nos campos do vento meridional os níveis que se pode identificar o DOL chegando a atingir o litoral leste do NEB, são nos níveis de 700 hPa e 500 hPa, sendo que no primeiro nível o sistema é mais facilmente localizado no nível de 500 hPa o sistema apresentou um pequeno atraso em relação aos níveis mais baixos da atmosfera; com o uso dos diagramas de Hovemoller para três cortes latitudinais, identifica-se que o DOL está mais presente na latitude de 5°S que possivelmente, estava associado em parte a um sistema em latitudes mais a sul.

Alguns índices utilizados apresentaram os menores valores no dia 11/05/2009 para a estação de Natal, já no dia com maior volume de chuva no período, os valores desses índices decaíram e depois se elevaram gradativamente; outros índices tiveram seus máximos no dia com maior volume de precipitação, mas no dia em que antecedeu a chuva estavam menores e aumentaram gradativamente, depois do dia da chuva, decaíram (Tabela 3).

Tabela 3. Valores dos índices de instabilidade provenientes das radiossondagens para a estação de Natal-RN e precipitação diária no período do dia 10 a 12/05/2009

Índice	10/05/2009	11/05/2009	12/05/2009
Showalter	-0,3	0,4	0,3
Lifted	-2,2	-1,4	-3,3
LIFT(TV)	-2,9	-1,8	-4,2
SWEAT	202,0	226,6	206,2
K	35,3	37,5	30,9
Cross totals	20,7	20,0	20,5
Vertical totals	23,9	23,9	23,3
Totals totals	44,6	43,9	43,8
CAPE	520,3	367,0	1195,1
CAPE(TV)	697,6	450,6	1443,3
Precipitação diária	1,0	101,4	0,0

4.3.2. DOL no dia 23 de maio de 2009

No período de 23 a 26/05/2009 a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) estava atuante na faixa norte da Região NEB e na parte da faixa leste, atingindo os Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco; as chuvas que ocorreram entre os dias 23 e 24/05/2009 estavam associadas à ZCIT (Figuras 19 A e B); já no dia 25/05/2009 observou-se a chegada de um aglomerado de nuvens (Figura 19C) que provocou um volume de chuva na estação do INMET em Coruripe; AL, de 84,8mm/dia, no dia 26/05/2009 o aglomerado atingiu os Estados de e Sergipe, Alagoas e parte de Pernambuco (Figura 19D); o volume de precipitação na estação de Natal-RN nesse período foi de 93,4mm.

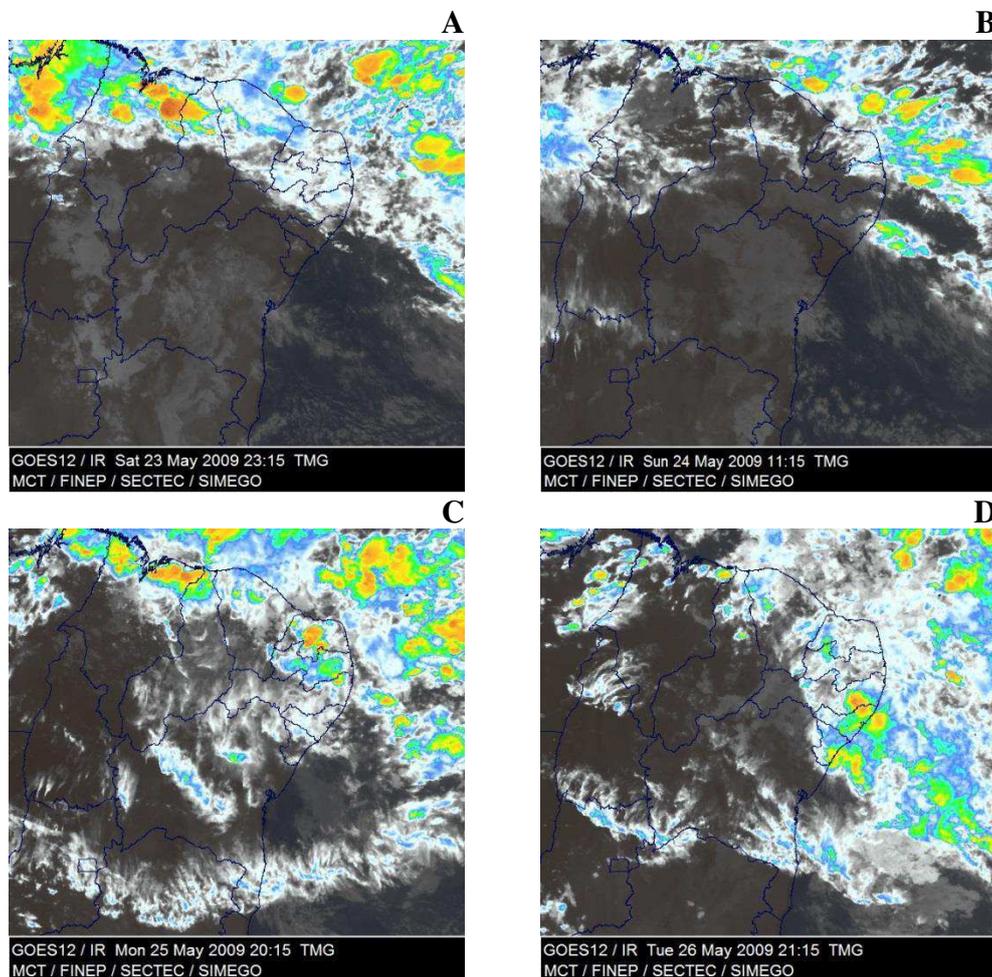


Figura 19. Imagens do Satélite GOES-12 no canal do infravermelho termal dos dias: A) 23/05/2009 das 23:15TMG, B) 24/05/2009 das 11:15TMG, C) 25/05/2009 das 20:15TMG e D) 26/05/2009 das 21:15TMG

O perfil atmosférico extraídos das radiossondagens de Natal; RN, no período de 23 a 26/05/2009, mostrou uma região muito úmida que pode ser observada pela à aproximação entre as curvas de T e de Td da superfície até o nível próximo de 450 hPa (Figuras 20 A à D).

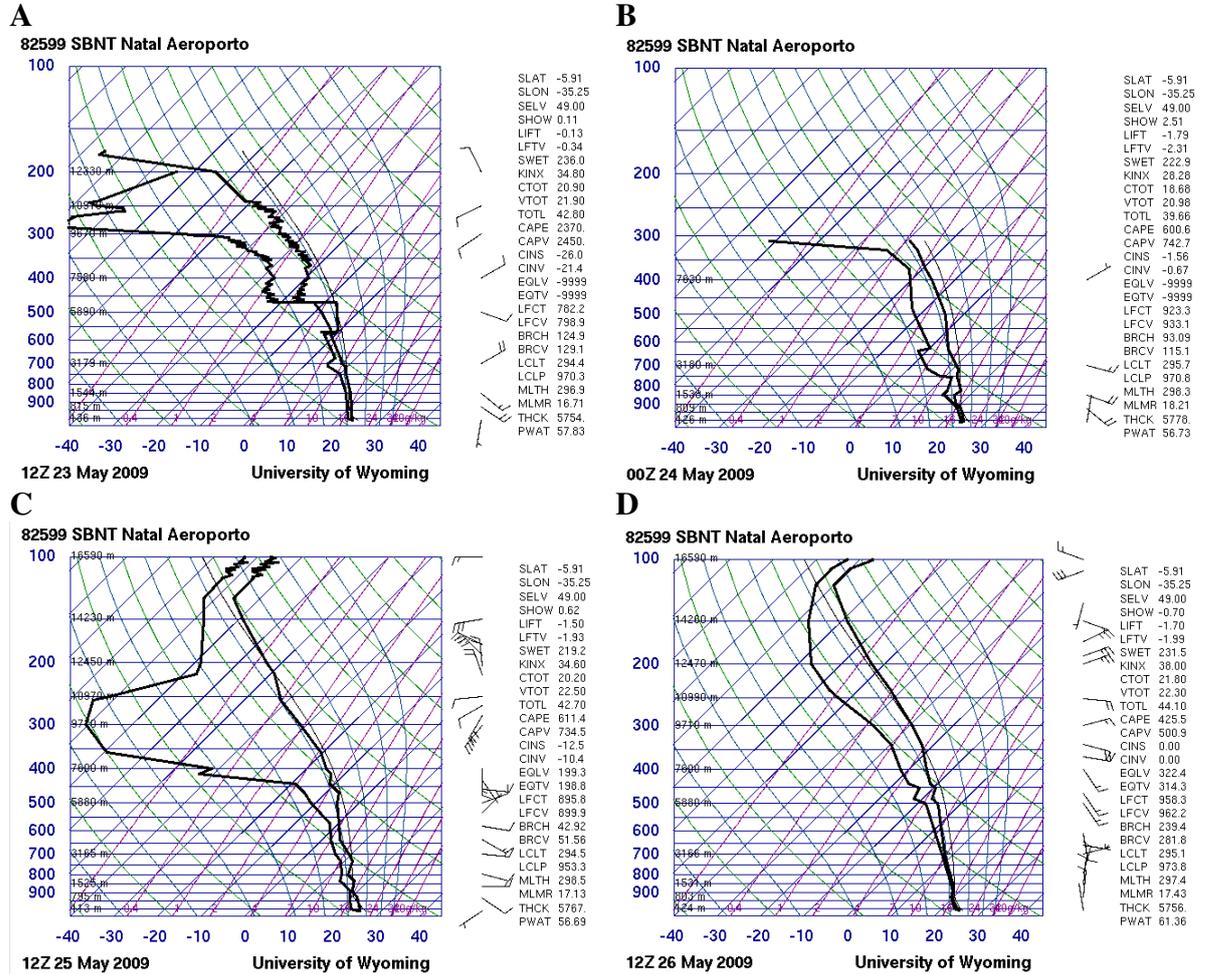


Figura 20. Diagrama SkewT X logP da estação de altitude de Natal; RN, pertencente ao DECEA, correspondente a: A) 23/05/2009 das 12:00TMG, B) 24/05/2009 das 00:00TMG, C) 25/05/2009 das 12:00TMG e D) 26/05/2009 das 12:00TMG

Campo do vento meridional em 850 hPa

No dia 23/05/2009 o campo do vento meridional em 850hPa observa-se dois núcleos com ventos acima de 6,0 m/s, um próximo ao Estado do Rio Grande do Norte (RN), em torno do ponto 37°O e 6°S, e o outro no Oceano Atlântico na altura do Recôncavo Baiano em torno dos ponto 34°O e 12°S. Este segundo núcleo despreendeu, aparentemente de uma região com ventos positivos na parte sul entre as latitudes de 20°S e 30°S (Figura 21A); no dia seguinte os dois núcleos estavam sobre o continente e a região com valores positivos ainda continuava entre as latitudes de 20°S e 30°S e mais intensa (Figura 21B); no dia 25/05/2009 o núcleo que no dia anterior se encontrava em torno do ponto de 15°O e 12°S, dividiu-se em dois, um entrando no continente com vento de mais 8,0m/s e outro ficou sobre o Oceano em torno do ponto 25°O e 15°S (Figura 21C); no dia 26/05/2009 os núcleos continuaram quase nas mesmas posições, sendo que, o núcleo sobre o continente já se encontrava em uma posição mais a oeste em relação ao dia anterior (Figura 21D).

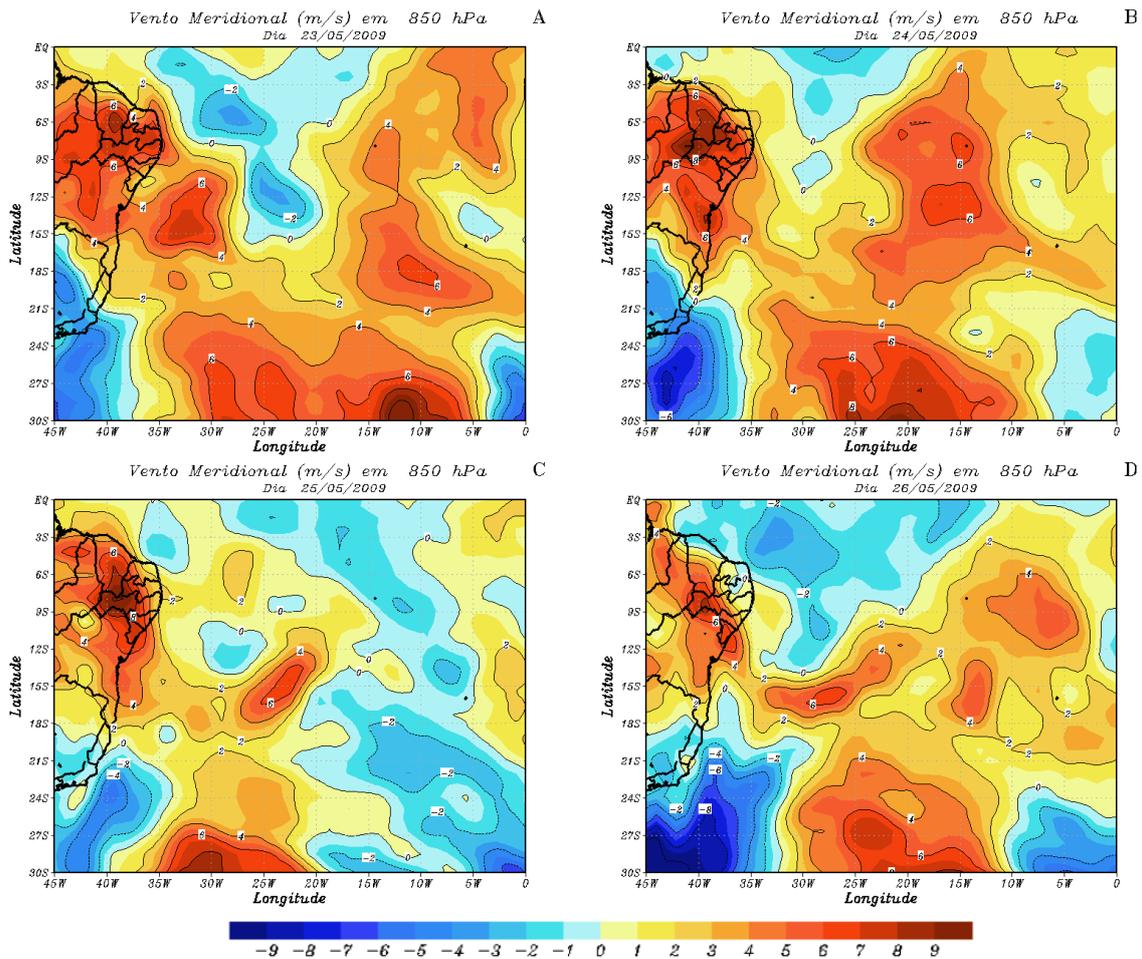


Figura 21. Campo do vento meridional no nível de 850 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, C) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente.

Campo do vento meridional em 700 hPa

Em 700hPa se observa um núcleo fraco, positivo sobre a costa da Região NEB, ligado a uma região, mais a sul, de vento de até 10,0m/s em torno da área de 15°S e 30°S de latitude e de 5°O e 40°O de longitude (Figura 22A); no dia seguinte à área com ventos positivos entra no continente com ventos acima de 4,0m/s e outra mais fraca atingiu a parte norte do litoral da Região NEB, com ventos em torno dos 2,0m/s (Figura 22B); no dia 25/05/2009 o núcleo associado à área de ventos positivos mais a sul enfraquece enquanto o mais a norte fica um pouco mais intenso (Figura 22C); no dia 26/05/2009 onde estava o núcleo positivo, na parte mais sul do litoral leste da Região NEB, passa a ter uma área negativa e o núcleo, que estava sobre o norte, perde intensidade e apresenta ventos de apenas 2,0m/s (Figura 22D).

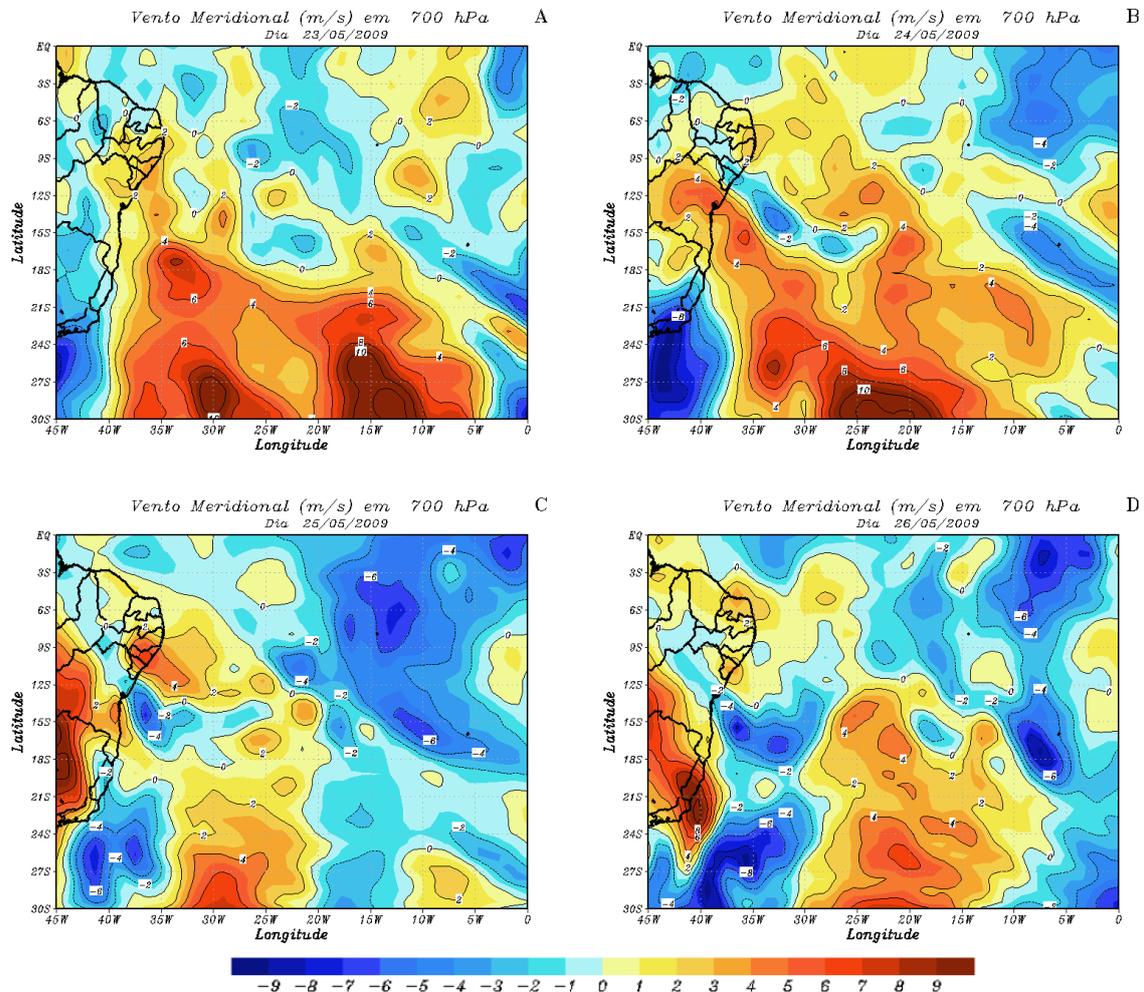


Figura 22. Vento meridional no nível de 700 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, B) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente

Campo do vento meridional em 500 hPa

Uma área de valores positivos pode ser observada no Oceano Atlântico próximo ao litoral leste da Região NEB, no dia 23/05/2009 (Figura 23A); o outra com valores elevados do vento meridional é observada entre as longitudes de 40°O e 2°O e as latitudes de 30°S e 15°S, com intensidade que ultrapassa os 12,0m/s . No dia 24/05 a intensidade dos ventos diminuiu em toda a região mas atingiu o continente (Figura 23B); no dia seguinte os valores diminuíram no continente e se elevaram no oceano (Figura 23C); já no dia 26/05/2009 o vento se intensificou novamente sobre o continente e se manteve elevado no oceano, em posição mais ao leste, em relação ao dia anterior (Figura 23D).

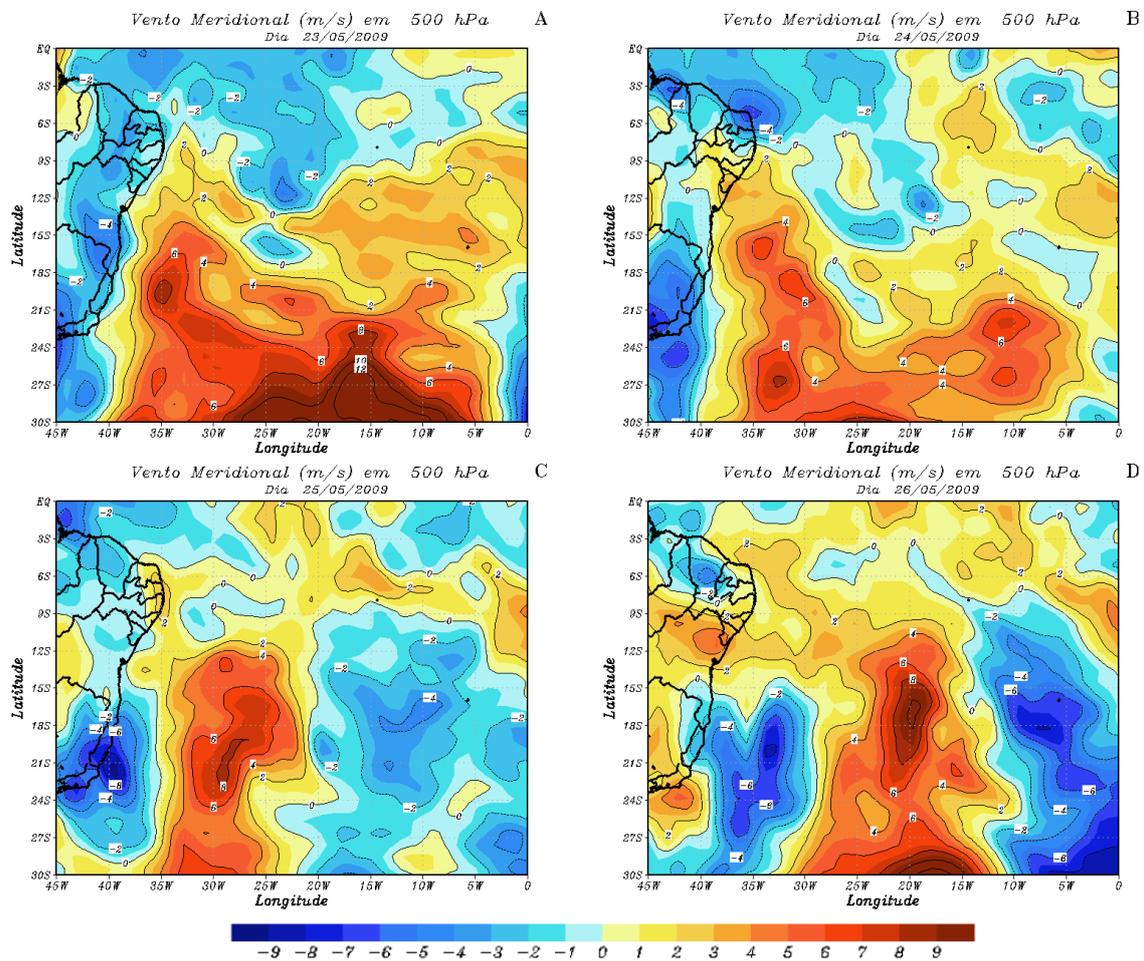


Figura 23. Campo do vento meridional no nível de 500 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, C) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente

Campo do vento meridional em 300 hPa

O vento meridional estava intenso com valores negativos acima de 10m/s sobre a Região NEB e se estendia até a longitude de 10°O, no dia 23/05/2009; já entre a latitude de 40°O e de 2°O de 30°S e 15°S (Figura 24A); no dia 24/05/2009 a área de ventos negativos do dia anterior continua praticamente na mesma posição, mas diminui a área principalmente sobre o continente. Já um núcleo com valores positivos em torno do ponto 37°O e 20°S ficou mais intenso com valores passando os 12,0m/s (Figura 24B). Esse núcleo de valores positivo praticamente permaneceu na mesma posição no dia seguinte (Figura 24C); e sobre o continente os valores também passaram a ser positivos no dia 25/05/2009; o vento continua de sul sobre o continente no dia 26/05/2009 e o núcleo que nos dias anteriores tinha permanecido próximo do ponto 37°O e 20°S, apresentou um deslocamento para leste e se ampliou atingindo latitudes mais próximas do equador (Figura 24D).

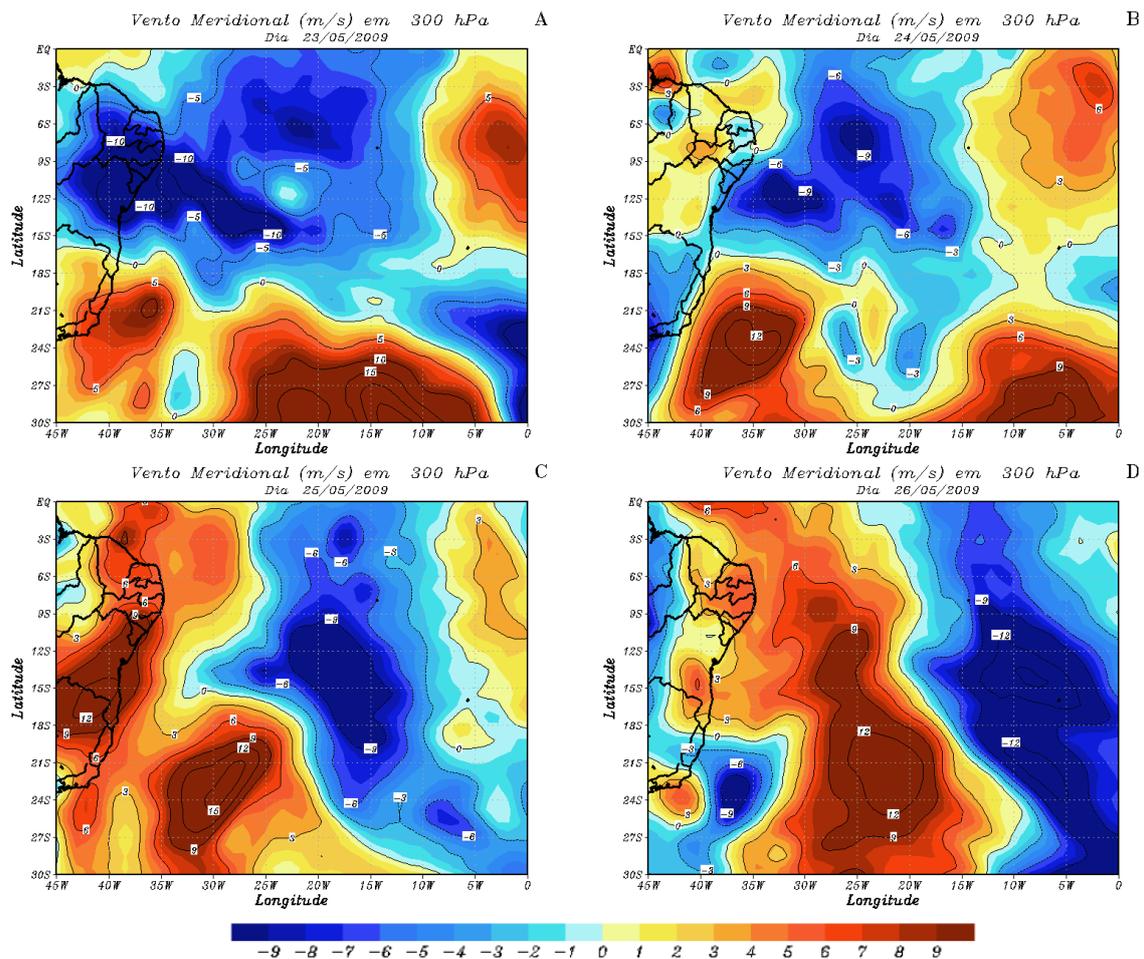


Figura 24. Campo do vento meridional no nível de 300 hPa proveniente da análise do modelo T126 das 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, C) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente

Ômega no nível de 500 hPa

Os valores de ômega foram positivos no dia 23/05/2009 em praticamente toda a Região NEB, exceto em uma pequena parte sobre o Estado do RN e o litoral norte, em que os valores eram negativos (Figura 25A); no dia seguinte os valores continuaram positivos sobre praticamente todo o litoral leste do NEB a parte norte tinha valores negativos. No Oceano Atlântico em torno da longitude de 30°O em uma faixa latitudinal entre 10°S e 3°S os valores eram negativos (Figura 25B); no dia 25/05/2009 os valores continuaram positivos em uma pequena parte sul da Região NEB. Já nas demais partes da Região os valores foram negativos e continuaram no dia seguinte (Figura 25C e D).

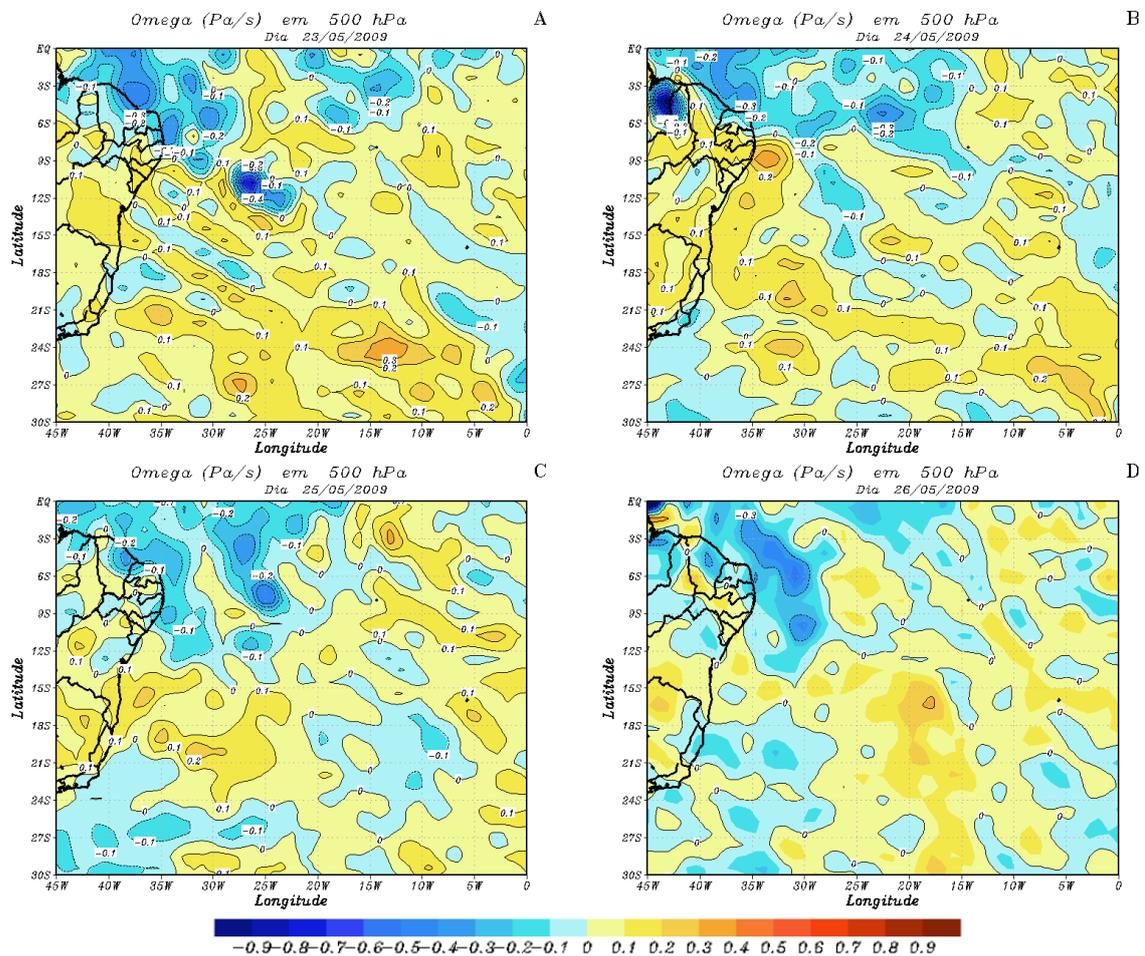


Figura 25. Campo da velocidade vertical (Omega) no nível de 500 hPa proveniente da análise do modelo T126 00:00 TMG dos seguintes dias: A) 23/05/2009, B) 24/05/2009, C) 25/05/2009 e D) 26/05/2009 respectivamente.

Gráfico Hovmoller

Como no caso anterior o diagrama de Hovmoller foi elaborado para os níveis de 850, 700, 500 e 300 hPa, feito um corte na latitude de 0° e entre as longitudes de 0° e 40°O para o período de 23 a 26/05/2009.

a) Evolução temporal do vento meridional na latitude de 0°

No nível de 850 hPa observa-se no dia 23/05/2009, um núcleo de ventos meridional com valores positivos em torno da longitude de 5°O e praticamente essa faixa se mantém positiva em todo o período; na faixa de longitude de 40°O e 35°O os ventos eram fracos e de sul no período de 23 a 25/05/2009 depois era de norte até no dia 27/05/2009 (Figura 26A).

No nível de 700 hPa praticamente predominaram os ventos de norte durante todo o período nesta faixa de latitude; exceto no dia 23/05/2009 nas faixas de longitude entre 30°O e 35°O, em torno de 16°O e na faixa entre 12°O e 4°O. a primeira faixa também permaneceu no dia 24/05/2009 (Figura 26B).

No dia 23/05/2009 os valores estavam fracos porém com vento de sul na faixa longitudinal entre 10°O e 0° no nível de 500 hPa e a partir do dia 25 ao dia 27/05/2009 os valores estavam positivos neste nível, com vento máximo de 3,0m/s na faixa de longitude entre 30°O e 10°O enquanto na faixa entre 40°O e até próximo de 30°O os ventos foram de norte e com maior intensidade nos primeiros dias do período (Figura 26C).

Nesta latitude ocorreram no nível de 300 hPa, dois núcleos de ventos positivos, um entre os dias 23 e 24/05/2009, no ponto em torno de 6°O e o outro ocorreu entre os dias 25 e 27/05/2009 em torno da longitude de 35°O (Figura 26D). Nesta faixa de latitude não foi possível identificar a propagação de nenhum sistema meteorológico.

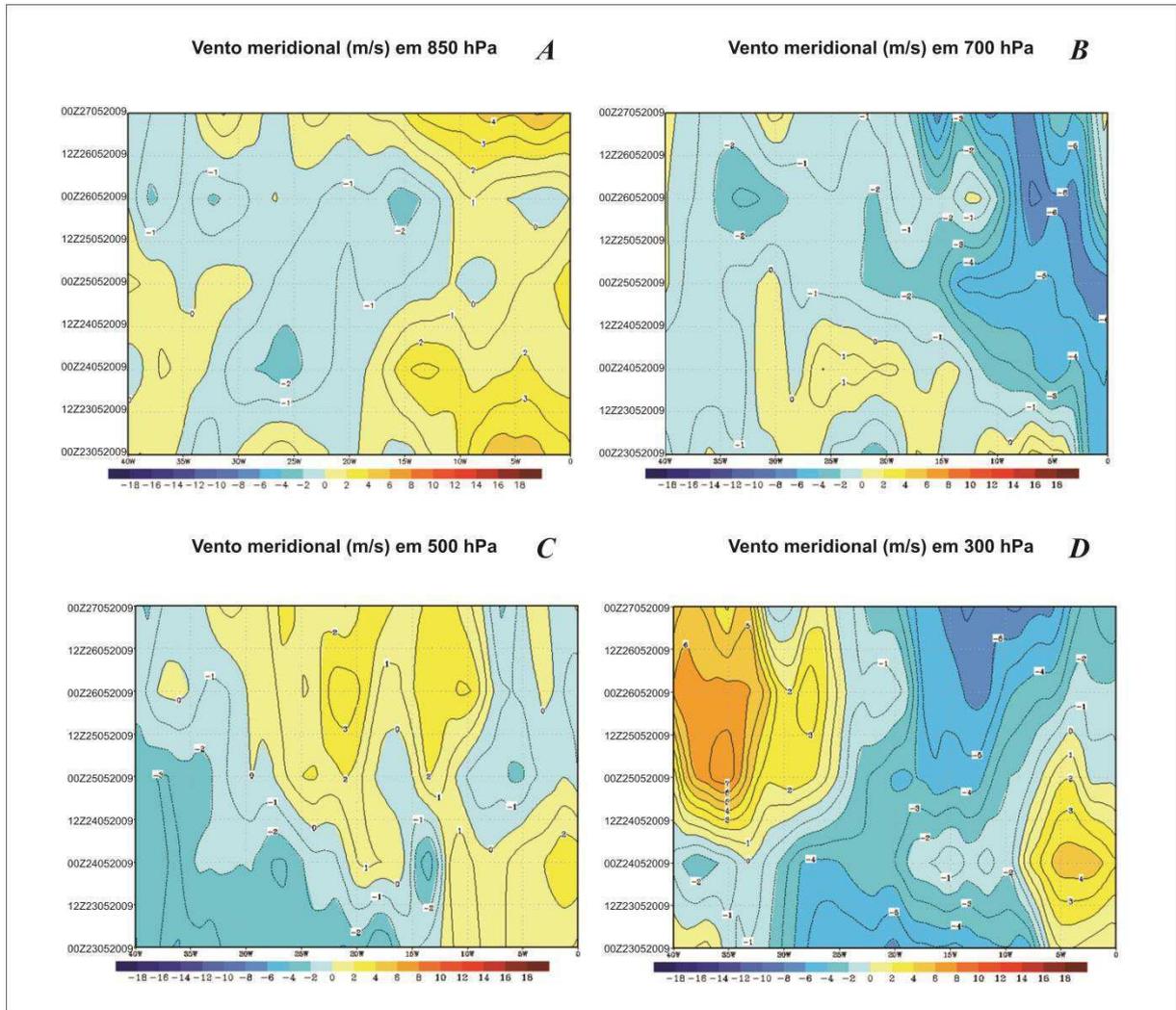


Figura 26. Diagrama Hovmoller do vento meridional gerados com análise do modelo T126 das 00:00TMG do período de 23/05/2009 a 27/05/2009 na latitude de 0° dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, B) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente

b) Evolução temporal do vento meridional na latitude de -5°

No nível de 850 hPa observa-se no dia 23/05/2009, uma região de ventos com valores positivos na longitude em torno de 5° O. Este núcleo se desloca para oeste e no dia seguinte, estava na posição em torno da longitude de 17° O com intensidade acima de 4,0m/s; no dia 25/05/2009 este núcleo perdeu intensidade, mais uma vez; deslocando-se para oeste sua posição era neste dia em torno da longitude de 26° O; no dia seguinte não era mais observado (Figura 27A).

Na região de faixa longitudinal entre 40° O e 25° O, praticamente todo o período foi com vento positivo e velocidade inferior a 2,0m/s em toda a área, no nível de 700 hPa; no dia 23/05/2009 outro núcleo foi observado em torno da longitude de 7° O, com fraca intensidade mas não é mais observado nos dias seguintes (Figura 27B).

No nível de 500 hPa, se observa, no primeiro dia do período, uma área com valores ligeiramente positivos, em torno da longitude de 13° O, no restante do recorte os valores eram negativos; esta área vai avançando para oeste entre os dias 24 e 27/05/2009, até atingir a longitude de 20° O; entre os dias 24 e 25/05/2009, na longitude de 35° O, um núcleo negativo é observado e se desloca para oeste dando lugar a um núcleo positivo entre os dias 26 e 27/09/2009 (Figura 27C).

No dia 23/05/2009 no nível de 300 hPa havia um núcleo de ventos positivos em torno da longitude de 3° O o qual persistiu praticamente no mesmo ponto até o dia 25/05/2009. Dois núcleos negativos foram observados um em torno da longitude de 40° O e o outro de 25° O este segundo tem um deslocamento para leste e no dia 26/05/2009 esta na longitude de 13° O; o outro núcleo negativo dá lugar a um núcleo positivo a partir do dia 25/05/2009 e tem um deslocamento para leste e no ultimo dia do período está sobre a latitude de 18° O (Figura 27D).

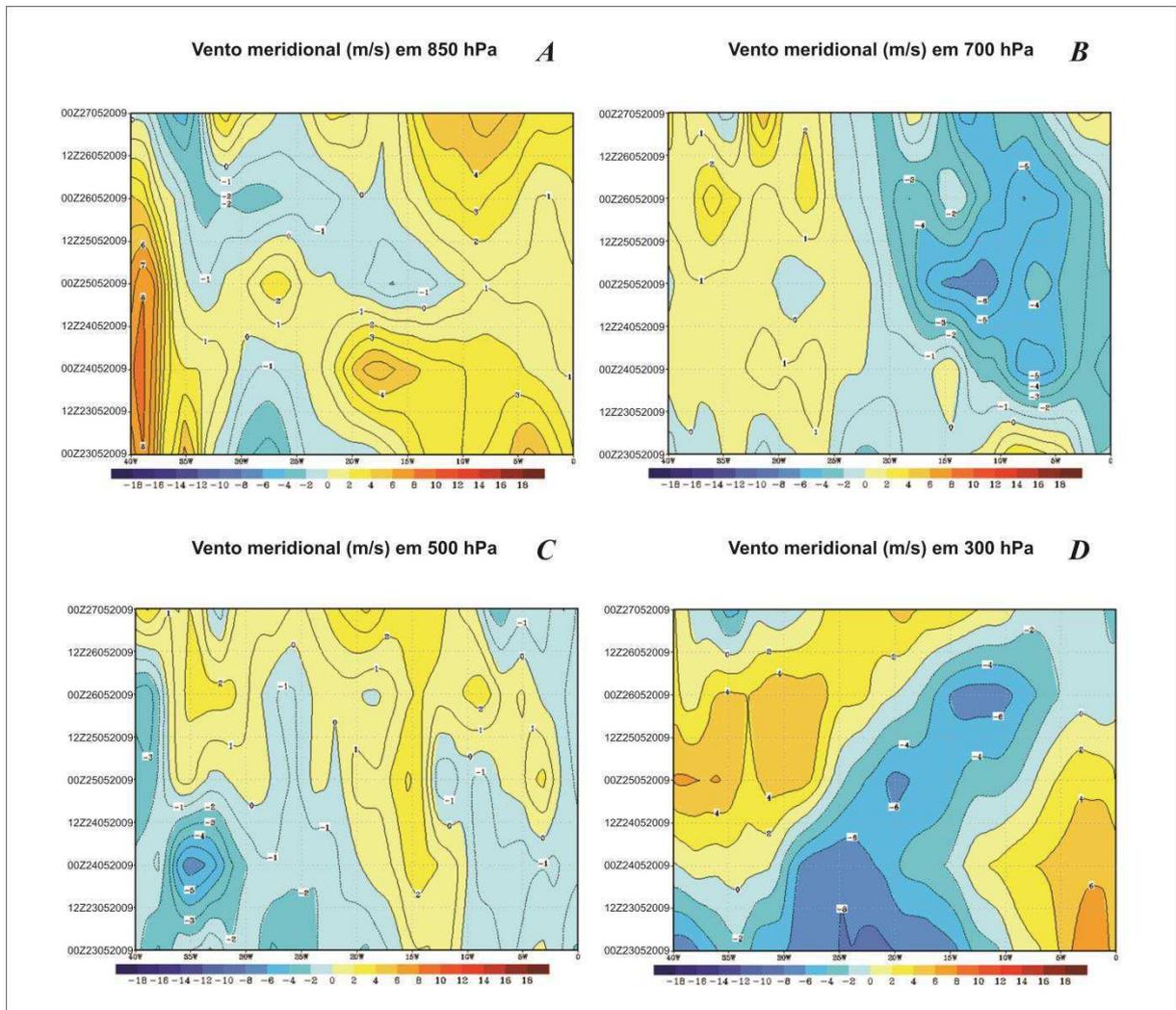


Figura 27. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise do modelo T126 das 00:00TMG do período de 23/05/2009 a 27/05/2009 na latitude de 5°S dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700 hPa, C) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente

c) Evolução temporal do vento meridional na latitude de -10°

No dia 23/05/2009 observam-se no nível de 850 hPa, três núcleos positivos isto é, o primeiro na longitude de 15°O, o segundo sobre 30°O e o último em torno de 40°O. Na longitude de 35°O havia um núcleo com valores negativos; o primeiro núcleo positivo apresentava um fortalecimento em torno do dia 25/05/2009, mas permaneceu praticamente estacionado; aparentemente o segundo aparentemente se deslocou para oeste e se juntou ao primeiro núcleo enquanto o terceiro sofreu um pequeno deslocamento para oeste e, possivelmente se juntou a um novo núcleo que surgiu no recorte, por volta do dia 26/05/2009 com deslocamento para leste; já o núcleo negativo enfraqueceu no dia 24/05/2009 e voltou a

ter um pequeno aumento de intensidade no dia 25/05/2009, com pequeno deslocamento para leste quando analisado todo o período (Figura 28A).

Certa similaridade é observada entre os níveis de 850 hPa e o de 700 hPa, quanto à quantidade de núcleos positivos, pois no primeiro dia se observam três áreas com valores positivos, sendo que deslocados um pouco para leste em relação ao nível mais baixo; neste nível o núcleo em torno da longitude de 23°O se deslocou para a longitude de 35°O no dia 25/05/2009; o núcleo que no primeiro dia do período estava na longitude de 35°O teve um deslocamento para oeste e um aumento de intensidade no dia seguinte; já o que estava sobre 10°O perdeu intensidade e não foi mais observado no dia seguinte (Figura 28B).

No nível de 500 hPa observa-se no dia 23/05/2009, uma região com valores positivos entre as longitudes de 18°O e 0°; esta região se restringiu apenas a este dia; outra em torno da longitude de 22°O que tem uma intensificação no dia anterior enfraquece no 25/05/2009 e volta a ter uma intensificação no dia 26/05/2009; uma região com valores positivos é observada em torno da longitude de 25°O no dia 24/05/2009 área que se intensifica e no dia 26/05/2009 tem uma expansão e áreas com velocidades acima de 3,0m/s e aparentemente tem um deslocamento para leste no dia 27/05/2009 (Figura 28C).

O interessante no recorte no nível de 300 hPa é que o deslocamento de dois núcleos, um negativo, e outro positivo é observados na longitude em torno de 40°O e tem um deslocamento para leste, no decorrer do período (Figura 28D).

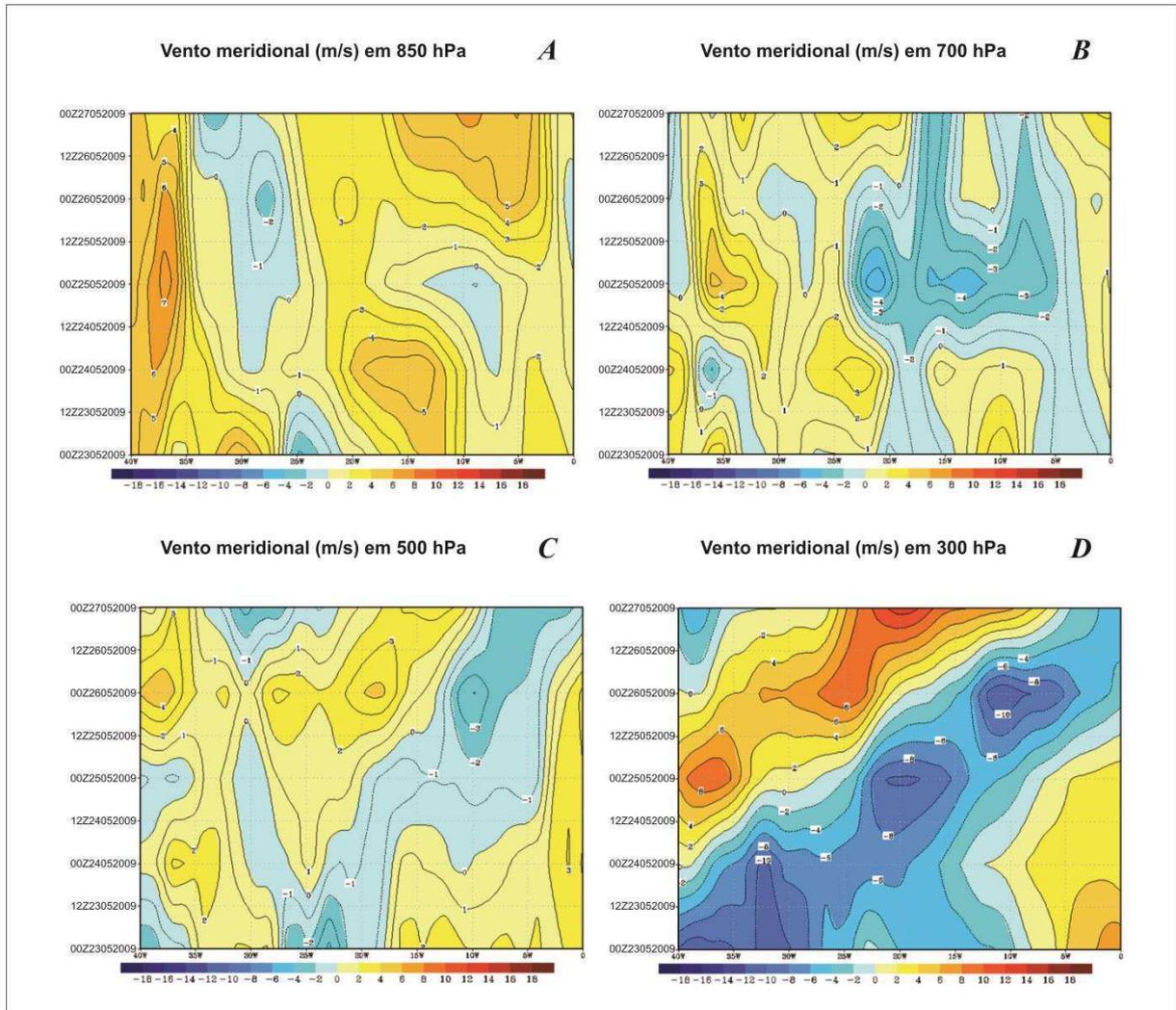


Figura 28. Diagrama de Hovmoller do vento meridional gerado com análise do modelo T126 das 00:00TMG do período de 23/05/2009 a 27/05/2009 na latitude de 10°S dos seguintes níveis: A) 850 hPa, B) 700hPa, B) 500 hPa e D) 300 hPa respectivamente

Resumo do caso de 24 de maio de 2009

Neste caso, o DOL é melhor observado nos campos do vento meridional no nível de 850 hPa; nos níveis de 700, 500 e 300 hPa mostra um atraso a medida em que o nível se eleva. No campo da velocidade vertical, ômega, observa-se que a onda está ligada à ZCIT; embora este episódio de DOL tenha provocado chuvas mais significativas em latitudes mais a sul, nos diagramas de Hovmoller ele é melhor identificado no corte feito na latitude de 0°, o que mostra mais uma vez ter influência da ZCIT.

Os índices de instabilidade encontrados neste caso comportamento semelhante ao do caso anterior, ou seja, os índices apresentaram o menor valor no dia com maior volume de chuva. Os valores no dia anterior e posterior foram menores; já os que tiveram os maiores valores no dia, com maior precipitação apresentaram os menores valores antes e depois (Tabela 4).

Tabela 4. Valores dos índices de instabilidade provenientes das radiossondagens para a estação de Natal-RN e da precipitação diária no período do dia 22 a 24/05/2009

Índice	22/05/2009	23/05/2009	24/05/2009
Showalter	-0,2	0,1	0,6
Lifted	-2,4	-0,1	-1,4
Lift(TV)	-2,9	-0,3	-2,0
Sweat	223,6	236,0	226,4
K	33,8	34,8	30,0
Cross totals	20,8	20,9	19,8
Vertical totals	23,3	21,9	23,3
Totals totals	44,1	42,8	43,1
CAPE	759,1	2370,3	447,7
CAPE(TV)	886,6	2450,7	530,4
Precipitação diária	20,0	48,4	25,0

4.2. Índices de Instabilidade Atmosférica

Para identificar em que grupo as estações de altitude em operação na Região Nordeste do Brasil estão inseridas, será utilizado o resultado do capítulo anterior (Figura 4B). Com a classificação dos regimes pluviométricos espacializados foram plotadas as estações de altitude que estavam em operação no período de interesse (Figura 29); dentre os cinco grupos encontrados com a classificação, apenas o grupo dois tem uma estação de altitude para representá-lo.

Foram calculados 10 índices de instabilidade para todos os dias que tiveram radiossondagem. Em busca de valores característicos desses índices na ocorrência DOLs, os valores médios mensais foram utilizados para se entender o comportamento ao longo do ano e compará-lo simultaneamente com a média de precipitação no mesmo período para cada regime pluviométrico, exceto para a região 2, que não tem qualquer estação de altitude com dados disponíveis para ser utilizada.

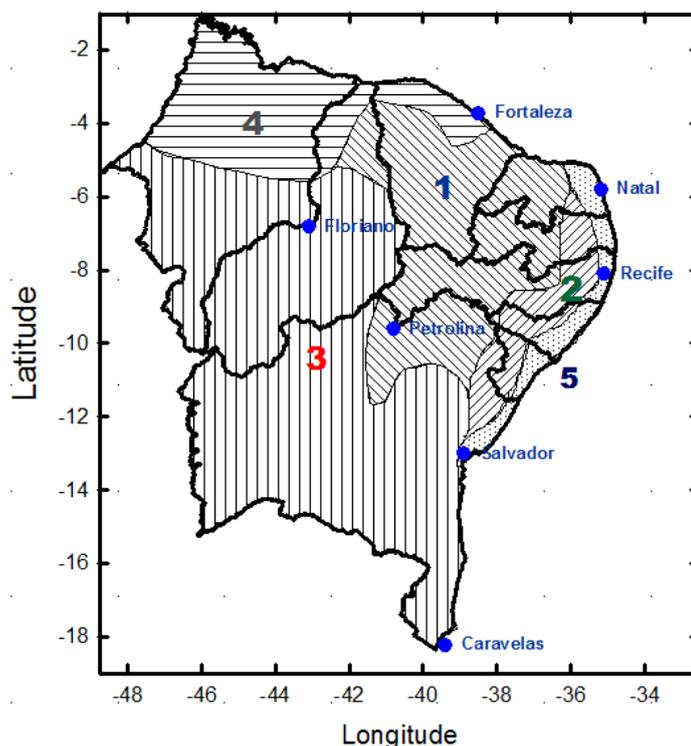


Figura 29. Estações de radiossondagem da Região Nordeste do Brasil (NEB) e a divisão dos grupos encontrada através da utilização da técnica de ACP.

4.4.1. Grupo um

Para representar este regime pluviométrico foram utilizados os dados da estação de Petrolina, PE. Durante o período de interesse foram realizadas 1215 radiossondagem e os meses que tiveram mais observações foram realizados abril e dezembro, com base com no comportamento da média mensal dos 10 índices de instabilidade calculados ao longo dos quatro anos nos dias de ocorrência dos Distúrbios Ondulatórios de Leste. Com a comparação da média de precipitação no período tentou-se determinar os valores característicos dos índices desses sistemas; no período de estudo a precipitação teve grande variabilidade no volume mensal; no ano de 2009 observou-se um total anual acima do valor climatológico ficando 32,6% acima e um comportamento semelhante; já no período de 2010 a 2012 o volume anual diminuiu gradativamente neste período caindo 27,9% em relação a média de

2010 e em 77,4% no ano de 2012, mas no período de 2009 a 2012 como um todo a precipitação foi, em média 30,9% inferior ao valor climatológico (Figura 30A). Este grupo não tem, como principal sistema, os DOL pois na época do ano em que este sistema ocorreu o volume de precipitação é de apenas 6% do valor anual; durante os quatro anos apenas 15 casos ao longo deste período foram observados em que o volume de precipitação diário ficou acima dos 22,0mm/dia.

Os índices de instabilidade atmosférica (IIA) têm comportamento particular para cada regime de precipitação associado as características e a outras mencionadas anteriormente; em virtude disto far-se-á uma análise de cada índice a seguir:

Índice Showalter: os maiores valores encontrados ocorreram no período sem chuva e os menores no período chuvoso. Ao longo dos 4 anos ocorreu uma variação maior em 2009, pois foi um ano acima da média; já nos outros anos o padrão foi mais próximo do valor médio desse período (Figura 30B) considerando-se os valores médios mensais para o período dos 4 anos utilizados e para os dias com ou sem chuva os valores desse índice ficaram entre 0,45 e 9,20 (Figura 30C); considerados portanto dentro da serie, a média mensal, apenas na ocorrência de chuvas acima de 22,0mm/dia os valores ficaram entre -0,74 e 1,91. O índice teve valores maiores que zero apenas nos meses de janeiro e fevereiro e, mesmo assim abaixo de 2,0 (Figura 30D); este fato ocorre também quando analisados diariamente entre os dias que antecedem a chuva significativa, ou seja, os valores tendem a ser menores antes de ocorrer a chuva devido isto possivelmente a um resfriamento maior da parcela, no nível de 500hPa.

Índice Lift: a variação deste índice médio mensal no período foi entre -1,92 e 7,07, sendo que os maiores valores foram no período no qual o índice pluviométrico médio mensal chega próximo a 0,0mm/mês, centrado em agosto (Figura 31A); no ano de 2009 os valores foram menores e ocorreram valores negativos, nos meses da “estação seca”; já nos demais anos os valores negativos ocorreram apenas em alguns meses no período de dezembro à fevereiro. Nos valores médios anuais a variação foi entre -0,41 e 4,29 como reflexo do que ocorreu mês a mês, os maiores valores ocorrem no período sem chuva (Figura 31B); nos casos de ocorrência de chuva acima de 22,0mm/dia os valores variaram entre -2,93 a 0,39; em janeiro ocorreu o maior valor, 0,39; nos meses seguintes os valores foram diminuindo atingindo seu menor valor no mês de abril, -2,93; como este período na região é o mais chuvoso, isto sugere um possível limite máximo da umidade no nível de 500hPa no mês de abril e a partir deste mês começa a ocorrer um declínio com a aproximação da estação seca; outros casos

significativos ocorreram nos meses de outubro e dezembro com valores negativos dos índices de -0.6 e -2,87 (Figura 31C). Quando se analisam os valores deste índice dias antes da ocorrência do valor significativo de precipitação, os valores sofrem redução quanto mais próximo estiverem deste dia.

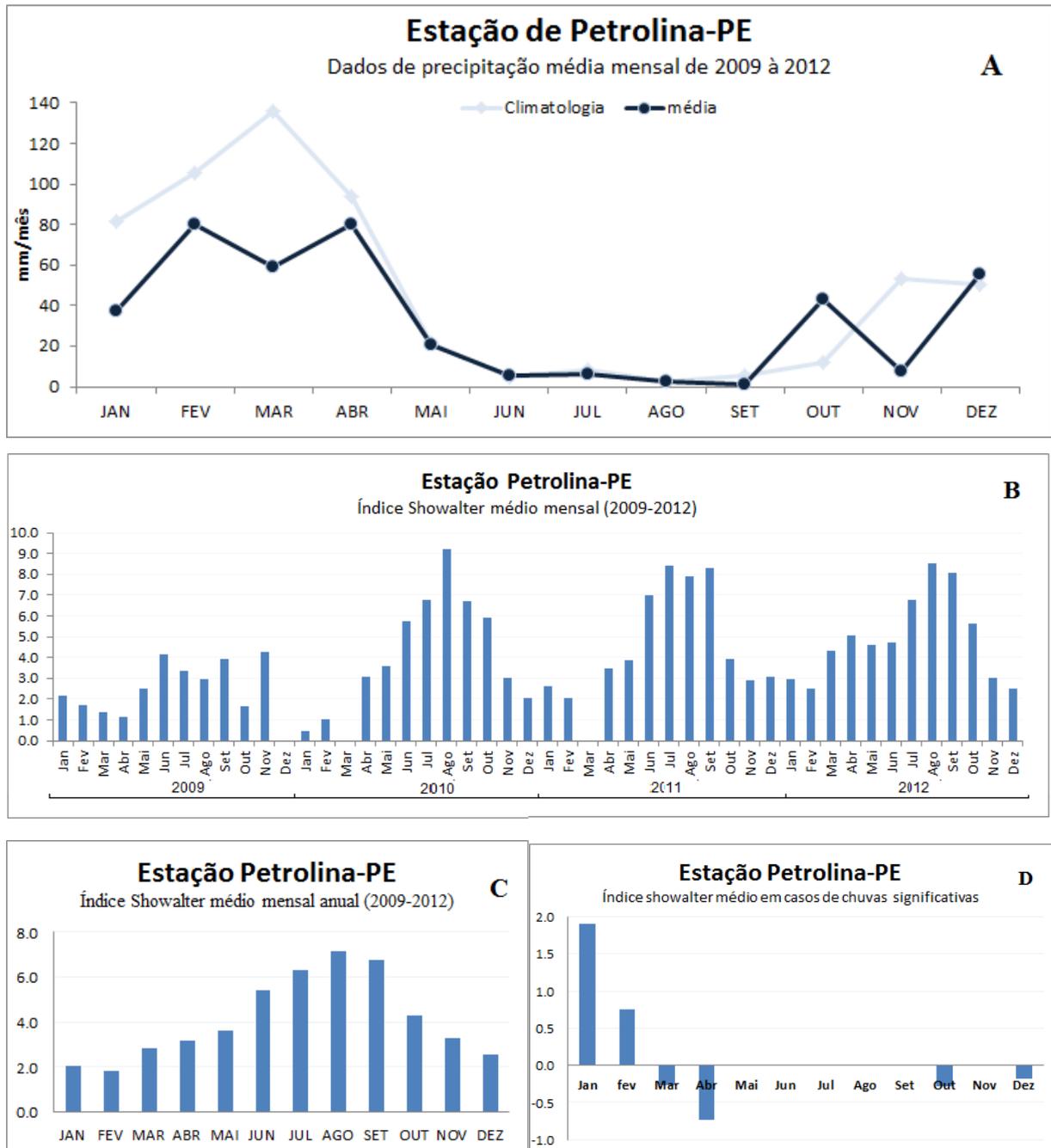


Figura 30. (A) Gráfico da precipitação média anual do período de 2009 a 2012 e o índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Petrolina, PE; (B) gráfico médio mensal do índice Showalter; (C) gráfico médio anual do índice Showalter no período de 2009-2012. (D) índice Showalter médio para os casos de chuvas significativas

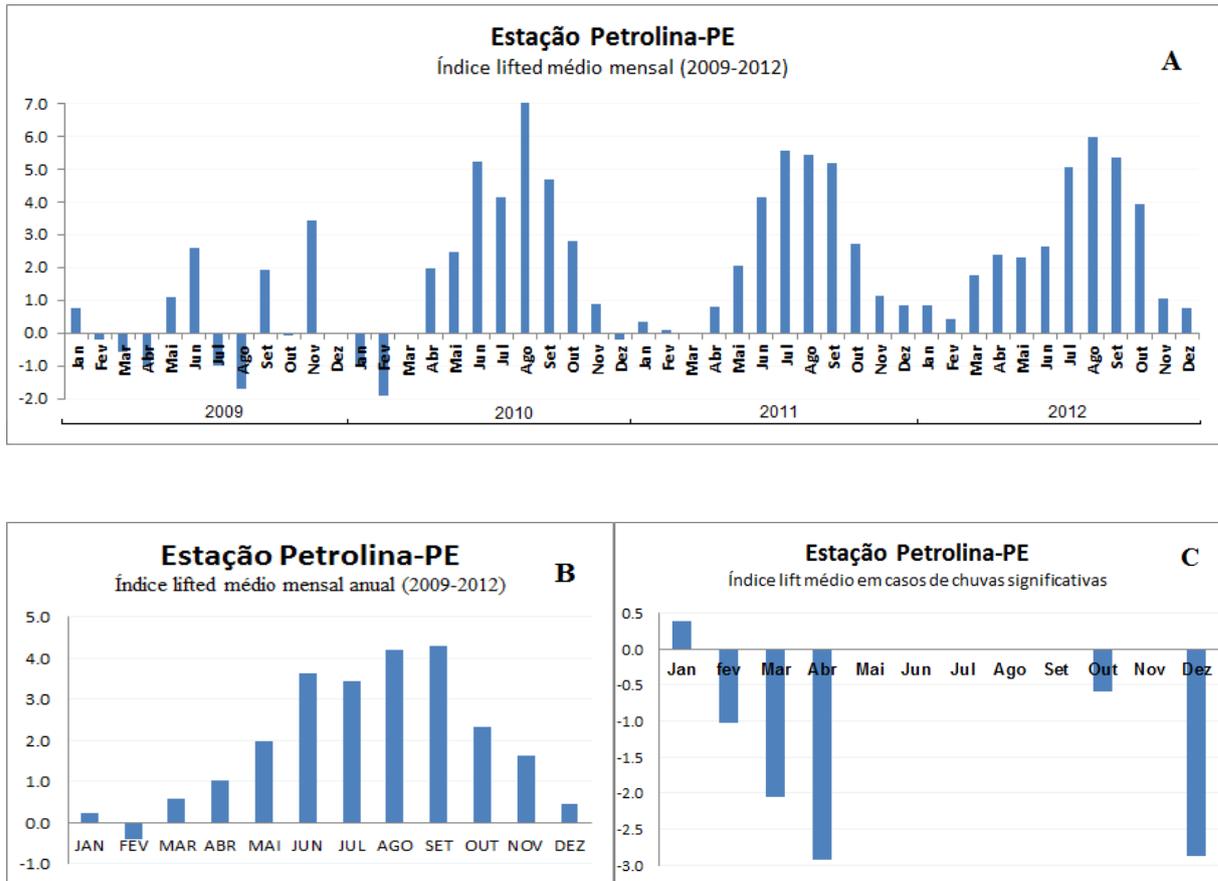


Figura 31. (A) valor médio mensal do índice Lift. (B) gráfico médio anual do índice Lift no período de 2009-2012. (C) índice Lift médio para os casos de chuvas significativas

Índice Lift(TV): o valor deste índice ao longo dos 4 anos foi de -2,43 e 6,57. Visto que no índice anterior os comportamento nos anos de 2010, 2011 e 2012, ou seja, os maiores valores ocorreram nos meses mais secos (Figura 32A); já em 2009 um ano chuvoso, o menor valor ocorreu no mês de agosto, que é o mês com menor índice pluviométrico; os valores médios ao longo do período de 2009-2012 foram -0,97, em fevereiro e 3,73 em agosto, que se referem ao mês com maior e menor índice pluviométrico respectivamente (Figura 32B). Quando se compara este índice com o anterior, a diferença reside no fato de que os valores são menores, principalmente nos meses de chuva; na ocorrência de chuva significativa o índice variou entre -3.69 e 0,19 tendo o menor valor no mês de abril e o maior no mês de janeiro (Figura 32C); como no cálculo do índice lift com a temperatura da parcela a diferença entre esses índices fica restrita apenas aos valores, pois o comportamento é semelhante.

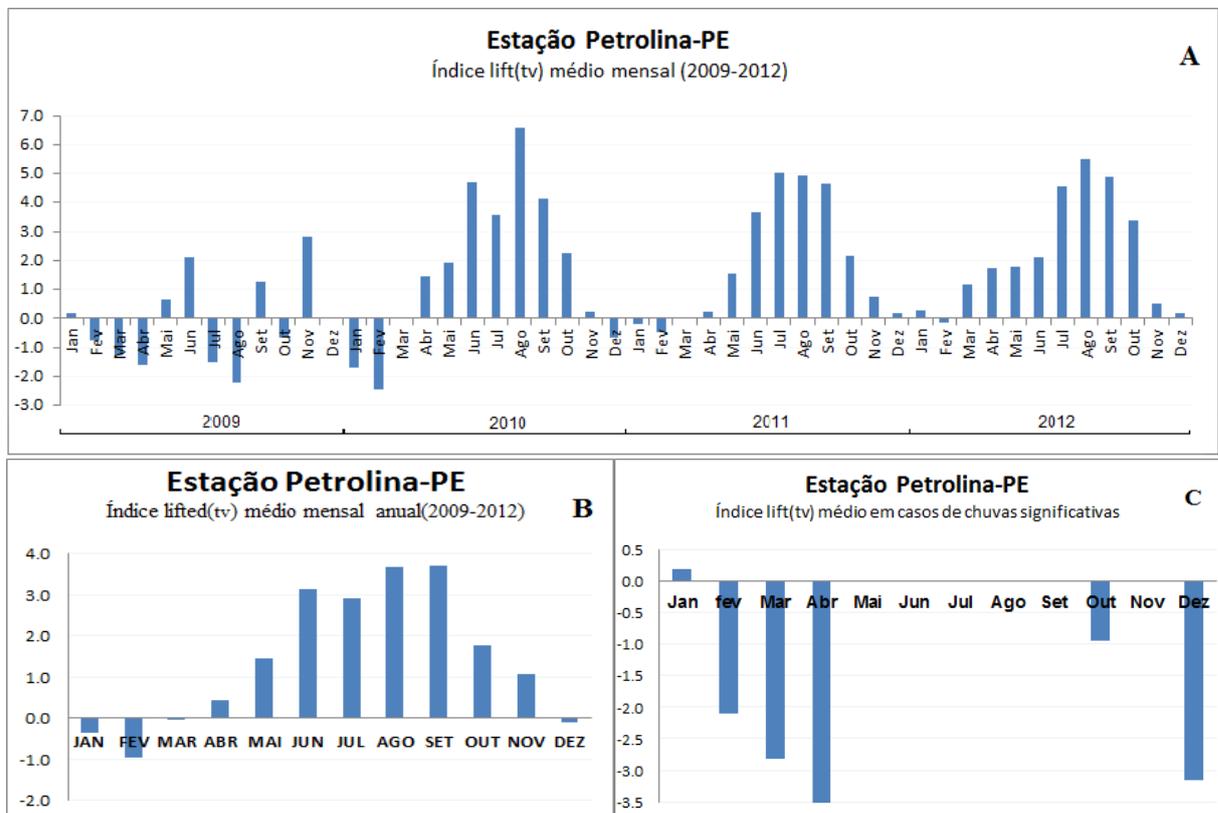


Figura 32. (A) valor médio mensal do índice Lift(tv). (B) gráfico médio anual do índice Lift(tv) no período de 2009-2012. (C) índice Lift(tv) médio para os casos de chuvas significativas

Índice Sweat: o comportamento deste índice tem valor bem elevado em um ano chuvoso, foi 2009 em comparação com demais anos utilizados (Figura 33A). A variação deste índice no ano de 2009 pode ser medida pelo desvio padrão das médias mensais, de 419,0, enquanto a média foi de 500,4; nos anos seguintes o valor médio foi de 184,4 e o desvio padrão, de 18,9; os valores do ano de 2009 comprometem os valores médios mensais anuais, principalmente em janeiro, junho, julho e novembro, haja vista que nesses meses o índice foi muito elevado. Em valores médios o índice apresentou uma variação entre 161,9 e 530,1 com o menor valor em setembro e o maior em novembro (Figura 33B). Quando se analisa o comportamento do índice swet na ocorrência de chuva significativa, os valores são dominados pelos casos do ano de 2009 que tem valores elevados e entre os anos com maior ocorrência de casos; os maiores valores indicam os meses com maiores volumes de chuva (Figura 33C); os valores deste índice, considerando-se dois dias antes e dois dias depois do registro de chuva significativa, cresceram e depois diminuíram; as diferenças entre um ano chuvoso e seco nos valores desses índices, podem ocorrer devido ao seu cálculo, que é complexo, além de incluir o cálculo de outro índice e algumas componentes dinâmicas, como direção e intensidade do vento em dois níveis.

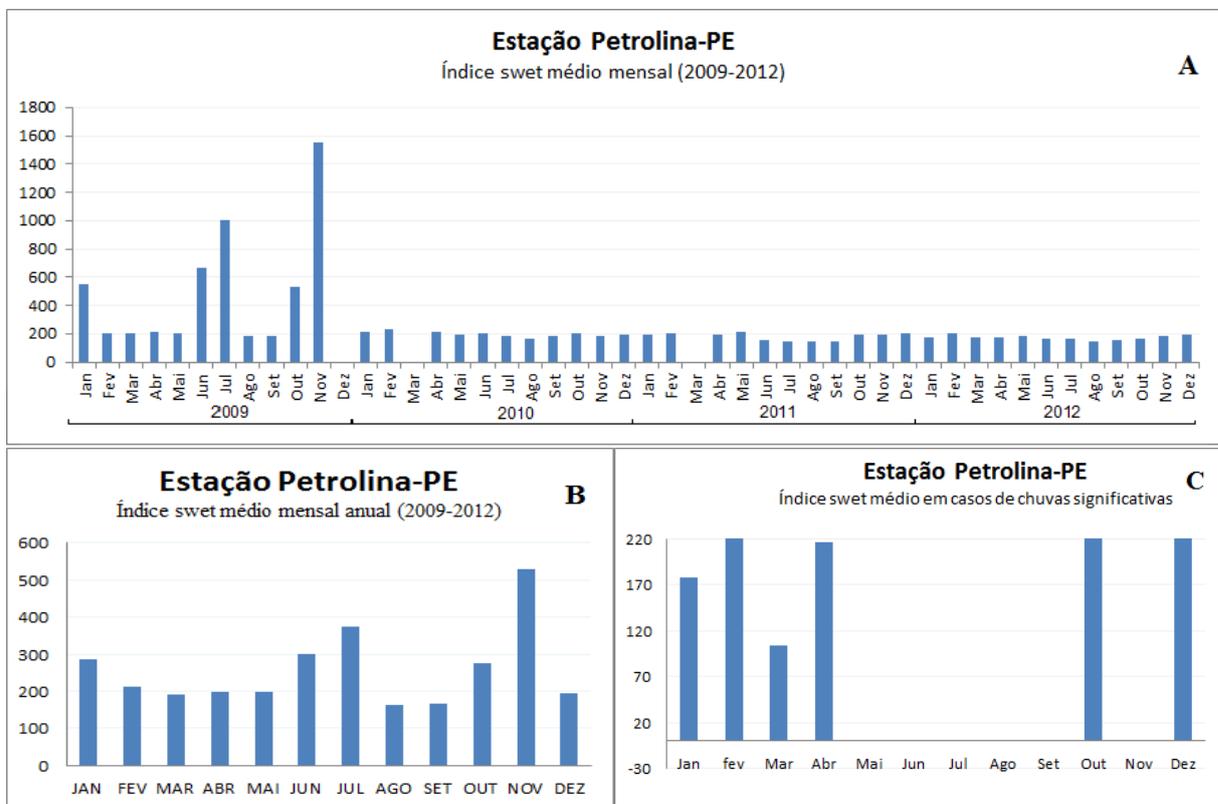


Figura 33. (A) valor médio mensal do índice Swet. (B) gráfico médio anual do índice Swet no período de 2009-2012. (C) índice Swet médio para os casos de chuvas significativas

Índice K: os valores médios mensais deste índice oscilaram entre -4,9 e 28,5; no ano de 2009 os valores ficaram em média elevados praticamente todo o ano com os maiores valores nos meses em que o volume de chuva é elevado; nos outros anos do período, os valores começavam a se elevar a partir de outubro e a baixar a partir de junho (Figura 34A); quando se considera uma média mensal anual, os valores são maiores nos meses de maior valor médio de precipitação e menores no período de junho a setembro, os meses mais secos (Figura 34B) o menor valor encontrado foi em setembro e o maior em fevereiro; na ocorrência de chuva acima de 22mm/dia os valores variaram entre 26,7 e 34,3 (Figura 34C). Quando se observa novamente, na Figura 14B, tem-se que valores acima de 26,7 ocorrem nos meses de janeiro a maio e de outubro a dezembro, período em que existe a possibilidade de acumulados significativos de precipitação em um dia; analisando o que ocorreu dois dias antes do acumulado significativo tem-se que o valor deste índice, que é em torno de 29,0, passa valor acima de 32 no dia do volume de chuva significativo.

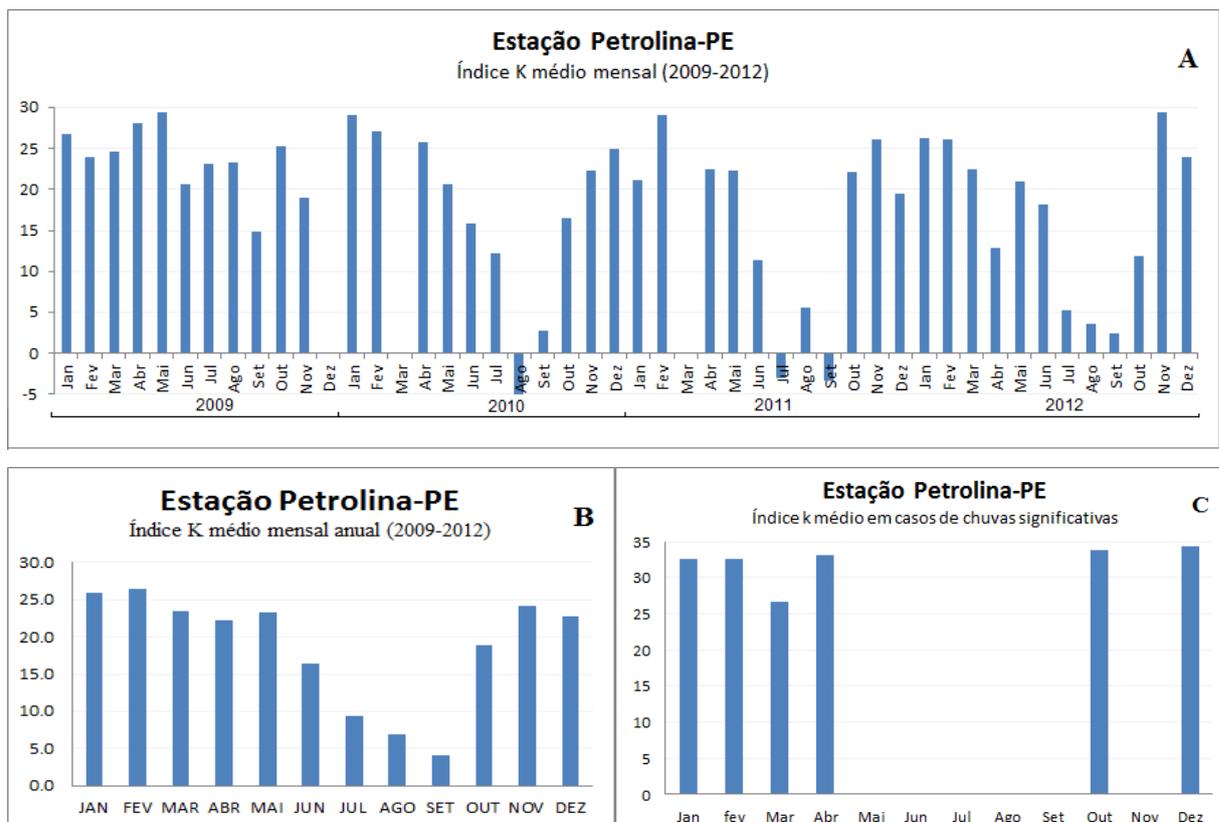


Figura 34. (A) valor médio mensal do índice . (B) gráfico médio anual do índice K no período de 2009-2012. (C) índice K médio para os casos de chuvas significativas

Índice Cross Totals: ao longo dos 4 anos as variações foram bem semelhantes, com o menor valor de 13,0 e o maior de 20,5 e um desvio padrão de 2,07; a diferença do ano de 2009 para os demais anos do período, ocorreu no mês de agosto deste ano cujo valor médio foi o maior de 17,9; neste ano o menor valor foi em setembro e o maior em maio mas nos outros anos o menor valor foi em agosto e o maior em janeiro ou fevereiro (Figura 35A); nos meses em que o volume de chuva é abaixo de 10,0mm/mês, o valor médio deste índice é de 15,0 e nos outros meses com volume acima de 10,0mm/mês, é 18,0 (Figura 35B). Nos casos de ocorrência de chuvas significativas este índice variou entre 18,5 e 29,8 e o maior valor ocorreu em março (Figura 35C). Analisando diariamente os valores são maiores nos dias da ocorrência da chuva em relação aos dias que a antecedem; como este índice tem medida indireta da umidade, uma pequena variação pode ocorrer em virtude de a região ter valores elevados de umidade no nível de 850 hPa e, nos dias que antecedem, mas podem ser transportada por ventos fortes em altos níveis. Por tanto os valores dos dias anteriores deste índice não indicam a possibilidade de chuva.

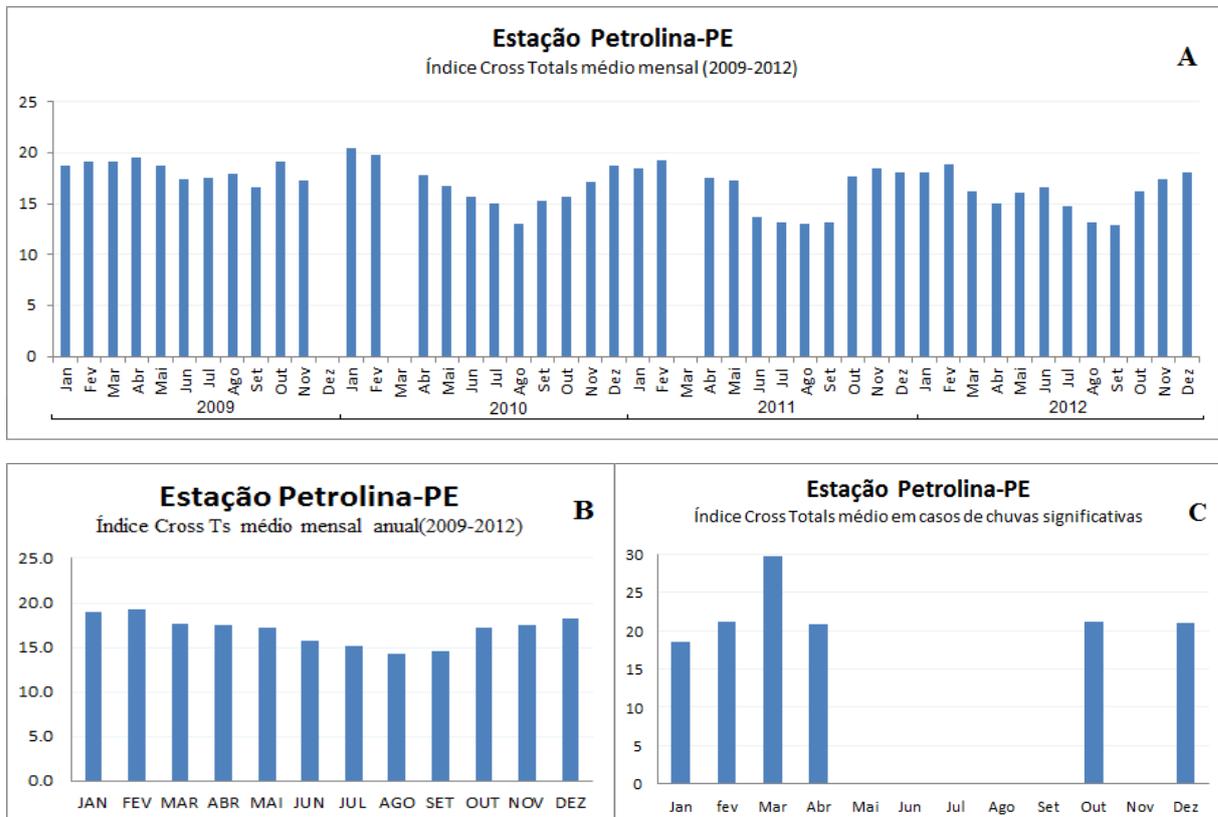


Figura 35. (A) valor médio mensal do índice Cross Totals. (B) gráfico médio anual do índice Cross Totals no período de 2009-2012. (C) índice Cross Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice Vertical Totals: este índice, tal como os anteriores, tem os maiores valores nos meses que coincidem com os meses mais chuvosos e o menor com o mês mais seco (Figura 36A). O menor valor médio mensal obtido foi 17,9 e ocorreu em agosto e o maior foi de 23,1 e foi obtido em dezembro; neste índice não ocorreu variação significativa em relação aos anos; portanto, na média do período os meses com o menor e o maior valor coincidiram com os calculados mês a mês (Figura 36B); nos casos com volume de chuva acima de 22,0mm/dia o menor valor foi de 21,9 e o maior de 24,5 (Figura 36C). A variação entre o dia que antecede a ocorrência da chuva e o dia em que ocorre é praticamente nulo, mas dois dias antes tende a ser ligeiramente maior, cerca de 4% e um dia depois volta a diminuir; nos meses de janeiro, abril e dezembro, o valor ficou em média em 24,1 e nos meses de fevereiro, março e outubro o valor foi menor de 22,1; nos demais meses não foi registrada chuva significativa. Sendo assim, este índice poder ser utilizado como um preditor, mas tem que utilizar de outros mecanismos, como modelo, para saber se existe realmente previsão para os próximos dias.

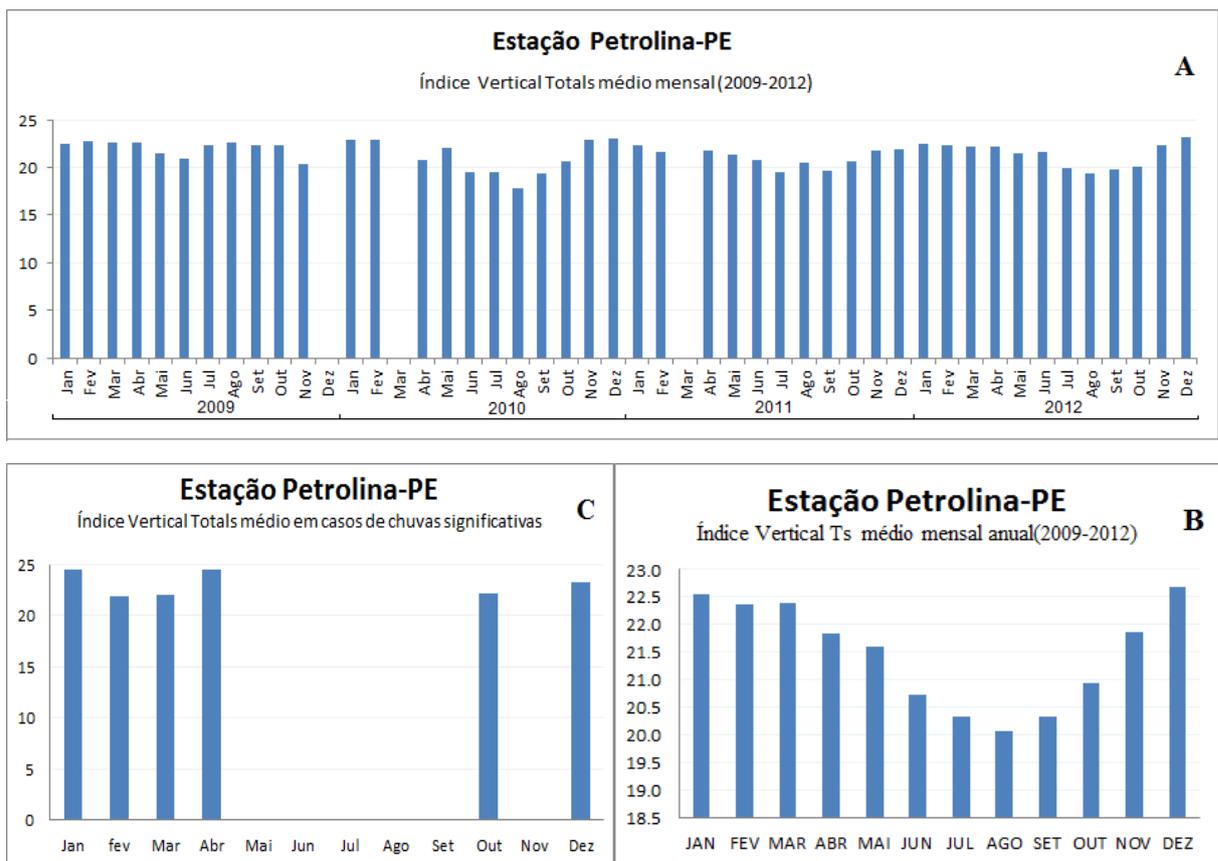


Figura 36. (A) valor médio mensal do índice Vertical Totals. (B) gráfico médio anual do índice Vertical Totals no período de 2009-2012. (C) índice Vertical Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice Total Totals: a variação apresentada por este índice no período, foi pequena, de apenas 12,4, e seguiu o regime pluviométrico; o menor valor ocorreu em agosto de 2010 e foi de 30,9 e o maior foi em janeiro deste mesmo ano e foi de 43,4 (Figura 37A), os valores médios mensais tiveram o mínimo no mês de agosto e o máximo no mês de fevereiro coincidindo com os meses de picos, de mínima e máxima precipitação anual (Figura 37B); nos valores médios dos casos em que ocorreu chuva significativa os valores tiveram pequena variação independente da estação do ano; apenas no mês de março o valor ficou bem abaixo com uma diferença de 8,3 (Figura 37C); a diferença deste índice entre os dias que antecedem a chuva significativa, foi pequena, mas os valores foram um pouco maiores a dois dias antes. Isto mostra que esse índice deve ser utilizado com auxiliar a outros métodos de previsão.

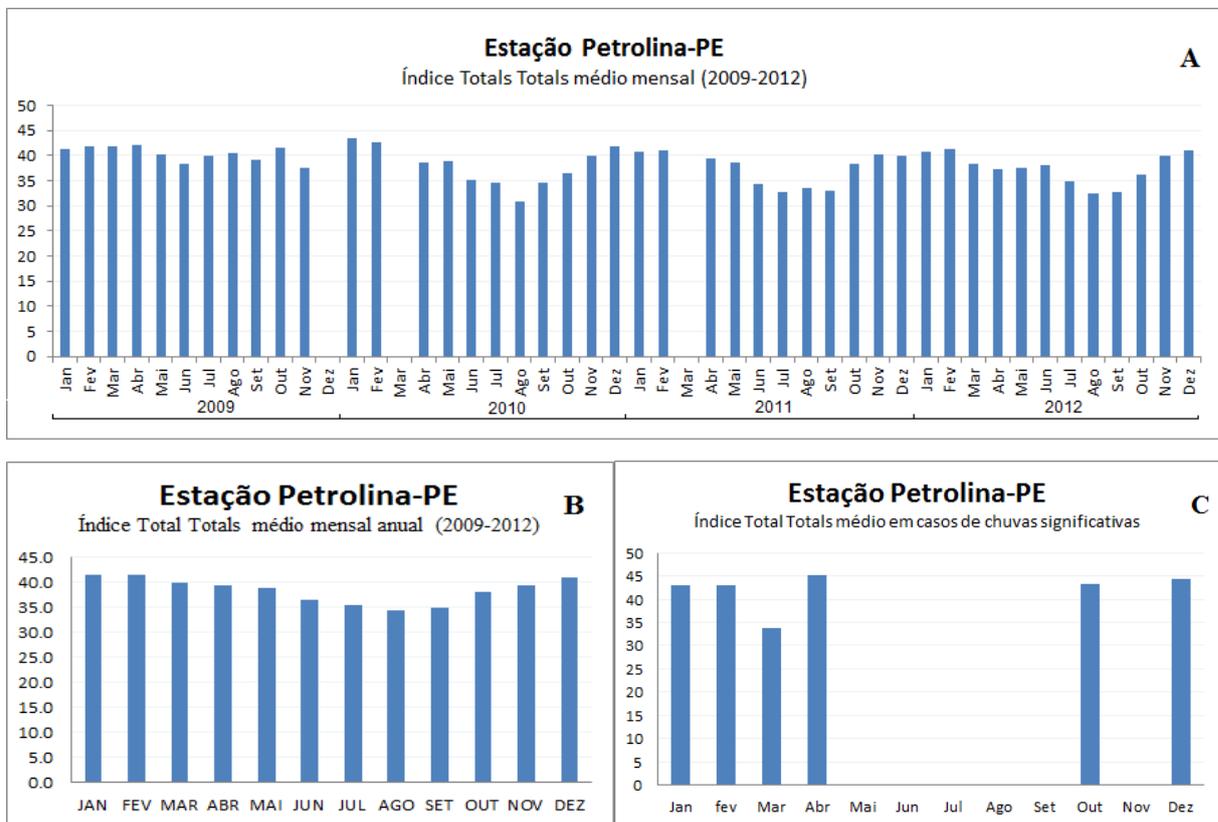


Figura 37. (A) valor médio mensal do índice Total Totals. (B) gráfico médio anual do índice Total Totals no período de 2009-2012. (C) índice Total Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice CAPE: este índice teve grande variação, principalmente quando se observa o comportamento médio mensal que ocorre ao longo de 2009, um ano com precipitação acima da média, que não teve simetria com o regime pluviométrico; observando toda a série, os valores foram diminuindo ano a ano (Figura 38A), lembrando que no volume de precipitação também ocorreu esta diminuição no período; agosto foi o mês em que ocorreu o menor valor, que foi de 1.1 no ano de 2012, exceto no ano de 2009, em que o menor valor ocorreu no mês de setembro; já o maior valor foi de 576,6, em fevereiro de 2010; nos valores médios mensais anuais o máximo valor é também em fevereiro mas o mínimo valor ocorreu em setembro; no comportamento do valor médio anual os valores ficaram abaixo de 100 (J/kg) no período de maio a outubro e a partir de novembro os valores ficaram acima deste valor (Figura 38B), na ocorrência de chuva significativa o maior valor foi em abril e o menor em janeiro (Figura 38C), observando o comportamento deste índice antes e depois de uma precipitação significativa, tem-se uma elevação de dias antes, que pode ser de até 55% e um dia depois ocorreu declínio nos valores deste índice, de até 68%; ressalta-se que a variável precipitação é uma observação diária entre as 09:00h local (12:00 TMG) até o mesmo horário do dia seguinte; no caso ocorrido em janeiro, que teve um valor baixo isto aconteceu em razão da chuva ter ocorrido no dia anterior, quando o índice foi de 378,6.

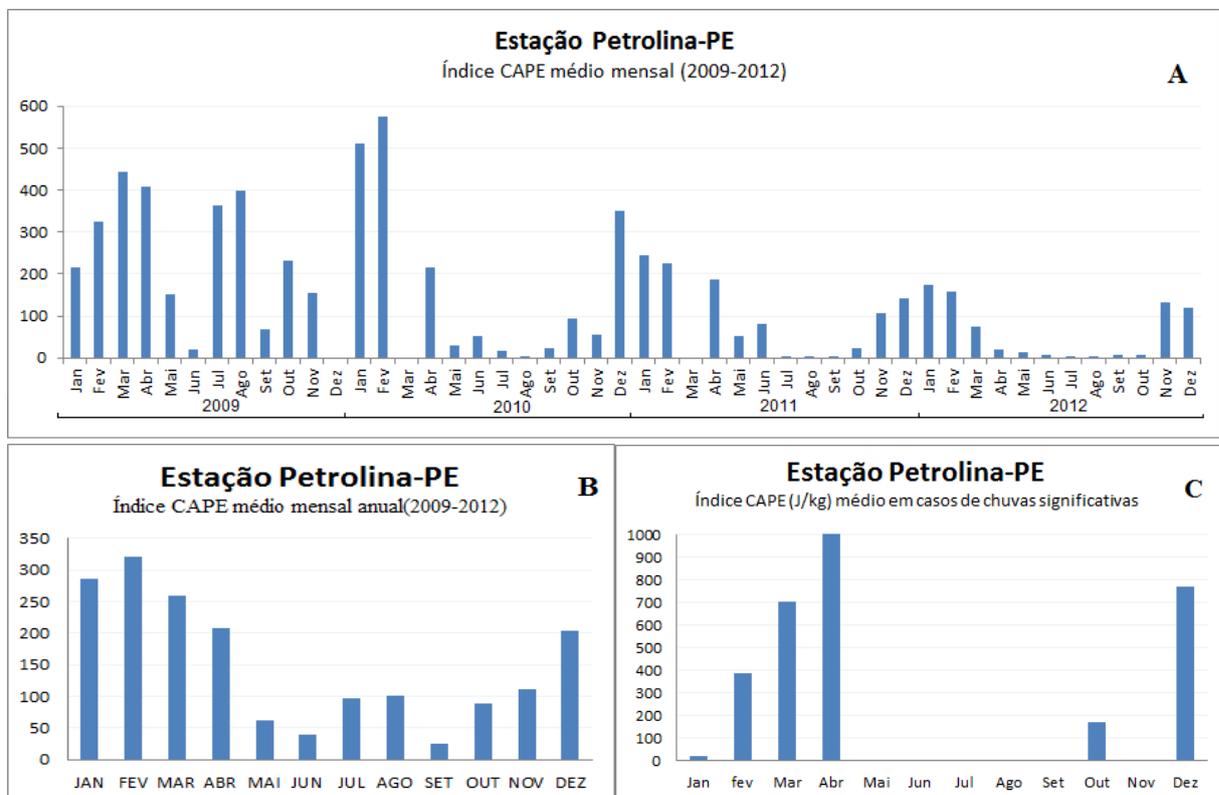


Figura 38. (A) valor médio mensal do índice CAPE. (B) gráfico médio anual do índice CAPE no período de 2009-2012. (C) índice CAPE médio para os casos de chuvas significativas

Índice CAPE (TV): o uso da temperatura virtual no lugar da energia do ambiente faz com que os valores sejam maiores, sem alterar o padrão; observando a Figura 38A e a 39A, observa-se grande semelhança entre os dois padrões; quanto ao valor médio mensal, o menor foi de 2,6 enquanto no CAPE foi de 1,1, o maior valor foi de 674,7 e o do CAPE, de 575,5; como se previa a mesma semelhança ocorre quando se observa a média mensal anual e o padrão é o mesmo do CAPE pois existem apenas os valores maiores (Figura 39B); na ocorrência de chuvas significativas em relação ao CAPE, os valores apresentaram maior amplitude, ou seja, os menores valores diminuíram e os maiores se elevaram (Figura 39C) nos casos verificados no período de fevereiro a abril e nos casos de dezembro os valores dois dias antes até o dia da chuva tiveram uma elevação que chegou a ter seu valor em até 50%. De um modo geral o índice CAPE mostrou-se um bom indicativo para eventos de precipitação na estação de Petrolina.

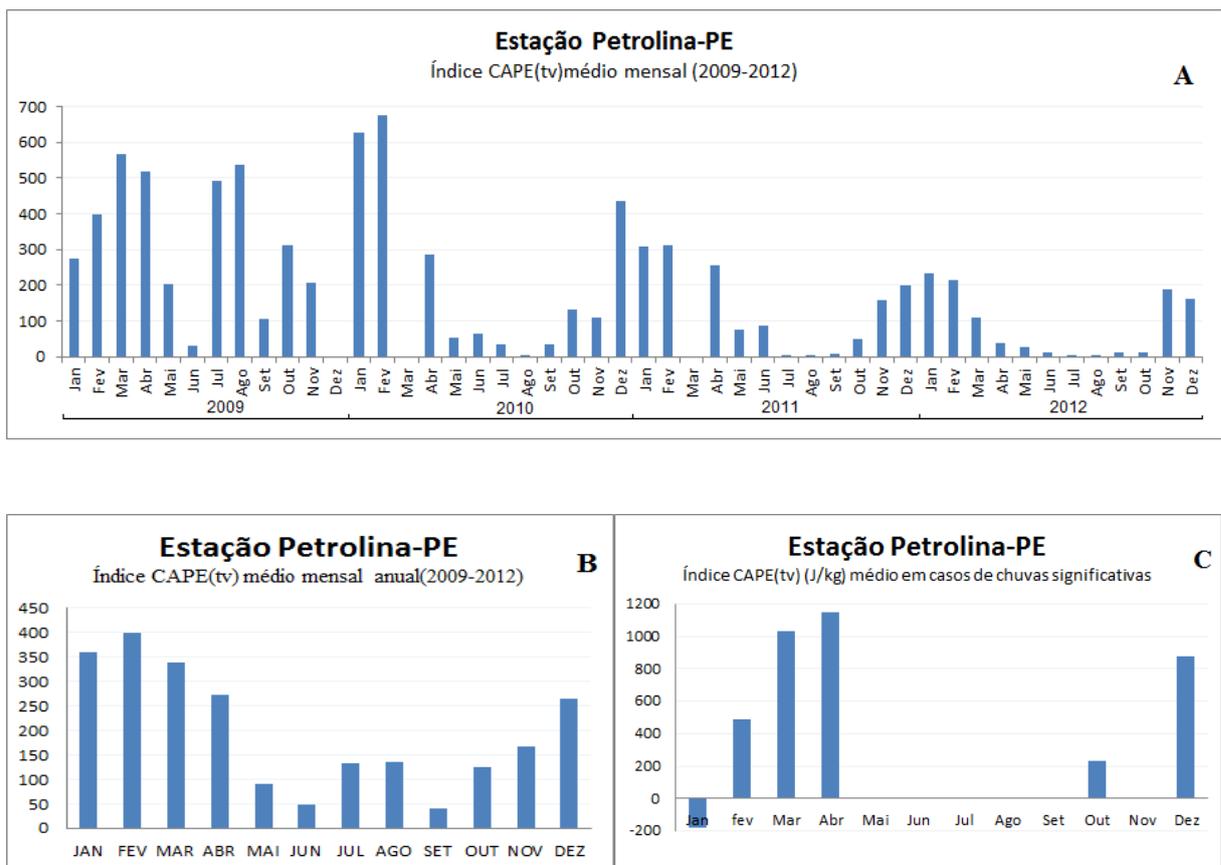


Figura 39. (A) valor médio mensal do índice CAPE(TV). (B) gráfico médio anual do índice CAPE(TV) no período de 2009-2012. (C) índice CAPE(TV) médio para os casos de chuvas significativas

RESUMO DOS INDICES PARA O GRUPO UM

Os valores do índice Showalter médio mostraram variação inversa com o período de maior volume de chuva, ou seja, é maior no período seco e menor no período chuvoso, o que também pode ser observado nos dias que antecedem a chuva significativa, cujos valores são menores no dia em que ocorre a chuva.

O índice Lift apresentou uma variação entre um ano chuvoso e outro mais seco além de relação inversa com o período de maior volume de chuva; mostrou também sensibilidade com os dias em que ocorreu uma chuva considerável, já que declinam um dia antes de ocorrer a chuva; a utilização da temperatura virtual neste índice no lugar da temperatura do ambiente, faz com que apenas os valores sejam, de um modo geral, menores mas não demonstrou ganho na sensibilidade.

Quando o período analisado tem muita chuva o padrão do índice sweat tem valores bem elevados, já em anos secos os valores são bem menores; na análise de caso de chuvas significativas os valores aumentam antes e depois diminuem, mostrando um indicativo e uma possível previsibilidade para esta região, que tem esse tipo de regime pluviométrico.

Os elevados valores nos meses com chuva, independente de qual a época do ano, ou seja, que seja seca ou chuvosa constituem em uma das qualidades do índice K; a elevação do valor no dia da ocorrência de chuva significativa para valores em torno dos 32, faz com que este índice possa ser utilizado.

O padrão do índice Cross Totals não é bem definido ao longo do ano, para um ano mais chuvoso nem também para um ano mais seco, porém quando se observam os casos de chuva significativa os valores se elevam um dia antes da ocorrência da chuva e no dia depois começam a cair, outra facilidade de cálculo que o tornar um índice que pode ser muito útil.

No índice Vertical Total não há uma medida da umidade; apenas da temperatura na camada entre 850hPa e 500hPa isto fica representado no padrão encontrado ao longo dos anos, pois não mostra variação significativa com o volume de chuva, mas no caso de chuvas diárias os valores têm pequena elevação no dia.

Medidas indiretas da umidade favorecem com que o índice Total Totals mostre um padrão diferente entre um ano com maior volume e outro com menor, embora os valores tenham alterações o padrão ao longo dos anos se mantém; a variação do valor entre os dias que antecedem a chuva e o em que ela ocorrer, existe, mas é muito pequena.

O índice CAPE teve grande variação nos seus valores porém tem uma diferença nítida entre o período seco e o chuvoso; no entanto, esta diferença não é tão nítida quando se

analisam os casos de chuva e embora os valores se elevem, parece que este valor deve ser caracterizado mês a mês; a utilização da temperatura virtual tem como principal contribuição a elevação dos valores mas com o mesmo comportamento ao se utilizar a temperatura do ambiente.

4.4.2. Grupo dois

A estação a ser utilizada para este grupo será a de Campina Grande, PB devido a disponibilidade de dados de precipitação. Nos últimos anos o volume de precipitação se manteve dentro da média, ressaltando-se que no ano de 2012 choveu apenas 70% do volume que era esperado de 875,4 mm/ano; o trimestre chuvoso da região se estende de maio a julho, o último mês mais chuvoso. Neste período a precipitação anual foi de 40% cuja média da chuva, de 2009 a 2012 foi de 50% do volume anual. De janeiro a setembro chove acima de 60 mm/mês, já nos últimos três meses do ano o volume é inferior a 20 mm/mês; esta diferença significativa entre o período de quatro anos e a climatologia foi de chuva abaixo do normal no mês de março e acima no mês de julho (Figura 40); a quantidade de ocorrência neste período de volume de chuva que ultrapassa 22 mm/dia foi de 48 casos, dos quais 24 foram dentro do período chuvoso, que é também o período da ocorrência de DOL na faixa leste do NEB.

Na área correspondente a este grupo não há nenhuma estação de altitude que pudesse ser utilizada, portanto não foi possível acompanhar o comportamento dos IIA para este grupo.

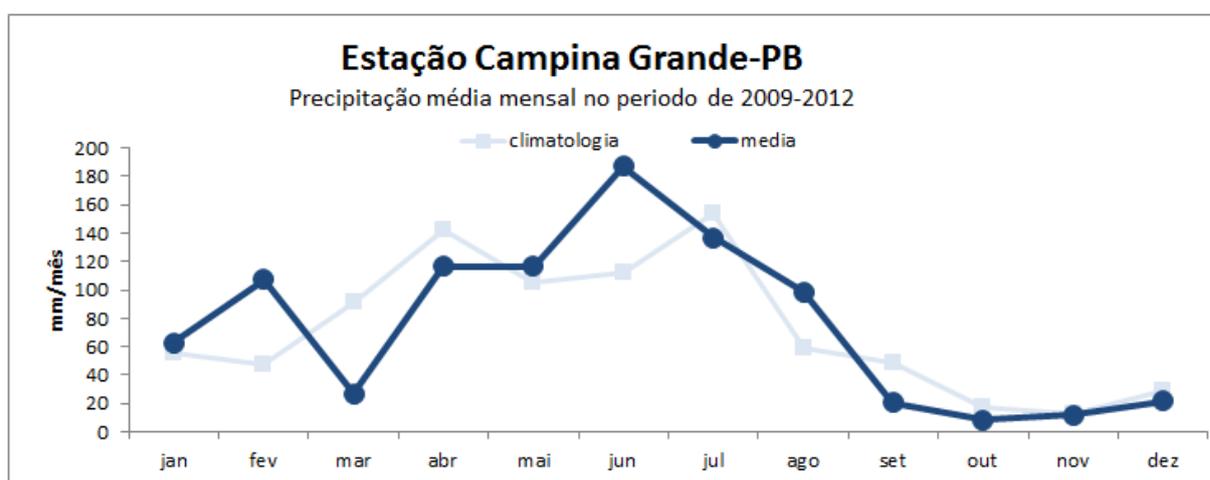


Figura 40. Precipitação média anual de 2009 a 2012 com índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Campina Grande, PB

4.4.3. Grupo três

Este grupo, tem como trimestre climatologicamente chuvoso, os meses de janeiro, fevereiro e março. Na classificação feita à área que abrange este regime, existem duas estações de altitudes, Floriano, PI e Caravelas, BA; como a ocorrência de chuvas significativas em apenas um dia é maior na primeira estação foi a escolhida para representar o grupo. No período de 2009-2012 estão disponíveis 1123 radiossondagens e o mês com a maior quantidade mensal foi março, com 114 radiossondagens. A precipitação média mensal no período 2009 a 2012 foi 76% acima do valor climatológico, que é de 971,0 mm/ano; neste período ocorreu uma grande variação pluviométrica pois no ano de 2009 choveu 2560,0 mm/ano, 164% maior que o climatológico e nos anos seguintes foi diminuindo gradativamente, até que em 2012 choveu 838,5 mm/anos ficando 14% abaixo da média. Na análise da precipitação média anual é que, o regime pluviométrico, dessa estação estatisticamente o trimestre seco centrado em agosto teve neste período centrado em outubro(Figura 41A).

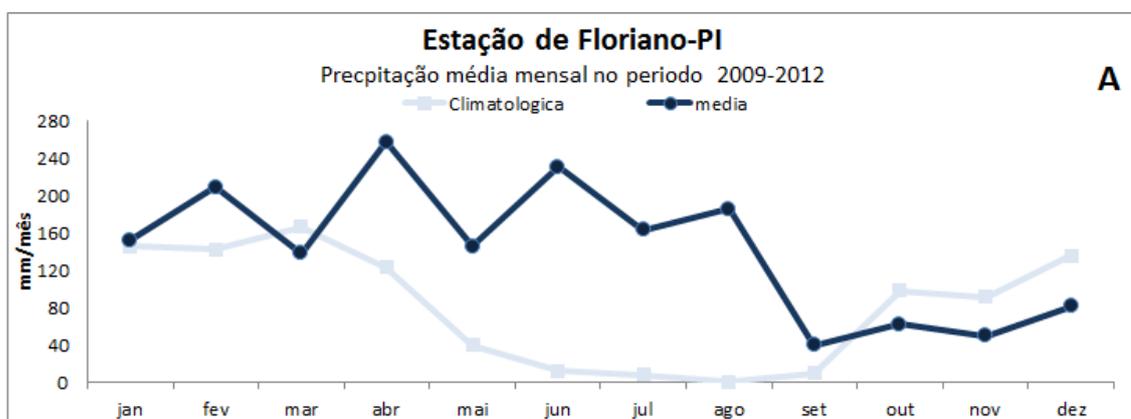


Figura 41A. precipitação media anual do período de 2009 a 2012 com o índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Floriano, PI

O capítulo 2 indica qual o fenômeno meteorológico associado às chuvas deste grupo que, possivelmente, não são os distúrbios ondulatórios de leste uma vez que no período de maior atuação deste sistema meteorológico o volume de precipitação na estação de Floriano, PI corresponde a apenas 6,2% do volume anual climatológico. No período 2009-2012 existe uma diferença e a média a precipitação correspondeu a 25,4% da precipitação; no caso em que a chuva ultrapassar os 22,0 mm/dia foram registrados neste período 49 ocorrências.

Buscando o comportamento dos IIA para o regime de precipitação do grupo 3 far-se-á uma análise de cada índice, a seguir:

Índice Showalter: na estação de Floriano-PI o ano de 2009 teve uma precipitação anual de 163.4% acima do valor climatológico e neste ano o índice médio mensal apresentou os menores valores dentro o período 2009 e 2012 (Figura 41B); a oscilação dos valores médios mensais para o período dos 4 anos, considerando-se dias com chuva, como sem chuva foi de 0.5 no mês de fevereiro e 6.5 foi a sua média em de agosto (Figura 41C); na climatologia esses são os meses em que estão centralizados os trimestres chuvosos e o seco, respectivamente. Os menores valores deste índice estão associados à ocorrência de chuva, pois a medida em que se levanta a parcela na atmosfera, tem-se um resfriamento maior que o do ar ao seu redor; assim, e em caso de ocorrência de chuva significativa o índice médio variou entre -1.7 e 2.2 com o menor valor no mês de dezembro e o maior em janeiro (Figura 41D). Analisando dois dias antes da ocorrência da chuva observa-se que os valores são relativamente menores nos dias da chuva.

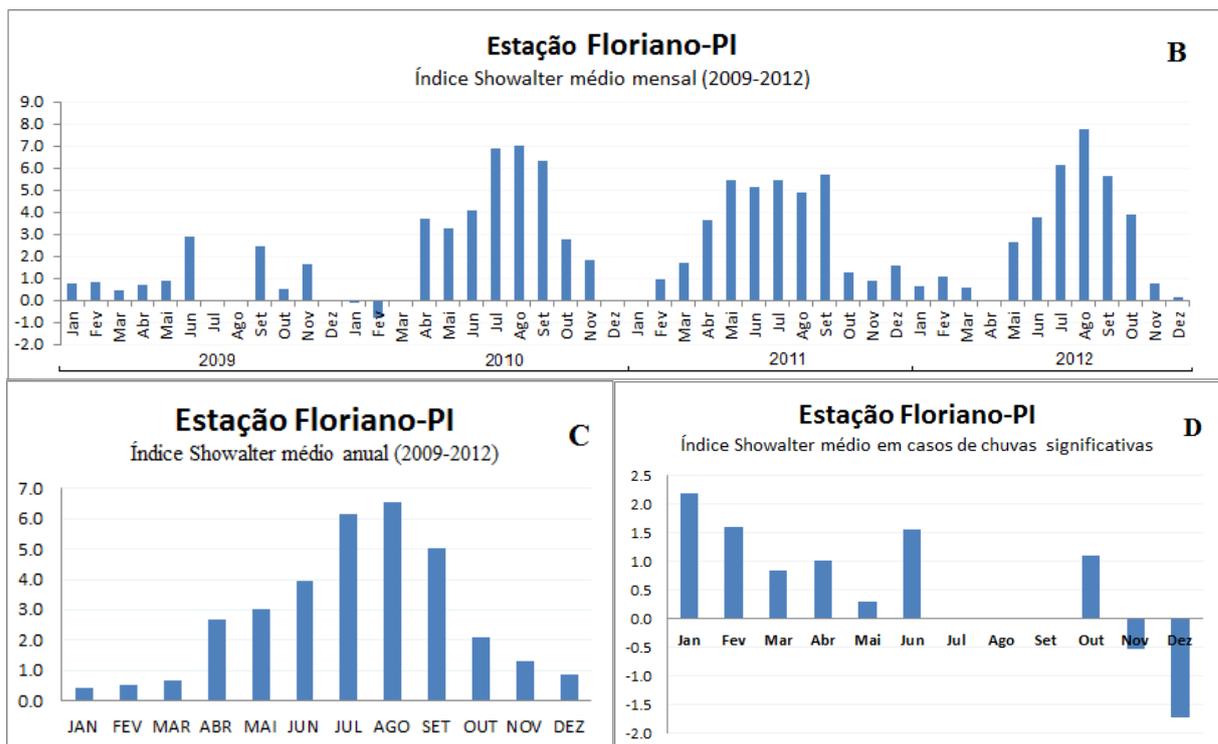


Figura 41. (B) valor médio mensal do índice Showalter. (C) gráfico médio anual do índice Showalter no período de 2009-2012. (D) índice Showalter médio para os casos de chuvas significativas

Índice Lift: Em 2009 não houve sondagem nos meses de julho, agosto e dezembro e nos meses de junho, setembro e outubro foram positivos, nos demais meses desse ano foram negativos. Nos outros anos os valores foram positivos em maio e nos outros meses negativos (Figura 42A). A variação deste índice médio anual no período foi entre -1,69 e 5,45, sendo que os maiores valores foram no período no qual o índice pluviométrico médio mensal é o menor do ano, como é o caso de setembro (Figura 42B). Na ocorrência de chuva acima de 22,0 mm/dia os valores variaram entre -1,71 a 5,45 em maio e junho respectivamente (Figura 42C). Observando os valores deste índice dias antes da ocorrência de chuva significativa, os valores sofrem uma elevação que depende do mês, por exemplo, na média dos casos de fevereiro os valores passaram de -1.15 para -1.02; já em junho o valor passou de -2,27 dois dias antes para 5,00 no dia da ocorrência da chuva.

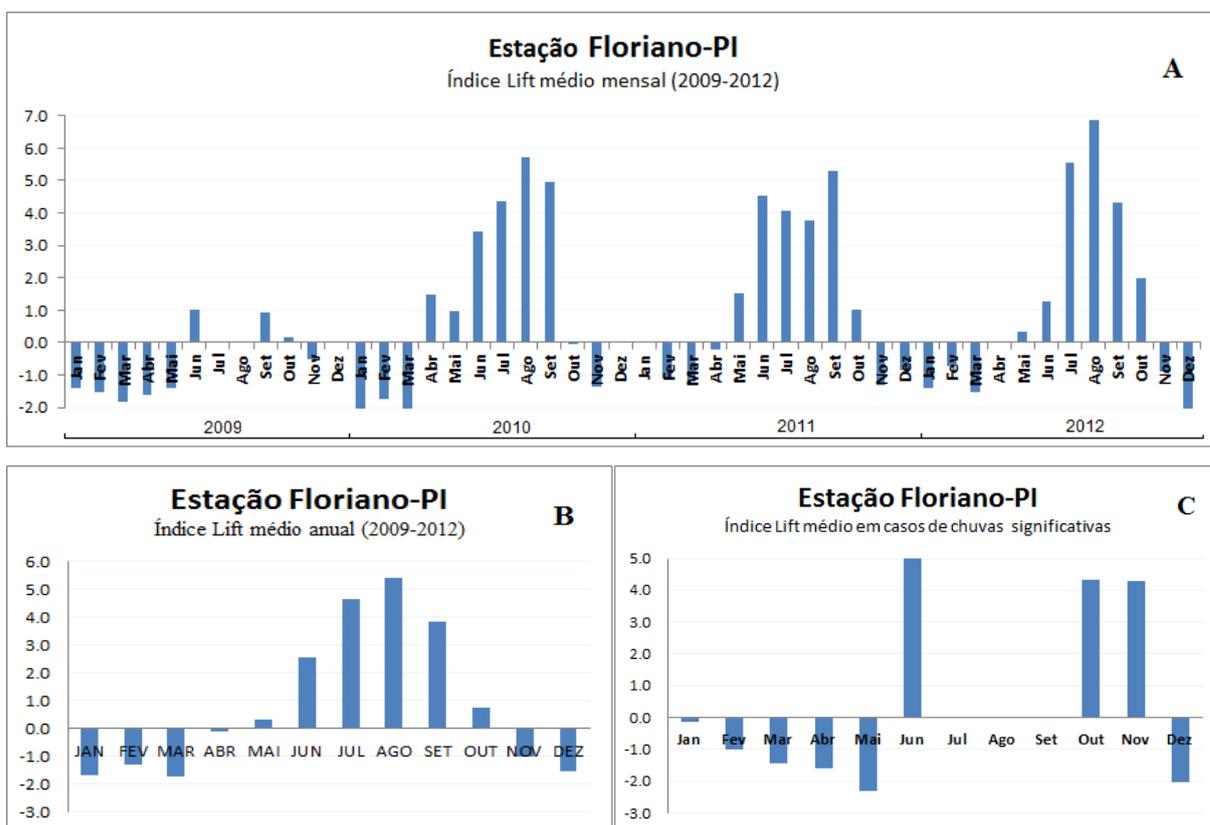


Figura 42. (A) valor médio mensal do índice Lift. (B) gráfico médio anual do índice Lift no período de 2009-2012. (C) índice Lift médio para os casos de chuvas significativas

Índice Lift(TV): Ao longo desses 4 anos os valores encontrados deste índice, variaram entre -2,87 e 6,42. Os maiores valores ocorreram nos meses mais secos dos anos mais secos e os menores no período chuvoso, principalmente no ano de 2009 (Figura 43A). Ao longo do período de 2009-2012, os valores médios foram -2,33 e 4,96, o menor valor foi no mês de março e o maior, em mês de agosto (Figura 43B). Quando se compara este índice com o anterior e a diferença médio anual os valores do índice sem a temperatura virtual têm amplitude maior; como no Lift os valores tendem a ser relativamente maiores no dia em que ocorre chuva significativa quando comparados com os dias que antecedem. Analisando os valores nos casos de chuva significativa, conclui-se que o índice variou entre -3.01 e 4.87 tendo o menor valor no mês de maio e o maior em mês de junho (Figura 43C). A utilização da temperatura virtual no índice LIFT não modifica o comportamento do índice, apenas os valores.

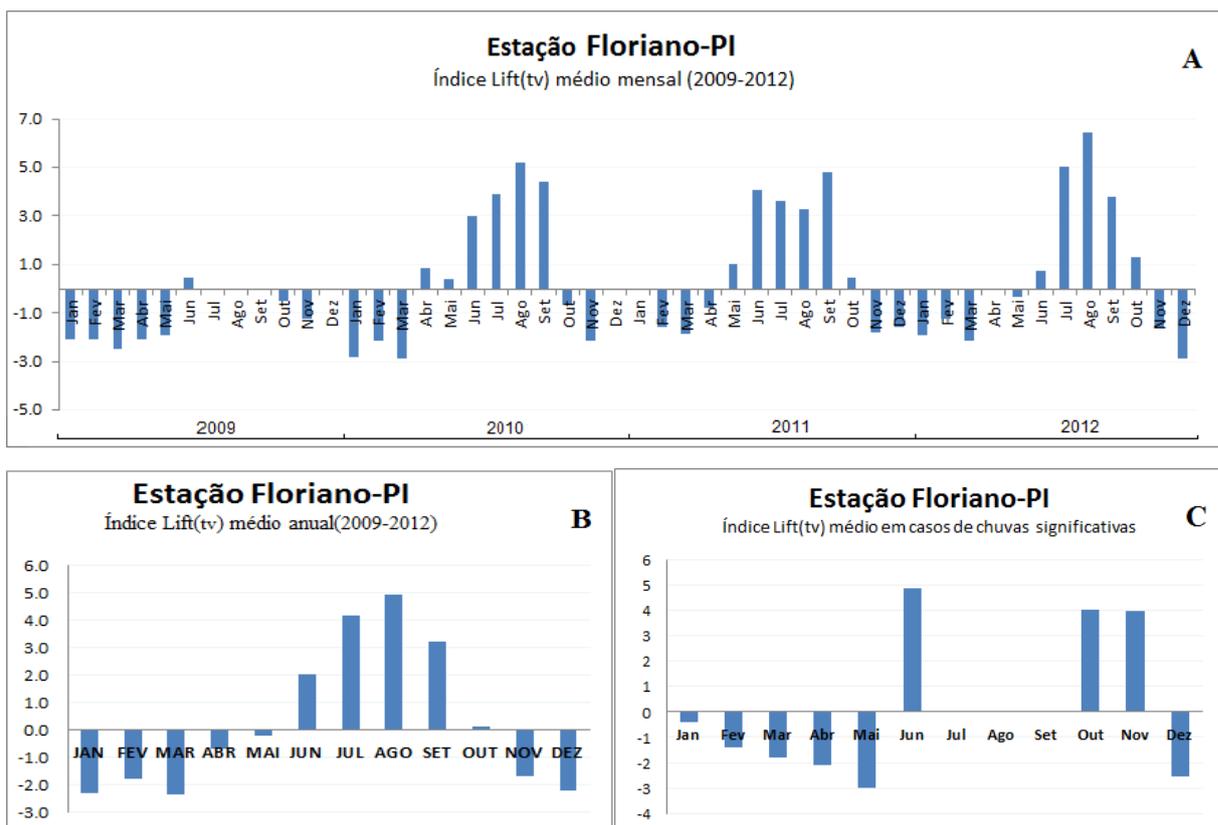


Figura 43. (A) valor médio mensal do índice Lift(tv). (B) gráfico médio anual do índice Lift(tv) no período de 2009-2012. (C) índice Lift(tv) médio para os casos de chuvas significativas

Índice Sweat: Este índice tem valores bem maiores que os anteriores e o comportamento também é bem peculiar, com os maiores valores no período de grande volume de chuva e os menores no tempo de pouca chuva. Ao longo dos 4 anos o menor valor foi de 143, em agosto e o maior de 252 em fevereiro ambos em 2010 (Figura 44A). Mesmo no ano de 2009 não ocorrendo sondagem em três meses, o maior valor médio ocorreu neste ano, implicando em que quanto mais chuvoso o período maior é o valor do Swet. A diferença entre um ano chuvoso e um ano com menor volume pluviométrico não é tão grande pois o desvio padrão de todo o período foi de apenas 10,4 apenas. Em valores médios anuais do índice fica evidente a correlação deste índice com a chuva cuja variação ocorreu entre 154,0 e 220,9 com o menor valor em agosto e o maior em fevereiro (Figura 44B); na ocorrência de chuva significativa no Swet os valores foram mais elevados no mês de novembro e os menores em fevereiro (Figura 44C); nos meses de janeiro a fevereiro os valores do índice dois dias antes foram menores que o do dia da chuva, enquanto nos outros meses ocorreu o contrário, ou seja foram menores maiores.

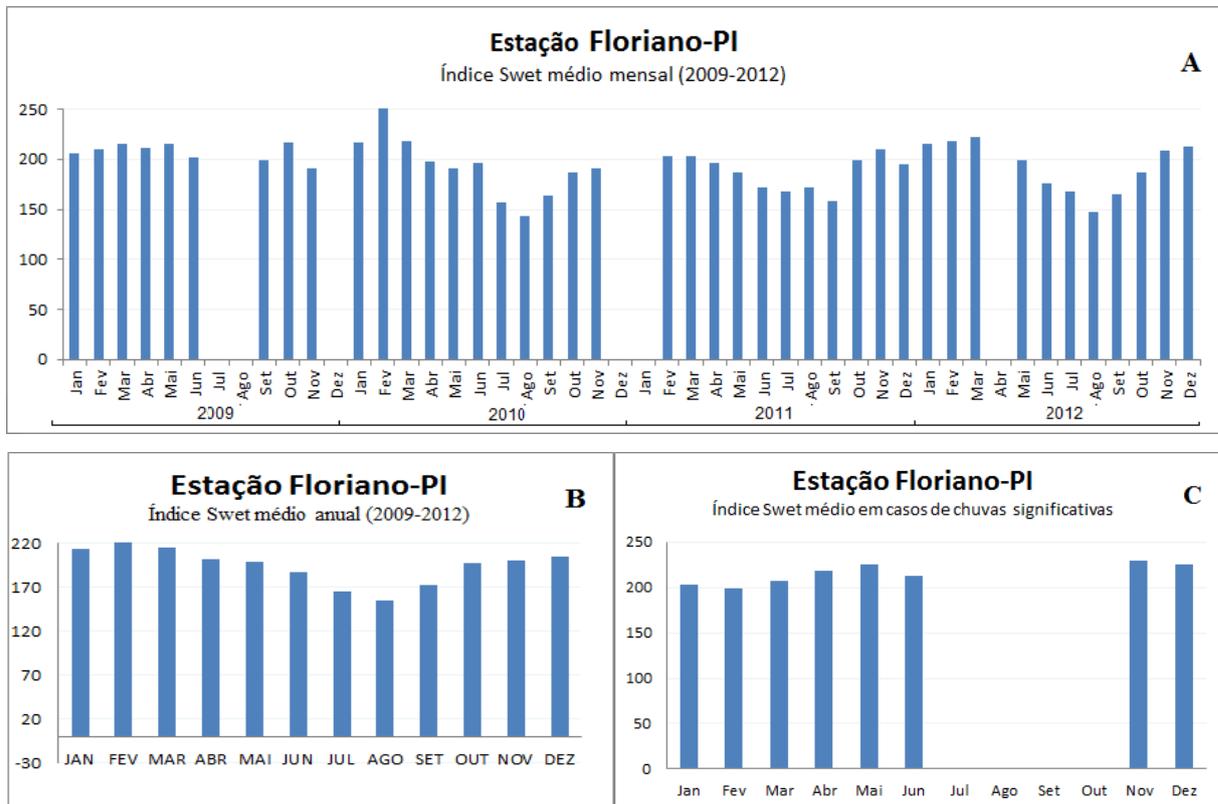


Figura 44. (A) valor médio mensal do índice Swet. (B) gráfico médio anual do índice Swet no período de 2009-2012. (C) índice Swet médio para os casos de chuvas significativas

Índice K: Os valores médios mensais deste índice oscilaram entre 9,3 e 33,7 com o menor valor ocorrendo em agosto de 2012 e o maior em janeiro de 2009 (Figura 45A). Embora o máximo desse índice tenha ocorrido em um ano chuvoso, a diferença entre anos com volumes baixos e elevados não é significativa pois o desvio padrão para o período foi de 2,41; na média anual o maior valor do índice também é em janeiro e vai diminuindo até os meses de julho e agosto, com o menor valor ocorrendo em setembro (Figura 45B). Analisando o índice na ocorrência de chuva significativa tem-se uma variação entre 28,7 e 33,9 com o menor valor em abril e o maior em novembro; dois dias antes da chuva os valores foram ligeiramente superiores, continuando depois e apresentaram um valor característico para cada mês (Figura 45C).

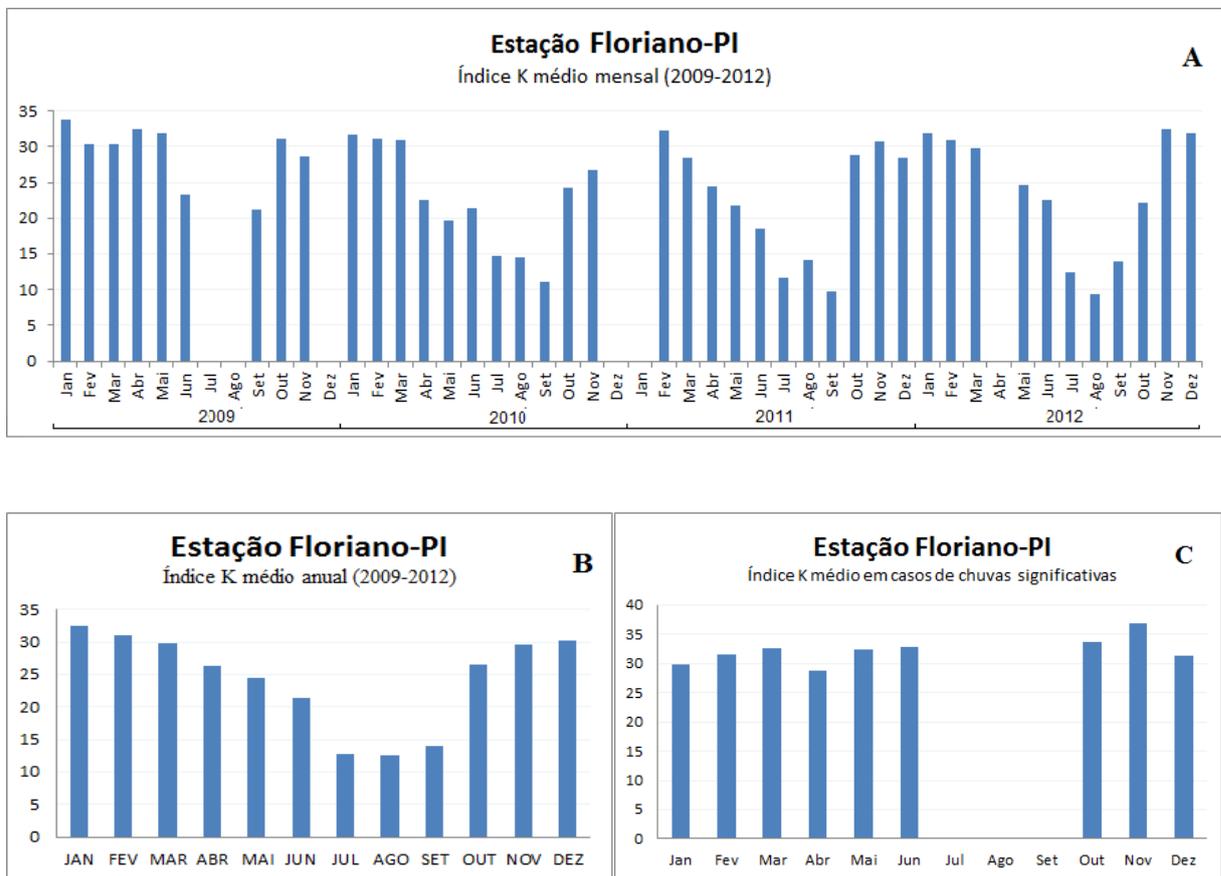


Figura 45. (A) valor médio mensal do índice K. (B) gráfico médio anual do índice K no período de 2009-2012. (C) índice K médio para os casos de chuvas significativas

Índice Cross Totals: Os valores oscilaram ao longo dos 4 anos sendo bem semelhantes, com o menor valor de 12,0 e o maior de 21,1 além de um desvio padrão de 2,52. Este índice apresentou valores elevados no ano de 2009 em relação aos outros anos principalmente nos meses que compõem o período seco (Figura 46A). Na média anual os valores entre 2009 e os outros anos foram de apenas 2,2; considerando os valores médios anuais extremos do índice no período dos 4 anos, a amplitude foi de 7,0, com o menor valor em agosto e o maior em janeiro (Figura 46B). Nos casos em que ocorreu chuvas significativas este índice variou entre 18,7 e 22,7 com maior valor ocorrendo em dezembro (Figura 46C). Os valores diários são maiores nos dias em que antecedem a chuva, ficando em torno de 19,2 para o período de janeiro a abril e de 20,9 de maio a dezembro. Os valores desse índice acima de 19,0 podem ser identificadores de possíveis chuvas acima de 22,0mm/dia

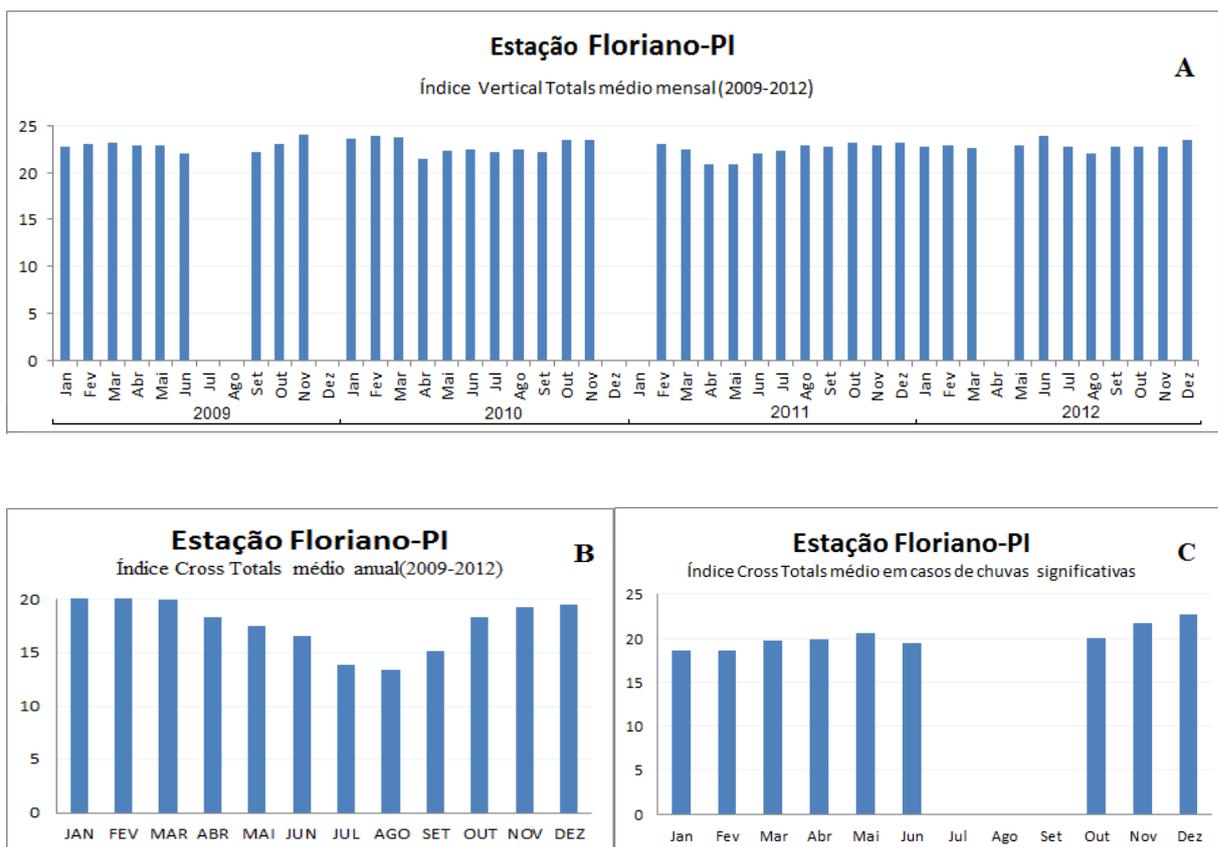


Figura 46. (A) valor médio mensal do índice Cross Totals. (B) gráfico médio anual do índice Cross Totals no período de 2009-2012. (C) índice Cross Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice Vertical Totals: este índice sofre uma pequena variação ao longo do período 2009-2012, de apenas 3,1 (Figura 47A) e entre os anos, as médias ficam praticamente iguais, isto é, apenas 0,4 menor no ano de 2010. Como este índice não leva em conta a umidade, então mostra que seus valores independem do período chuvoso ou seco. O menor valor médio anual foi de 21,8 e ocorreu em abril enquanto o maior foi de 23,3, ocorreu em dezembro (Figura 47B). Na ocorrência de chuva com volume acima de 22,0 mm/dia o menor valor foi de 22,2 e o maior de 24,0 (Figura 47C). A variação nos dias que antecedem a chuva em relação ao dia em que ela ocorreu foi um pouco menor no mês de janeiro e no período de maio a dezembro e maior no período de fevereiro a março. Valores que são acima de 21,0 podem ser um indicativo de possíveis chuvas fortes para esta estação.

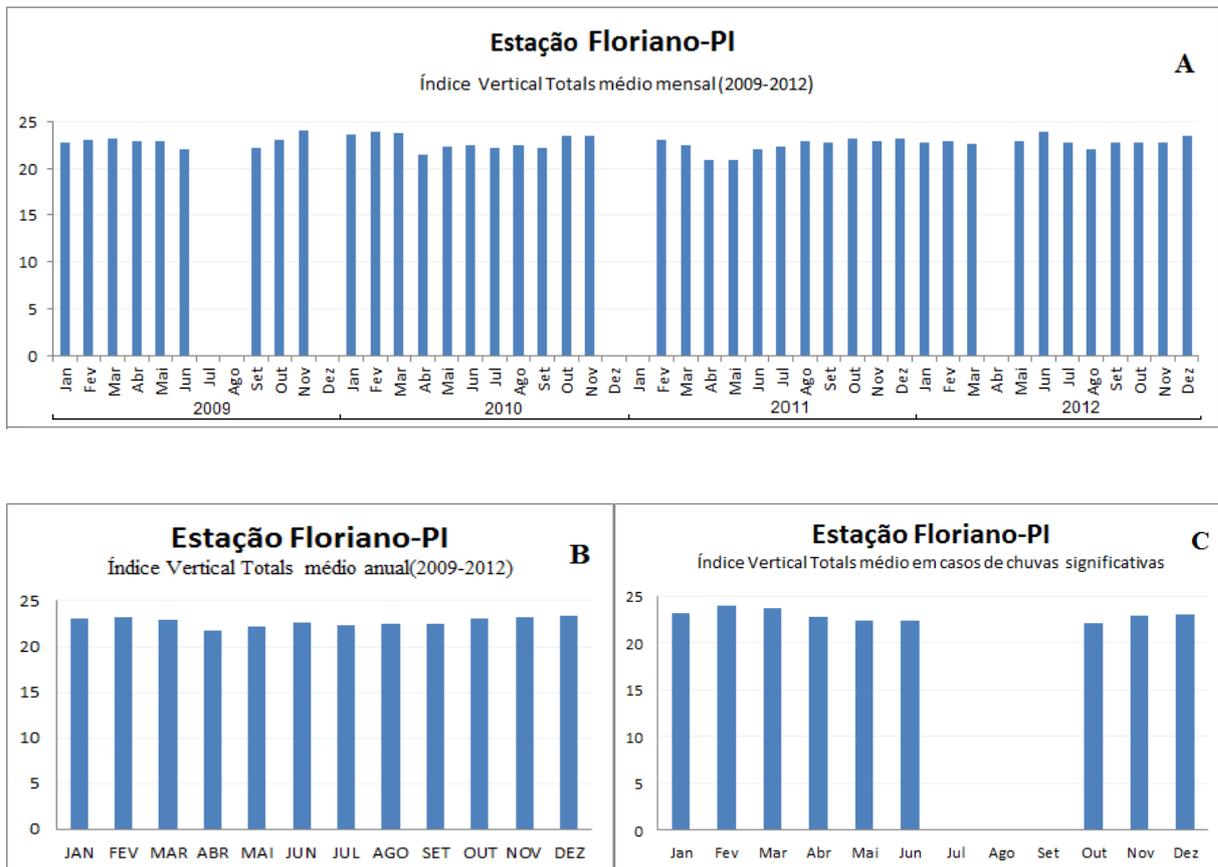


Figura 47. (A) valor médio mensal do índice Vertical Totals. (B) gráfico médio anual do índice Vertical Totals no período de 2009-2012. (C) índice Vertical Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice Total Totals: o comportamento desse índice médio mensal não demonstra semelhança com o regime pluviométrico, mas nos anos com maior volume de chuva o índice tem valores maiores motivo pelo qual os valores em 2009 são maiores na média que nos outros anos do período (Figura 48A). O menor valor médio mensal ocorrido no período 2009-2012 foi de 34,0 em agosto de 2012 e o maior de 60,1 em fevereiro de 2010. Nos valores médios anuais o mínimo e o máximo ocorreram nos mesmos meses da média mensal (Figura 48B). Na ocorrência de chuva significativa os valores médios teve pequena variação, independente da estação do ano (Figura 48C). Como o período de 2009 a 2012 pode ser considerado em média, chuvoso e que se estendeu até agosto, pela climatologia vai normalmente até abril, a média dos valores em casos de chuvas maiores que 22,0mm/dia no período de janeiro a agosto foi 1,6 menor que nos demais meses e se situou em torno de 42,6 sendo que dois dias antes a média foi de 43,4.

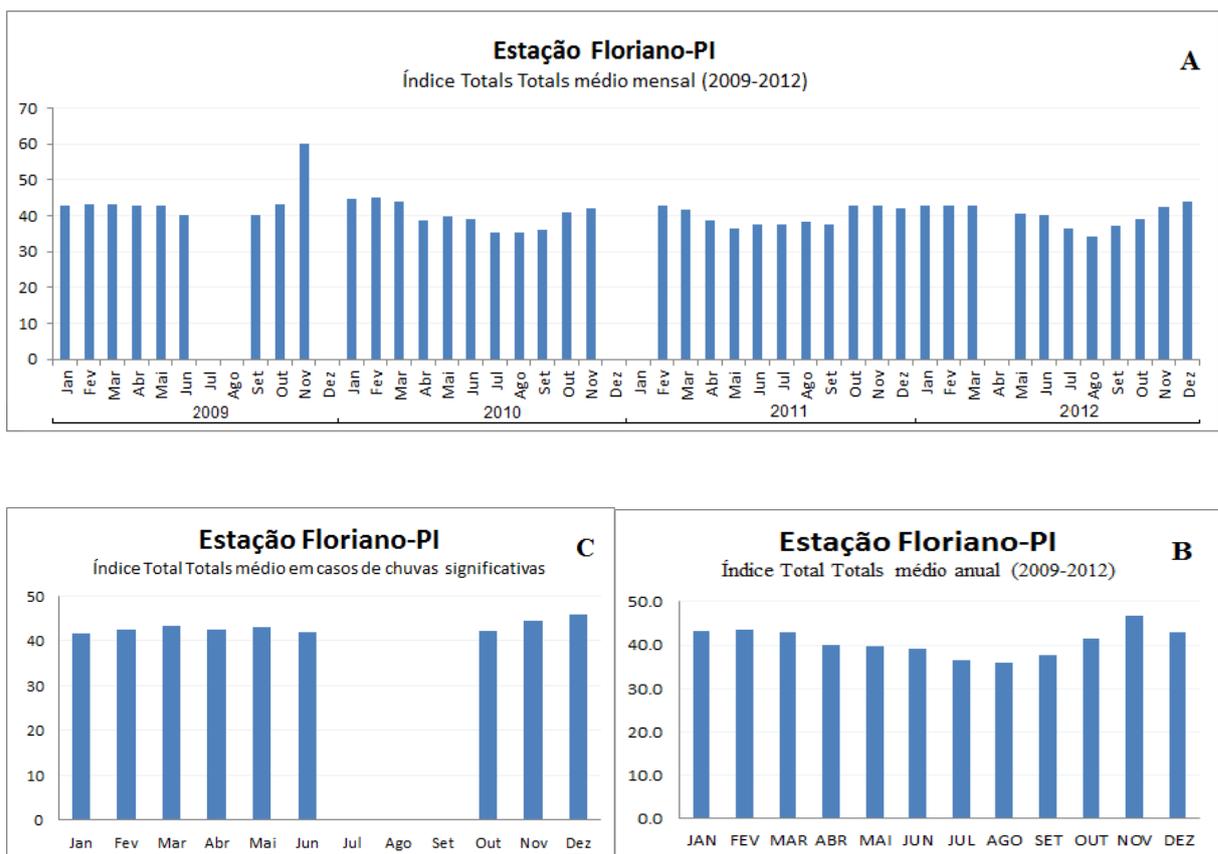


Figura 48. (A) valor médio mensal do índice Total Totals. (B) gráfico médio anual do índice Total Totals no período de 2009-2012. (C) índice Total Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice CAPE: a variação dos valores deste índice de um ano para outro foi grande com o maior valor ocorrendo no ano de 2009 e o menor no ano de 2011, que coincidindo com o ano de maior e menor volume de precipitação. O menor e o maior valor ocorreram no ano de 2012 e foram de 6,2 (J/kg) em julho e 953,9 (J/kg) em dezembro, respectivamente (Figura 49A). Analisando os valores médios anuais tem-se que o menor valor foi de 54,6 (J/kg) em agosto e o maior de 738,1(J/kg), em janeiro. Os valores acima de 400 (/kg) no período de janeiro a maio e de outubro a dezembro e abaixo de 120 (J/kg) foram observados no período de junho a setembro (Figura 49B). Observando o índice no caso de chuva significativa o maior valor foi em novembro e o menor em janeiro (Figura 49C). No período de fevereiro a maio e nos meses de outubro e novembro os valores foram um dia antes menores que no dia em que ocorreu chuva e variaram entre 399 (J/kg) e 1006 (J/kg); nos meses de janeiro, junho e dezembro os valores no dia em que ocorreu chuva significativa, foi de 130(J/kg) que é apenas 10% do valor que o índice tinha no dia anterior.

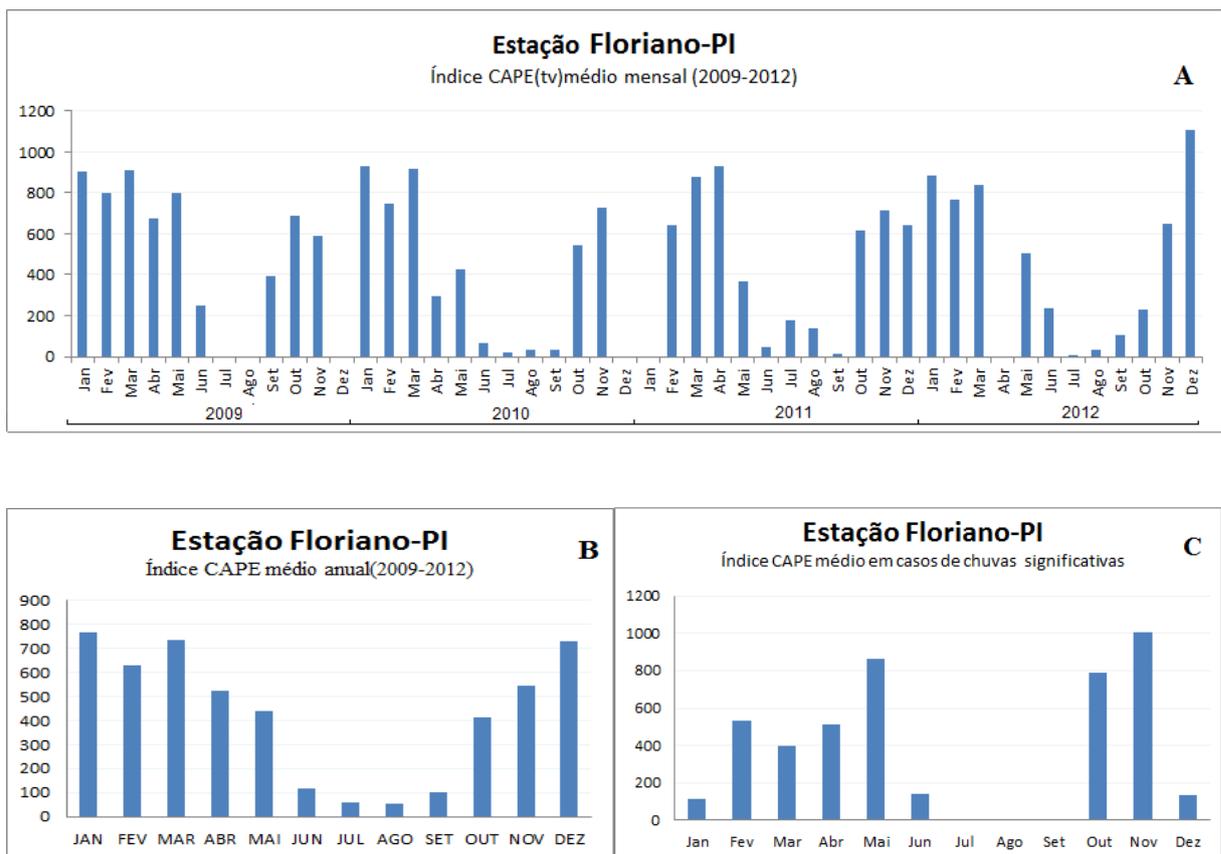


Figura 49. (A) valor médio mensal do índice CAPE. (B) gráfico médio anual do índice CAPE no período de 2009-2012. (C) índice CAPE médio para os casos de chuvas significativas

Índice CAPE (tv): o padrão deste índice é muito semelhante ao do CAPE em temperatura ambiente a diferença é que os valores com o uso da temperatura virtual são maiores; por exemplo, o menor valor da série no caso do CAPE foi de 6,2(J/kg) e o maior de 953,9(J/kg) enquanto no CAPE (tv) foi de 9,4(J/kg) e o maior de 1107,1(J/kg). Os maiores e menores valores mensais ocorreram no ano de 2012 (Figura 50A). No valor médio mensal o menor foi de 69,4(J/kg) em agosto e o maior de 905,6(J/kg) em janeiro (Figura 50B). Na ocorrência de chuvas significativas com relação ao CAPE, os valores tiveram uma amplitude maior no período climatologicamente, mais chuvoso, os valores foram mais elevados nos dias que antecedem a chuva que o dia em que ocorreu, exceto no mês de fevereiro. No período de janeiro a maio o valor apresenta tendência de elevação; nos meses de junho e outubro o valor é pequeno, em torno de 200(J/kg); já em novembro tem uma elevação voltando a diminuir em dezembro (Figura 50C); nos meses de janeiro a março e em dezembro o valor é cerca de 10% maior no dia que antecede a ocorrência de precipitação de 22,0 mm/dia e o valor é abaixo de 700(J/kg).

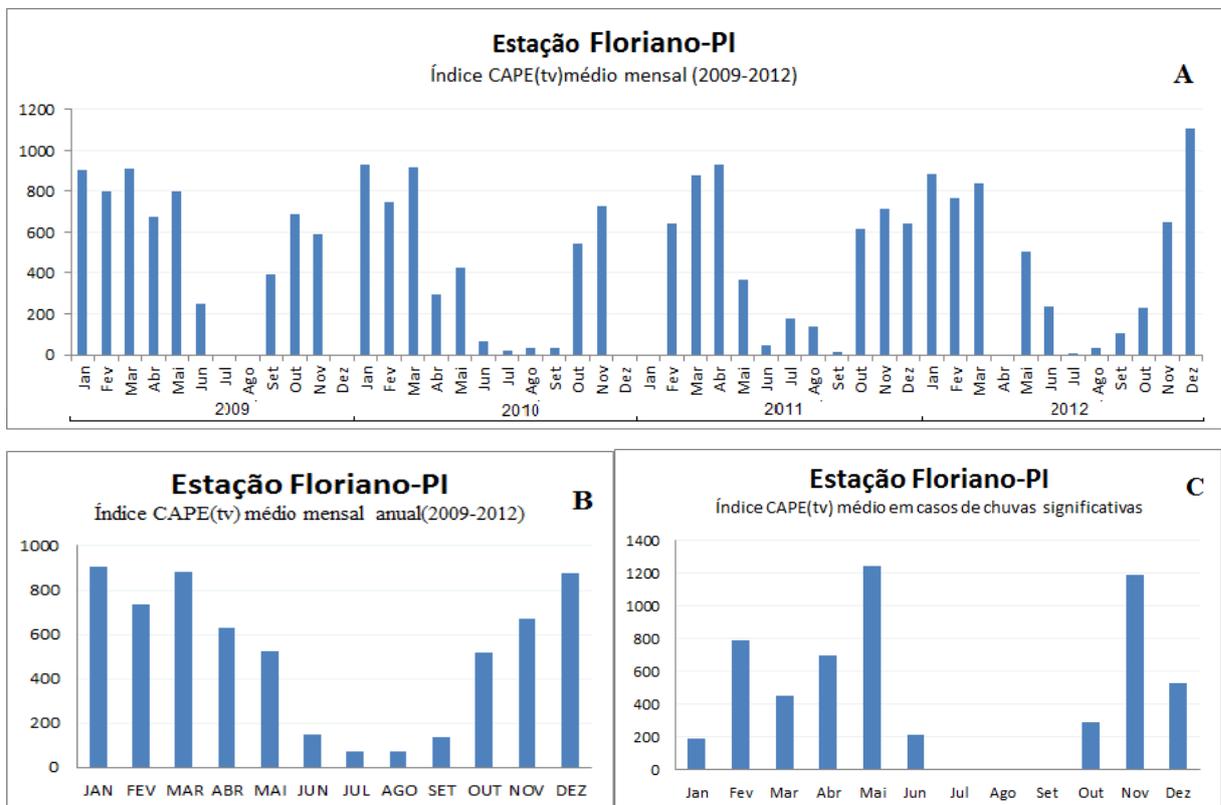


Figura 50. (A) valor médio mensal do índice CAPE(tv). (B) gráfico médio anual do índice CAPE(tv) no período de 2009-2012. (C) índice CAPE(tv) médio para os casos de chuvas significativa

RESUMO DOS INDICES PARA O GRUPO TRÊS

Antes da ocorrência da chuva os valores do índice Showalter podem torna-se ligeiramente menores devido a uma possivelmente mudança rápida na atmosfera, ou seja, o surgimento de nuvens convectivas.

O índice Lift tem característica bem singular neste regime pluviométrico, cujos valores se elevam com a ocorrência da chuva mas os valores têm diferentes alterações de um mês para outro, o que também ocorre com o índice Lift(tv).

Quando o período analisado tem muita chuva o padrão do índice Sweat apresenta valores bem elevados, em anos secos os valores são um pouco menores; na análise de caso de chuvas significativas, tem-se que os valores aumentam antes e depois diminuem, principalmente nos meses com volumes elevados de chuva. Como este índice tem valores termodinâmicos e dinâmicos, o que acontece é que nos meses chuvosos a parte termodinâmica do índice prevalece e nos meses mais secos e de mudança no perfil com alterações dos ventos em vários níveis o que predomina é a parte termodinâmica que com a chegada da chuva isso perde a intensidade.

Em se tratando de médias o índice K tem-se um comportamento bem definido e semelhante ao do regime pluviométrico, mas quando tenta se definir para dados diários, os valores são muito complexos, já que teriam um valor característico para cada mês.

O índice Cross Totals tem uma medida indireta da umidade em 850 hPa, de forma que, sendo maior provoca um menor valor de T em 500hPa; sendo assim os períodos que têm mais umidade do ar terão seus valores menores do que em períodos mais secos, havendo então uma diferença entre o período chuvoso e o período seco.

Por não ter uma medida da umidade o índice Vertical Total não exaltou as variações ao longo do ano ou em dias que antecedem a chuva significativa o que de certa forma, fica comprometido o uso deste índice.

A utilização da temperatura do ponto de orvalho no nível de 850 hPa no índice Total Totals faz com que se tenha uma medida da umidade, o que favorece observar que valores ligeiramente acima 42,6 nos dias que antecedem a ocorrência de chuva significativo podem ser um indicativo, principalmente nos meses com grande índice pluviométrico.

A amplitude do índice CAPE foi grande para esse grupo mas dá para diferenciar os valores típicos para os períodos seco e chuvoso. Quando se observa a aplicação do índice em casos de chuva, a caracterização de um valor típico para chuva fica difícil, visto que tem uma

variação grande. A utilização da temperatura virtual no índice CAPE tem como principal contribuição, a elevação dos valores demonstrando um padrão do indicativo da ocorrência de chuva significativa.

4.4.4. Grupo quatro

A área que abrange o regime pluviométrico deste grupo tem em seu domínio apenas uma estação de altitude, Fortaleza, CE; no período de 2009-2012 estão disponíveis 1027 radiossondagens e o mês com a maior quantidade mensal foi setembro com 115 radiossondagens. O volume médio anual da precipitação nesta estação é de 1608,4mm/ano e no período de 2009-2012 foi de 3,7% acima do valor climatológico. O trimestre chuvoso deste grupo determinado utilizando a climatologia 1961-1990 são os meses de fevereiro, março e abril este último com o maior volume entre os três (Figura 51A); nos anos de 2009 e 2011 o volume de chuva foi 45% e 43% acima do valor climatológico o mês mais chuvoso foi abril; já nos anos de 2010 e 2012 as chuvas ficaram 31% e 36% abaixo do previsto e o pico foi em março.

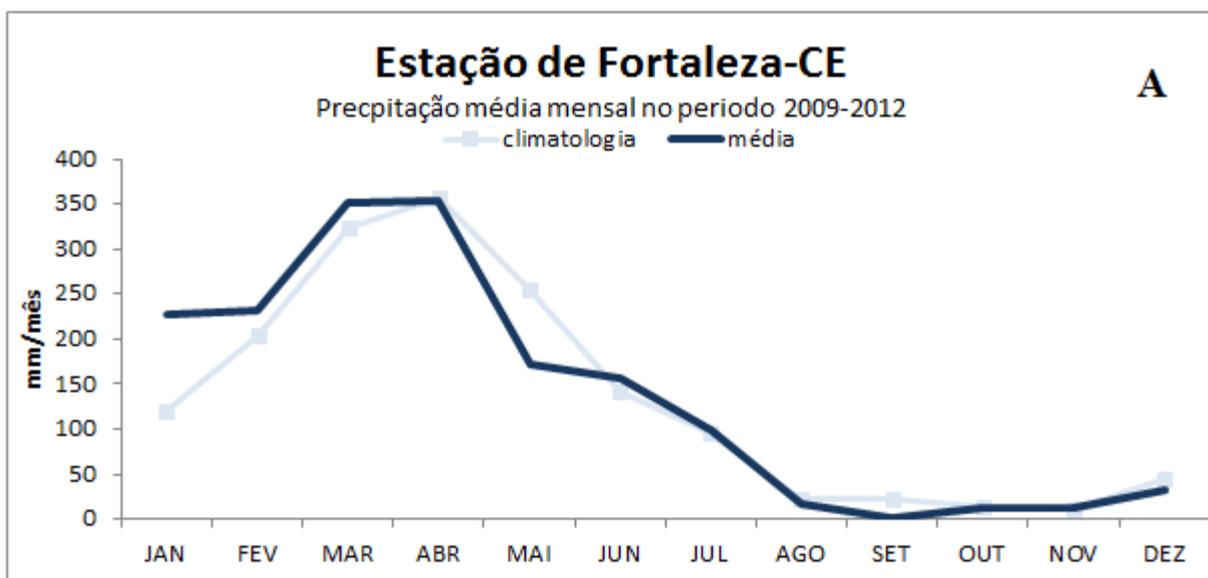


Figura 51A. precipitação média anual do período de 2009 a 2012 com o índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Fortaleza; CE

O principal sistema meteorológico na região deste grupo é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e o volume de chuva que ocorreu no trimestre chuvoso corresponde a 54,9% do volume total anual de precipitação. Os meses em que ocorrer a atuação dos DOLs o volume de chuva é de 46,8%, isto ocorre porque em abril podem ocorrer os dois sistemas,

sozinhos ou associados. No período de 2009-2012 ocorreram 69 casos em que a chuva ultrapassar os 22,0 mm/dia sendo que, em média ocorrem 12 episódios por ano, no trimestre chuvoso; no período de agosto a novembro foi registrado chuva significativa durante os 4 anos e no mês de dezembro ocorreu apenas um caso e neste dia não teve sondagem.

Com o propósito de identificar o comportamento dos IIA para o regime de precipitação do grupo 4, a seguir, far-se-à uma análise dos índices:

Índice Showalter: os valores desse índice no período de 2009-2012 tiveram seu menor valor médio mensal de 1,02 em janeiro e o maior de 7,43 em setembro; com isto temos que os menores valores ocorrerem no período chuvoso e os maiores no período seco (Figura 51B). A variação média anual deste índice, considerando-se tanto dias com chuva como os sem chuva, foi de 4,6 com o menor valor ocorrendo em abril e o maior em agosto (Figura 51C). Observando o regime pluviométrico deste grupo os meses citados anteriormente coincidem com os meses que antecedem as estações chuvosa e seca respectivamente; na ocorrência de chuva significativa este índice tem valores negativos no mês de janeiro, passam a positivo no mês de fevereiro e apresenta uma gradativa elevação até julho, exceto no mês de maio, que teve um valor próximo de zero (Figura 51D). O menor valor observado nessas condições foi de -0,79 em janeiro e 4,08 em julho.

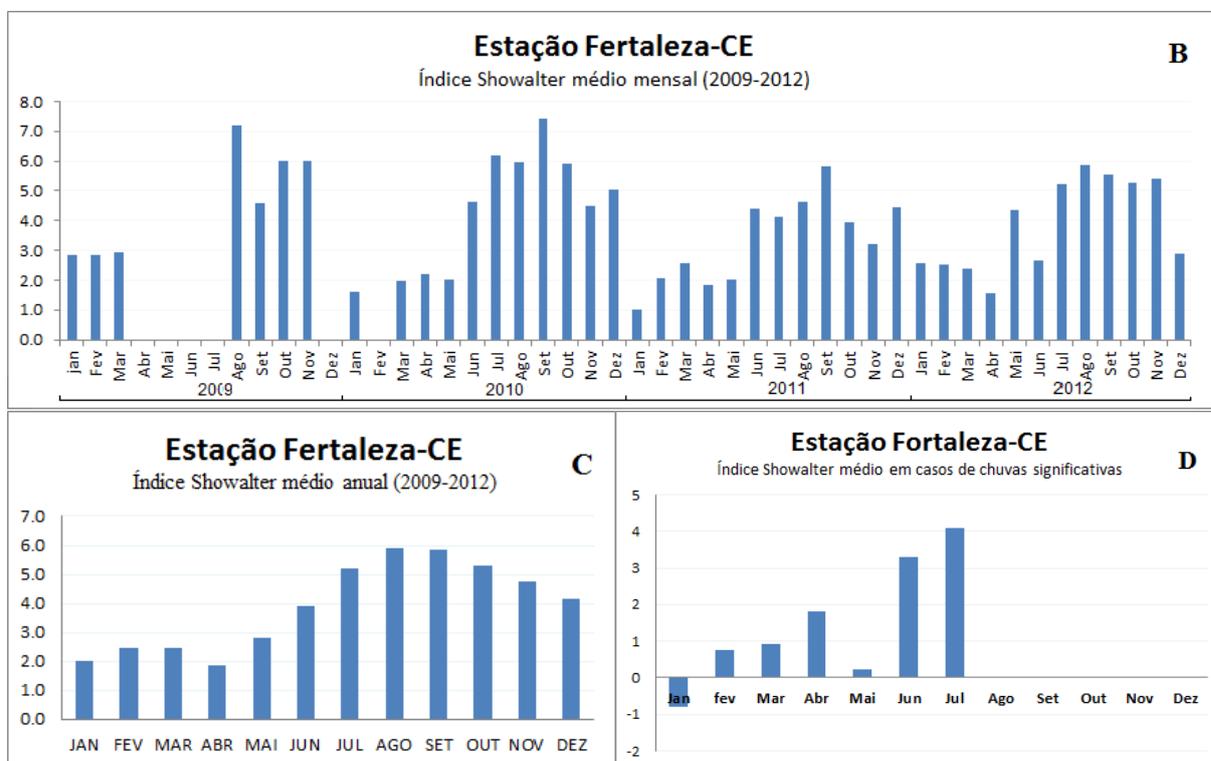


Figura 51. (B) valor médio mensal do índice Showalter. (C) valor médio anual do índice Showalter no período de 2009-2012. (D) índice Showalter médio para os casos de chuvas significativas

Índice Lift: este índice teve em média, maiores valores nos anos sem chuva. No decorrer do período de 2009-2012 ocorreram valores negativos nos meses de janeiro a maio e positivos nos outros meses (Figura 52A). O menor valor foi de -3,01 em janeiro e o maior de 4,51 em agosto. O padrão médio anual é que os valores são negativos nos meses de chuva e positivos nos meses em que a precipitação na climatologia fica abaixo de 150mm/mês variando entre -1,36 e 1,94 na média neste período (Figura 52B). No período de janeiro a maio os valores deste índice, um dia antes dos casos em que a precipitação ultrapassa os 22,0 mm/dia, são menores e abaixo de -2,18 e no dia (D) ficam em torno dos -1,45, voltando a diminuir no dia seguinte; a partir de junho os valores passaram a ser maiores no dia que antecede a chuva; os valores no dia em que ocorre chuva, são negativos com o menor valor de -2,58 ocorrendo em julho e o maior em maio de -0,35 (Figura 52B).

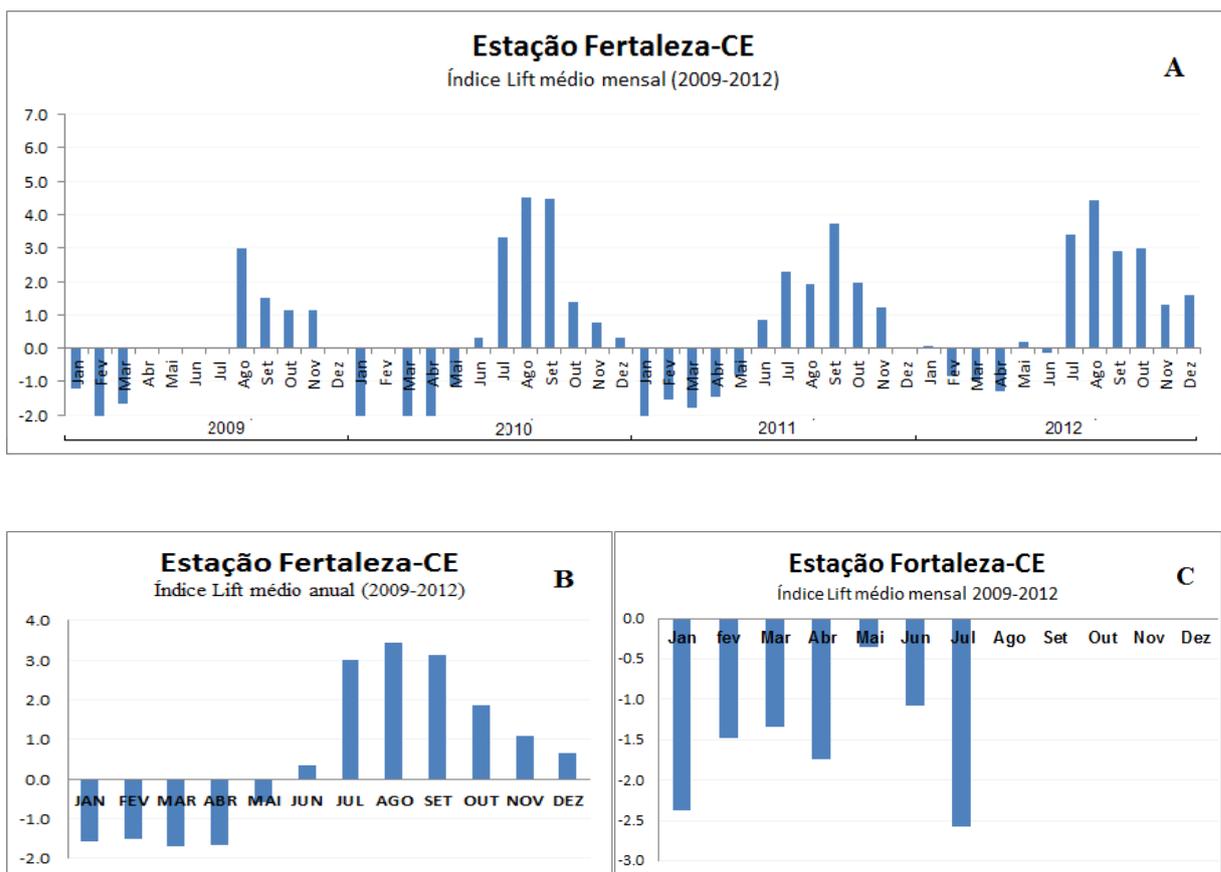


Figura 52. (A) valor médio mensal do índice Lift. (B) valor médio anual do índice Lift no período de 2009-2012. (C) índice Lift médio para os casos de chuvas significativas

Índice Lift(tv): a variação deste índice ao longo dos 4 anos se situou entre -3,58 e 3,94; os maiores valores ocorreram nos meses mais secos dos anos que tiveram menor volume de precipitação e os menores no período chuvoso, principalmente no ano de 2009 (Figura 53A). Na média do período os valores variam entre -2,16 e 2,85, o menor valor foi no mês de janeiro e o maior no mês de agosto (Figura 53B). A amplitude dos valores médios anuais do lift(tv) é praticamente igual à do Lift, sendo que os valores são menores; na ocorrência de chuva significativa este índice variou entre -3,21 e -0,97 tendo o menor valor no mês de maio e o maior no mês de julho (Figura 53C); no período de fevereiro a maio as chuvas ocorreram quando o Lift(tv) teve, no dia anterior, o valor abaixo de -2,77 e no dia de -1,67.

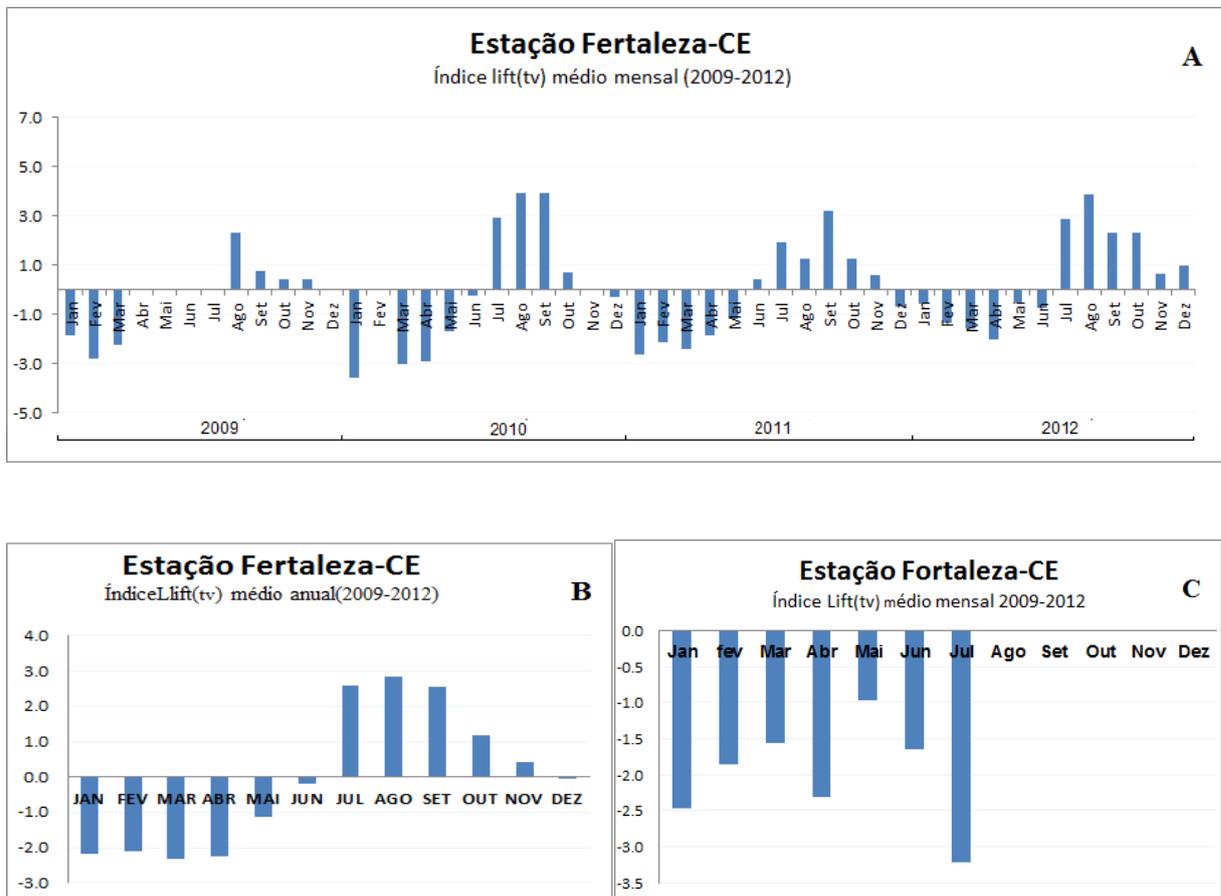


Figura 53. (A) valor médio mensal do índice Lift(tv). (B) valor médio anual do índice Lift(tv) no período de 2009-2012. (C) índice Lift(tv) médio para os casos de chuvas significativas

Índice Sweat: os valores deste índice são bem maiores que os dos índices anteriores; o menor valor ao longo dos 4 anos foi de 162,3 e o maior de 222,4, em fevereiro de 2009 e abril de 2012, respectivamente (Figura 54A). O valor médio anual desse índice considerando-se dias com ou sem chuva, foi de 196,1 com um desvio padrão de 8,4; o menor valor 182,6 em outubro e o maior foi de 215,6 em abril (Figura 54B). Os valores foram maiores nos meses em que o volume de chuva é maior do que nos meses considerados secos nos quais ocorreu volume inferior a 155 mm/mês; nos casos de chuva significativa o valor médio do Swet foi de 182,8 com o menor valor ocorrendo em janeiro e o maior em maio. Se não fosse o mês de fevereiro ter tido valores elevados, o índice teria seu menor valor em janeiro e iria, gradativamente, se elevando até maio e depois começaria a diminuir também gradativamente (Figura 54C); O comportamento desse índice ao longo do ano indica que existe um valor típico para cada mês.

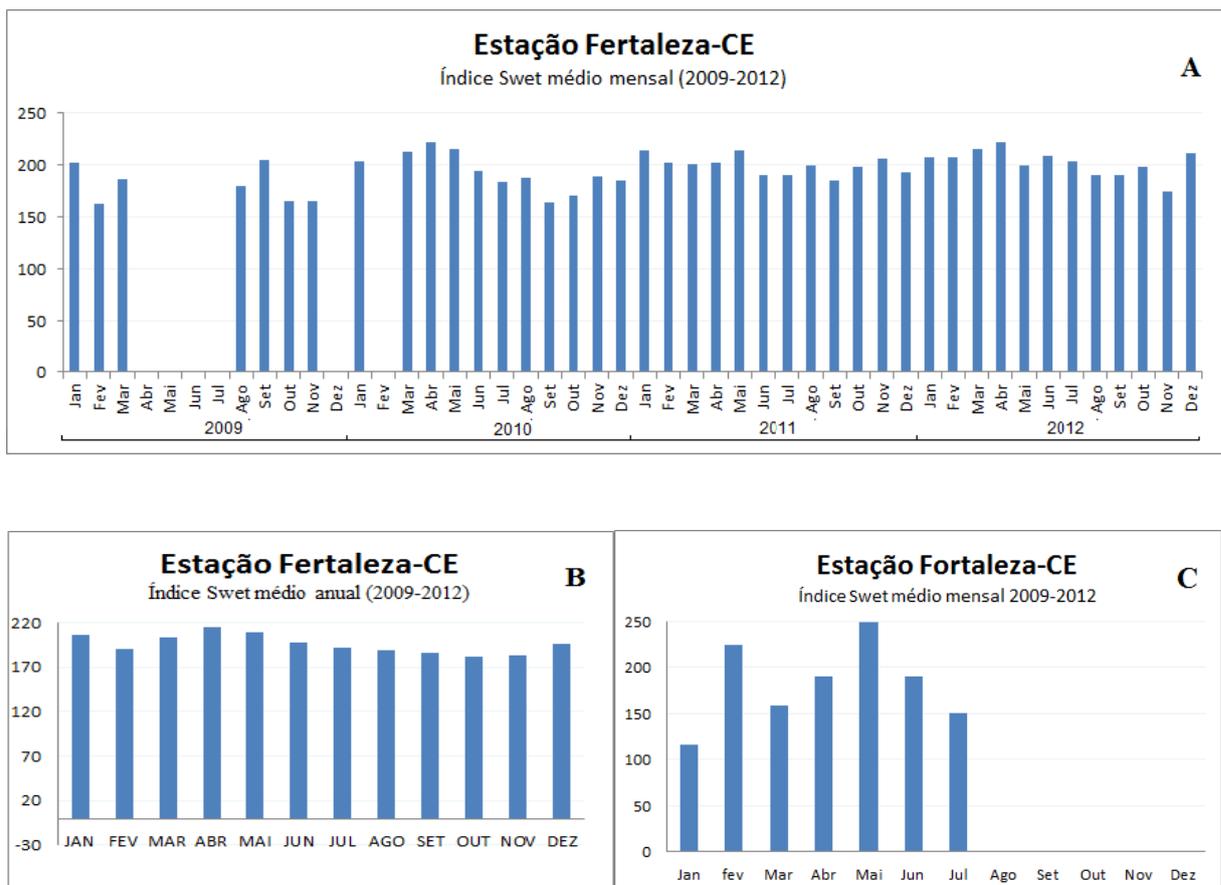


Figura 54. (A) valor médio mensal do índice Sweat. (B) valor médio anual do índice Sweat no período de 2009-2012. (C) índice Sweat médio para os casos de chuvas significativas

Índice K: na média mensal ao longo do período de 2009-2012, os valores deste índice oscilaram entre 9,0 e 30,6 com o menor valor ocorrendo em setembro de 2010 e o maior em maio de 2011 (Figura 55A); os maiores valores ocorrem dentro do período mais chuvoso. Observando os valores médios anuais este índice tem o maior valor em abril e vai diminuindo até atingir o menor valor em setembro e depois começa a se elevar novamente (Figura 55B). O menor valor na média anual foi de 10,6 e o maior de 29,2. Na ocorrência de chuva significativa este índice teve uma variação entre 21,1 e 34,2 com o menor valor em julho e o maior em março (Figura 55C); comportamento este semelhante ao médio anual; no período de fevereiro a maio este índice apresentou valor médio de 33,1 e o valor dois dias antes da ocorrência da chuva foi em torno de 10% menor, ou seja, de 30,0.

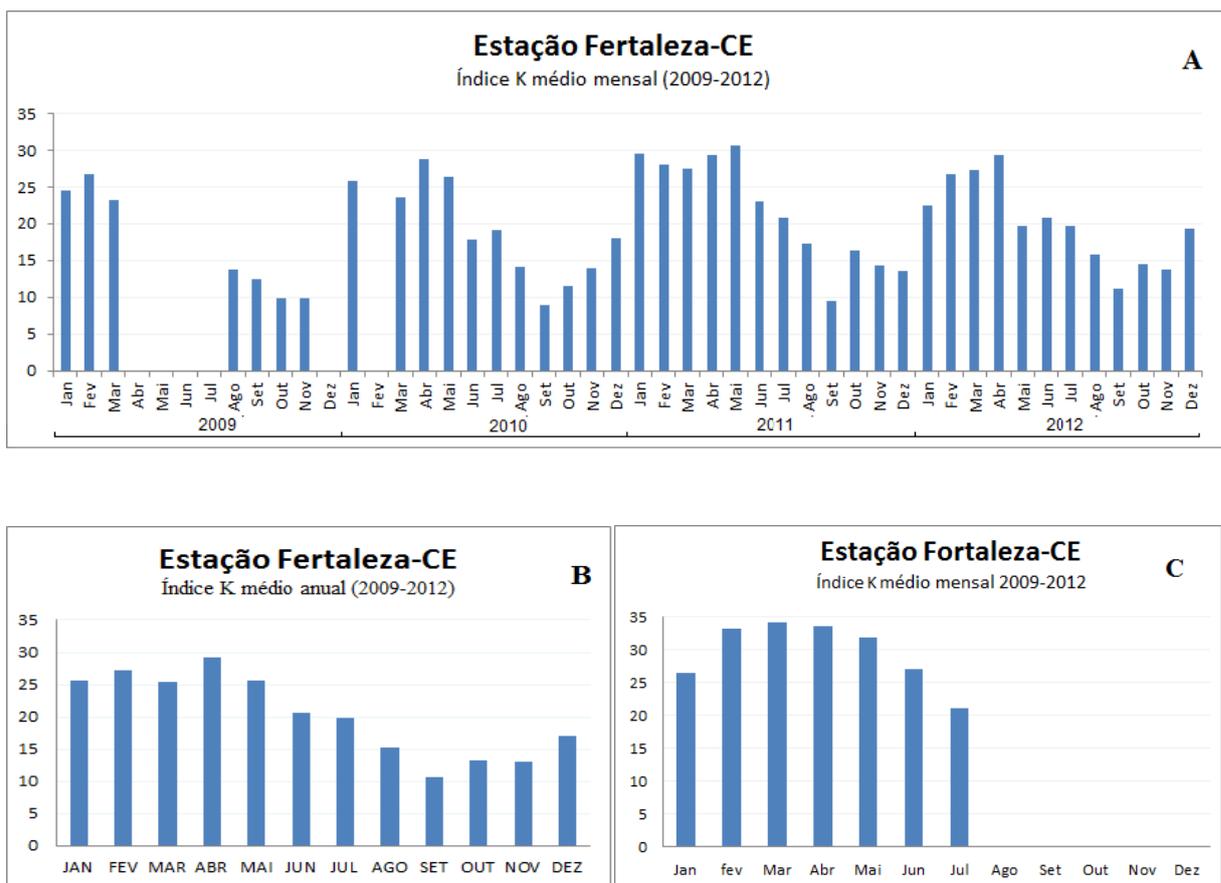


Figura 55. (A) valor médio mensal do índice K. (B) valor médio anual do índice K no período de 2009-2012. (C) índice K médio para os casos de chuvas significativas

Índice Cross Totals: este índice apresentou valores mais elevados nos meses com maior volume de chuva e um pouco menor nos meses secos, ao longo 4 anos analisados (Figura 56A), mas não apresentou diferença significativa entre os anos com mais ou menos precipitação; o menor valor do período de 2009-2012 foi de 12,7 em setembro de 2010 e o maior em janeiro de 2011; na média anual os maiores valores ocorreram no ano de 2011 mas a diferença entre este e os outros anos, é de apenas 1,2 no máximo; na média o maior valor ocorreu em janeiro e o menor em setembro tal como ocorreu também na média mensal (Figura 56B); na ocorrência de chuvas significativas este índice variou entre 15,9 e 21,8 com o menor valor ocorrendo em julho e o maior valor em janeiro, os valores foram diminuindo gradativamente entre janeiro e julho (Figura 56C). Na análise dos dados diários o valor é de 20,8 no dia em que ocorreu a chuva, isto para o período de janeiro a março e em maio, sendo em torno de 10% menores antes e 10% maiores no dia seguinte; já nos meses de abril, junho e julho o valor é de 17, sendo 10% maior no dia anterior e não tendo elevação significativamente no dia após a chuva.

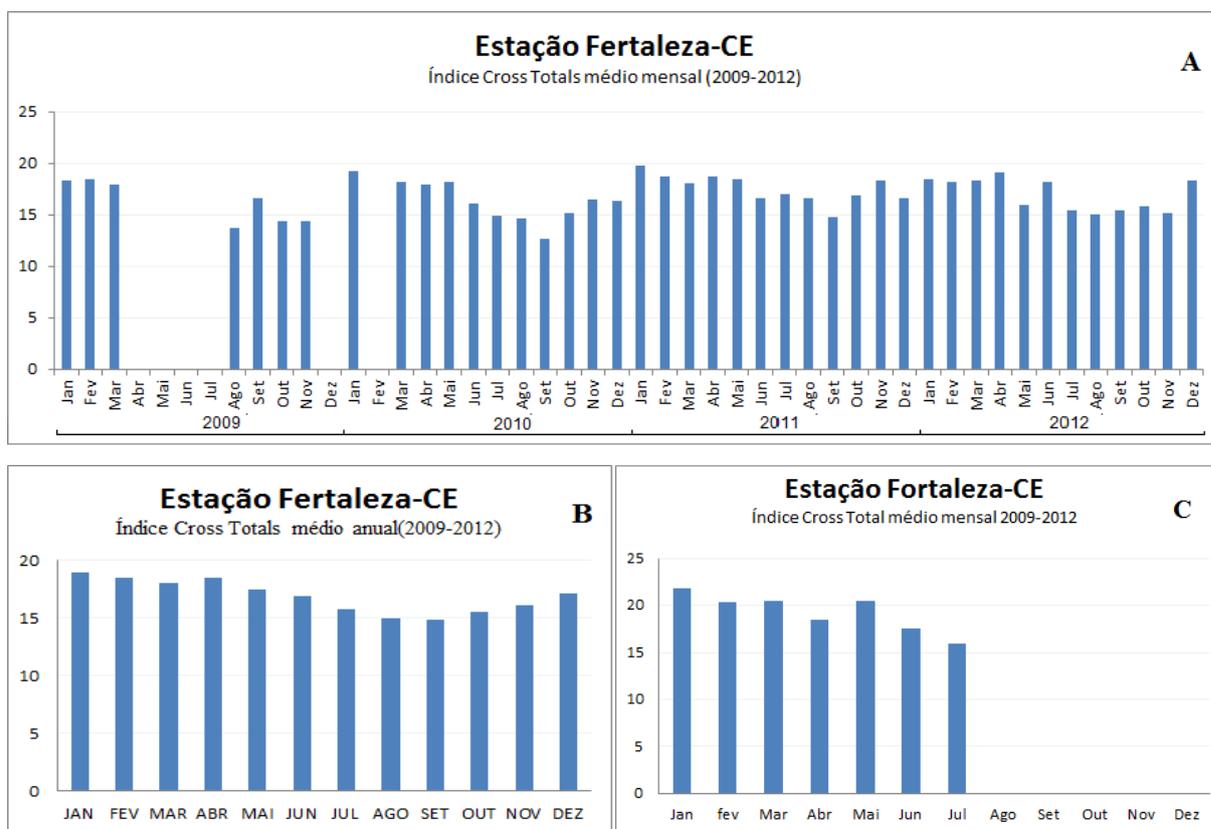


Figura 56. (A) valor médio mensal do índice Cross Totals. (B) valor médio anual do índice Cross Totals no período de 2009-2012. (C) índice Cross Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice Vertical Totals: A variação média mensal deste índice ao longo do período 2009-2012 foi de apenas 4,6, com o maior valor em fevereiro, de 24,9 e o menor de 20,2 em agosto ambos de 2009 (Figura 57A) mas os valores não têm uma variação muito significativa ao longo dos anos, possivelmente por se tratar de uma atmosfera tropical que tem poucas variações na camada 850hPa e 500hPa. Analisando os valores médios anuais o menor valor foi de 21,0 e ocorreu em agosto com o maior de 23,3, em fevereiro (Figura 57B); nos casos em que a chuva ultrapassou os 22,5 mm/dia o menor valor foi de 21,5 e o maior de 23,9 (Figura 57C); a variação do índice dois dias antes da ocorrência da chuva em relação ao dia em que ela ocorreu, foi um pouco menor, ou seja, 22, enquanto no dia da chuva foi 23. Isto mostra que o valor próximo de 23 pode ser um indicador de chuvas na região de influência da estação nos próximos dias.

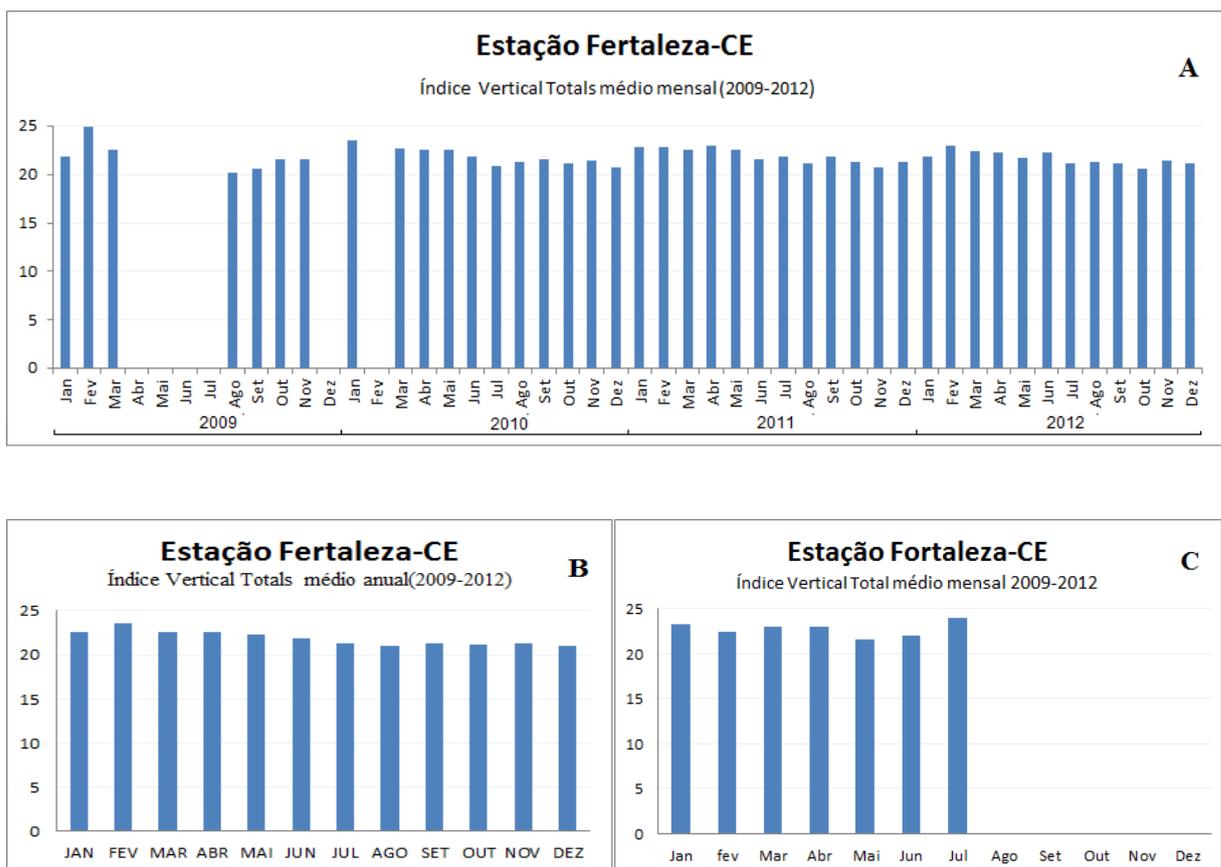


Figura 57. (A) valor médio mensal do índice Vertical Totals. (B) valor médio anual do índice Vertical Totals no período de 2009-2012. (C) índice Vertical Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice Total Totals: Ao longo dos meses do período de 2009-2012 a variação foi de apenas 8,9, com o menor valor de 33,8 ocorrendo no mês de agosto de 2009 e o maior de 42,7, no mês de janeiro de 2010 (Figura 58A), indicando que os menores valores estão associados com o período seco e os maiores com o chuvoso. Quando observa a variação dos valores médios anuais deste índice a amplitude é menor, de apenas 5,5 e os meses em que ocorrem os menores e maiores valores são também agosto e janeiro (Figura 58B). O comportamento médio mostra valores elevados em janeiro, com pequena diminuição nos meses de fevereiro, março e abril e começa a declinar gradativamente de maio até agosto, ao atingir o menor valor. Em setembro ocorre pequena elevação que vai tendo aumento gradativo até dezembro; analisando esse índice para o caso de ocorrência de chuva significativa tem-se como se previa, os maiores valores ocorrendo nos meses em que também ocorre um volume maior de chuva, ou seja, no período de janeiro a maio (Figura 58C); nos meses de chuva os valores médios nos dias das chuvas foram de 42,7 e dois dias antes de 40,9 e nos meses com um volume menor de chuva, foi de 39,7 e dois dias antes, de 38,3. Como no índice anterior isto indica que valores em torno de 38,0 podem ocorrer chuvas acima de 22,0mm/dia nos próximos dias.

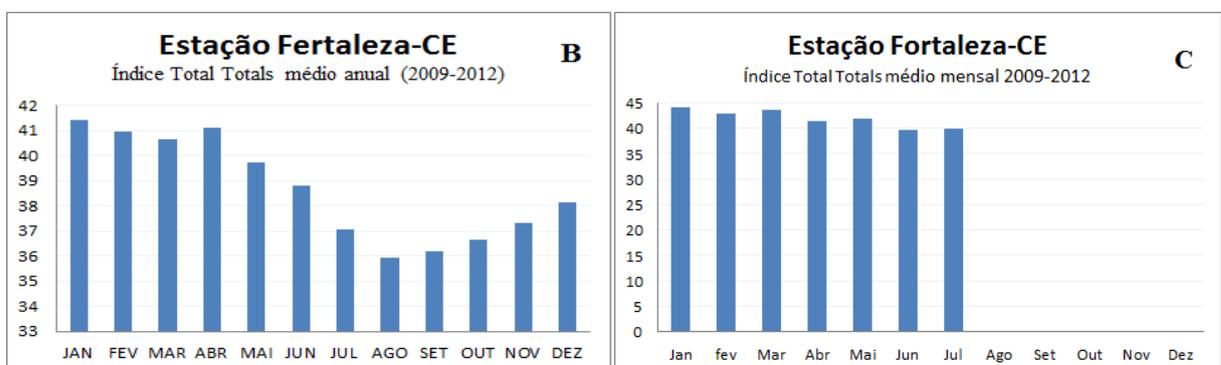
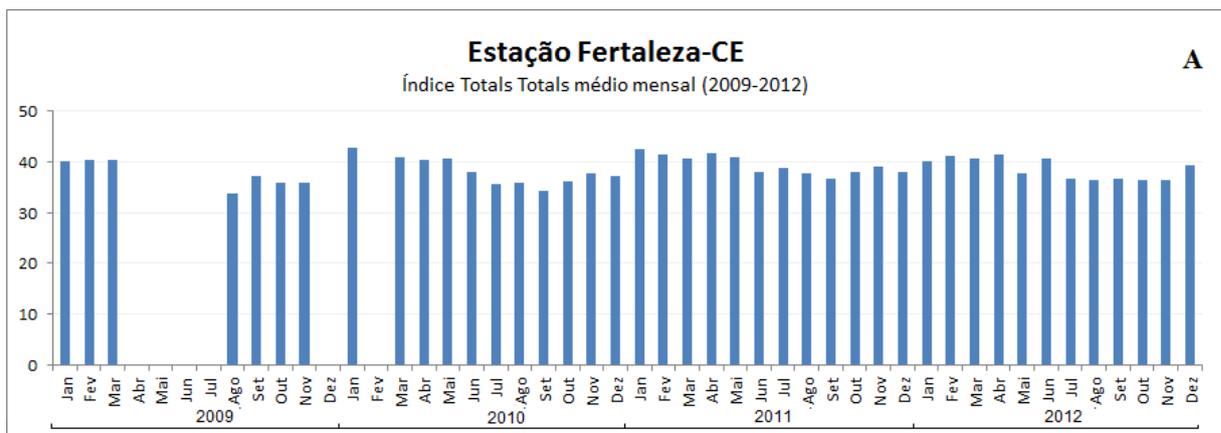


Figura 58. (A) valor médio mensal do índice Total Totals. (B) valor médio anual do índice Total Totals no período de 2009-2012. (C) índice Total Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice CAPE: este índice sofreu uma grande variação ao longo dos meses com o menor valor de 7,2 (J/kg) em agosto e o maior de 1064,0 (J/kg) em março, ambos no ano de 2010; este foi o ano com maior desvio padrão entre os anos analisados; no período, o ano com a menor média foi 2009, cujo volume de precipitação foi acima do normal e o ano com o valor mais elevado foi 2010, um dos mais secos do período de 2009-2012 (Figura 59A); os valores médios anuais variaram entre 40,2 (J/kg) e 799,4 (J/kg) em setembro e abril, respectivamente; no períodos de janeiro a abril os valores ficam, na média, em 746,5 e no mes de julho declinam rapidamente em maio e junho e ficam na média em torno dos 76,9 entre julho e novembro (Figura 59B); nos casos em que ocorreu chuva significativa o maior valor foi em março e o menor em maio (Figura 59C); na média, no período de fevereiro a abril, que é o trimestre chuvoso, o valor do CAPE diminuiu um dia antes 911,4 (J/kg) para 759,5 (J/kg) no dia da chuva.

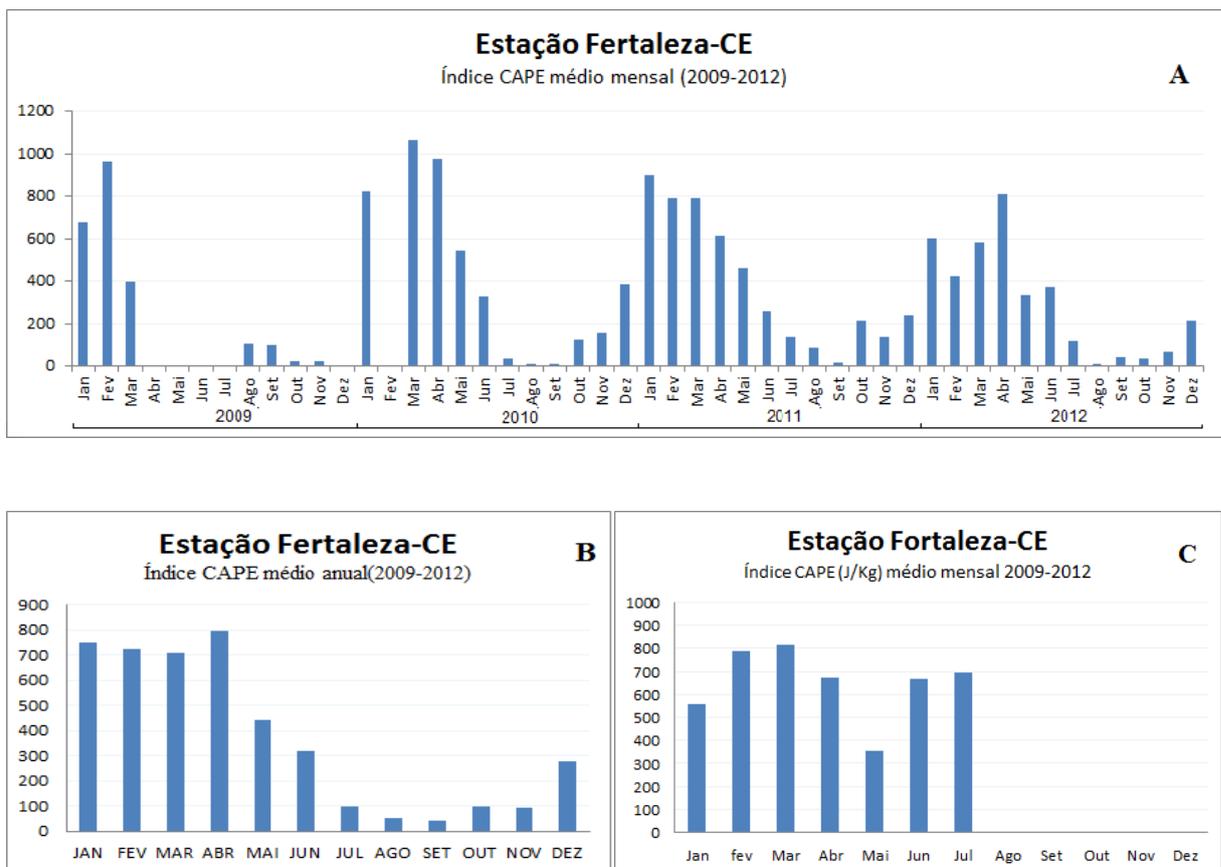


Figura 59. (A) valor médio mensal do índice CAPE. (B) valor médio anual do índice CAPE no período de 2009-2012. (C) índice CAPE médio para os casos de chuvas significativas

Índice CAPE (tv): o uso da temperatura virtual no índice CAPE sinaliza um comportamento semelhante ao do CAPE; com a temperatura do ambiente o que pode ser observado nas Figuras 59A e 60A. A diferença é apenas nos valores deste índice, que são maiores que os do índice anterior; na média anual foram os valores elevados no período de janeiro a abril e diminuíram gradativamente nos meses de maio e junho permanecendo em torno dos 119,7 (J/kg) nos meses do período seco (Figura 60B); os valores deste índice no caso de chuva significativa, apresentaram uma média de 866,5 (J/kg) nos meses de fevereiro, março e abril e de 872,5 (J/kg) nos meses de junho e julho (Figura 60C); na maioria dos casos o valor foi maiores nos dias que antecederam as chuvas.

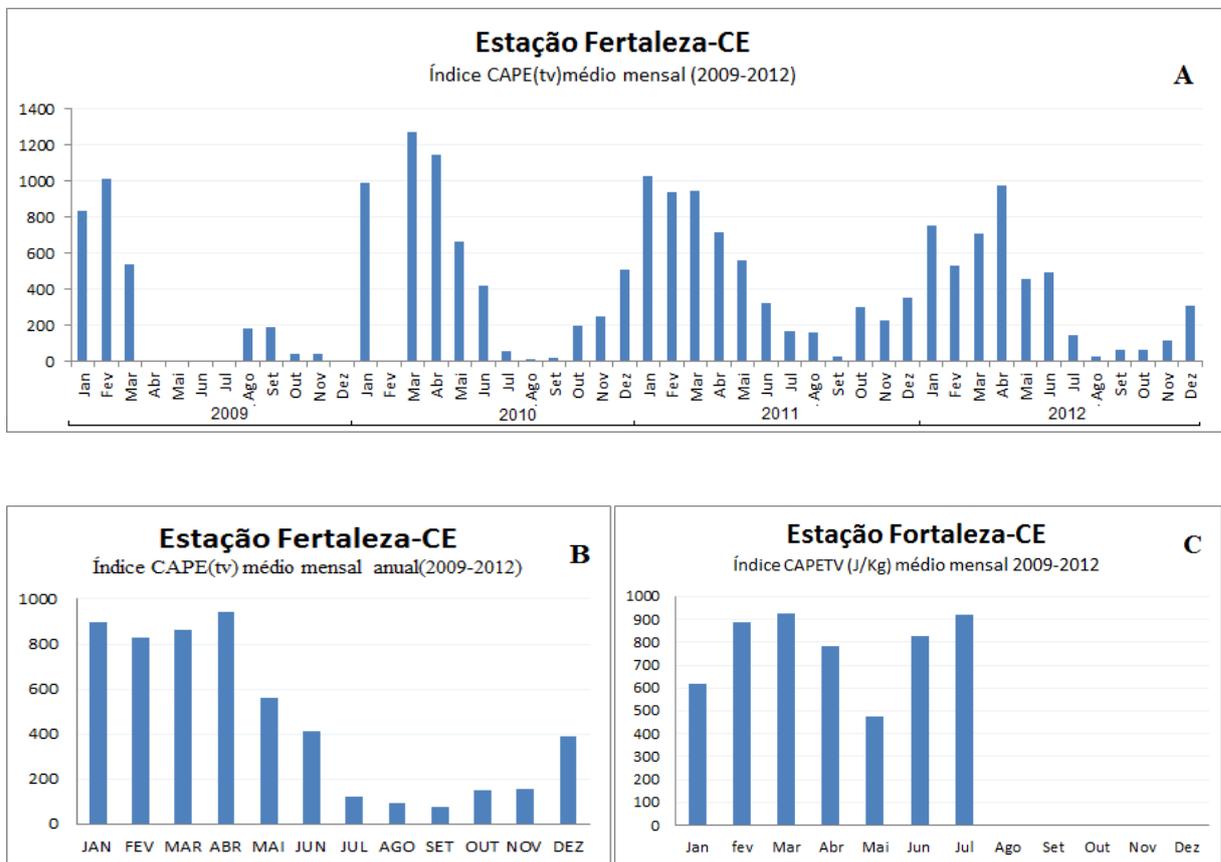


Figura 60. (A) valor médio mensal do índice CAPE(tv). (B) valor médio anual do índice CAPE (tv) no período de 2009-2012. (C) índice CAPE (tv) médio para os casos de chuvas significativas

RESUMO DOS INDICES PARA O GRUPO QUATRO

O comportamento do índice Showalter para a estação do grupo 4 mostra que os valores da temperatura em 500hPa e da parcela que é levantada de 850hPa até 500hPa por uma adiabática seca, são muito próximos e que, nos meses de chuva, a temperatura do ar em 500hPa é menor que a da parcela; antes da ocorrência de chuvas significativas, os valores são maiores nos dias que as antecedem que no dia em que ocorrem e, embora a variação seja pequena, existe um valor característico para cada mês.

Para a estação de Fortaleza, CE o Lift teve valor característico bem definido que é -2,18, isto ocorre principalmente nos meses de volume de chuva acima de 150mm/mês sempre quando ocorre precipitação diária acima de 22,0mm/dia, pelo menos em 57 casos; o índice Lift(tv) tem comportamento semelhante mas com valores inferiores e um valor que pode indicar a ocorrência de chuvas é quando o valor fica abaixo de -2,77 ocorrendo para o período de fevereiro a maio.

O índice Sweat não demonstrou comportamento regular para este regime pluviométrico considerando-se os dias de chuva acima de 22,0 mm/dia o que dificulta a utilização, ou seja, não existe um valor característico que possa ser utilizado.

Para a área do grupo 4 o índice K tem comportamento satisfatório, principalmente se tratando dos meses em que ocorre o volume mais significativo pois quando em um dia ocorrem 30,0 mm/dia a possibilidade de que no dia seguinte ocorra novamente são grandes.

Na aplicação do índice Cross Totals para esta região de regime pluviométrico o valor de 20,8 no período de maior chuva, pode ser um bom indicativo para os meses com maiores volumes de chuva, mas com cuidado para o mês de abril, pois em alguns anos é mais seco.

O índice Vertical Totals teve uma pequena variação nos meses de maior volume de precipitação; devido a isso é difícil precisar um valor típico para os casos de chuva acima de 22,0mm/dia, pois este valor é bem próximo ao 22 como também nos dias próximos indicando a possível ocorrência de chuva com um volume considerável.

A variação dos valores do índice Total Totals está ligada ao período com maior e menor umidade na atmosfera e então em casos de chuva significativa diária ter valores característicos para um período mais e menos úmido, mas para esta região o valor deste índice em torno dos 42 pode ser utilizado como atenção para uma possibilidade de chuvas acima de 22mm/dia.

O valor de 759,5 (J/kg) foi o valor médio encontrado para os dias de chuva dentro do trimestre chuvoso do índice CAPE e um dia antes o valor era de 911,4(J/kg); a utilização da

temperatura virtual no índice CAPE tem, como principal contribuição, a elevação dos valores e demonstrou um padrão do indicativo da ocorrência de chuva significativa nos meses em que ocorrem mais casos em torno de 866,5 (J/kg).

4.4.5. Grupo cinco

Este grupo tem, em seu domínio, três estações de altitude: Natal, RN, e Recife, PE, e Salvador-BA. A estação Recife-PE será a representante deste grupo por ser mais central e ter o maior número entre as estações sendo 1008 radiossondagem. Os meses de abril, maio e junho foi os que tiveram mais sondagem no horário das 12:00 TMG, em média 100 sondagens. Com base na climatologia de 1961-1990, maio é o mês central do trimestre chuvoso que coincide com o mesmo mês do período de 2009-2012; em 2009 e 2011 choveu acima da média 5,9% e 20,1% respectivamente, já 2010 e 2012 ficaram com 15,2% e 46,8% abaixo da climatologia; na média dos quatro anos os meses de março tiveram a maior diferença com relação à climatologia ficando em média 139,2 mm/mês abaixo o que também ocorreu nos meses de julho, setembro e outubro mas as diferenças não foram tão significativas (Figura 61A).

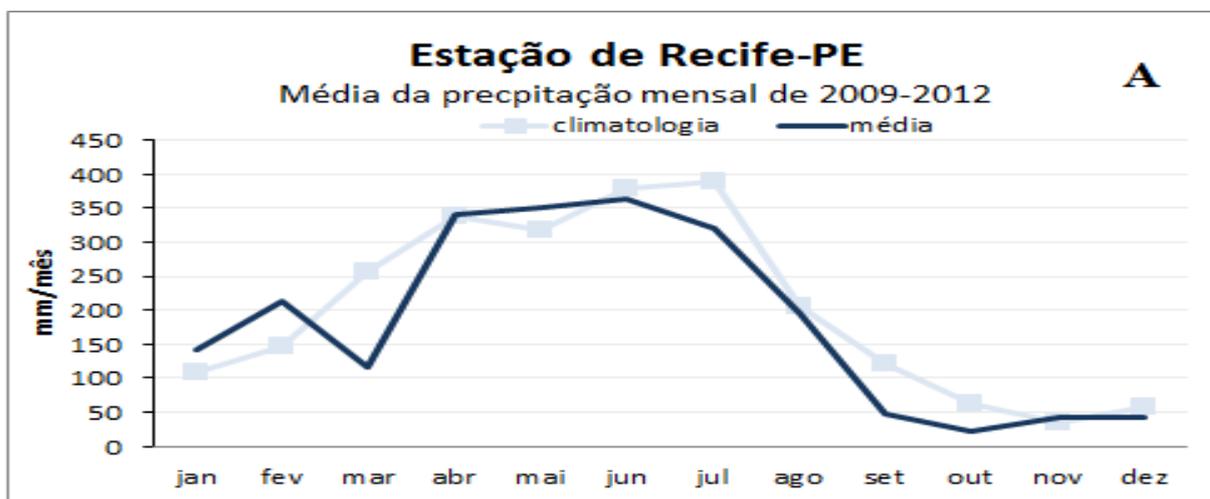


Figura 61A. precipitação média anual do período de 2009 a 2012 com o índice pluviométrico médio anual climatológico com base nos dados de 1961 a 1990 da estação de Recife, PE

Este grupo tem, como principal sistema meteorológico os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) pois durante o período chuvoso as chuvas representam 47% do valor da precipitação total anual com relação à média da precipitação do período e de 43% quanto à

climatologia; no decorrer do período de 2009-2012 os casos em que a chuva ultrapassou os 22,0mm/dia foram 126 episódios; nos meses que compõem o trimestre chuvoso a menor quantidade de ocorrência foi de 3 e a maior de 8 casos, mas em média, são 5 casos em cada mês.

Chuvas acima de 22,0 mm/dia ocorrem praticamente em todos os meses, exceto em outubro e novembro, que no período não teve nenhum caso (Figura 61B).

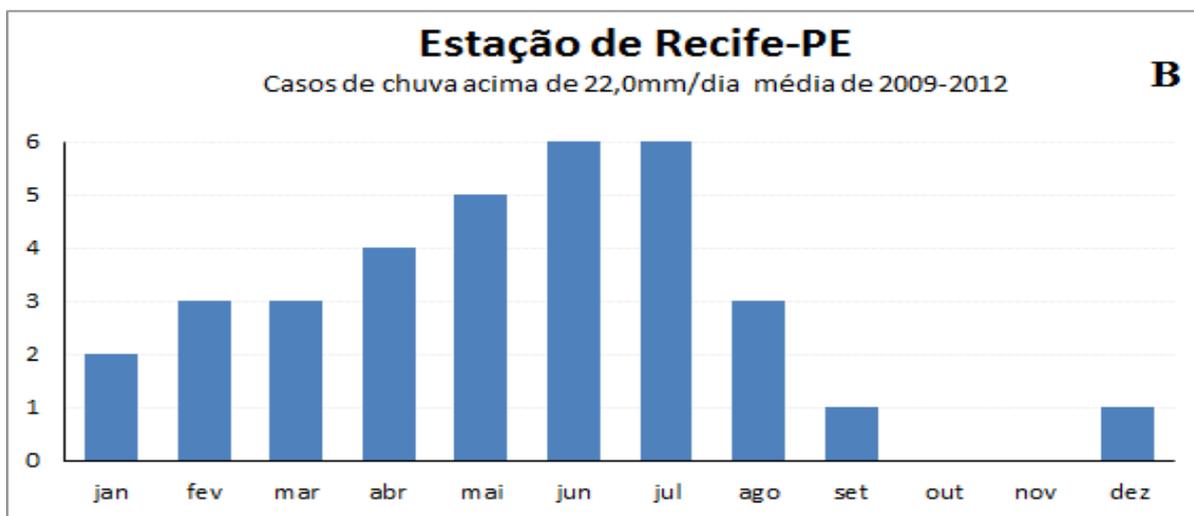


Figura 61B. Ocorrência média de casos de chuva acima de 22,0 mm/dia no período de 2009 a 2012 na estação de Recife-PE.

Para o regime de precipitação do grupo cinco foram analisados os IIA, a seguir, buscando identificar o comportamento e se tem como prevê-lo, principalmente no período de maior ocorrência.

Índice Showalter: este índice teve os menores valores nos meses com o maior volume pluviométrico e maiores no período seco (Figura 62A); o menor valor médio mensal de 0,1 ocorreu em janeiro e o maior valor em setembro ambos no ano de 2010; a variação média anual deste índice, considerando-se tanto dias com chuva como os sem chuva foi de 5,5 e os extremos ocorreram nos mesmos meses que os valores médios mensais (Figura 62B) nos casos de chuva acima de 22,0 mm/mês este índice teve valores próximos de zero no mês de janeiro, a partir de abril um valor gradativamente positivo tendo seu maior valor no mês de setembro e volta a cair no mês de outubro (Figura 62C); a média dos valores para o caso de chuva acima de 22,0mm/dia os meses de fevereiro, maio e junho, o valor foi de 2,5 no mês de abril de 1,12 e 4,16, em julho. A variação de mês para mês dificulta a utilização desse índice na utilização como um preditor.

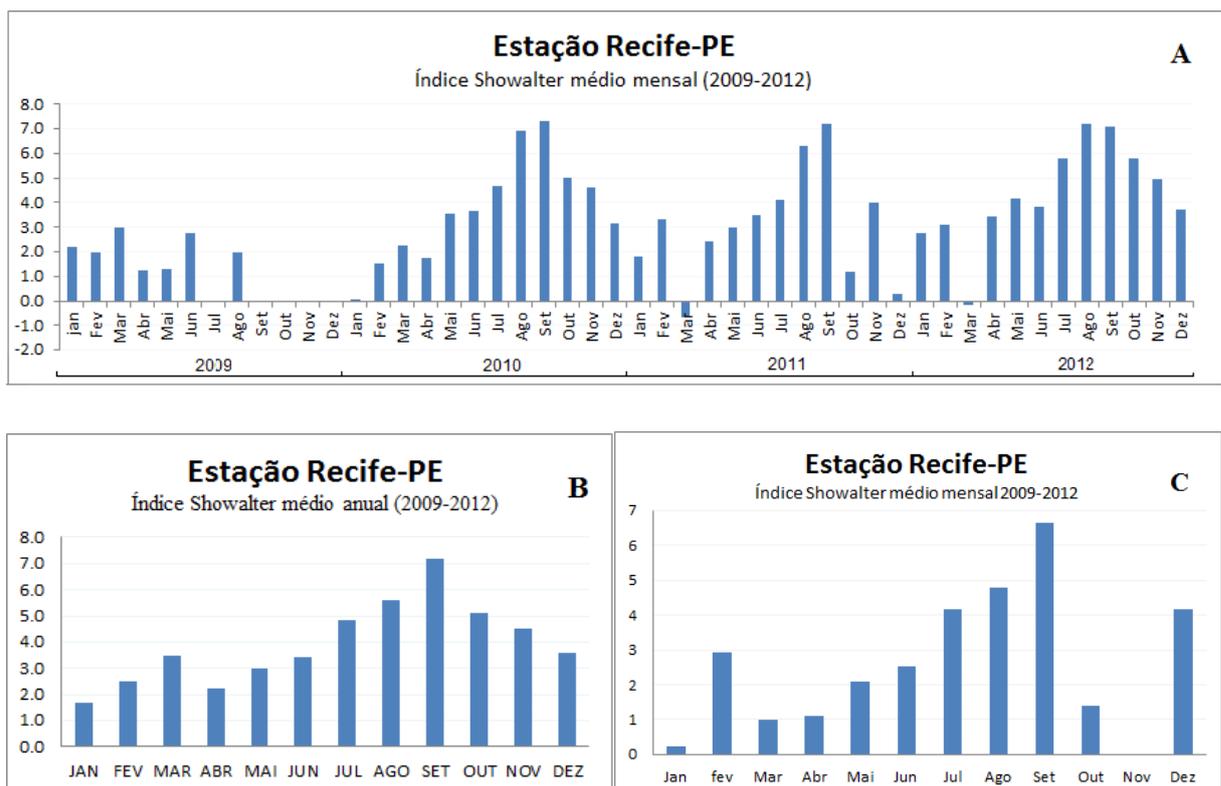


Figura 62. (A) valor médio mensal do índice Showalter. (B) valor médio anual do índice Showalter no período de 2009-2012. (C) índice Showalter médio para os casos de chuvas significativas

Índice Lift: nos meses de maiores volumes de precipitação este índice é negativo e positivo nos meses de pouca ou nenhuma chuva (Figura 63A); o ano em que este índice teve menores valores foi 2009, possivelmente devido a falta das sondagens nos meses em que é positivo; pois no padrão médio anual se demonstra claramente que os menores valores ocorrem em janeiro, passam a positivo em junho, se elevam até setembro e voltam a diminuir gradativamente a partir de outubro (Figura 63B); os valores foram positivos nos meses de agosto e setembro no caso de chuvas significativas e negativos nos demais meses do ano (Figura 63C), sendo que no período de janeiro a maio o valor médio foi de -1,66 nos meses de junho, julho, outubro e dezembro foi de -0,6 para o caso de ocorrência de chuva diária acima de 22,0mm/dia.

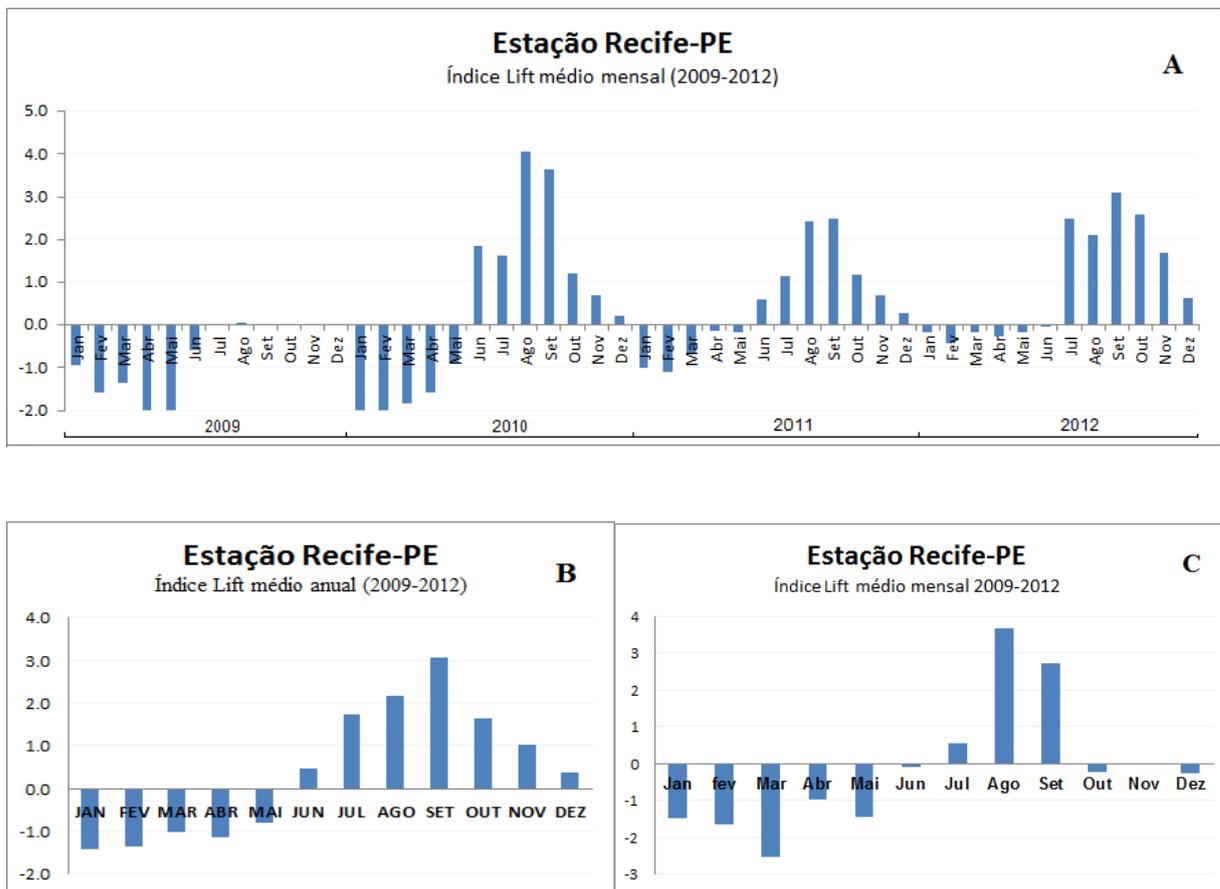


Figura 63. (A) valor médio mensal do índice Lift. (B) valor médio anual do índice Lift no período de 2009-2012. (C) índice Lift médio para os casos de chuvas significativas

Índice Lift(tv): no período de 4 anos este índice oscilou entre -4,25 e 3,44, com o menor valor em janeiro e o maior em agosto, os dois extremos no ano de 2010 (Figura 64A); o comportamento deste índice e do anterior é bem próximo, sendo que tais os valores são menores; nos valores médios anuais do lift(tv) a amplitude variou de -2,12 a 2,46 com o menor valor em janeiro e o maior em setembro; os valores foram negativos de janeiro a junho e positivos a partir de julho até novembro, voltando a negativos em dezembro (Figura 64B); nos casos de chuva significativa este índice variou entre -4,6 e 3,1 tendo o menor valor no mês de março e o maior no mês de agosto (Figura 64C); no período de janeiro a junho as chuvas ocorreram quando o Lift(tv) teve, no dia anterior, o valor menor ou igual a -2,0 e no dia da chuva, maior que -2,16. Nos dias em que ocorre valor próximo de -2,0 podem ocorrer volume de chuva superior a 22,0mm/dia.

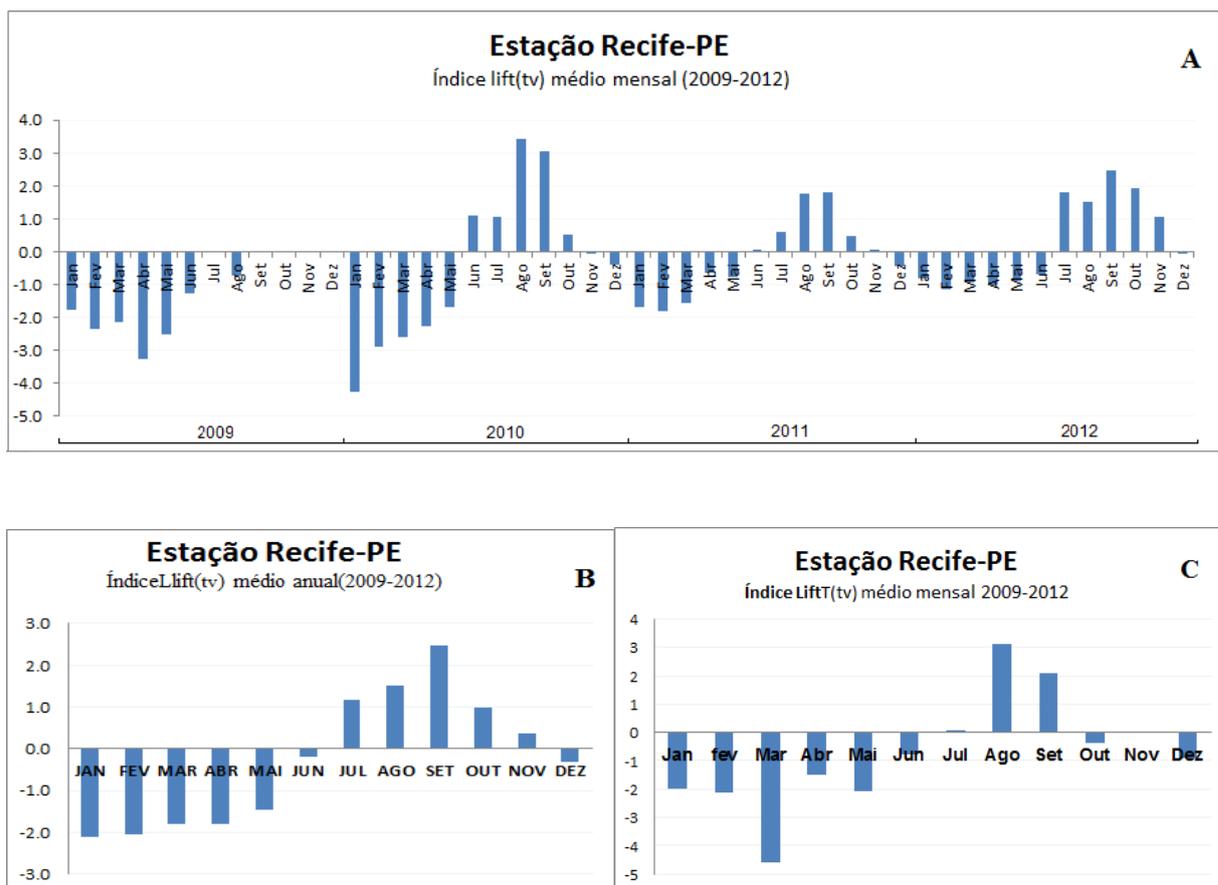


Figura 64. (A) valor médio mensal do índice Lift(tv). (B) valor médio anual do índice Lift(tv) no período de 2009-2012. (C) índice Lift(tv) médio para os casos de chuvas significativas

Índice Sweat: este índice apresentou em de 2009 o maior o valor médio anual e foi declinando com o menor em 2012; o menor valor médio mensal da série foi de 147,3 em agosto de 2012 e o maior de 215,1 em maio de 2011(Figura 65A); nos valores médios dos 4 anos o menor foi de 170,3 em setembro e o maior foi de 203,9 em abril (Figura 65B); no período de janeiro a julho os valores ficaram acima de 190 e de agosto a dezembro abaixo de 184,6; na ocorrência de chuva significativa o valor foi acima de 200,1 no período de janeiro a julho e abaixo de 180,0 nos demais meses, o maior valor em janeiro foi de 230,0 (Figura 65C); Os valores são 4% maiores nos dias que antecedem a chuva significativa, apresentando uma diferença mês a mês.

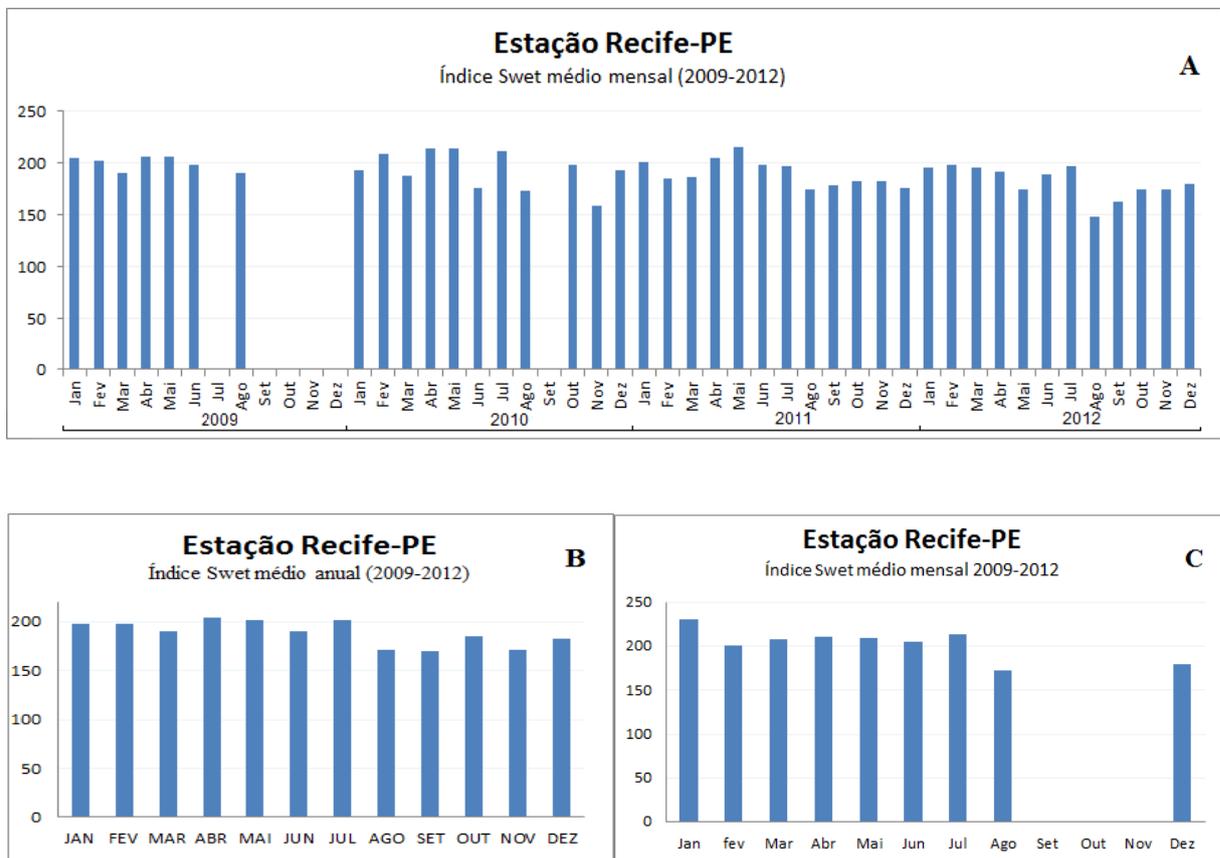


Figura 65. (A) valor médio mensal do índice Sweat. (B) valor médio anual do índice Sweat no período de 2009-2012. (C) índice Sweat médio para os casos de chuvas significativas.

Índice K: com valores médios mensais ao longo do período de 2009-2012 tem-se que os maiores valores ocorreram no ano de 2009 e os menores em 2012 (Figura 66A); considerando a média anual o menor valor foi de 2,8 em setembro e o maior em maio de 23,6 (Figura 66B); na ocorrência de chuva significativa este índice variou entre -5,7 e 32,1 com o menor valor em agosto e o maior em abril (Figura 66C); na maior parte dos meses o valor ficou acima de 22,3, apenas nos meses de agosto e setembro ocorreram valores abaixo; no dia que antecede os volumes de chuva acima de 22,0 mm/dia, os valores foram na maior parte dos meses, inferiores a 24,1.

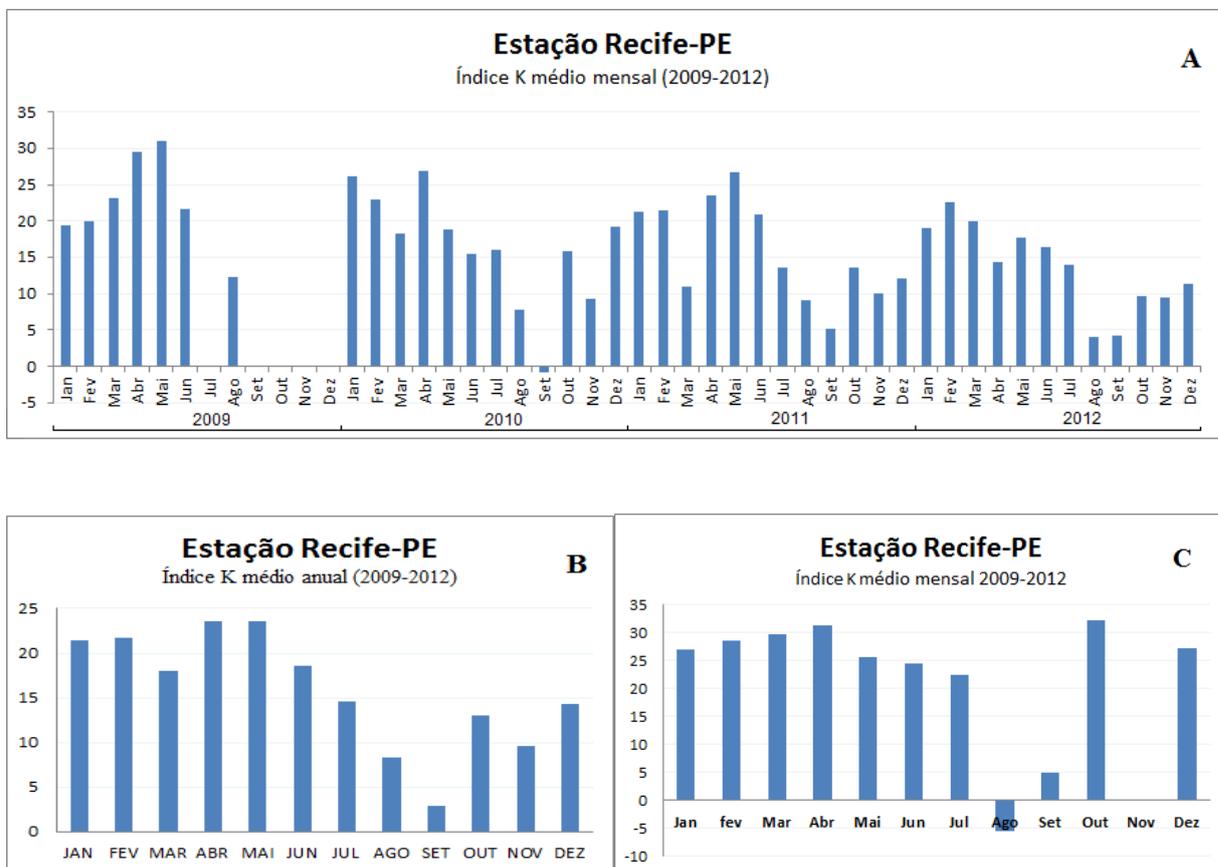


Figura 66. (A) valor médio mensal do índice K. (B) valor médio anual do índice K no período de 2009-2012. (C) índice K médio para os casos de chuvas significativas.

Índice Cross Totals: o menor valor deste índice ao longo do período de 4 anos, foi de 14,7, que ocorreu em agosto de 2012 e o maior em janeiro de 2010, de 21,0; os maiores valores ocorrem no meses com maior volume de chuva e menores no período seco (Figura 67A); os valores médios sinalizam que o menor valor ocorreu no mês de setembro e foi de 15,2 enquanto ocorreu em o maior em janeiro com o valor de 19,5 (Figura 67B); na ocorrência de chuvas significativas os menores valores foram nos meses de agosto e setembro (Figura 67C), assim como ocorreu nos valores médios mensais com e sem chuva; no período de fevereiro a julho, nos casos de chuva superior a 22,0mm/dia o valor médio foi de 18,7 com desvio padrão de apenas 0,6.

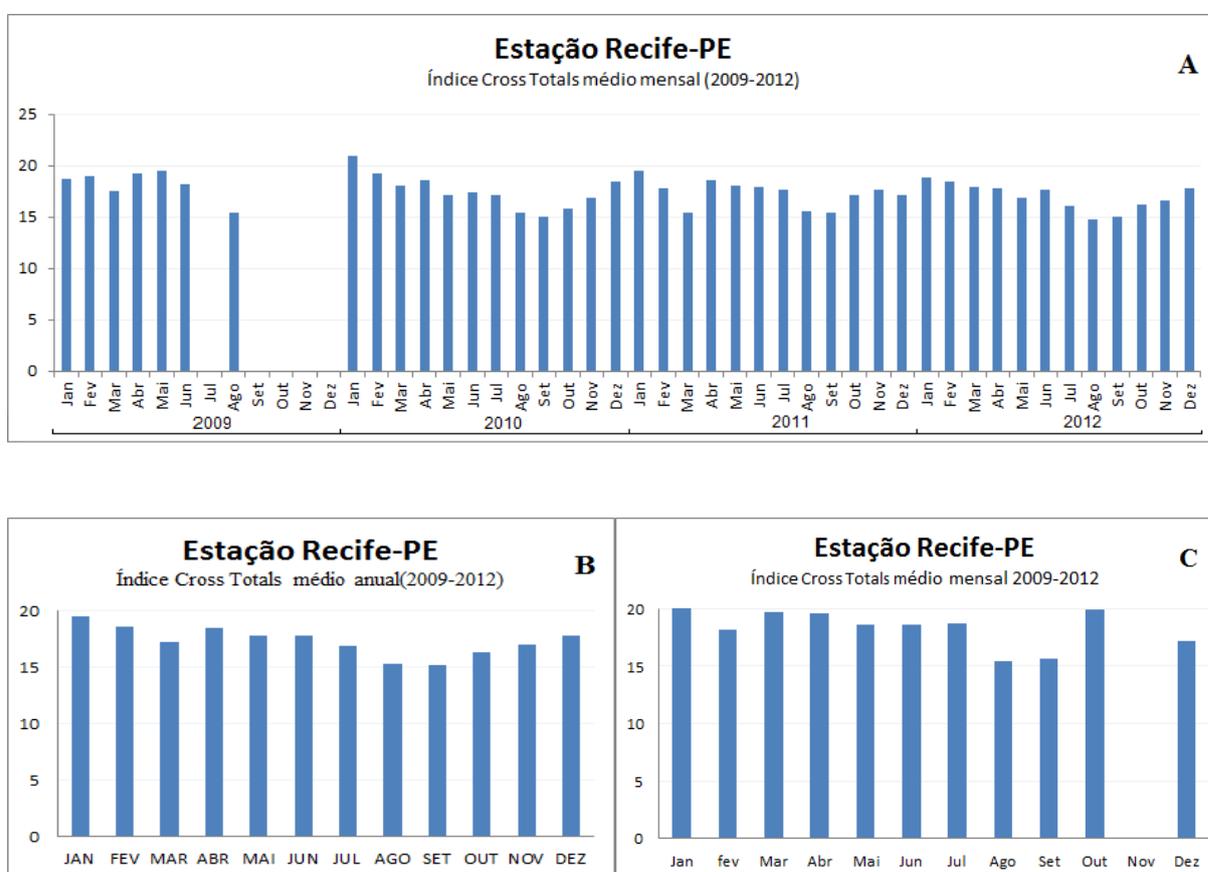


Figura 67. (A)valor médio mensal do índice Cross Totals. (B)valor médio anual do índice Cross Totals no período de 2009-2012. (C) índice Cross Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice Vertical Totals: a variação deste índice no decorrer de quatro anos foi de apenas 5,8 com os maiores valores no período chuvoso e os menores no período seco (Figura 68A); nas médias anuais a amplitude foi de apenas 3,4 com o menor valor de 18,9 em setembro e o maior de 22,3 cujo comportamento médio refletiu o que ocorreu mês a mês (Figura 68B); a variação do Vertical Totals nos casos em que a chuva ultrapassou os 22,0 mm/dia foi de 22,0 com um desvio padrão de 0,5 nos meses de janeiro a junho e foi um pouco menor no dia anterior (figura 68C).

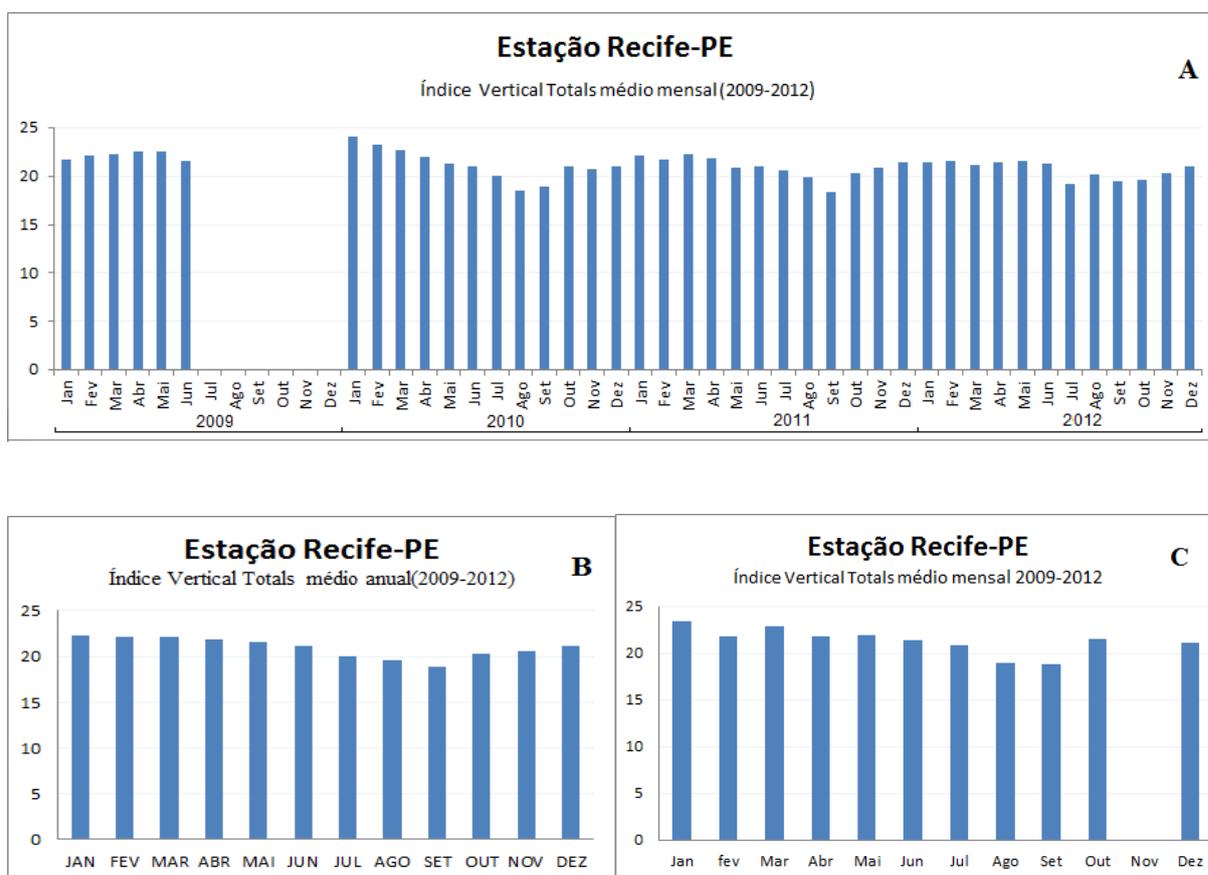


Figura 68. (A) valor médio mensal do índice Vertical Totals. (B) valor médio anual do índice Vertical Totals no período de 2009-2012. (C) índice Vertical Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice Total Totals: o comportamento deste índice ao longo do período 2009-2012, é de valores elevados durante a estação chuvosa e baixos na estação seca (figura 69A), característica típicas, dos índices que têm medidas indiretas da umidade; o menor valor neste período foi de 33,8 e ocorreu em setembro de 2011 enquanto o de 45,1 em janeiro de 2010; em valores médios anuais a amplitude foi de apenas 7,8 com o menor valor de 34,1 em setembro e o maior de 41,8 em janeiro, os valores são mais elevados no início do ano e têm um pequeno declínio em junho e com o menor valor em setembro e depois voltam a se elevarem (Figura 69B); no estudo de casos de chuvas significativas o Total Totals tem uma variação de 1,6 com valor médio de 41,3 no período de janeiro a julho enquanto no restante do período a média é de 37,1 e um desvio padrão de 2,9 (Figura 69C); no dia que antecede a chuva o índice é se situou em torno de 40,7 com desvio padrão de 2,0.

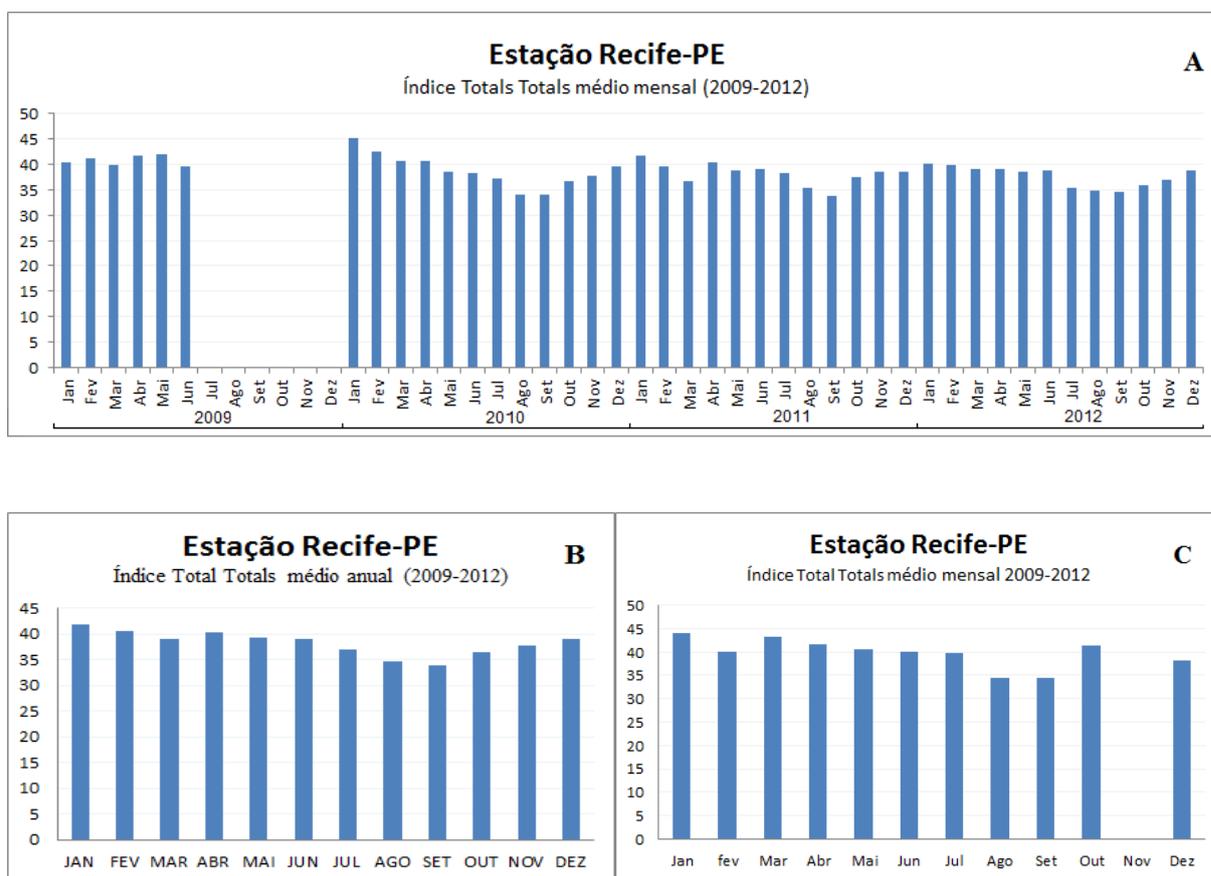


Figura 69. (A) valor médio mensal do índice Total Totals. (B) valor médio anual do índice Total Totals no período de 2009-2012. (C) índice Total Totals médio para os casos de chuvas significativas

Índice CAPE: a amplitude deste índice foi de 1256,8 (J/kg) com o menor valor de 35,9 (J/kg) em setembro de 2012 e o maior de 1443,7(J/kg) que ocorreu em janeiro de 2010 (Figura 70A); no período de janeiro a maio os valores ficaram acima de 500,0(J/kg) com o maior valor em janeiro de 942,6 (J/kg) e os valores ficaram abaixo de 230,0 nos demais meses do ano, com o menor valor em agosto de 28,8 (J/kg) (Figura 70B); nos casos em que ocorreu chuva significativa o maior valor foi em janeiro e o menor em agosto (Figura 70C); no período de janeiro a maio o valor do CAPE passa, na média de 836.7(J/kg) no dia anterior para 904,5 (J/kg) no dia da chuva.

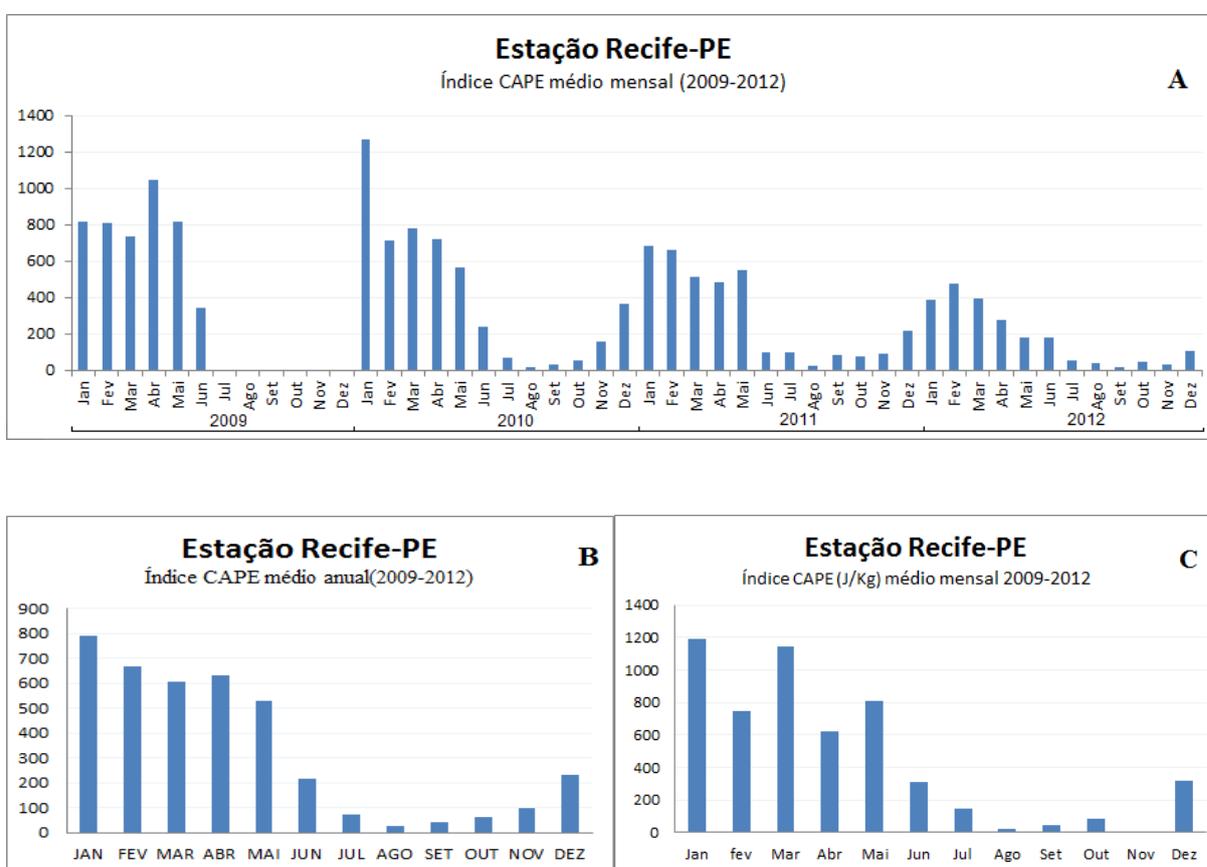


Figura 70. (A) valor médio mensal do índice CAPE. (B) valor médio anual do índice CAPE no período de 2009-2012. (C) índice CAPE médio para os casos de chuvas significativas

Índice CAPE (tv): para os outros regimes pluviométricos o uso da temperatura virtual no índice CAPE a diferença mais significativa é apenas nos valores mais elevados, mas o padrão é praticamente igual; como no índice anterior o menor valor foi de 35,9 (J/kg) em setembro de 2012 e o maior em janeiro de 2010 foi de 1443,7 (J/kg) (Figura 71A); na média anual os valores foram elevados no período de janeiro a maio e diminuíram bruscamente em junho até novembro e voltaram a se elevar no mês de dezembro (Figura 71B); nos caso de chuva significativa os valores tiveram brusca variação de um mês para outro mas no período de janeiro a maio os valores ficaram com média de 1170,1 (J/kg) e nos meses de junho a dezembro, de 231,1 (J/kg) (Figura 71C); no período de janeiro a maio os valores tiveram um desvio padrão de 301,7(J/kg) indicando que os menores valores na ocorrência de chuva acima de 22,0 mm/mês neste período podem ser de 773,6 (J/kg).

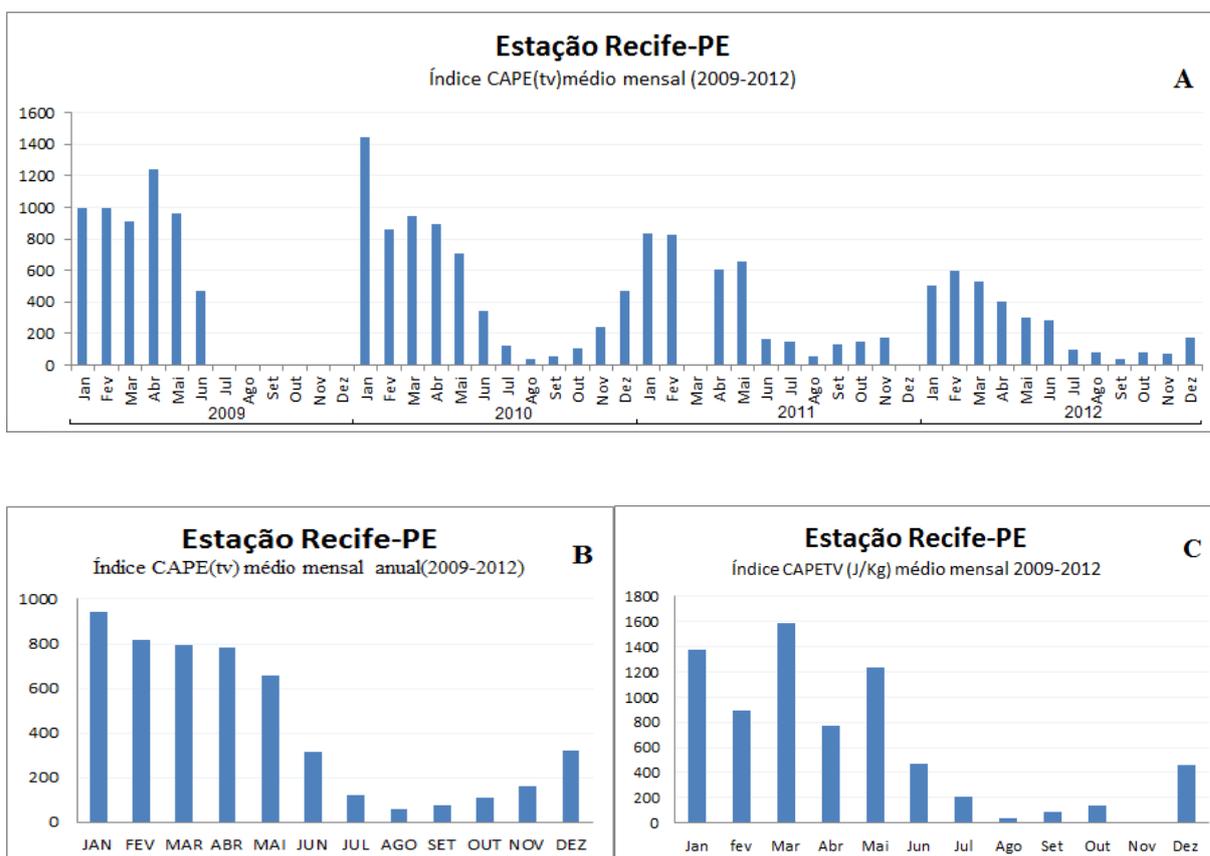


Figura 71. (A) valor médio mensal do índice CAPE(tv). (B) valor médio anual do índice CAPE(tv) no período de 2009-2012. (C) índice CAPE(tv) médio para os casos de chuvas significativas

RESUMO DOS INDICES PARA O GRUPO CINCO

Antes da ocorrência de chuvas significativas os valores do índice Showalter são menores que 3,0 para o período de janeiro a junho e acima deste valor a partir de julho.

O Lift teve valores negativos para o período de janeiro a junho tempo no qual se concentra a maior parte da chuva no ano e os nos meses de abril e maio o valor médio é de -1,77; o comportamento do Lift(tv) é semelhante ao Lift; apenas os valores são menores e o valor característico para um volume de chuva acima de 22,0 mm/dia é um valores abaixo de -2,0 um dia antes.

O índice Sweat apresentou o valor de 200,1 nos dias em que ocorreu chuva significativa isto para o período de janeiro a julho, já nos outros meses existe uma variação que depende do mês.

O valor abaixo de 20,4 do índice K no dia que antecedeu os casos de chuva sugere ser um valor que deve ser levado em conta para uma provável ocorrência de chuva significativa.

O valor de 18,7 do índice Cross Totals é um forte indicativo da ocorrência de chuva significativa.

O índice Vertical Total tem um valor de 22,0 no dia em que ocorreram chuvas significativas para o período de fevereiro a junho, tem valores menores no dia anterior e posterior, em torno de 21,0.

O valor de 41,3 para índice Total Totals foi encontrado ocorrência dos casos de chuva acima de 22,0mm/dia para o período de janeiro a julho.

Para o regime pluviométrico do grupo 5, o valor do CAPE aumenta com a ocorrência da chuva e passa de 836,7 (J/kg) um dia antes para 904,5 (J/kg) no dia da chuva, este é um valor característico deste índice, isto ocorre nos meses com maior volume de precipitação.

Com a utilização da temperatura virtual no índice CAPE os valores foram mais elevados e com o valor que indica chuva forte no período de janeiro a maio acima de 800,0 (J/kg).

4.5. A UTILIZAÇÃO DO BRAMS EM CASOS DE DOL

Previsões feitas de 24 a 72 horas antes com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 11/05/2009. 1º evento.

Previsão do Índice Showalter

O valor do índice Showalter para o dia 09/05/2009 sobre o nordeste é acima de 9 e sobre o Oceano Atlântico os valores se situam entre 7,0 e 8,0 (Figura 72A); no dia seguinte os valores caem para entre 8,0 a 8,5 no continente, mas foram maiores que no Oceano, que tem dois centros de valores um 2,5 e o outro de 3,0 (Figura 72B); em 11/09/2009 observa-se o núcleo mais fraco chegando ao sul do Estado da Bahia enquanto nas demais áreas da Região NEB os valores estão em torno de 7,0 (Figura 72C); os valores no dia em que ocorreram as chuvas o índice sobre o litoral do NEB estava em torno de 8,5; já os valores encontrados com os dados das radiossondagens foram de -0,64 para o dia 11/05/2009 na estação de Recife, PE, ficando bem inferiores ao observado na previsão, que foi em entre 6 e 7.

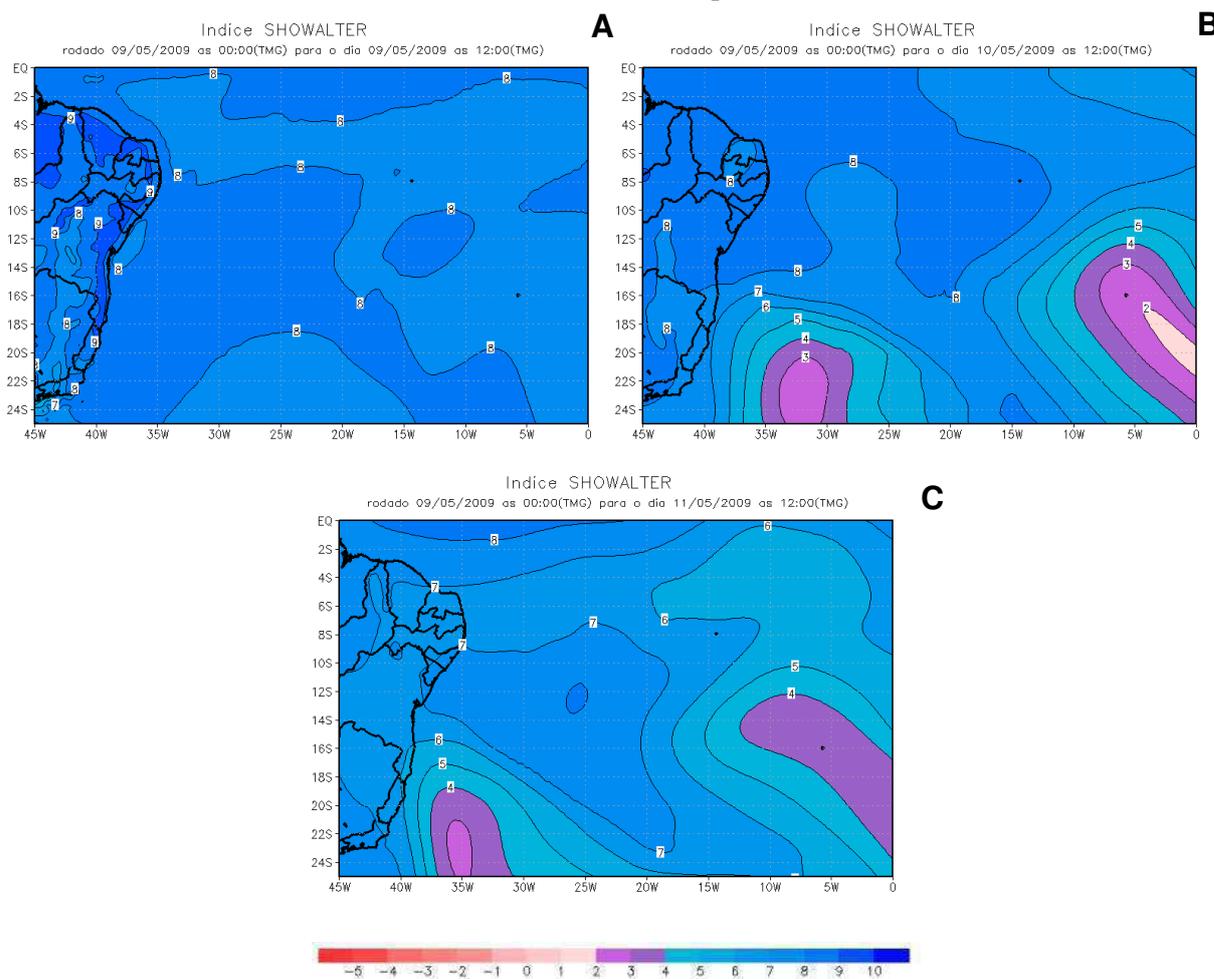


Figura 72 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009.

Previsão do Índice Swet

Este índice apresentou os valores elevados sobre o continente, no dia 09/05/2009, variando entre 90 e 270 e abaixo de 120 no Oceano Atlântico. Na costa do Nordeste, na altura do sul da Bahia, observa-se um centro com valores acima de 120 e outro no Oceano, em torno do ponto 11°S e 10°O, também com o mesmo valor (Figura 73A); no dia 10/05/2009 os valores diminuíram consideravelmente, ficando entre 10 e 40 sobre o continente, em grande parte da Região NEB e no Oceano em uma faixa em torno da latitude de 12°S; já na parte mais ao sul do Oceano, este índice tem uma região com valores elevados e dois centros, um na costa do Estado do Espírito Santo e ou em torno do ponto 10°S e 10°O (Figura 73B); no dia seguinte os valores deste índice continuaram baixos sobre grande parte da região NEB e com o centro de valores mínimos atingindo o litoral do Estado da Bahia (Figura 73C), e o índice como previsto sofreu uma subestimativa em todos os dias dos valores, enquanto no dia 11/05/2009 foi observado o valor de 239 previsto de apenas 20.

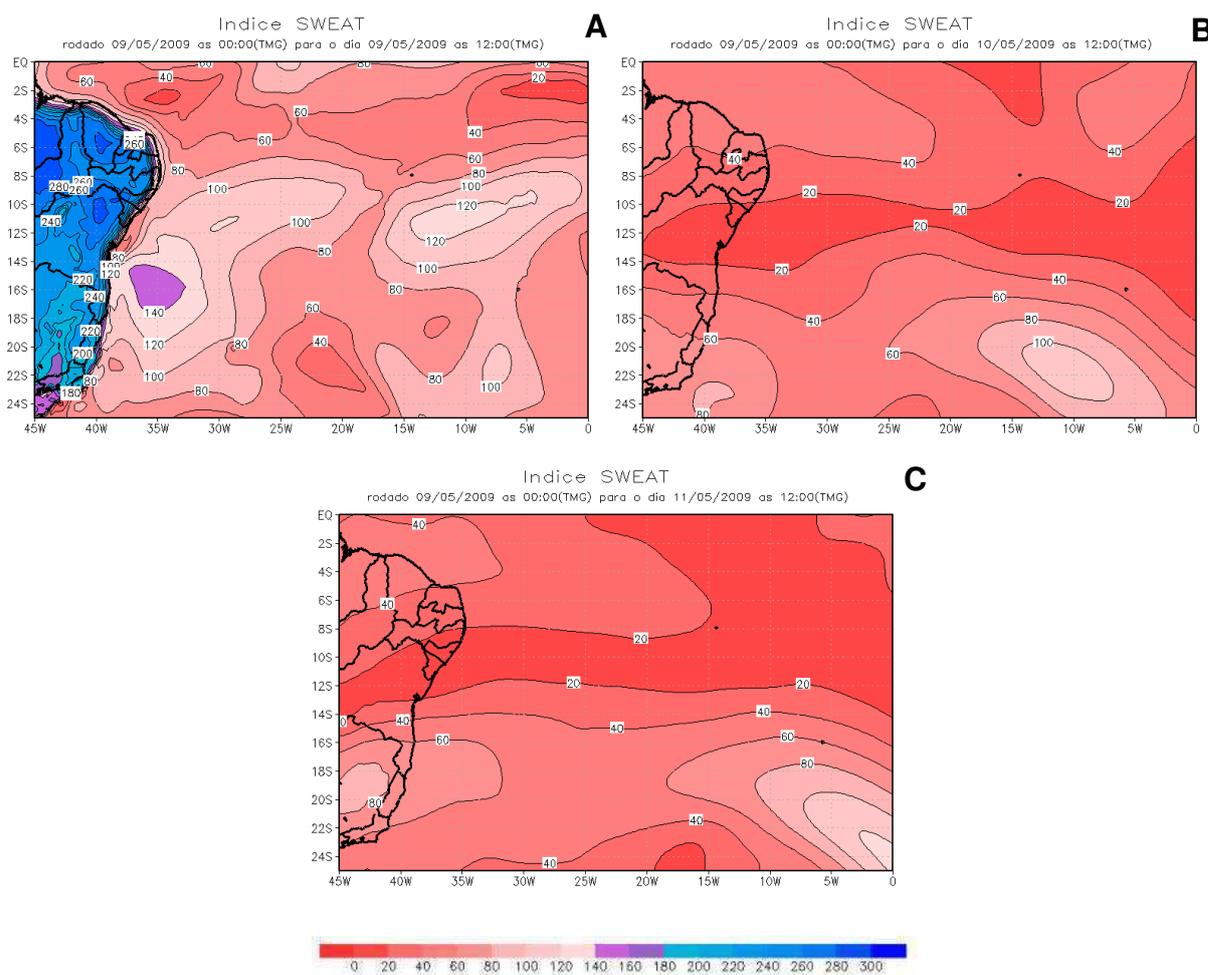


Figura 73 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009

Previsão do Índice K

O índice K, na previsão do dia 09/05/2009, os valores estão entre 20 e 25 na costa do NEB e sobre o continente. Um centro negativo é observado em torno do ponto 27°S e 35°O (Figura 74A); para o dia seguinte previsto, os valores foram os mesmos na costa do NEB e sobre a região os valores estão entre 25 e 30; no Oceano Atlântico o centro negativo observado no dia anterior ficou mais intenso e tem uma área mais ampla, entre as latitudes de 9°S e 30°S (Figura 74B); na previsão do dia 11/05/2009 os valores diminuíram na maior parte da região em relação à previsão anterior e o centro de valores negativos sobre o oceano com uma área mais ampla, apesar dos valores sobre a costa (Figura 74C); o índice K, previsto pelo modelo, teve valor semelhante ao observado para o dia 09/05/2009, que foi de 26 na Estação de Recife, PE, mas no modelo os valores foram diminuindo com aproximação do dia da ocorrência do DOL enquanto nos dados observados ocorreu uma elevação.

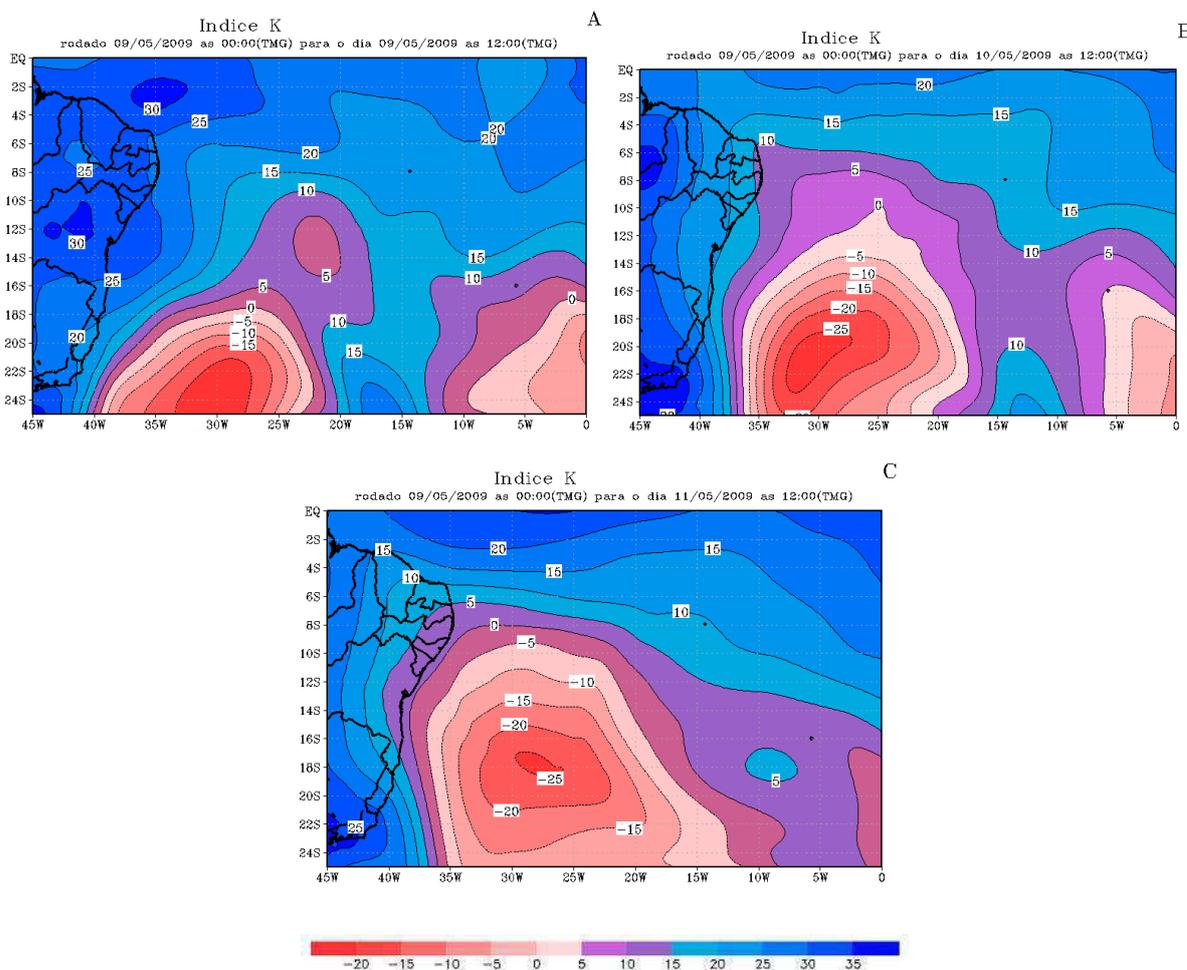


Figura 74 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009

Previsão do Índice Cross Totals

Na Previsão para o dia 09/05/2009 do índice Cross Totals os valores sobre a região NEB são entre 15 e 18; no Oceano se observam dois centros de mínima, um em torno do ponto 30°S e 30°O e outro em 18°S e 0° de longitude; quase centrado no ponto 15°S e 20°O há um outro centro com valores também baixos, só que, menos intensos que os dois anteriores (Figura 75A); os valores estão mais elevados sobre a região NEB, entre 18 e 21; os centros de valores mínimos estão mais intensos que na previsão anterior e com um deslocamento para leste (Figura 75B); os valores diminuíram ficando entre 15 e 18 sobre o continente na Previsão para o dia 11/05/2009; sobre o Oceano tem-se apenas dois núcleos de mínimos valores, um que continua perto do continente, desde a primeira previsão e outro entre 16°S e 5°O (Figura 75C); os valores previstos para este índice tem ficado em torno de 20 nos dois primeiros dias na região sobre Recife, PE; valores próximos dos observados, os valores caíram já no dia 11/05/2009 e os valores previstos diminuíram enquanto os observados se mantivera elevados.

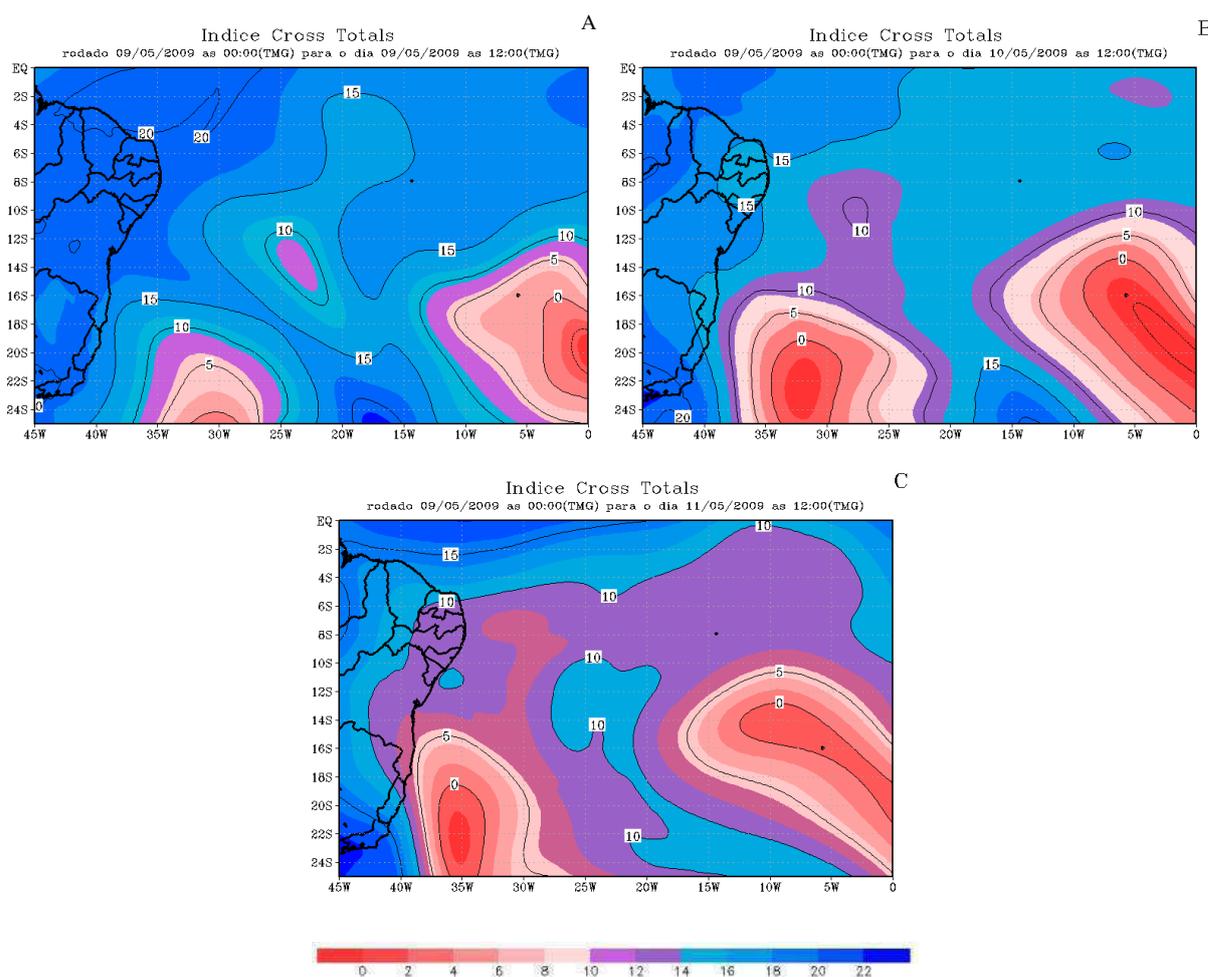


Figura 75 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009

Previsão para o Índice Vertical Totals

Em uma área no continente sobre os estados de Pernambuco, Alagoas, Sergipe e parte norte da Bahia, os valores do índice Vertical Totals eram entre 23 e 24 na previsão do dia 09/05/2009. Em torno do ponto 16°S e 40°W há um centro com o menor valor de 20 ligado a um outro mais no Oceano em torno do ponto de 12°S e 15°W com esses mesmo valores (Figura 76A); no dia 10/05/2009 os valores diminuíram em relação à previsão do dia anterior sobre o continente ficando com valores iguais aos encontrados no Oceano (Figura 76B); na previsão para 72h os valores continuam a diminuir sobre o continente e boa parte do Oceano (Figura 76C); na previsão para o dia 09/05/2009 os valores foram bem próximos aos observados mas nos dias seguintes o valor deste índice diminuiu enquanto o observado sofreu um pequeno aumento.

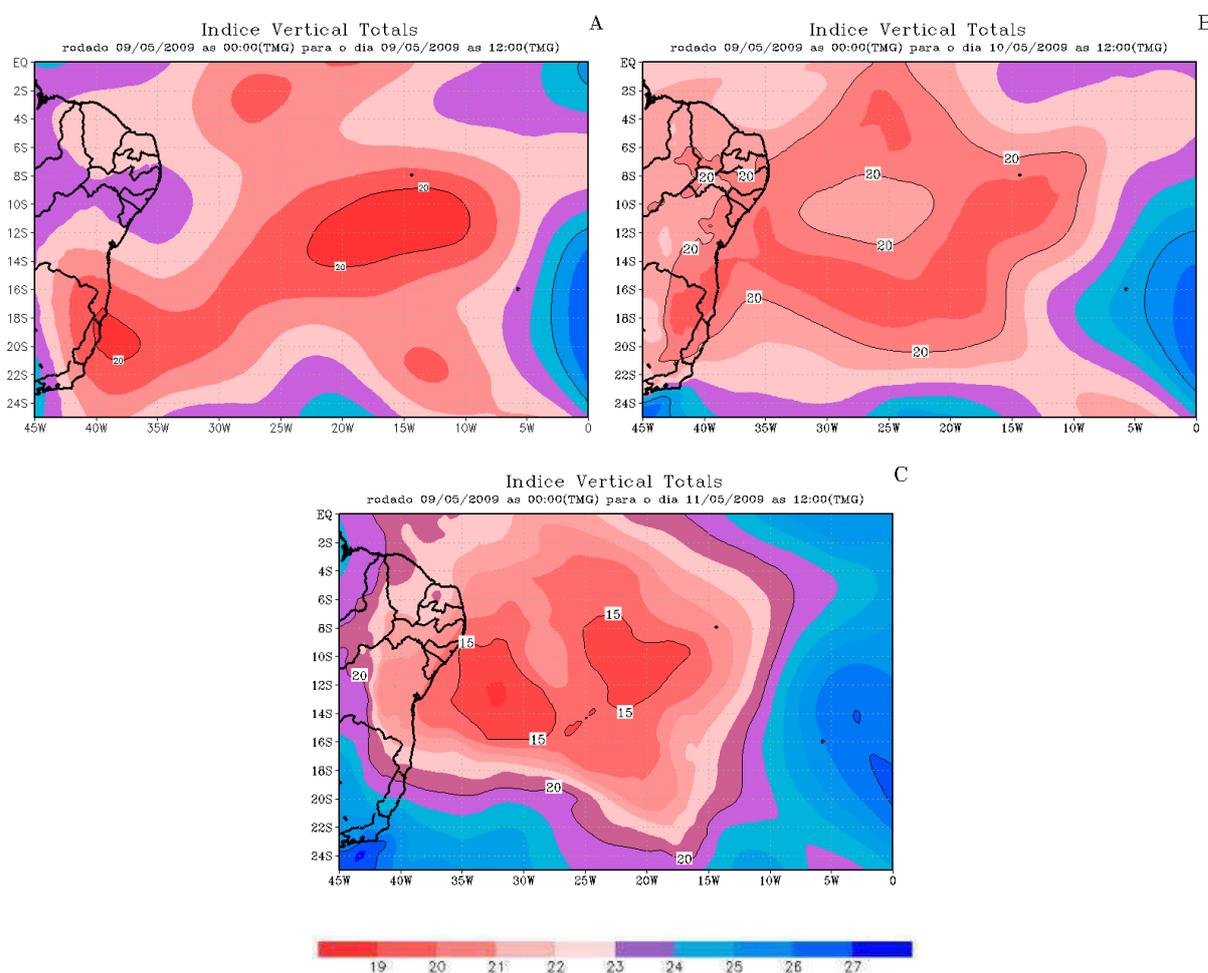


Figura 76- Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009

Previsão do Índice Total Totals

Na previsão para o dia 09/05/2009 do índice Total Totals, os valores sobre o continente eram entre 39 e mais dentro chegando a até 42; sobre o Oceano Atlântico tem-se um centro de mínimo em torno do ponto 29°S e 32°O, outro em 15°S e 20°E e mais um 16°S e 5°O; no ponto 27°S e 20°O um ponto de valores máximos (Figura 77A); os valores no dia 10/05/2009 continuaram elevados, acima de 39; sobre o Oceano os centros de baixa se uniram embora cada um possa ser observado, ainda, cada um com seu núcleo; o centro de máximos valores também pode ser observado sendo um pouco mais intenso e amplo em relação à previsão anteriormente (Figura 77B); na previsão para o dia 11/05/2009 os valores sobre a Região NEB estão variando entre 30 e 39 e diminuindo em direção ao Oceano Atlântico; já sobre o Oceano há dois centros de mínimo em torno do ponto 21°S e 32°O outro sobre 16°S e 5°O e um centro de máximo em torno do ponto 27°S e 10°O (Figura 77C). O comportamento deste índice quanto aos observados foi bem semelhante nos dois dias que antecedem o fenômeno, mas com uma subestimativa no dia ocorreu.

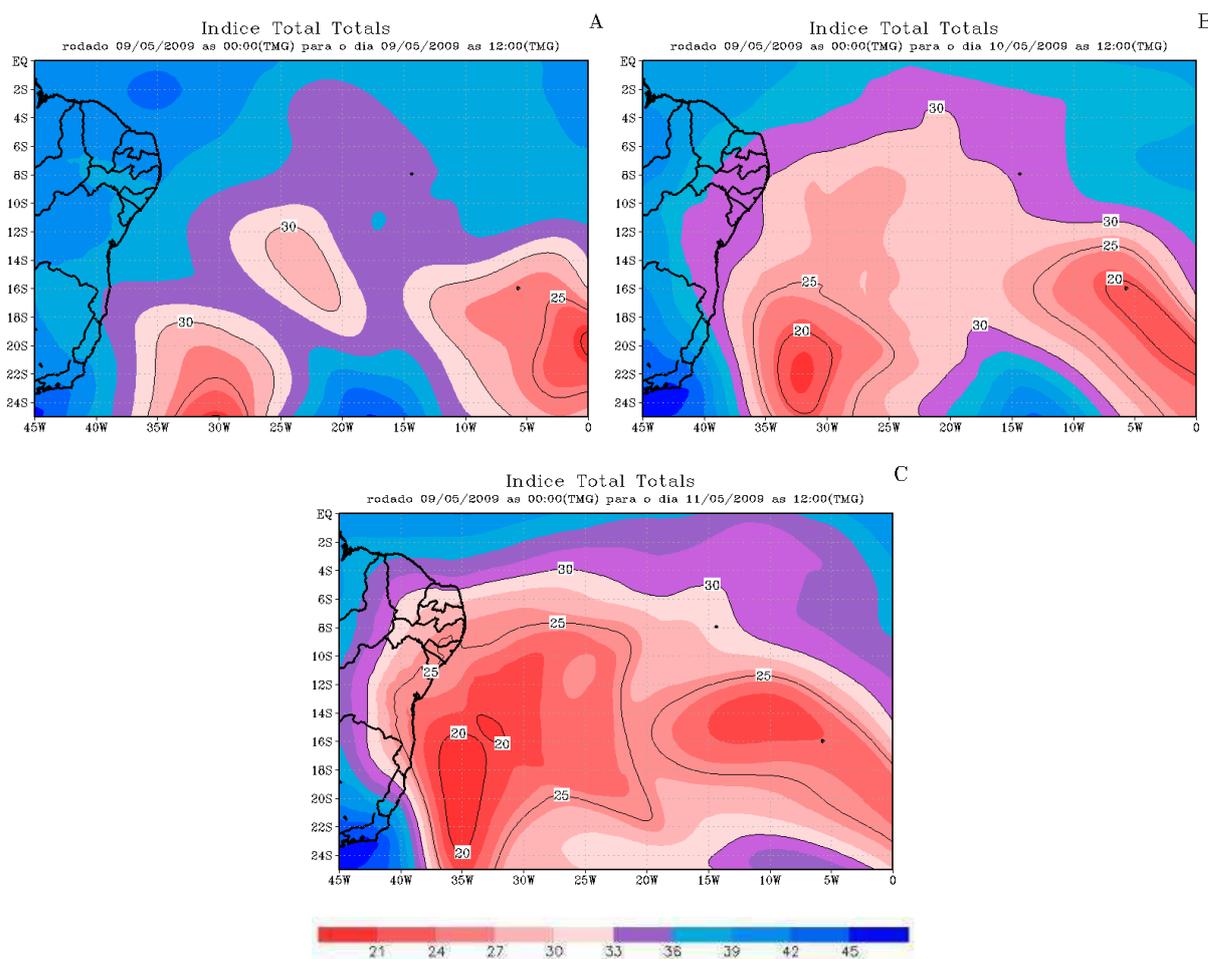


Figura 77- Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 09/05/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/05/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/05/2009

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 11/05/2009

Os índices K, Cross Totals, Vertical Totals e Total Totals apresetaram boa previsibilidade já que seus valores foram bem próximos dos observados para a estação de Recife, PE, nos dois dias que antecederam, embora tenham sido subestimados no dia da ocorrência, isso pode ter ocorrido devido a diferença de horas que o sistema foi previsto e a hora que de fato ocorreu (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 11/05/2009 e valores previstos pelo modelo BRAMS com diferença entre o observado x previsto.

	D-2	D-1	D
Showalter	2.7	-0.4	-0.6
Previsto	9.0	8.5	7.0
Diferença	6.3	8.9	7.6
Swet	208.2	213.4	239.4
Previsto	240.0	40.0	30.0
Diferença	31.8	-173.4	-209.4
K	26.0	36.0	35.0
Previsto	30.0	25.0	10.0
Diferença	4.0	-11.0	-25.0
Cross Totals	18.6	20.9	21.0
Previsto	18.0	20.0	15.0
Diferença	-0.6	-0.9	-6.0
Vertical Totals	20.9	22.7	23.7
Previsto	25.0	20.0	16.0
Diferença	4.1	-2.7	-7.7
Total Totals	39.5	43.6	44.7
Previsto	40.0	40.0	35.0
Diferença	0.5	-3.6	-9.7

Previsões feitas de 24 a 72 horas antes com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 12/06/2009. 2º evento.

Previsão do Índice Showalter

No campo da previsão para o dia 10/06/2009 deste índice, tem-se que os valores sobre o continente estão acima de 6 e sobre o Oceano Atlântico os valores ficaram entre 6 e 7 (Figura 78A); no dia seguinte os valores sobre o continente estão acima de 6 mas se observam no oceano dois núcleos com valores menores, um por volta do ponto 24°S e 12°O com valores inferior a 4 e outro em torno do ponto 10°S e 5°O com valores negativos (Figura 78B); os valores se elevaram acima de 7 no litoral leste do NEB e à área com menores valores se uniram sobre o oceano e se deslocaram mais para oeste (Figura 78C). Na comparação dos dados previstos com os observados na estação de Recife, PE, com os dados previstos nos dois dias que antecederam a ocorrência do DOL, o modelo superestimou em mais de 7 mas no dia da ocorrência a superestimativa foi apenas 3.

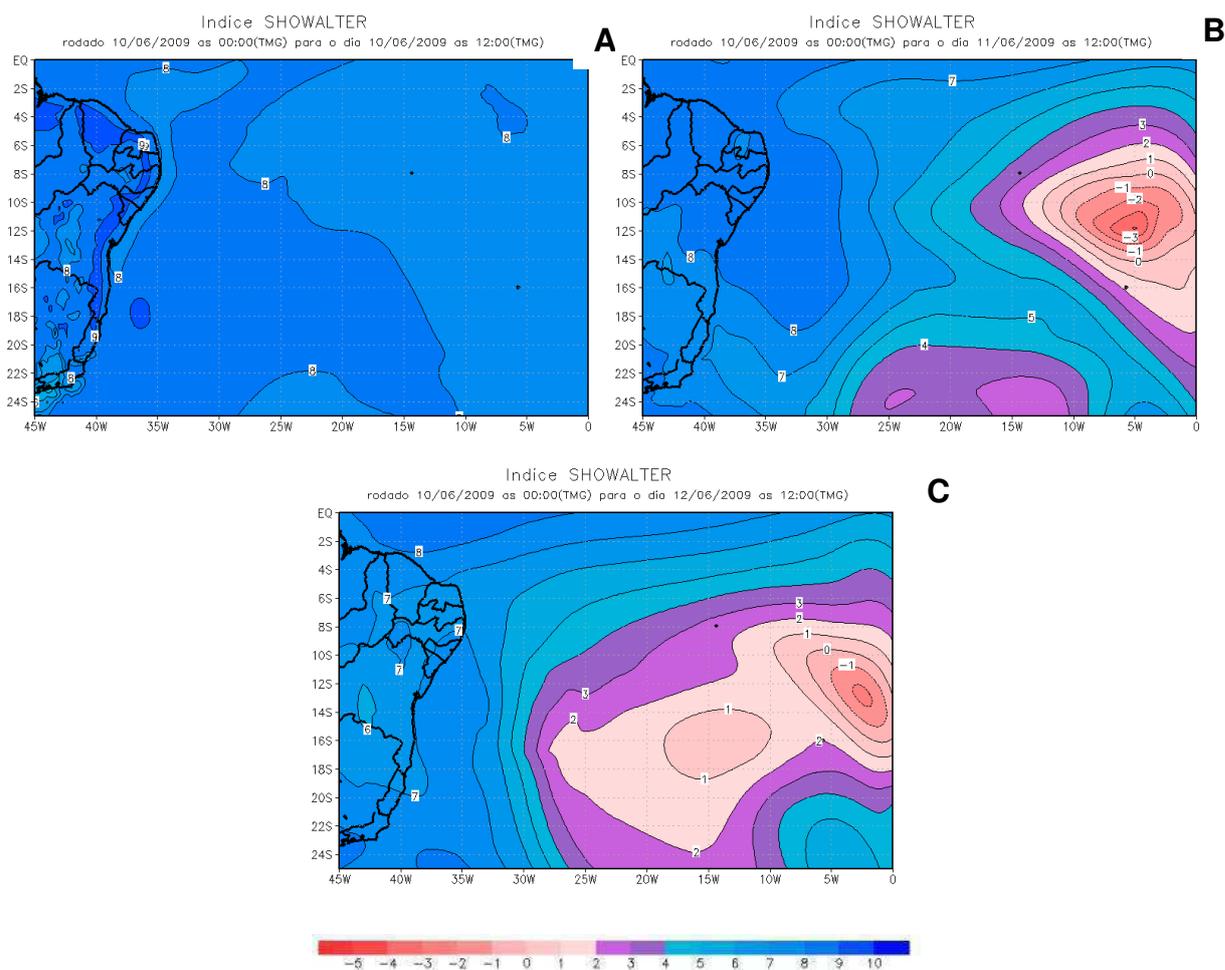


Figura 78- Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009.

A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia

11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão do Índice Swet

Os valores deste índice para o Oceano Atlântico na costa do NEB são superiores a 150 e com uma descontinuidade sobre o continente acima de 240 (Figura 79A); no dia seguinte na faixa de latitude entre 0°S e 15°S os valores diminuíram ficando abaixo de 60; nas latitudes mais a sul ficaram acima de 70 (Figura 79B), na previsão deste índice para o dia 12/06/2009 os valores não tiveram alteração significativa (Figura 79C). Os valores para o primeiro dia de previsão foram menores que os observados porém próximos enquanto tiveram uma subestimativa nos outros dois dias que antecederam.

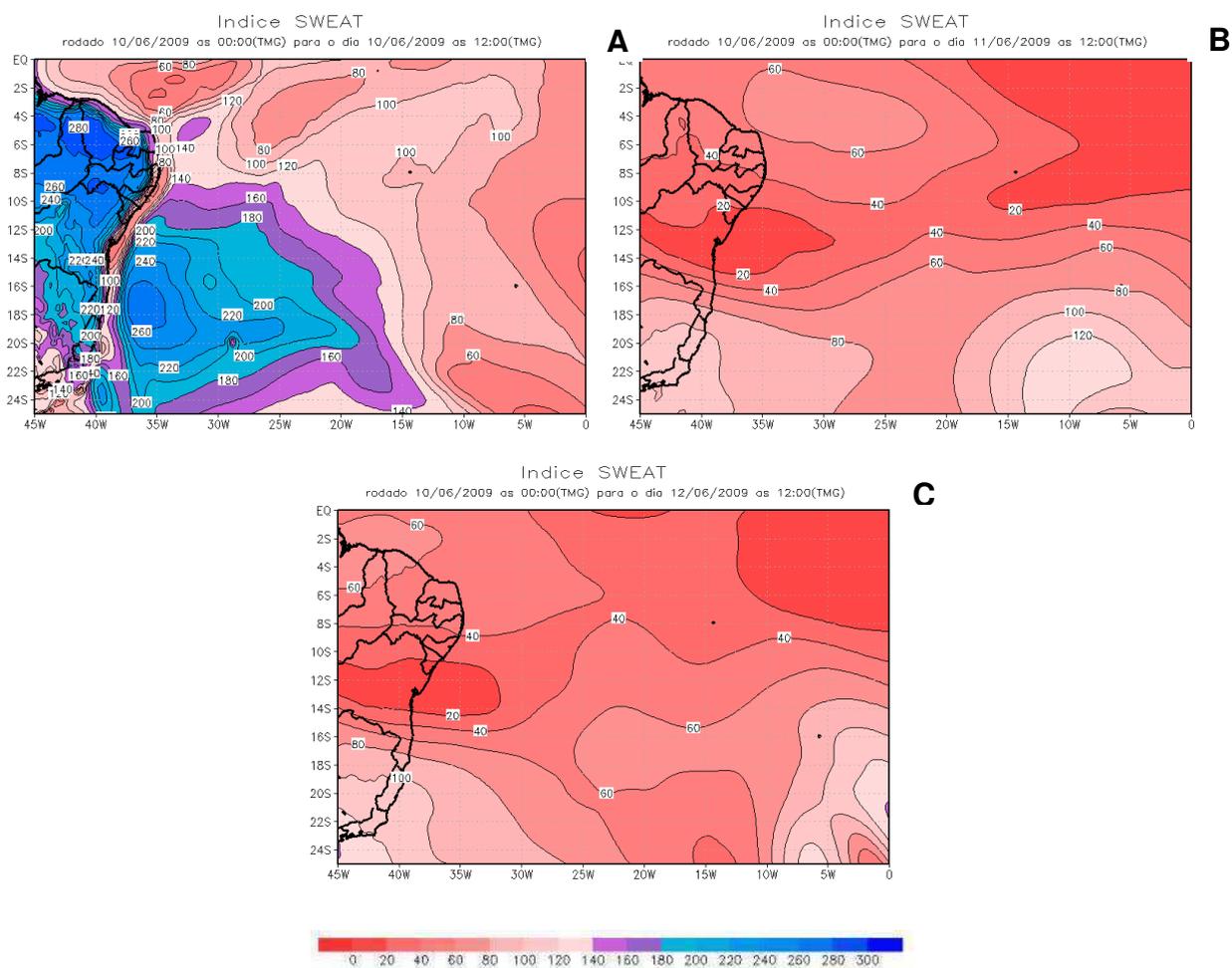


Figura 79 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão do Índice K

O índice K teve valores acima de 20 em grande parte do continente; apenas em uma faixa que fica entre o recôncavo baiano e o Estado de Alagoas é que os valores estão abaixo de 20, haja vista estar ligada a uma grande região de baixos valores sobre o Oceano Atlântico (Figura 80A); na previsão do dia 12/06/2009 a configuração é bem parecida com o do dia anterior, só que os valores estavam acima de 30, em todo o continente (Figura 80B); os valores baixaram em grande parte do continente na previsão do dia 12/06/2009 (Figura 80C); um área de valores mais elevados acima de 20 atingiu o continente na altura de Pernambuco e, pela configuração do primeiro dia de previsão, está ligado a uma região com valores elevados no oceano, em torno do ponto 27°S e 10°O. Os valores do modelo para a região próxima da estação foram subestimado mas ficaram próximos, com um comportamento semelhante, ou seja, se elevaram no primeiro dia para o segundo e voltaram a diminuir no dia da ocorrência.

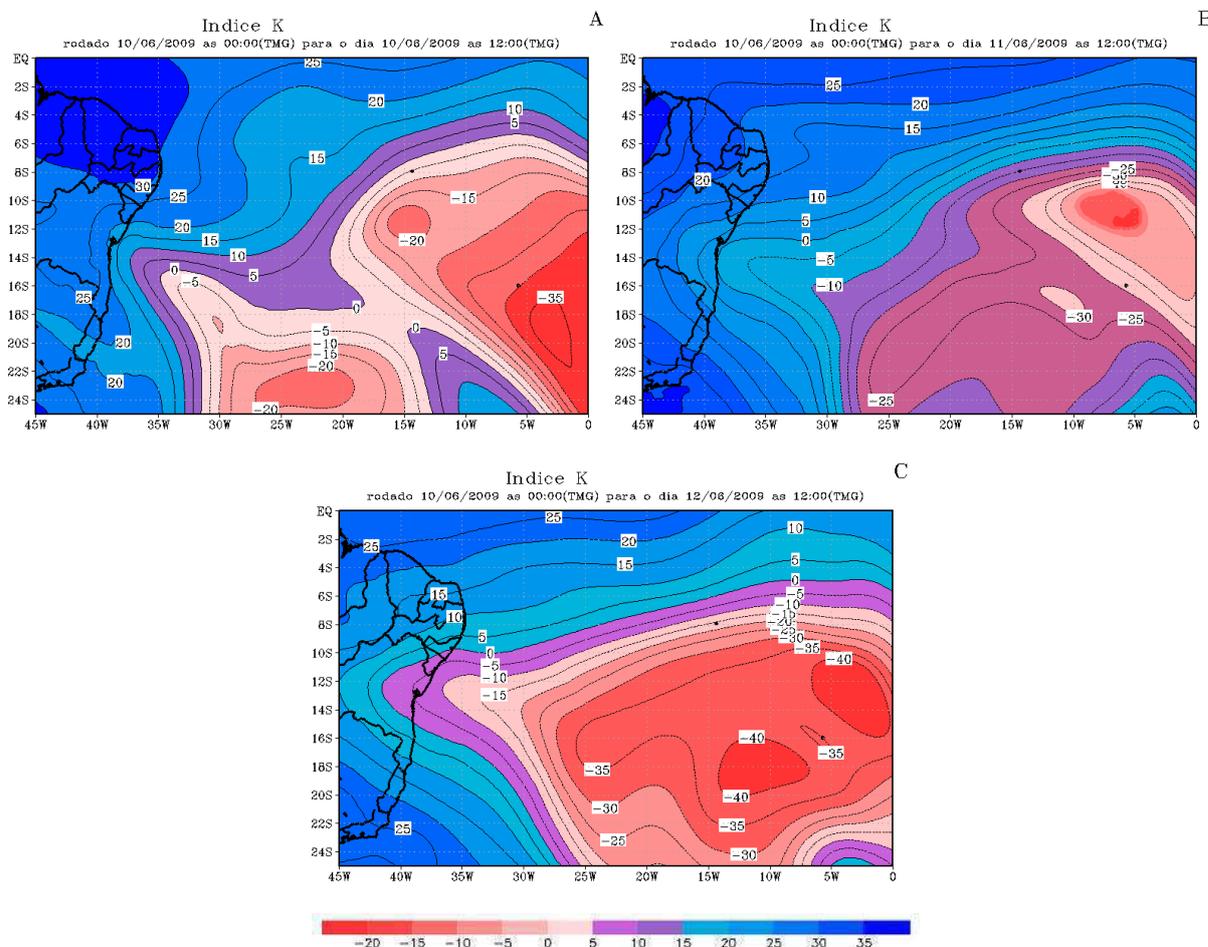


Figura 80- Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão do Índice Cross Totals

Os valores na previsão do dia 10/06/2009 foram acima de 15 no continente; em grande parte do Oceano Atlântico apenas em torno dos pontos 28°S e 25°O e do outro em 18°S e 0°O os valores estavam abaixo de 15 (Figura 81A); o valor do Cross Totals para o dia 12/06/2009 elevou-se sobre grande parte do continente e ficou acima de 18, inclusive no oceano adjacente; os centros com valores mais baixos estão menores e com uma área maior sobre o Oceano (Figura 81B); na previsão os valores estão entre 10 e 20 sobre o continente e grande parte do Oceano enquanto os centros de baixos valores não são percebidos (Figura 81C). Na previsão para o dia 10/06/2009 os valores foram subestimados; já nos dias seguintes os valores ficaram bem próximos aos observados.

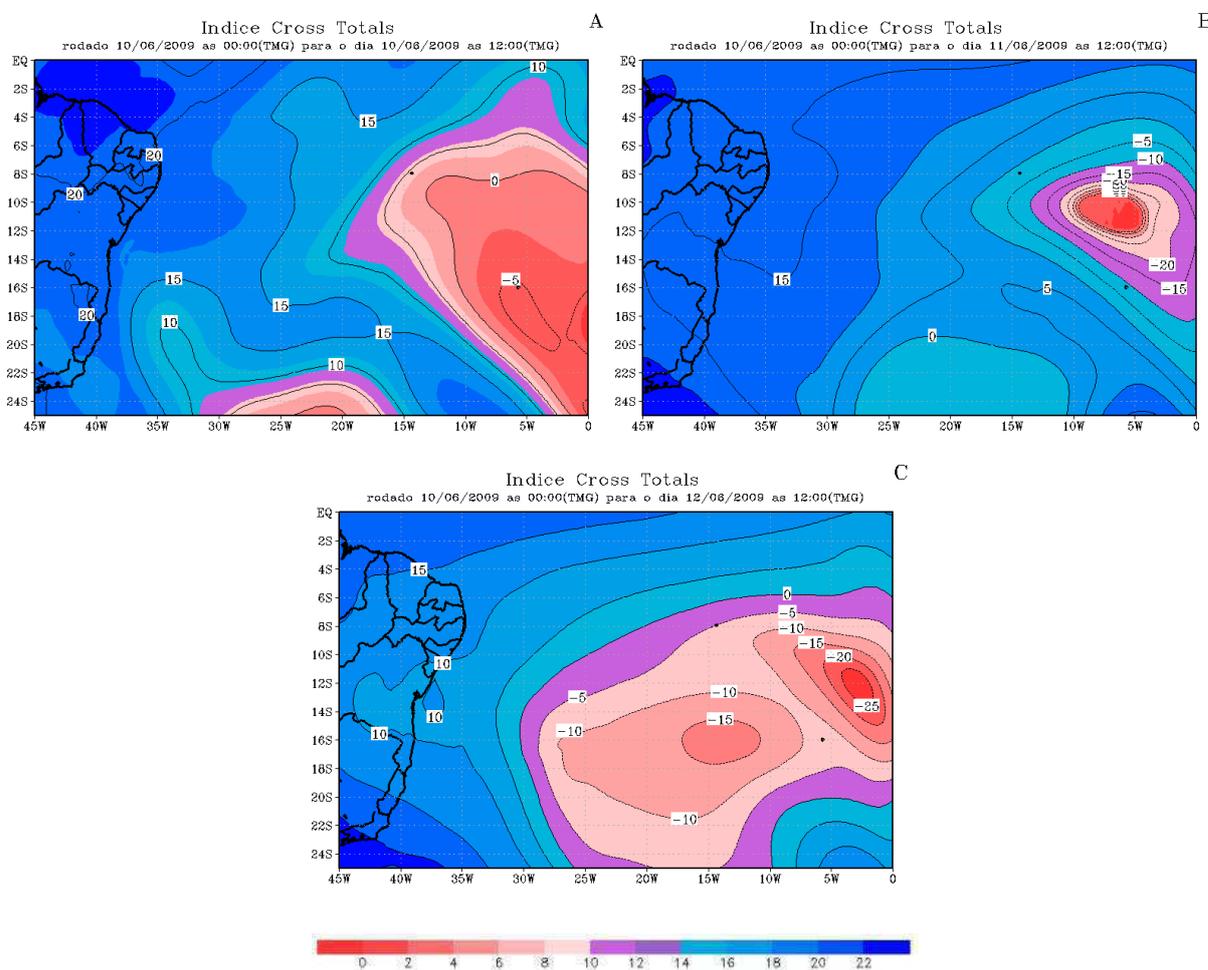


Figura 81- Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão para o Índice Vertical Totals

No Oceano Atlântico em torno do ponto 15°S e 20°O observa-se na previsão desse índice para o dia 10/06/2009 a presença de um centro com menores valores que 21 o qual cobre boa parte do Oceano e do NEB, já sobre o continente os valores são superiores (Figura 82A); na previsão para o dia 12/06/2009 os valores no centro ficaram maiores e menores sobre o continente (Figura 82B); os valores deste índice diminuíram sobre o continente e o centro de baixa se aproximou mais do continente (Figura 82C). Os valores estimados foram bem próximos dos observados embora tenha ocorrido uma subestimativa no dia da ocorrência do DOL.

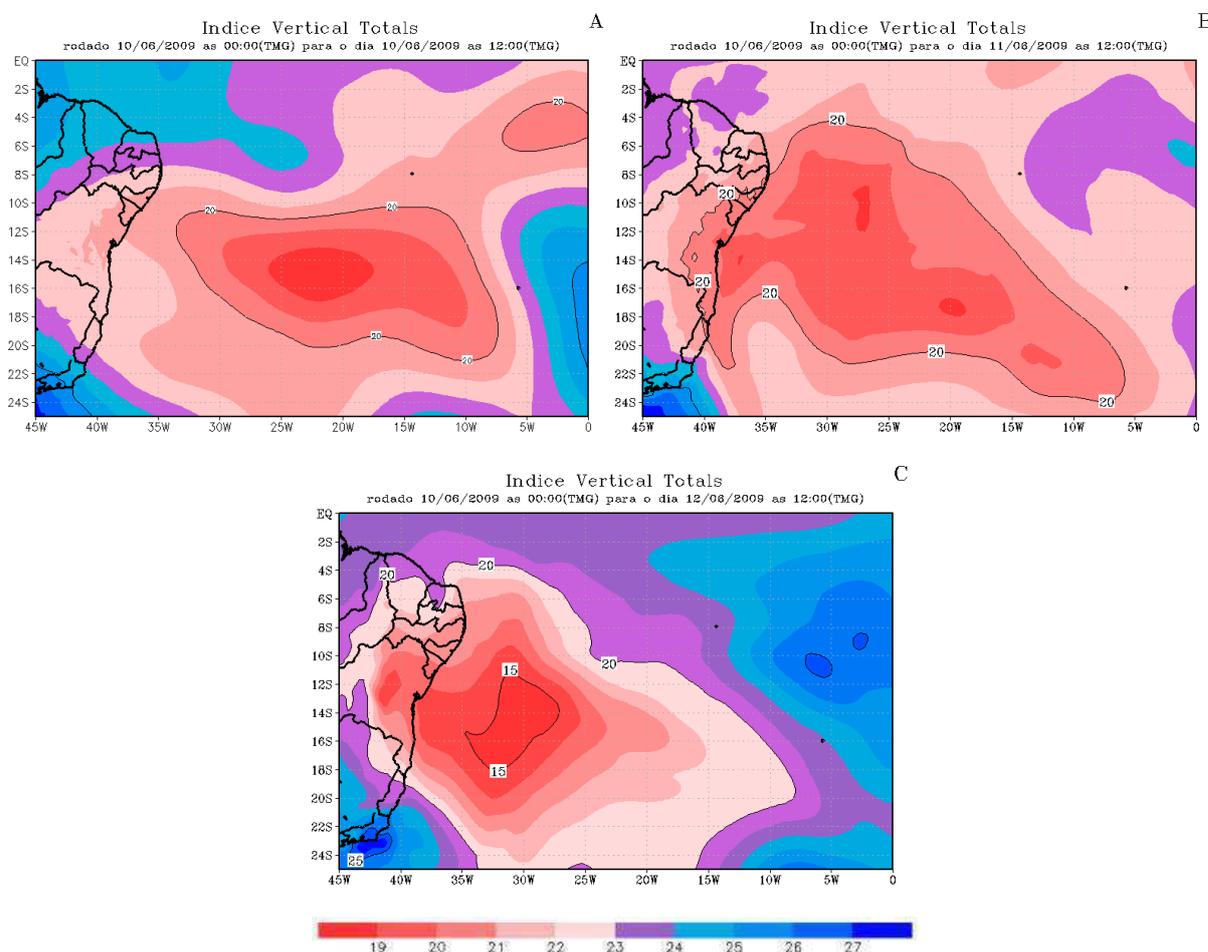


Figura 82 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão do Índice Total Totals

No campo da previsão deste índice pode se observar para o dia 10/06/2009 valores acima de 40 em grande parte do continente e uma área menos intensa se aproximando (Figura 83 A); na previsão para o dia seguinte observa-se a área com valores mais baixos chegando mais próximo do continente (Figura 83B); no dia 12/06/2009 os valores se elevaram no continente e em grande parte do Oceano (Figura 83C). Os valores da previsão para o dia 10/06/2009 foram subestimados, mas para os outros foram semelhantes aos observados.

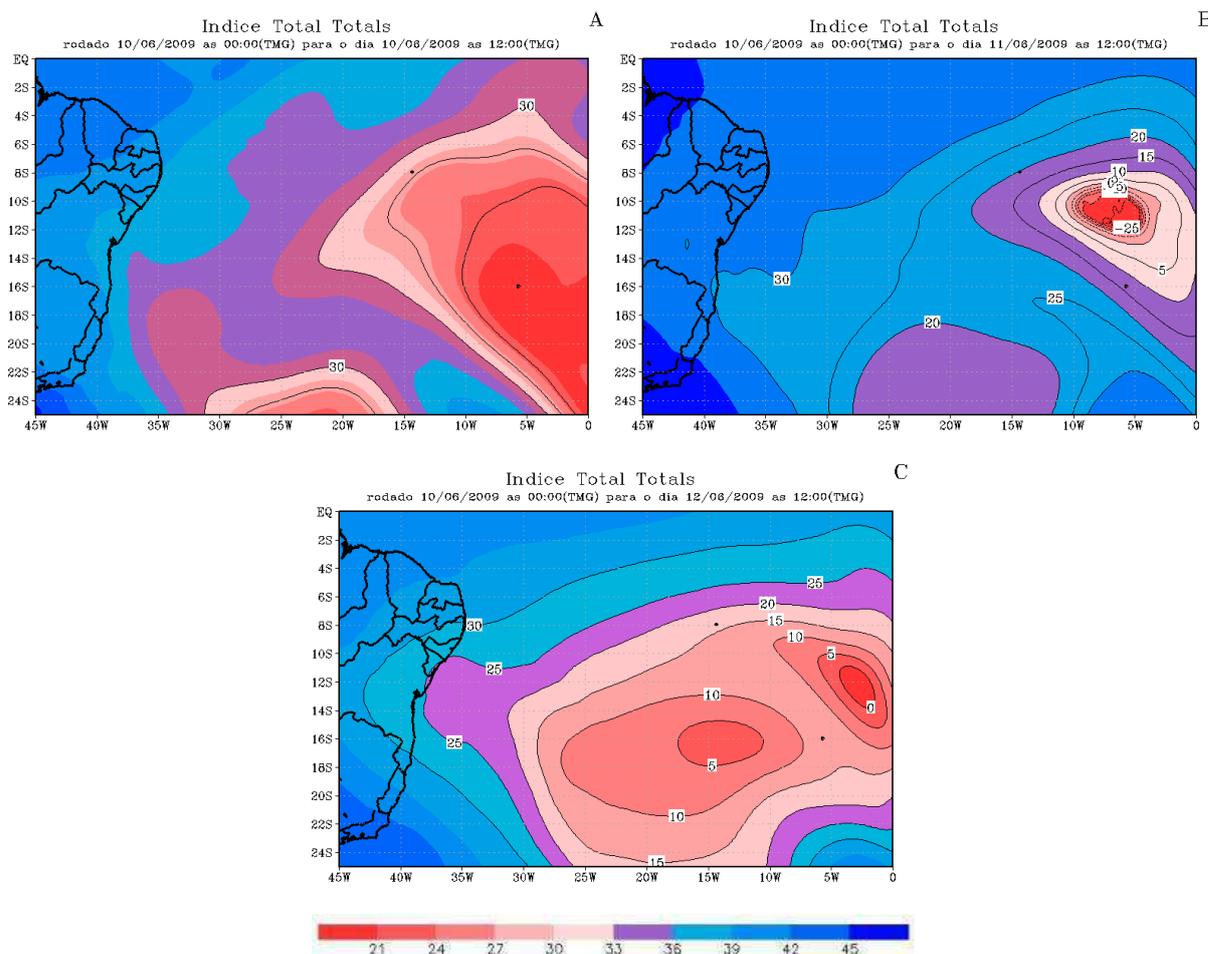


Figura 83- Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 12/06/2009

Os índices Showalter e Swet não tiveram bom desempenho para este caso de DOL; os outros índices apresentaram diferenças pequenas, com uma subestimativa no dia da ocorrência do DOL, apenas o Total Totals teve valores bem próximos dos observados (Tabela 6)

Tabela 6 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto.

	D-2	D-1	D
Showalter	-2.2	-1.4	3.1
Previsto	9.0	6.0	7.0
Diferença	11.2	7.4	3.9
Swet	247.0	239.4	202.6
Previsto	120.0	50.0	50.0
Diferença	-127.0	-189.4	-152.6
K	38.1	38.8	33.3
Previsto	30.0	40.0	20.0
Diferença	-8.1	1.2	-13.3
Cross Totals	23.3	22.7	17.8
Previsto	15.0	20.0	20.0
Diferença	-8.3	-2.7	2.2
Vertical Totals	24.1	22.9	20.7
Previsto	22.0	21.0	16.0
Diferença	-2.1	-1.9	-4.7
Total Totals	47.4	45.6	38.5
Previsto	30.0	45.0	35.0
Diferença	-17.4	-0.6	-3.5

Previsões feitas entre 24 a 72 horas antes com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 06/07/2009. 3º evento.

Previsão do Índice Showalter

Observa-se na figura 84A sobre o Oceano Atlântico, uma área com valores acima de 8,5 em torno do ponto 20°S e 22°O na previsão para o primeiro dia; na previsão do dia 05/07/2009 a região de valores mais elevados que estava no oceano atingiu o continente em uma faixa que vai da Bahia ao Rio Grande do Norte, com valores acima de 8,0 (Figura 84B); no dia seguinte os valores sobre o continente continuam elevados e são acima de 8,0, sobre os Estados de Alagoas, Sergipe e faixa leste da Bahia (Figura 84C). A diferença entre os valores previstos e os observados foram grandes, com os previstos superestimando.

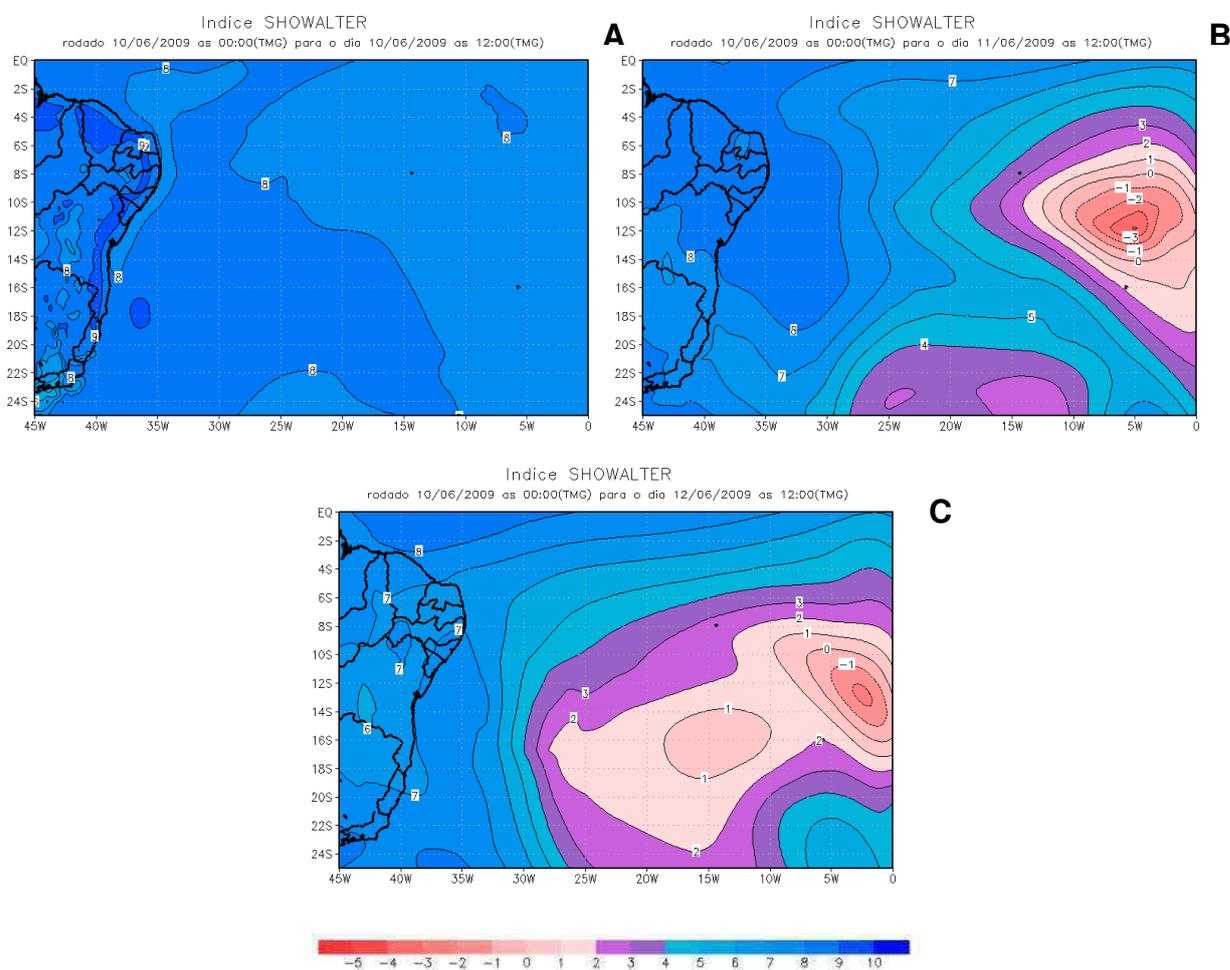


Figura 84 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009

Previsão do Índice Swet

Este índice apresentou valores na previsão para o dia 04/07/2009 acima de 150 em um núcleo no Oceano Atlântico, em torno do ponto 12°S e 20°O bem próximo da costa (Figura 85A); na previsão do dia seguinte diminuíram para 20 sobre o Oceano e o continente (Figura 85B); os valores continuaram com os mesmos na previsão do dia 06/07/2009 (Figura 85C). Na comparação deste índice para os três dias, os valores observados sempre foram maiores.

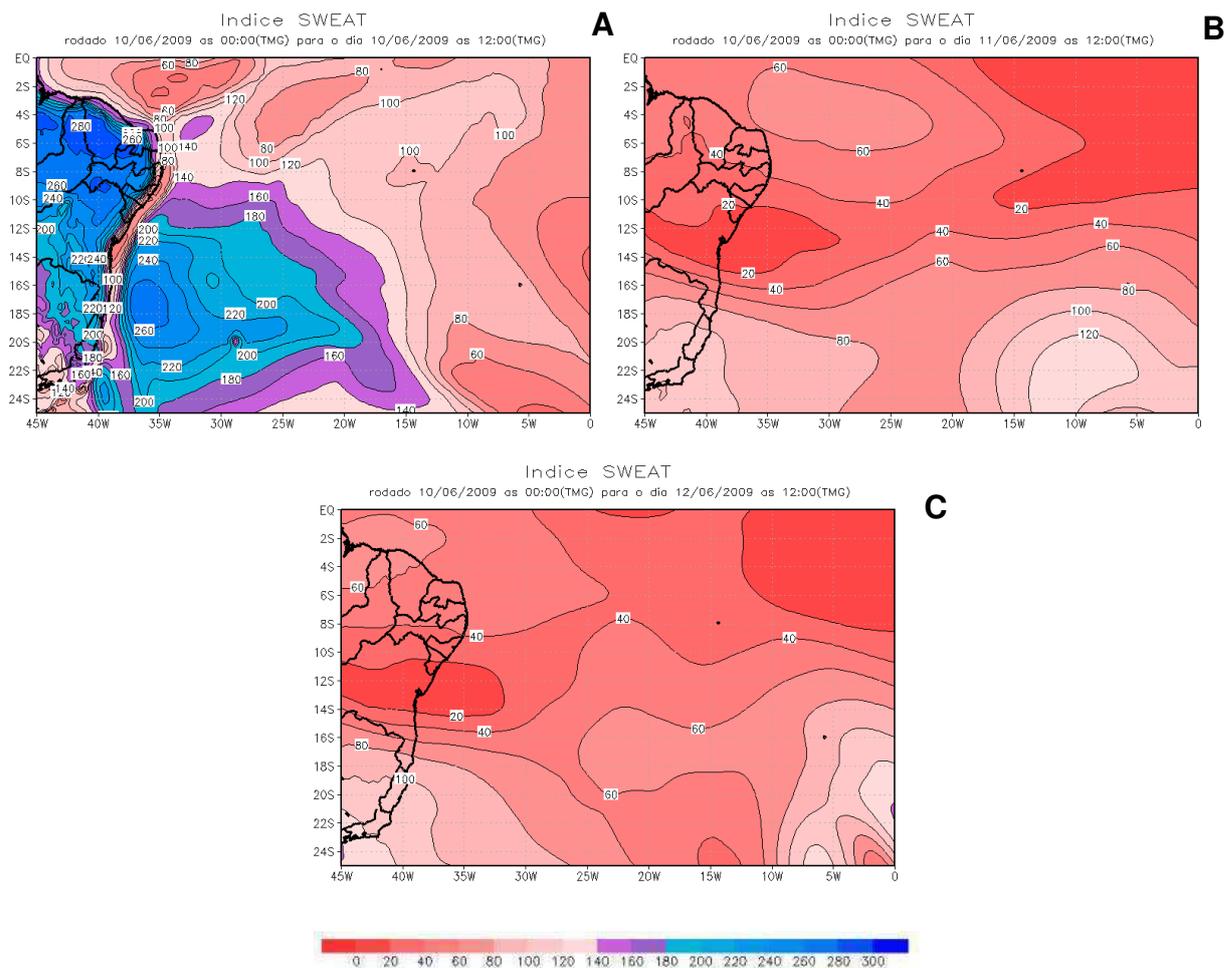


Figura 85 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009

Previsão do Índice K

Na previsão do dia 04/07/2009 para o índice K os valores estavam acima de 20 em grande parte do continente sobre o NEB; no Oceano Atlântico observa-se na Figura 86A, um núcleo com valores abaixo de 10 em uma área próxima do continente; já no dia 05/07/2009 os valores começam a diminuir em Sergipe e em parte da Bahia (Figura 86B); no dia seguinte os valores diminuem em grande parte da Bahia, de Sergipe e parte de Alagoas, de 15 para valores abaixo de 10 (Figura 86C). Os valores previstos deste índice foram maiores que o observado no dia 04/07/2009 e menores nos dias seguintes.

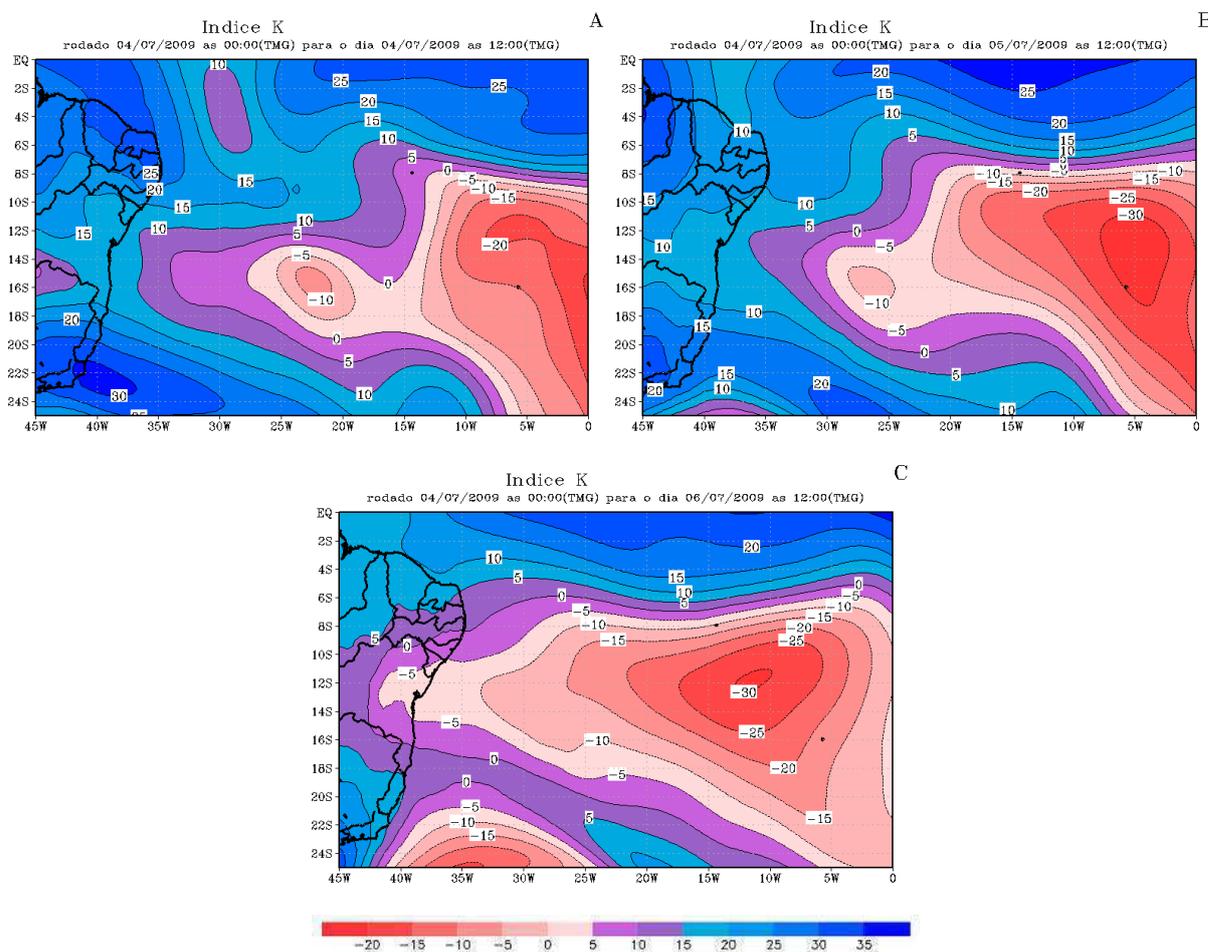


Figura 86 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TM do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TM do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TM do dia 06/07/2009

Previsão do Índice Cross Totals

Na previsão para o dia 04/07/2009 os valores deste índice estavam acima de 15 em grande parte do continente; apenas em uma área entre Sergipe e o recôncavo baiano os valores estavam abaixo de 15 (Figura 87A); no dia seguinte os valores continuavam elevados em todo o continente, com valores maiores, inclusive na área em que os valores estavam baixos no dia anterior (Figura 87B); no dia 06/07/2009 os valores ficaram acima de 10 no continente e em grande parte do Oceano próximo (Figura 87C). Na comparação deste índice previsto com os observados, tem-se que os valores foram bem próximos embora tenha ocorrido uma pequena subestimativa no dia da ocorrência do DOL.

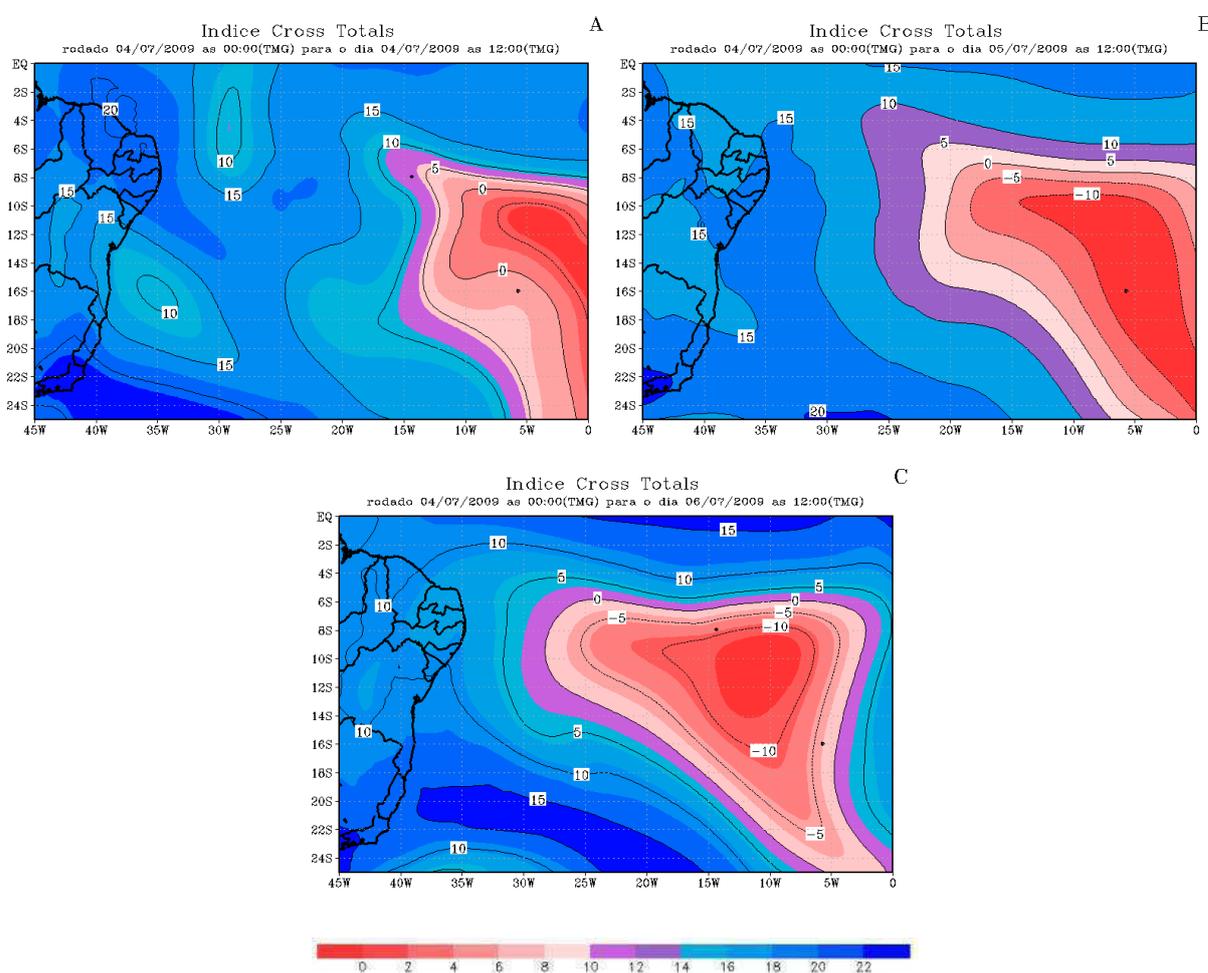


Figura 87 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009

Previsão para o Índice Vertical Totals

Os valores deste índice estavam abaixo de 22, na previsão para o dia 04/07/2009 no leste de Pernambuco, recôncavo baiano e demais estados da faixa leste do NEB mas no litoral entre Alagoas e Pernambuco tem uma área com valores acima de 22 (Figura 88A); no dia seguinte os valores baixaram em todo o continente e oceano; próximo para 20 (Figura 88B); na previsão do dia 06/07/2009 os valores diminuíram ainda mais sobre o continente ficando abaixo de 18 (Figura 88C). Quando se comparam os valores previstos com os observados, a diferença é pequena embora tenha ocorrido uma pequena subestimativa no dia 06/07/2009.

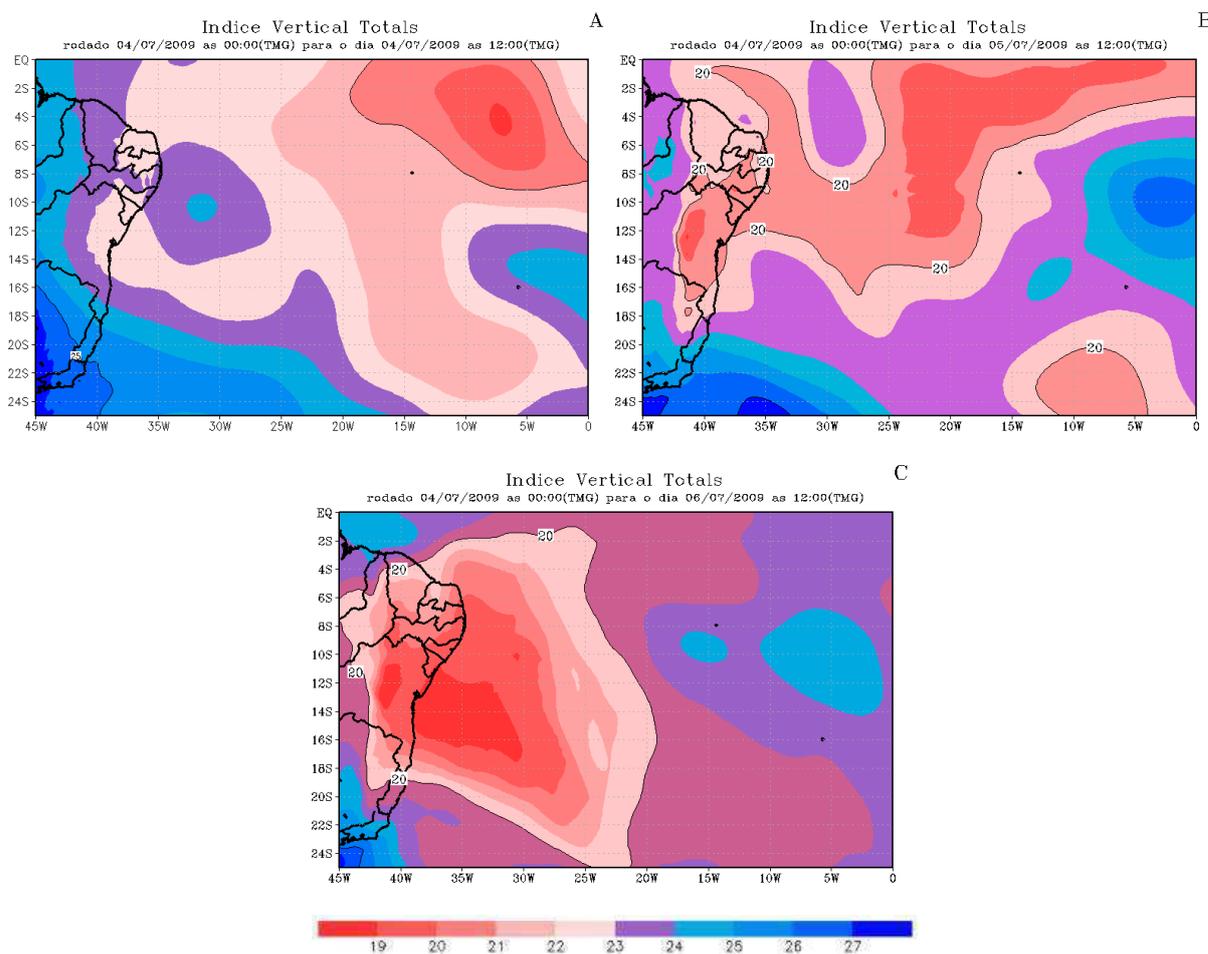


Figura 88- Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009

Previsão do Índice Total Totals

Na previsão do dia 04/07/2009 para este índice apresentou valores acima de 38 em grande parte do continente, exceto nos Estados de Alagoas, Sergipe e no recôncavo baiano, com os valores abaixo de 36 (Figura 89A); na previsão do dia 05/07/2009 a configuração sobre o continente é parecida com do dia anterior, apenas que os menores valores estão abaixo de 36 em uma área que cobre grande parte da Bahia (Figura 89B); na previsão para o dia seguinte os valores diminuíram e ficaram abaixo de 35 na maior parte da região NEB (Figura 89C). As diferenças encontradas entre os dados observados e os previstos foram pequenas e entre os três dias o maior valor desta diferença foi no dia da ocorrência do DOL.

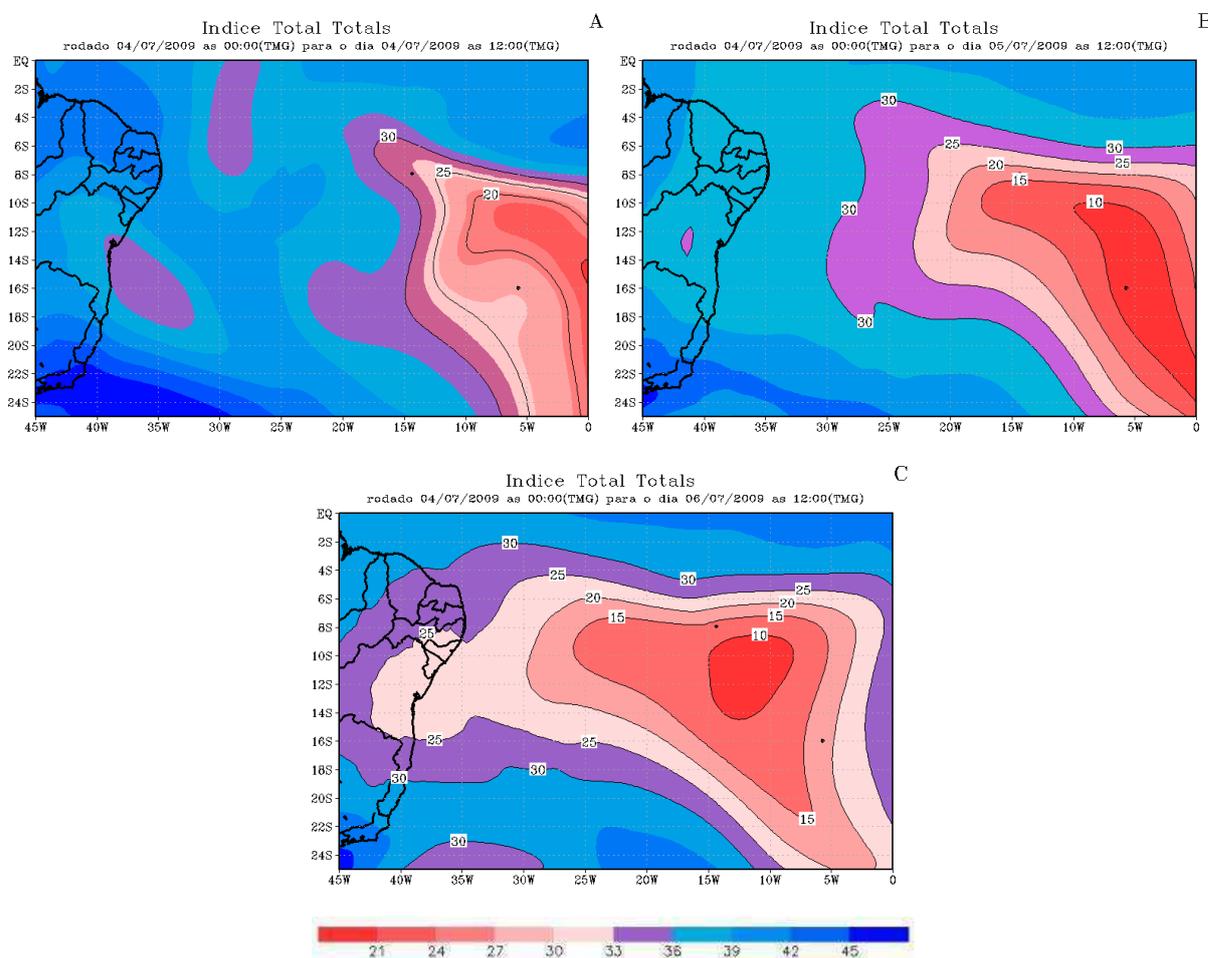


Figura 89 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 04/07/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 05/07/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 06/07/2009

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 06/07/2009

Na comparação entre dados observados e previstos, o índice Showalter superestimou os valores e o Swet os subestimou; os demais índices tiveram bom comportamento embora todos tenham subestimados no dia da ocorrência do DOL (dia D); entre eles o Cross Totals teve as menores diferenças no dia D (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 06/07/2009 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto para dois dias que antecedem o caso e para o dia em que ocorreu.

	D-2	D-1	D
Showalter	2.5	-1.3	4.7
Previsto	8.5	9.0	6.0
Diferença	6.0	10.3	1.3
Swet	236.0	233.2	183.8
Previsto	120.0	40.0	40.0
Diferença	-116.0	-193.2	-143.8
K	8.6	34.7	29.6
Previsto	25.0	30.0	15.0
Diferença	16.4	-4.7	-14.6
Cross Totals	19.4	23.0	16.3
Previsto	20.0	25.0	15.0
Diferença	0.6	2.0	-1.3
Vertical Totals	20.1	23.5	22.3
Previsto	22.0	20.0	18.0
Diferença	1.9	-3.5	-4.3
Total Totals	39.5	46.5	38.6
Previsto	40.0	45.0	35.0
Diferença	0.5	-1.5	-3.6

Previsões feitas 24 a 72 horas antes com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 12/05/2010. 4º evento.

Previsão do Índice Showalter

Na previsão do índice Showalter para o dia 10/05/2010 os valores estavam acima de 8,0 na maior parte da Região NEB, apenas em uma faixa próxima ao oeste do Estado da Bahia e no Oceano Atlântico se encontravam valores abaixo (Figura 90A); no dia seguinte os valores se mantiveram acima de 8,0 na Região NEB e se elevaram para este valor em parte do Oceano, próximo ao continente (Figura 90B); no dia 12/05/2010 os valores continuaram acima de 8,5 apenas em uma parte leste da Região NEB e também em uma área menor do Oceano, que no dia anterior (Figura 90C). A diferença entre o previsto e os valores provenientes das radiossondagens é que ocorreu uma subestimativa dos valores observados.

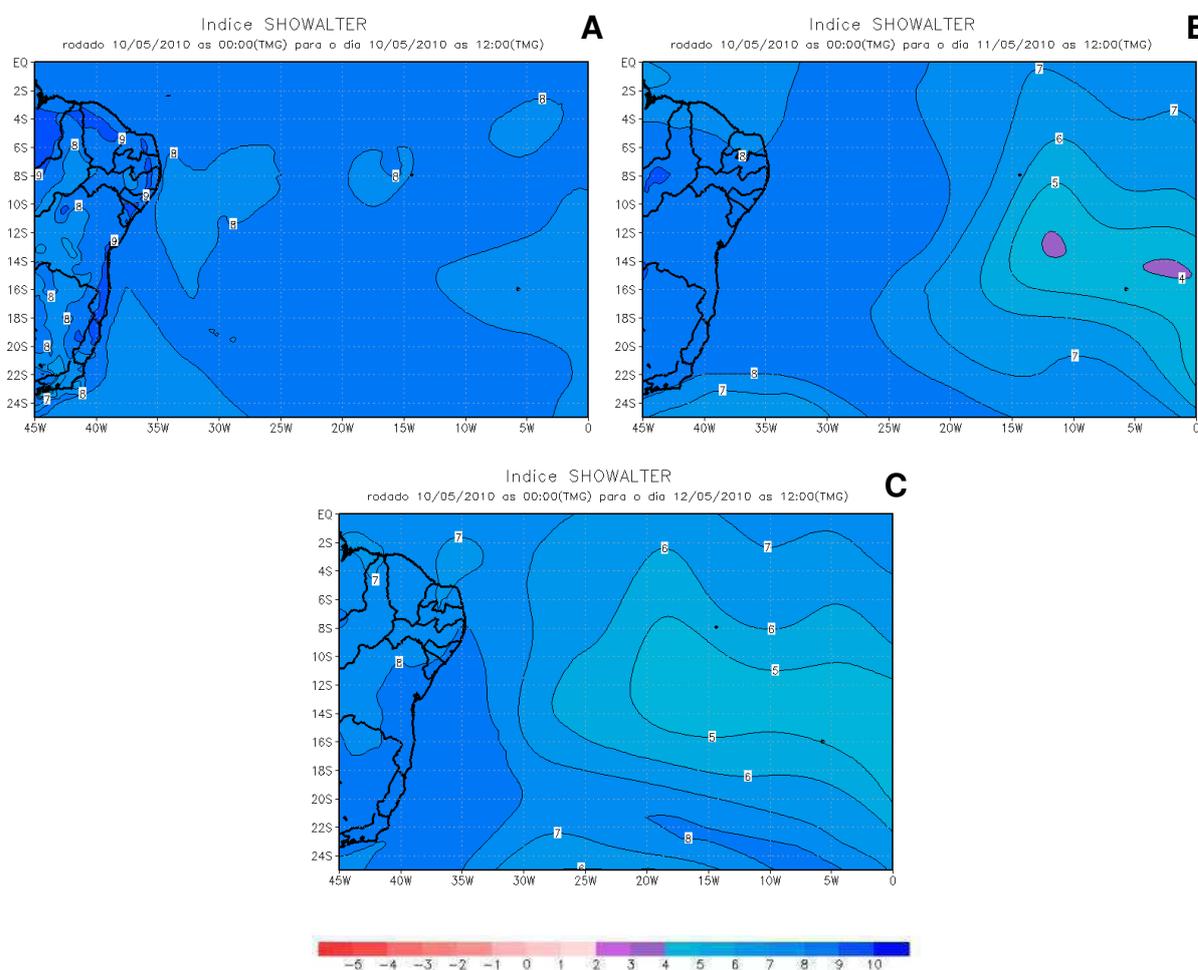


Figura 90 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão do Índice Swet

O índice Swet os valores acima de 120 sobre a Região NEB e valores abaixo de 60 sobre o Oceano na previsão do dia 10/05/2010 (Figura 91A); na previsão para o dia seguinte os valores diminuíram sobre a Região NEB ficando com os mesmos valores do Oceano, que também teve pequeno declínio e ficaram abaixo dos 40 (Figura 91B); na previsão do dia 12/052010 os valores, como o padrão deste índice, foram idênticos aos do dia anterior (Figura 91C). Não foi possível calcular esse índice para esta data, por ter ocorrido problemas com os dados de radiossondagens, de forma que não se pôde fazer a comparação desse índice para este caso.

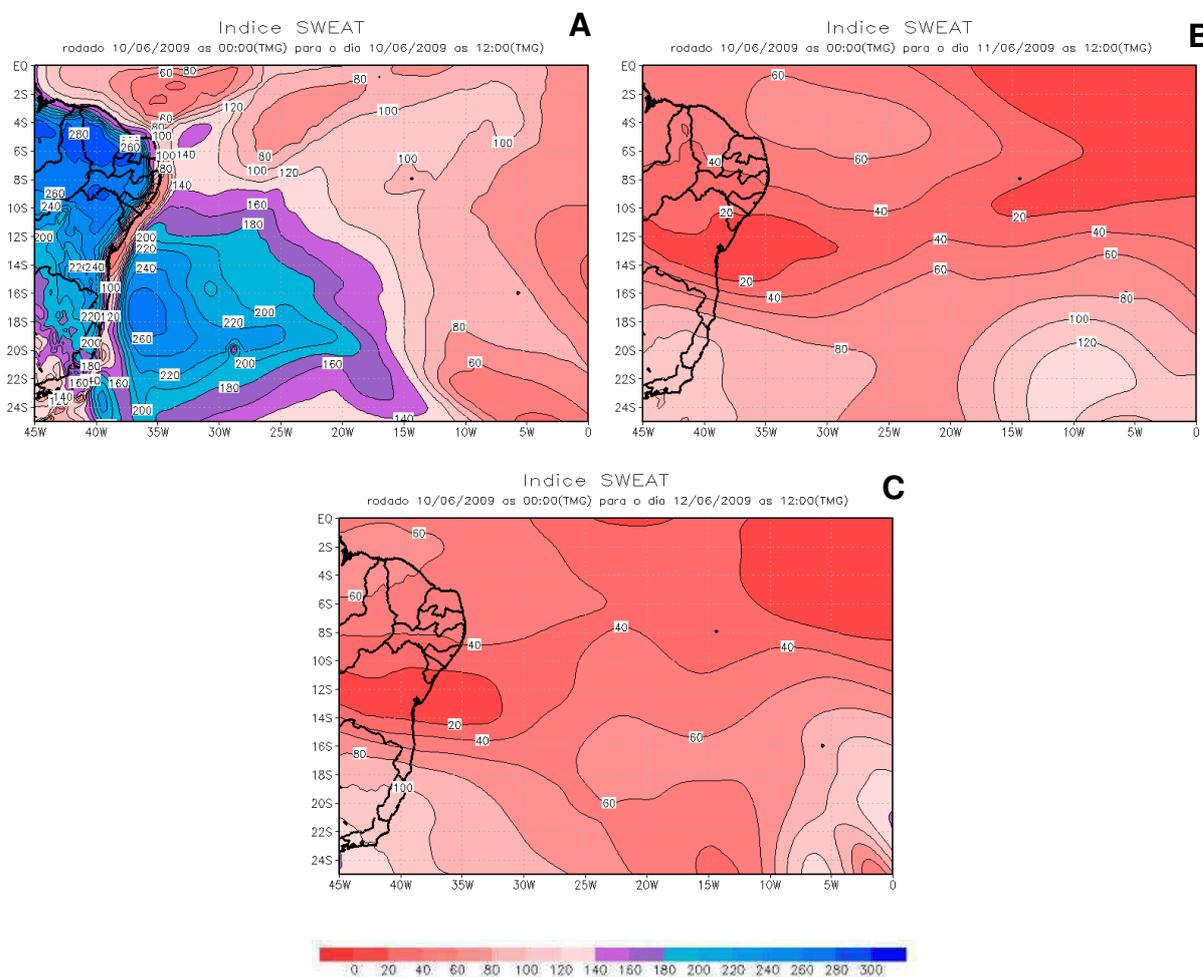


Figura 91- Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão do Índice K

O índice K para a previsão do dia 10/05/2010 tem três faixas de valores sobre o continente, na parte mais oeste valores acima de 20; uma outra parte a leste, com valores entre 10 e 20 e uma área entre os estados de Sergipe e Rio Grande do Norte, abaixo de 10 (Figura 92A); na previsão deste índice para o dia 11/05/2010 os valores se mantiveram quase inalterado, apenas os valores na parte sobre os Estados citada anteriormente, sofreram uma alteração, com valores ficando entre 10 e 15 sobre o Estado de Sergipe, Alagoas e litoral dos Estados de Pernambuco e Paraíba e nas outras áreas acima de 15 (Figura 92B); já no dia seguinte os valores diminuiriam sobre toda a Região NEB (Figura 92C). Ocorreram problemas com a radiossondagem para calcular o índice observado para o dia 11/05/2010, porém nos outros dias foi possível e os valores deste índice previsto ficaram abaixo dos observados.

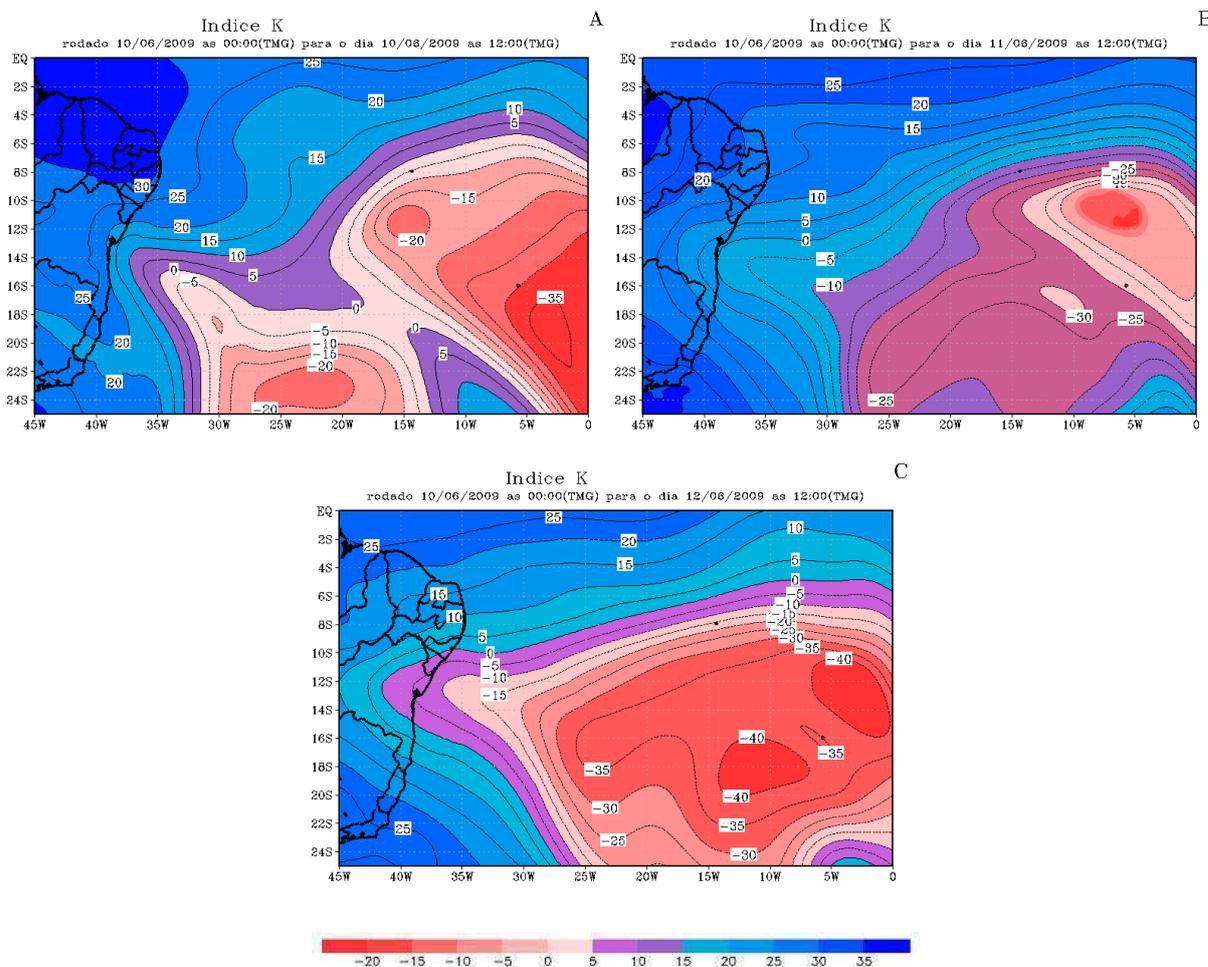


Figura 92- Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão do Índice Cross Totals

Na previsão deste índice para o dia 10/05/2010, os valores estavam acima de 15 em grande parte do continente; apenas em uma faixa que vai do recôncavo baiano ao Rio Grande do Norte, os valores estavam abaixo de 15 (Figura 93A); no dia seguinte os valores continuavam com valores próximos aos observados no dia anterior, em todo o continente, porém em uma área entre o recôncavo baiano e Sergipe os valores estavam abaixo de 14 (Figura 93B); já no dia 12/05/2010 os valores diminuíram em uma faixa que vai do Estado de Sergipe, contornando os Estado do leste da Região NEB e vai até o norte do Estado do Piauí com valores abaixo de 16, enquanto nas demais áreas da Região NEB os valores ficaram acima deste valor (Figura 93C); na comparação do modelo com os dados observados tem-se que os valores foram subestimaram para a estação de Recife, PE, nos dias 10 e 12/05/2012.

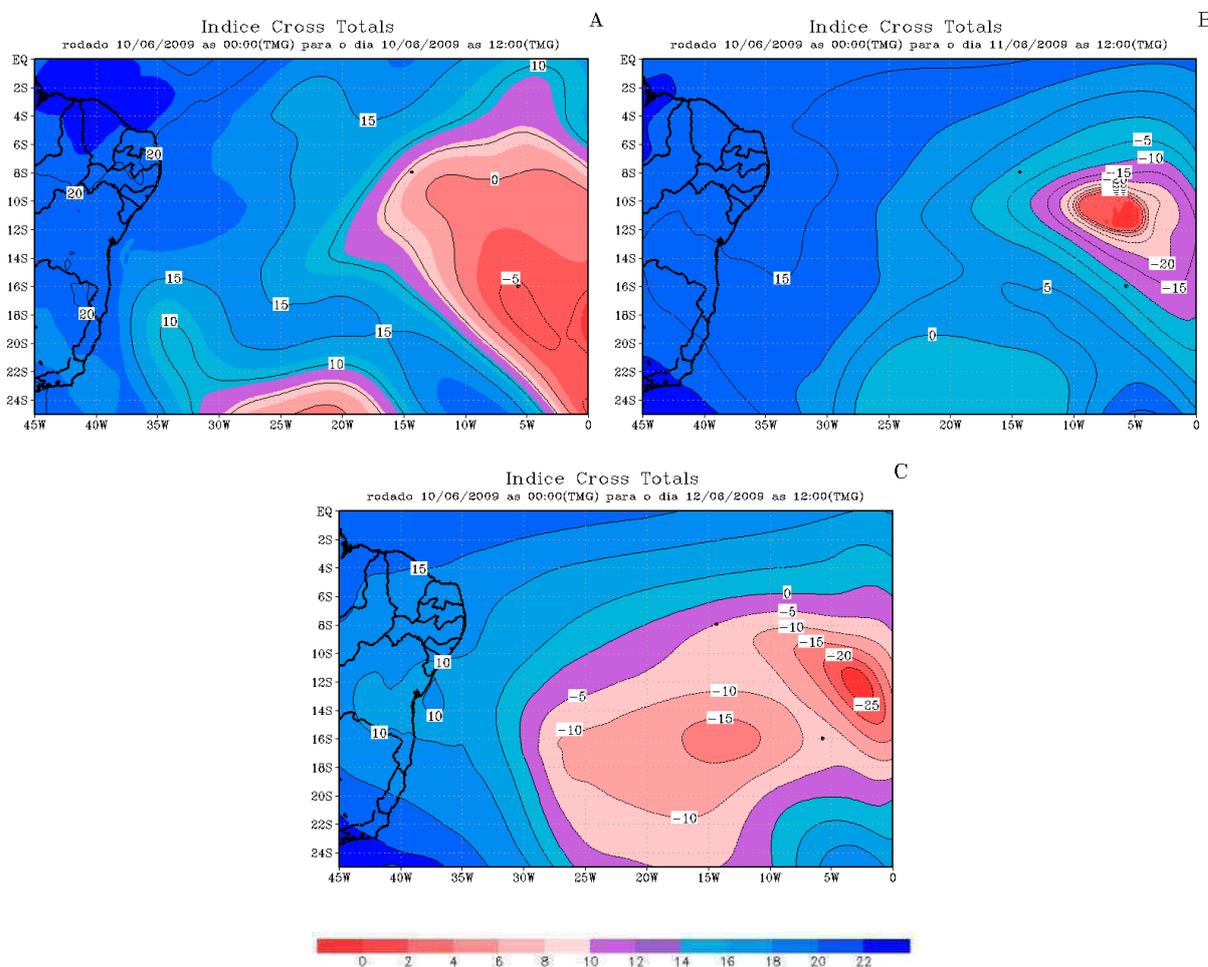


Figura 93 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão para o Índice Vertical Totals

Os valores do índice Vertical Totals para o dia 10/05/2010 estavam acima de 23 em uma parte sul e oeste da Região NEB e com valores abaixo de 22 sobre o recôncavo baiano e os Estados de Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte (Figura 94A); no dia seguinte os valores estavam acima de 20 apenas na Estado da Bahia e abaixo deste valor nas demais partes da Região, com os menores, entre 16 e 18, em uma faixa que vai de Alagoas e passa pelo leste de Pernambuco e da Paraíba (Figura 94B); na previsão do dia 12/05/2010 os valores diminuíram sobre toda a Região e os valores ficaram abaixo de 18 na maior parte do NEB (Figura 94C). Quando comparado os dados previstos e os observados, tem-se que os dados foram praticamente iguais no dia 10/05/2010 e no dia 12/05/2010 foram 4.1 menores que os observados.

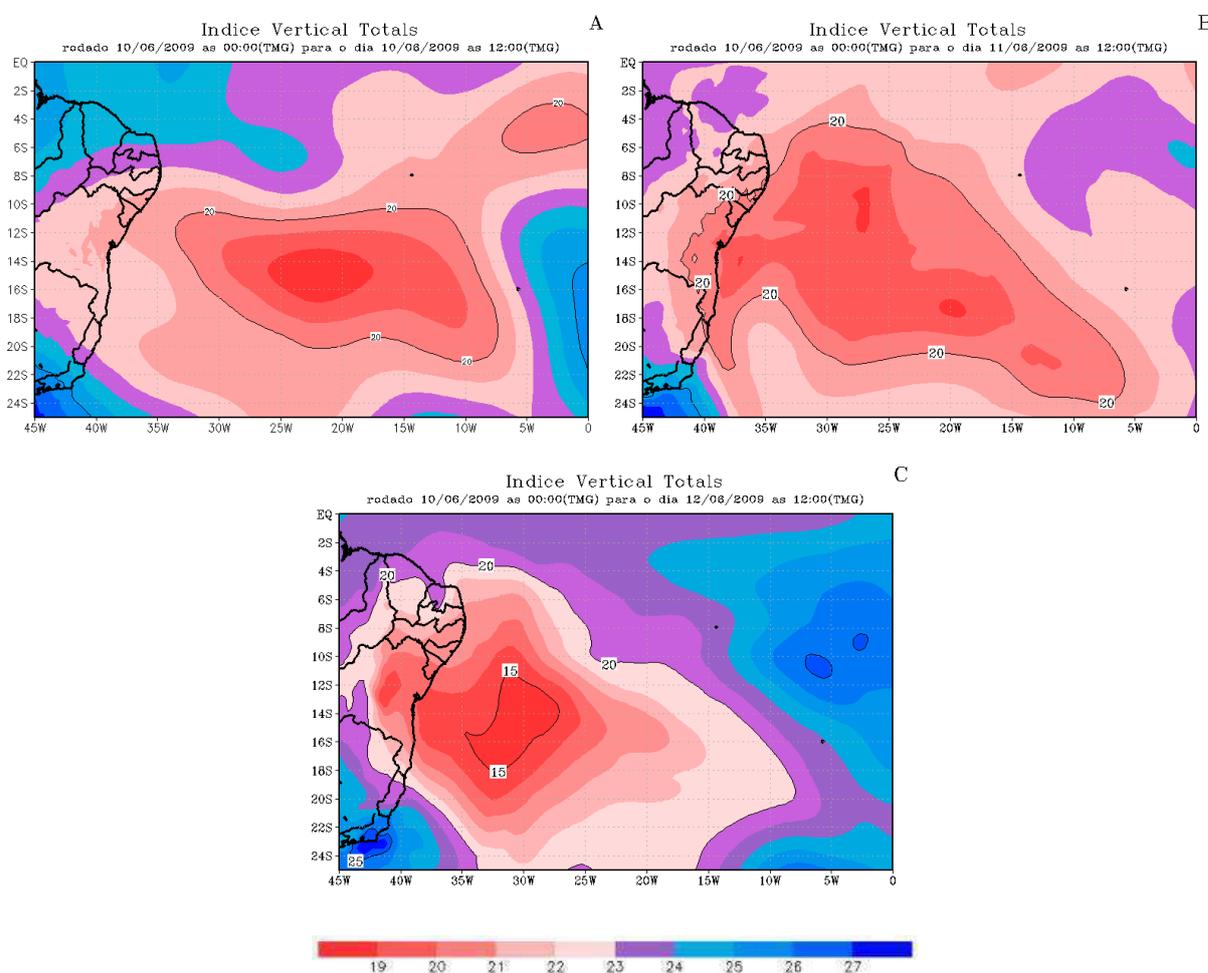


Figura 94 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2009

Previsão do Índice Total Totals

Na previsão para o dia 10/05/2010 sobre a Região NEB e na costa, os valores estavam acima de 30; no Oceano Atlântico, próximo da costa, os valores eram abaixo de 30 (Figura 95A); na previsão do dia 10/05/2010 os valores estavam elevados na NEB e grande parte do Oceano; em uma área que vai do recôncavo baiano até a parte nordeste do Estado do Ceará, os valores eram acima de 36 (Figura 95B); na previsão para o dia seguinte não houve muita diferença do padrão em relação ao dia anterior, sobre a Região e parte do Oceano mas apenas uma pequena diminuição nos valores (Figura 95C). Os valores previstos subestimaram os observados e as diferença foram maior no dia 12/05/2009.

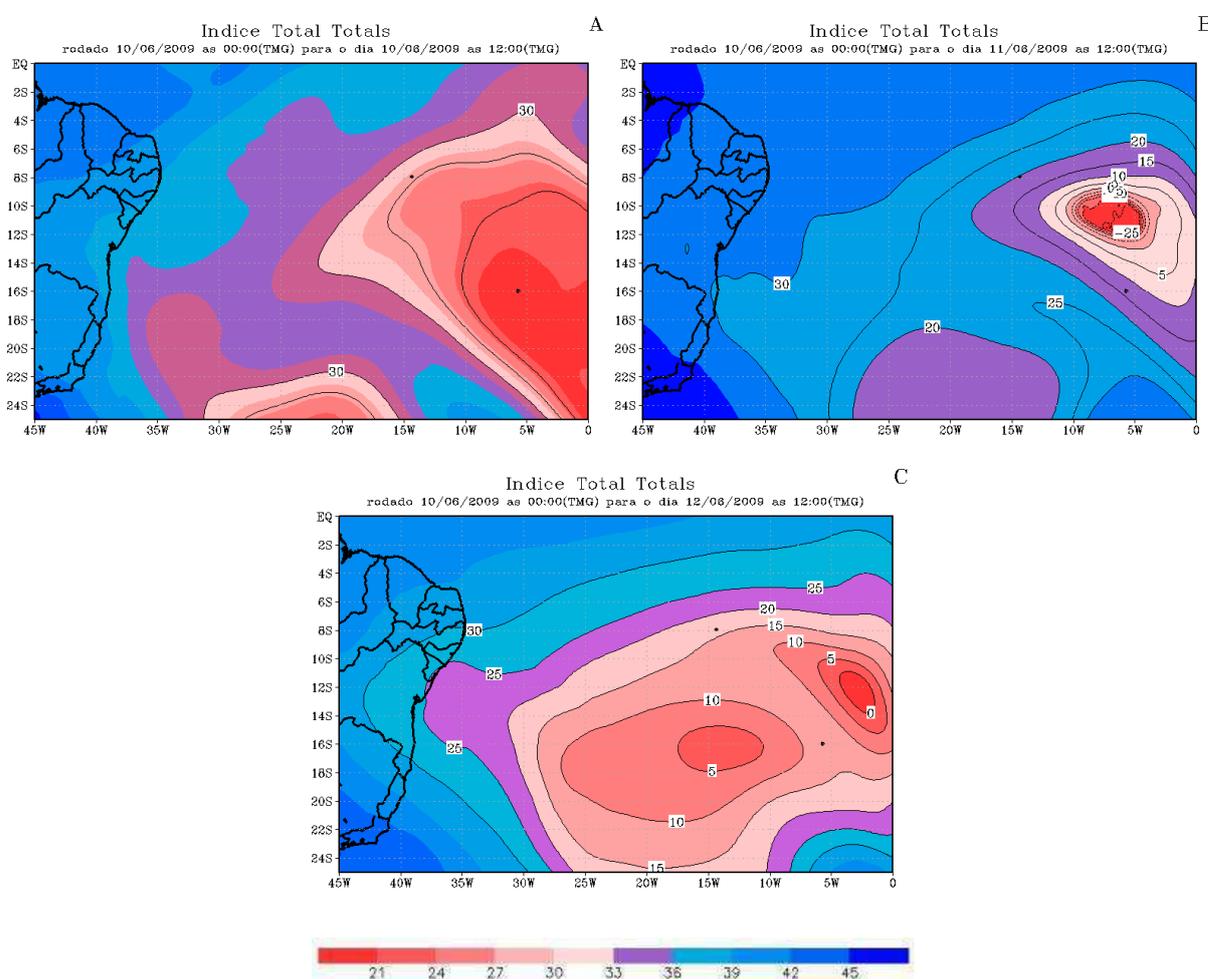


Figura 95 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 12/06/2009. A) Previsão para as 12:00TM do dia 10/06/2009. B) Previsão para as 12:00TM do dia 11/06/2009. C) Previsão para as 12:00TM do dia 12/06/2009

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 12/05/2010

Todos os índices utilizados subestimaram os valores observados e o índice Vertical Total para este caso foi o que mais se aproximou dos valores calculados a partir da radiossondagem (Tabela 8). Vale ressaltar que o índice Swet não teve valores obtidos de radiossondagem por não ter dados neste dia.

Tabela 8 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 12/05/2010 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto.

	D-2	D-1	D
Showalter	0.5	-	0.5
Previsto	9.0	9.0	8.0
Diferença	-8.5		-7.5
Swet	-	-	-
Previsto	70.0	40.0	40.0
Diferença			
K	12.7	-	32.9
Previsto	10.0	15.0	20.0
Diferença	2.7		12.9
Cross Totals	20.3	-	20.1
Previsto	15.0	18.0	16.0
Diferença	5.3		4.1
Vertical Totals	21.3	-	20.9
Previsto	21.0	16.5	17.0
Diferença	0.3		3.9
Total Totals	41.6	-	41.0
Previsto	35.0	40.0	32.0
Diferença	6.6		9.0

Previsões feitas de 24 a 72 horas antes com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 23 de maio de 2010. 5º evento.

Previsão do Índice Showalter

Os valores do índice Showalter para o dia 21/05/2010 se situava entre 6 e 9 na maior parte do continente e também no Oceano Atlântico (Figura 96A); no dia seguinte tem-se na previsão, valores entre 6 e 8 sobre o continente e abaixo de 6 em uma área no Oceano Atlântico, próximo à Bahia (Figura 96B), na previsão para o dia 23/05/2010 os valores sobre todo o continente e principalmente sobre o Estado da Bahia, ficaram entre 3,5 e 5,0; nas demais áreas da região ficaram entre 5,0 e 6,0 (Figura 96C). Comparado os dados previstos com os observados tem-se que os valores deste índice, calculados a partir do modelo, são bem maiores que os obtidos a partir das observações.

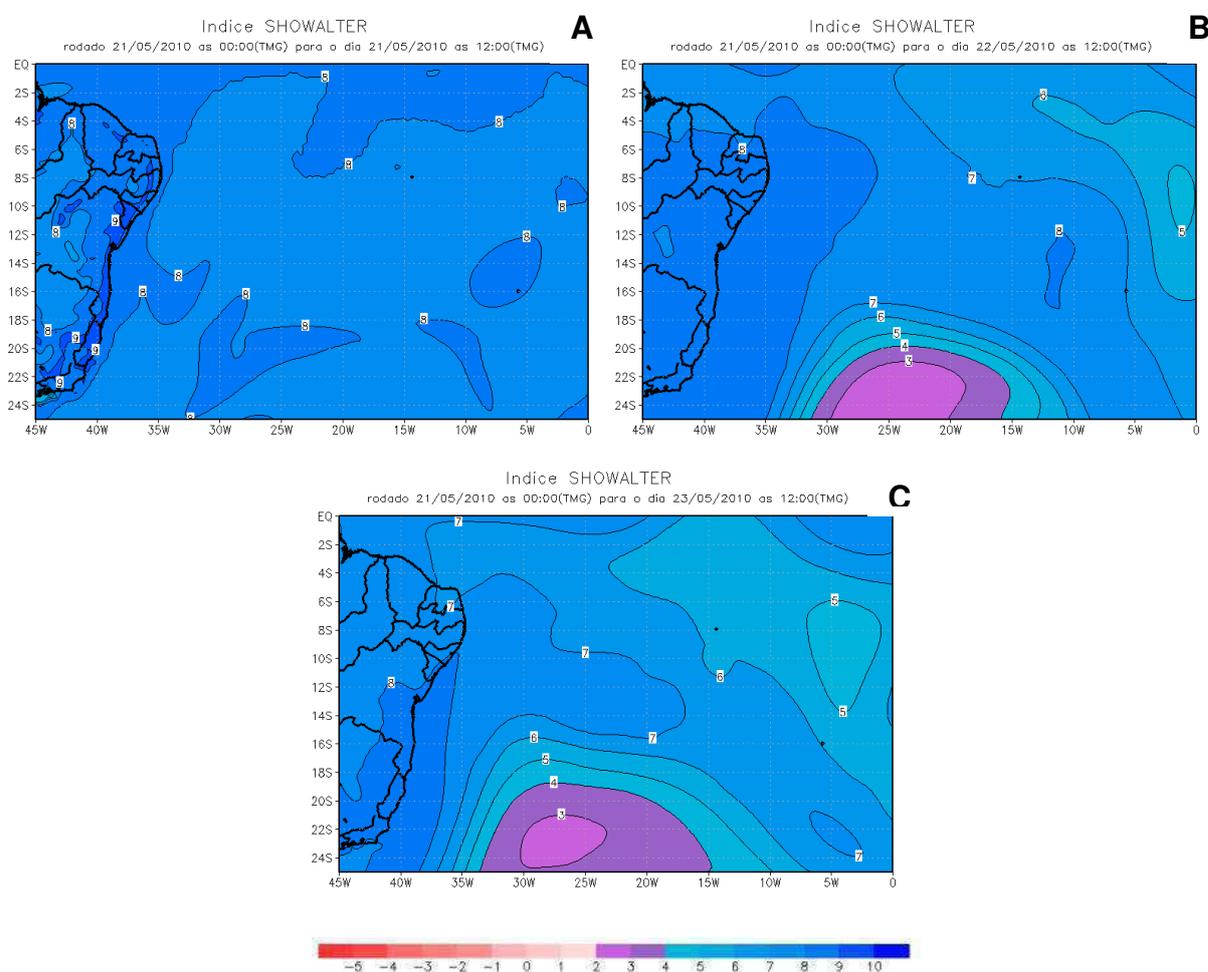


Figura 96 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010

Previsão do Índice Swet

Na Previsão para o dia 21/05/2010 deste índice tem-se os valores entre 90 e 240 sobre Região NEB, além de uma área pequena sobre parte do litoral, com valores abaixo de 90, no Oceano Atlântico os valores estão acima de 150 (Figura 97A); os valores diminuíram sobre toda a Região NEB e sobre o Oceano ficando entre 20 e 80 na previsão para o dia 22/05/2010 (Figura 97B); os valores ficaram entre 60 e 90 sobre o Estado da Bahia e entre 10 e 60 nas demais partes da NEB (Figura 97C). Devido a problemas nas radiossondagens, não foi possível calcular este índice.

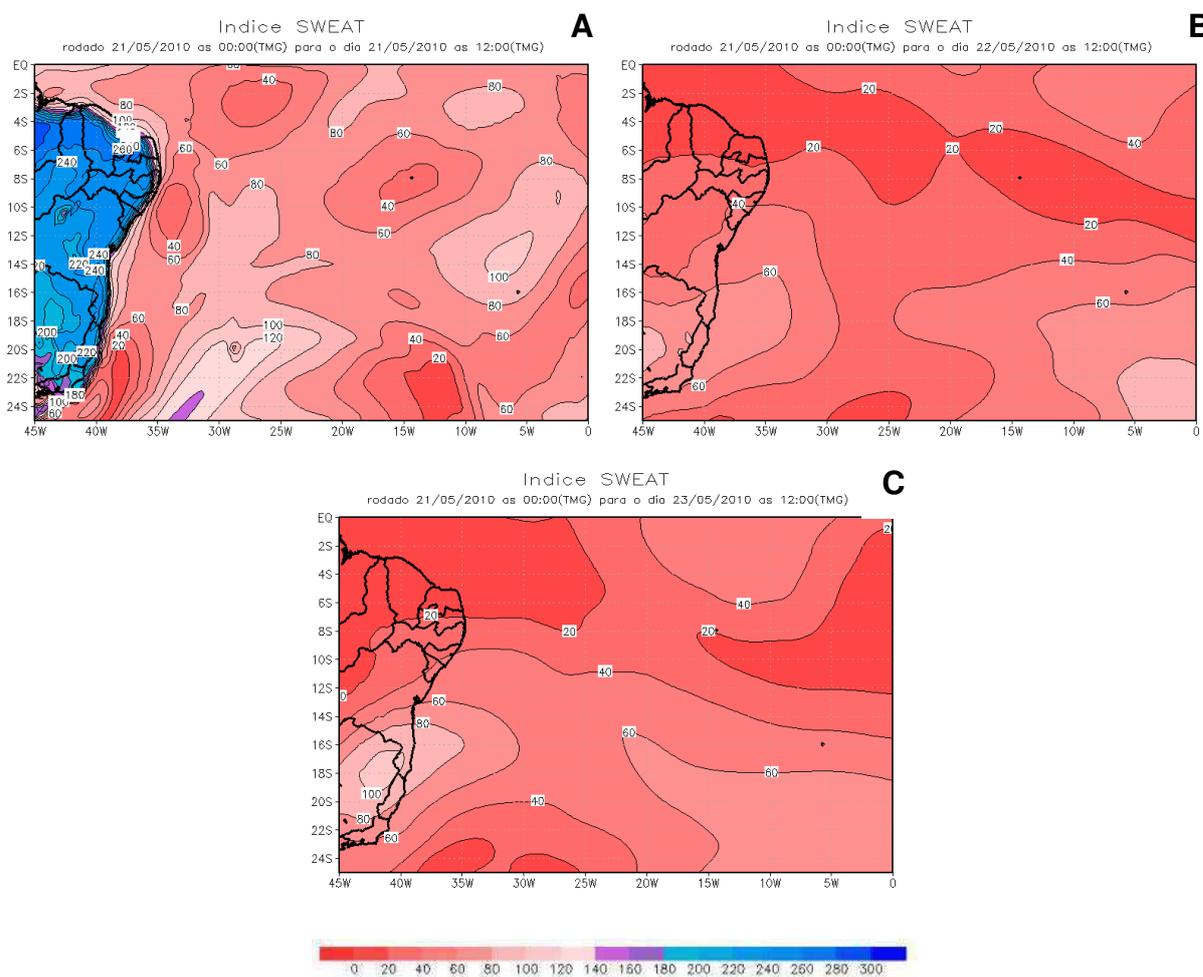


Figura 97 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010

Previsão do Índice K

Os valores do índice K na previsão para o dia 21/05/2010 foram acima de 20 sobre grande parte do Nordeste e entre 15 e 20 na faixa leste, que vai de Alagoas ao Rio Grande do Norte (Figura 98A); no dia 22/05/2010 os valores continuaram acima de 20 na maior parte da Região NEB mas a área com valores abaixo ficou maior que no dia anterior incluindo, agora, os Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba e parte dos Estados do Ceará, Pernambuco e Alagoas onde os valores são entre 10 e 20 (Figura 98B); na previsão para o dia 23/05/2010 os valores ficaram entre 0 e 15 na maior parte da Região Nordeste, apenas as parte do Estado do Piauí os valores ficaram entre 15 e 20 (Figura 98C). Os valores obtidos a partir da saída do modelo para este índice são menores que os valores obtidos a partir das radiossondagens.

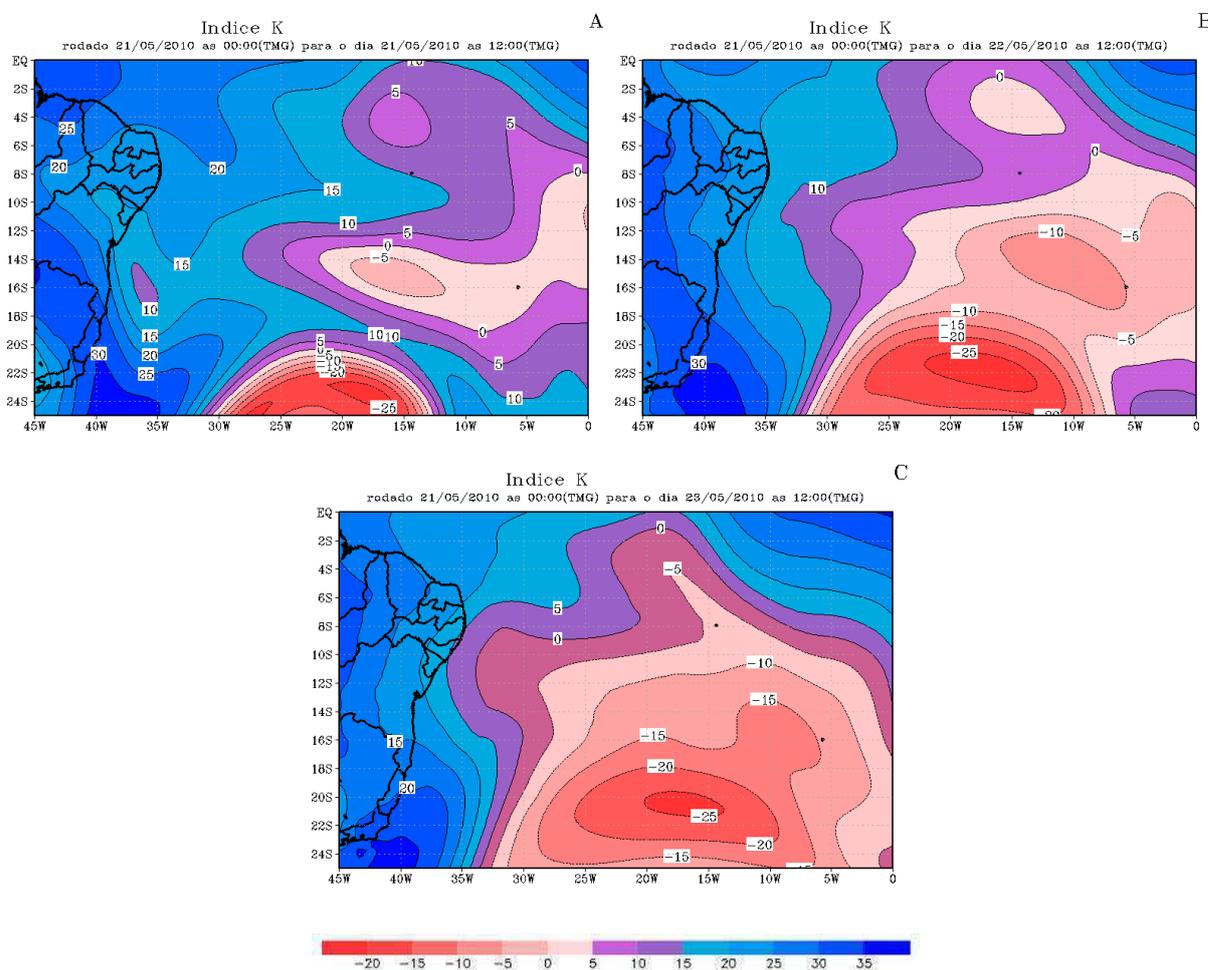


Figura 98 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010

Previsão do Índice Cross Totals

Sobre a Região NEB os valores estavam entre 15 e 20 na previsão do índice Cross Totals para o dia 21/05/2010 (Figura 99A); no dia seguinte os valores na previsão se mantiveram com valores semelhantes sobre a Região mas uma área de valores menores se aproxima pelo leste da região (Figura 99B); os valores diminuíram, ficando entre 10 e 15 sobre grande parte da Região Nordeste, na Previsão para o dia 23/05/2010, sendo que no litoral do Estado da Bahia este valor ainda foi menor ficando entre 5 e 10 (Figura 99C). Na comparação entre dados previstos e observados os valores deste índice calculados a partir do modelo foram ligeiramente inferiores ocorrendo uma subestimativa.

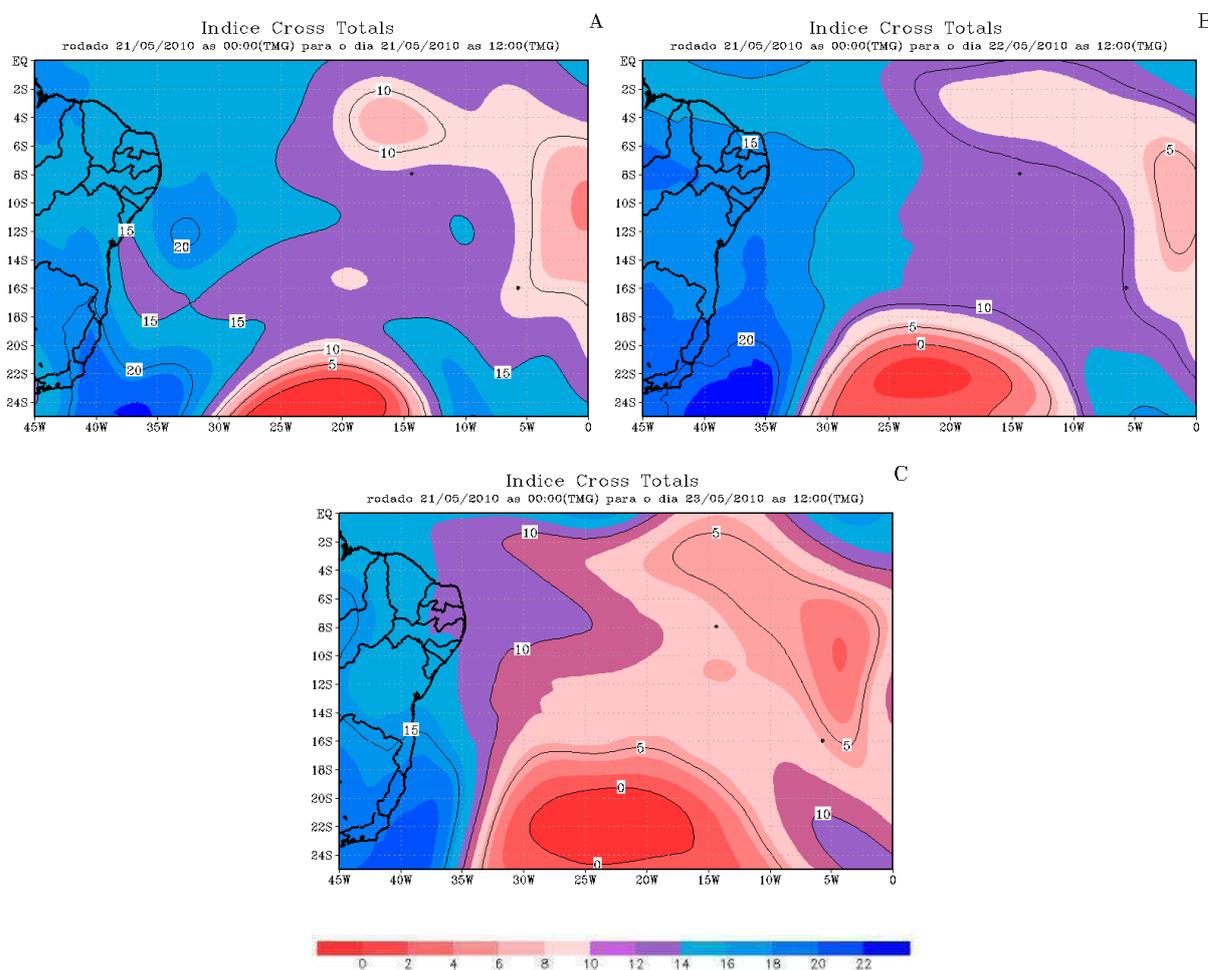


Figura 99 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010

Previsão para o Índice Vertical Totals

Na previsão do índice Vertical Totals para o dia 21/05/2010 os valores estavam entre 20 e 26 com os menores valores no sul da Bahia e os maiores no Oeste da Bahia e sul do Piauí (Figura 100A); os valores diminuíram e ficaram entre 18 e 22 na previsão para o dia seguinte, com os menores valores na parte leste da Região NEB (Figura 100B); no dia 23/05/2010 os valores do índice Cross Totals tiveram uma outra diminuição e os valores na previsão ficaram entre 14 e 20 com os valores entre 14 e 18 sobre os Estados de Pernambuco, Alagoas, Sergipe e faixa leste da Bahia (Figura 100C). Na comparação entre os dados observados ocorreu uma pequena diferença, sendo que foi um superestimativa no primeiro dia e uma subestimativa nos dias seguintes.

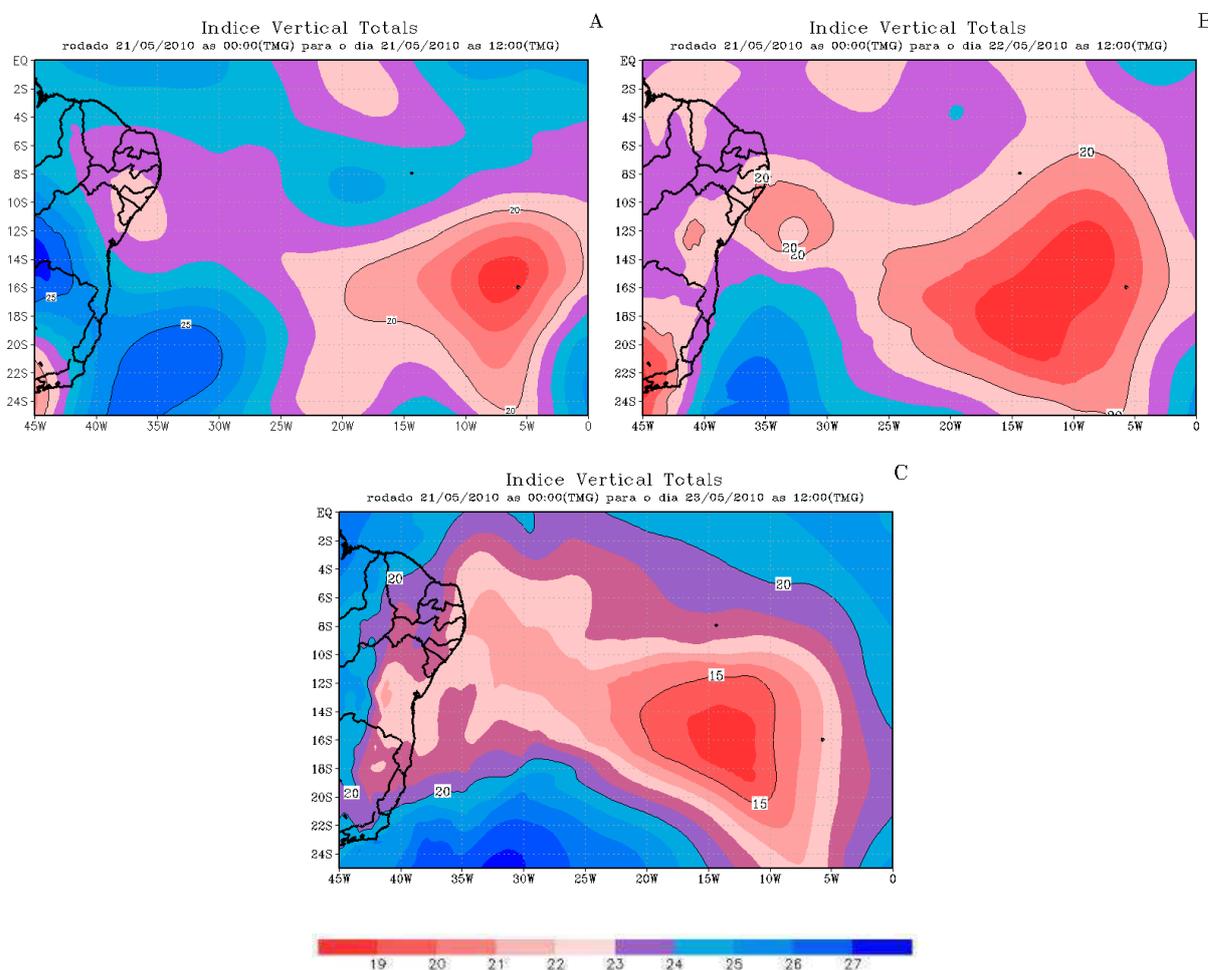


Figura 100 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010

Previsão do Índice Total Totals

Na previsão deste índice para o dia 21/05/2010, os valores ficaram acima de 40 sobre a Região NEB e no Oceano próximo ao continente (Figura 101A); os valores da previsão ficaram entre 35 e 40 sobre o continente e o Oceano adjacente (Figura 101B); no dia 23/05/2010 na previsão os valores diminuíram e variaram entre 20 e 35 sobre a Região NEB com os menores valores no litoral dos Estados da Bahia e Sergipe (Figura 101C). Os valores deste índice calculados a partir do modelo, subestimaram os obtidos das radiossondagens.

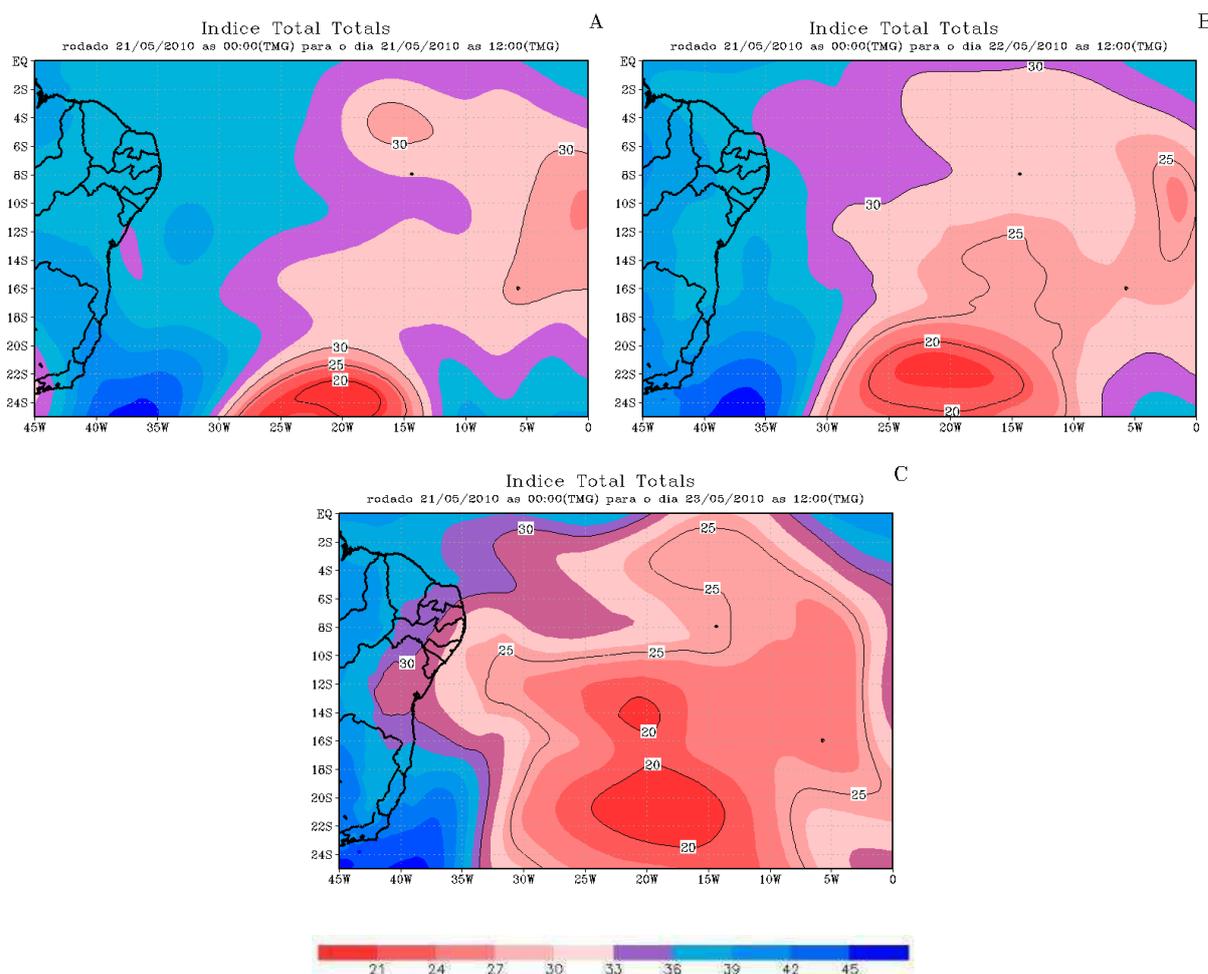


Figura 101 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2010

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 23/05/2010

O índice Showalter teve valores mais elevados que os observados; o índice Swet sofreu problema no cálculo, a partir das radiossondas; os demais índices subestimaram os valores observados e o índice Cross Totals foi o que teve as menores diferenças para este caso (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto.

	D-2	D-1	D
Showalter	3.2	0.2	0.2
Previsto	9.0	9.0	7.5
Diferença	5.8	8.8	7.3
Swet			
Previsto	240.0	30.0	30.0
Diferença			
K	27.4	32.1	33.0
Previsto	15.0	20.0	20.0
Diferença	-12.4	-12.1	-13.0
Cross Totals	18.2	20.5	21.0
Previsto	16.0	20.0	18.0
Diferença	-2.2	-0.5	-3.0
Vertical Totals	19.3	22.9	22.5
Previsto	22.0	20.0	18.0
Diferença	2.7	-2.9	-4.5
Total Totals	37.5	43.4	43.5
Previsto	36.0	40.0	35.0
Diferença	-1.5	-3.4	-8.5

Previsões feitas 24 a 72 horas antes, com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 18 de junho de 2010. 6º evento.

Previsão do Índice Showalter

Na previsão para o dia 16/06/2010 deste índice os valores estavam entre 8 e 9 sobre toda a Região NEB (Figura 102A); já para o dia 17/06/2010 os valores estavam entre 5 e 7 no sul e em parte do oeste do Estado da Bahia e entre 7 e 8 sobre todas as demais parte da Região Nordeste (Figura 102B); na faixa que cobre o sul e o oeste da Bahia, os valores diminuíram e ficaram entre 4 e 6 e nas demais áreas da Região ficaram entre 6 e 8 na previsão do dia 18/06/2010 (Figura 102C). Fazendo uma comparação entre os valores deste índice previsto pelo modelo com os dados observados, tem-se que o modelo superestima o índice.

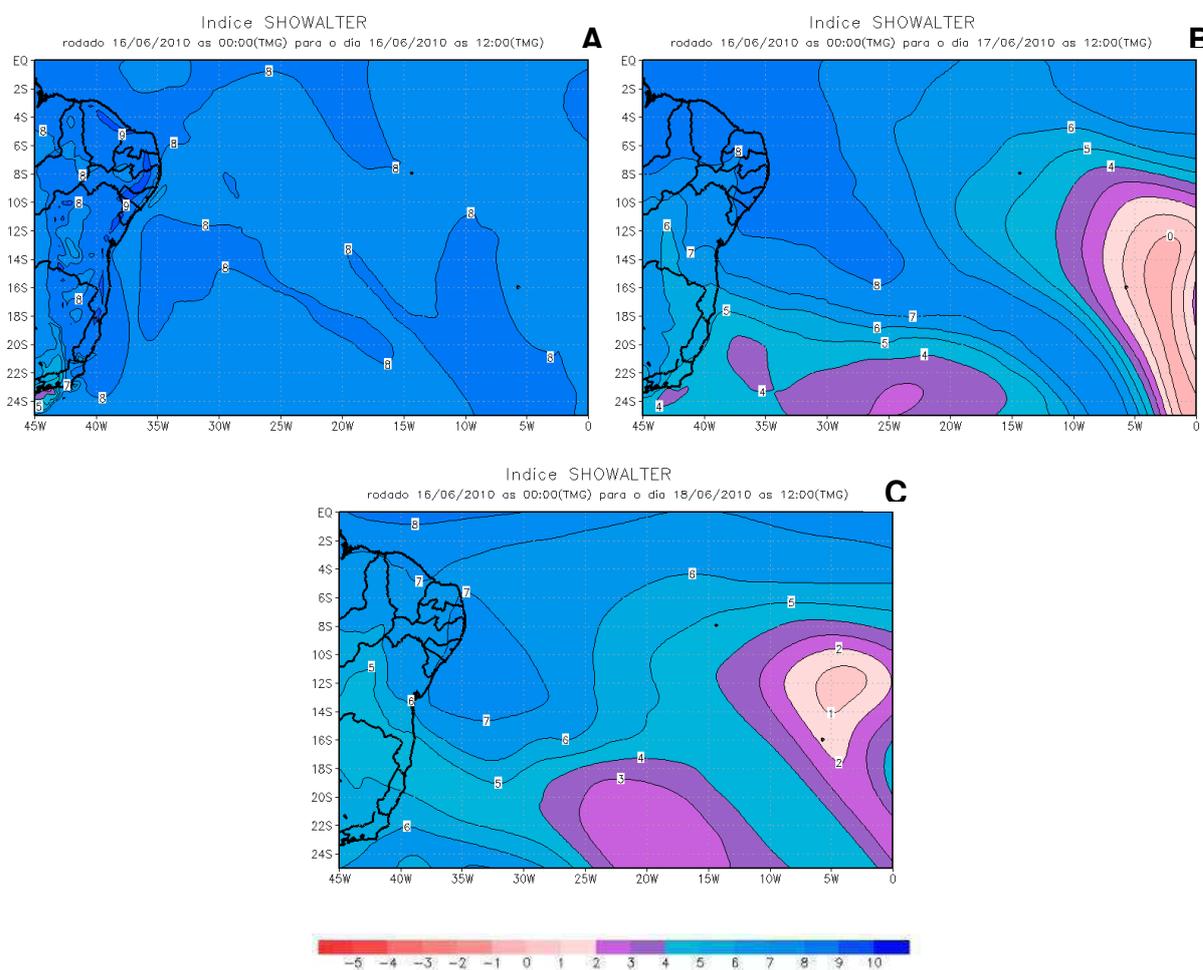


Figura 102- Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010

Previsão do Índice Swet

Os valores deste índice, na Previsão para o dia 16/06/2010, estavam entre 120 e 260 sobre o Nordeste e no Oceano Atlântico observa-se, na altura da Bahia, um centro com 140 (Figura 103A); ocorreu diminuição dos valores, no dia seguinte, sobre grande parte da Região NEB, ficando entre 40 e 50, e em uma faixa que vai do sul ao oeste da Bahia, cuja os valores ficaram entre 20 e 60 (Figura 103B); não ocorreu mudança significativa nos valores sobre o NEB em relação ao dia anterior (Figura 103C). Para comparação, os valores provenientes de radiossondagens só tinha disponível para o dia 16/06/2010, e a diferença entre este o previsto foi pequena.

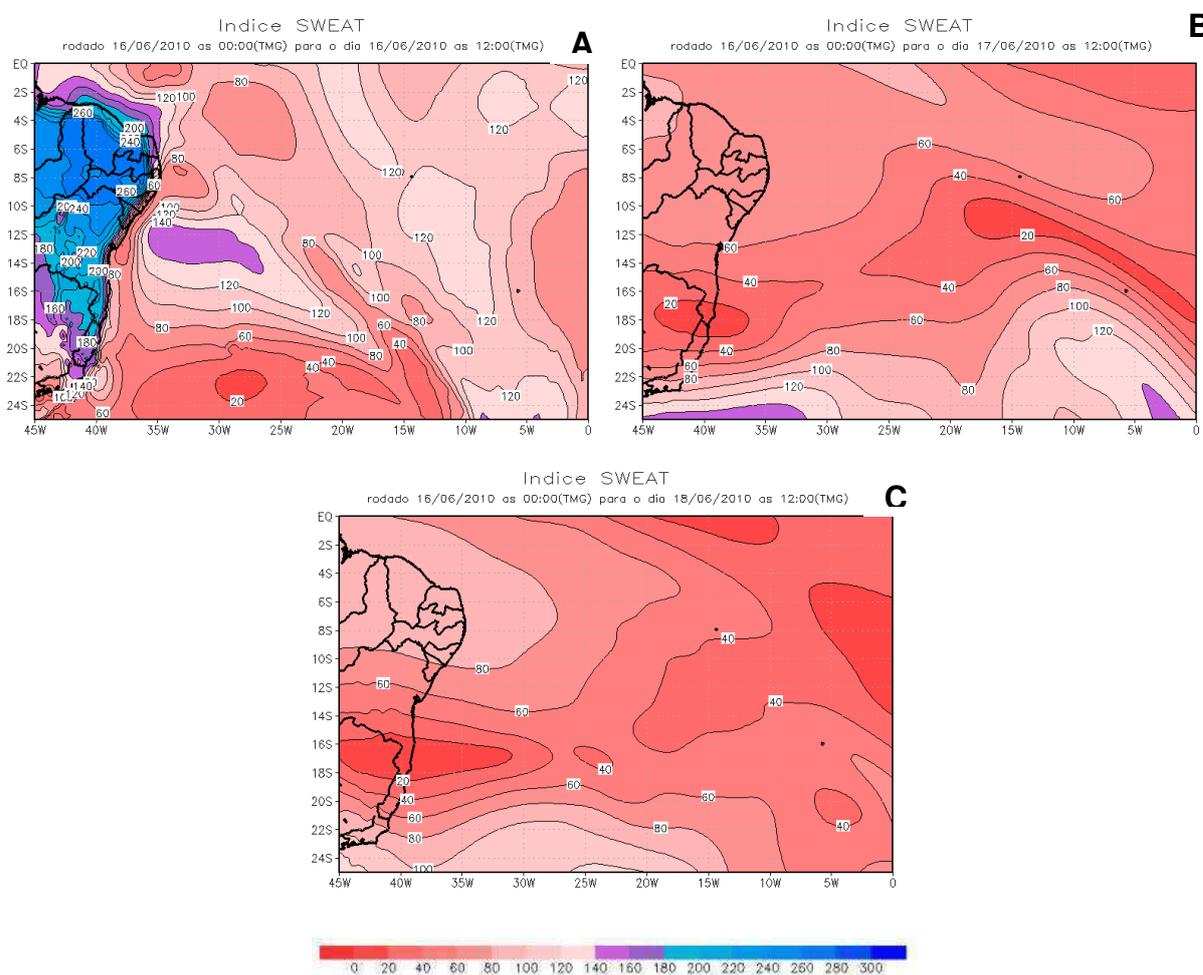


Figura 103 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010

Previsão do Índice K

Na previsão para o dia 16/06/2010 do índice K, os valores foram entre -10 e 20 sobre grande parte dos Estados de Sergipe, Alagoas e Bahia; nas demais áreas da Região Nordeste os valores estavam entre 20 e 40 (Figura 104A); no dia 17/06/2010 ocorreu uma diminuição na intensidade sobre a Bahia, Sergipe e Alagoas ficando entre -5 e 10 e no intervalo de 20 a 30 nas demais áreas da Região NEB (Figura 104B). no dia seguintes os valores ficaram entre -20 e 10 na Bahia, Sergipe, Alagoas Pernambuco e leste da Paraíba e entre 10 e 30 nas demais áreas da Região Nordeste (Figura 104C). Os valores previstos deste índice ficaram menores que os observados para os três dias de previsão.

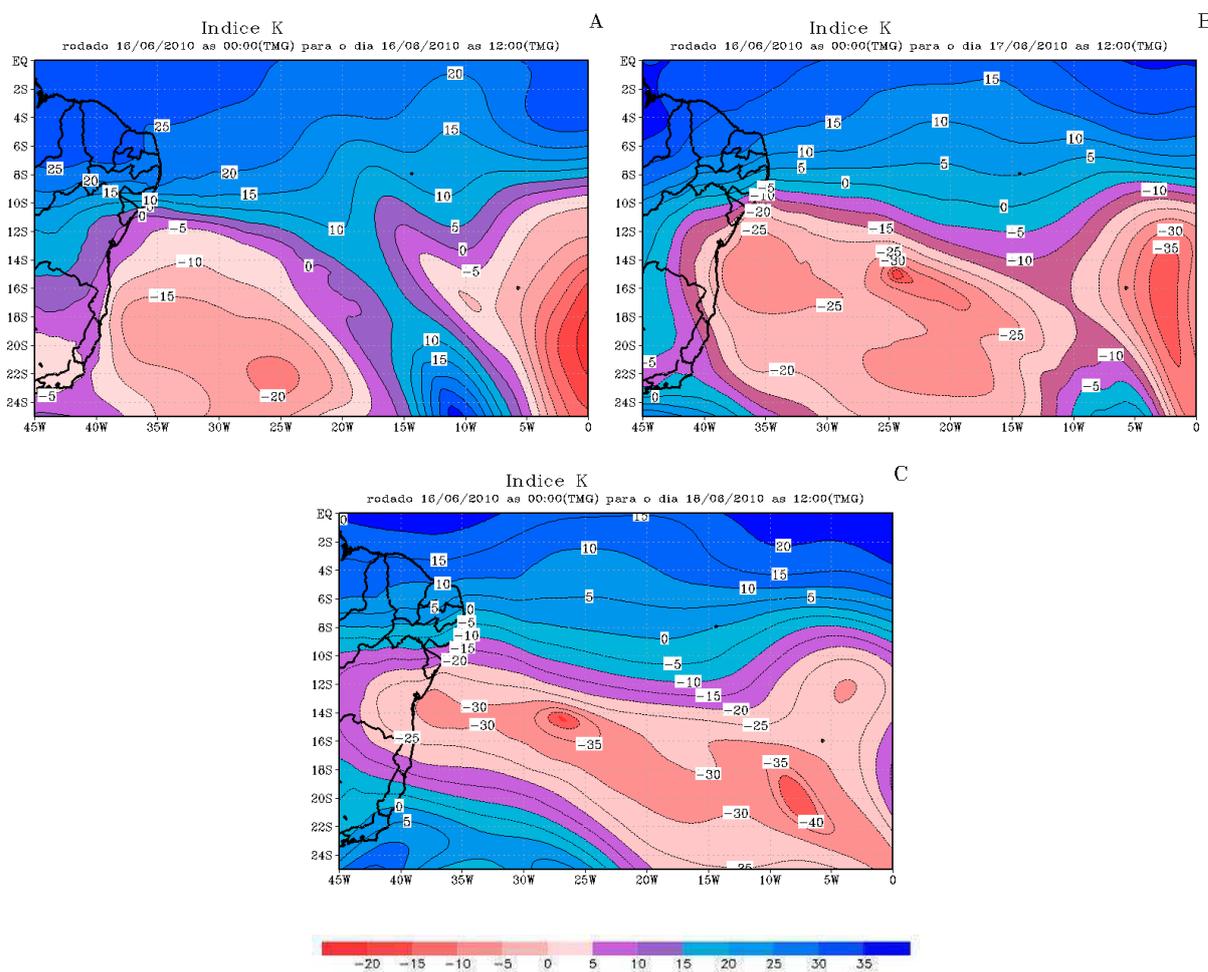


Figura 104 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010

Previsão do Índice Cross Totals

Na previsão para o dia 16/06/2010 do índice Cross Totals os valores ficaram entre 15 e 20 em toda a Região NEB (Figura 105A); na regiões oeste e leste da Bahia e no sul de Sergipe os valores ficaram entre 10 e 15 para o dia seguinte entre 10 e 15 nas demais áreas da Região NEB (Figura 105B); os valores no dia 18/06/2010 diminuíram ficando entre 5 e 10 sobre grande parte da Bahia e entre 10 e 20 nas demais partes da Região Nordeste (Figura 105C). Os valores deste índice obtido a partir do modelo comparado com o proveniente das radiossondagem, foram ligeiramente maiores nos dias D-2 e D-1 e abaixo no dia D.

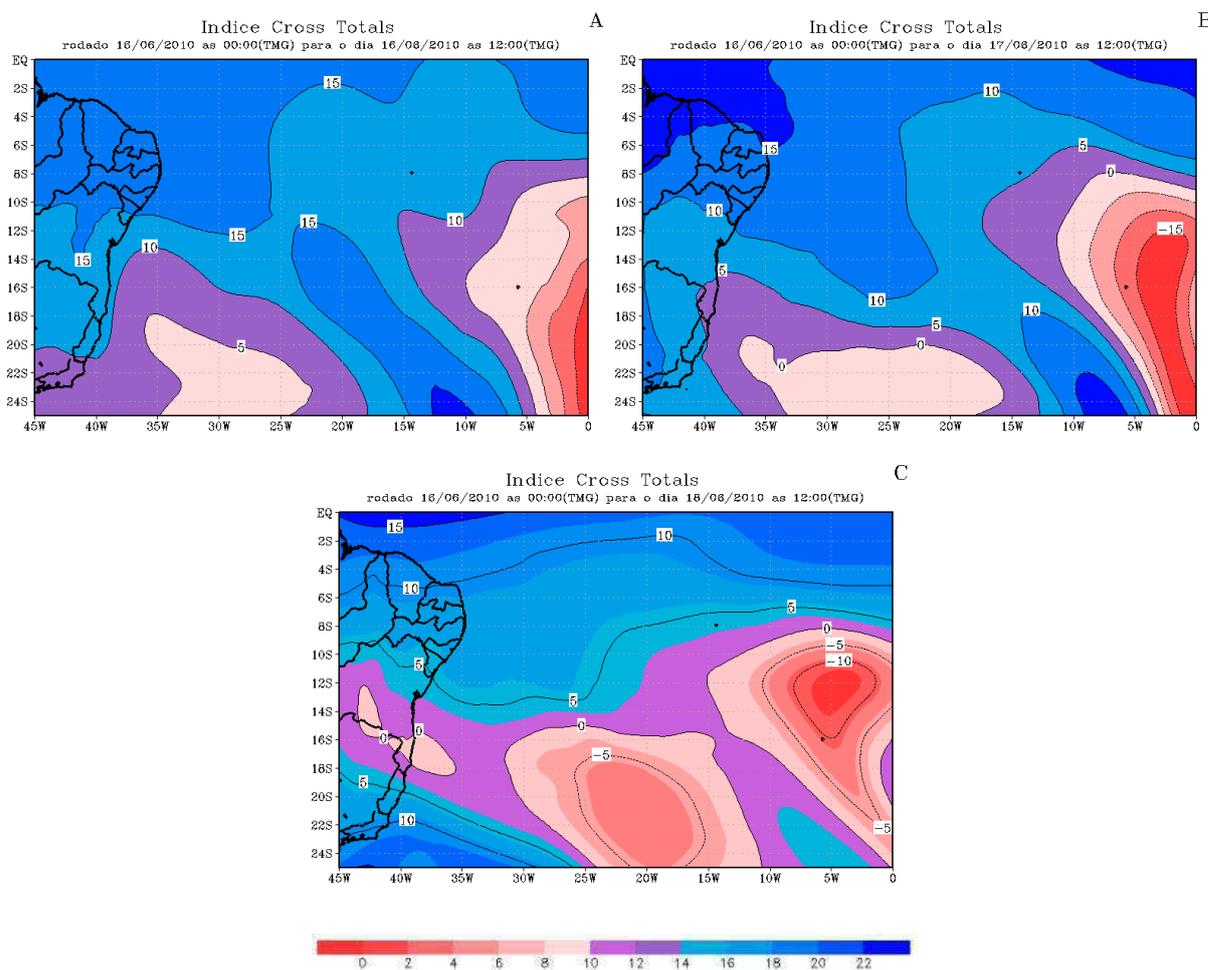


Figura 105 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010

Previsão para o Índice Vertical Totals

Na previsão para o dia 16/06/2010 os valores do índice Vertical Totals estavam entre 18 e 20 sobre Alagoas, Sergipe, faixa leste da Bahia e centro leste de Pernambuco; nas demais áreas da Região NEB variaram entre 20 e 22 (Figura 106A); no dia 17/06/2010 os valores ficaram entre 18 e 22 sobre o Rio Grande do Norte, a Paraíba, o Ceará, o Piauí e o oeste da Bahia; nas demais áreas o valor ficou entre 12 e 18 (Figura 106B); no terceiro dia de previsão os valores ficaram entre 14 e 18 e sobre Pernambuco, Alagoas, Sergipe, centroleste da Bahia e da Paraíba e acima de 16 nas demais áreas da Região (Figura 106C). Na comparação entre os valores deste índice provenientes do modelo e de radiossondagens, foi maior nos dois primeiros dias e menor no terceiro dia de previsão.

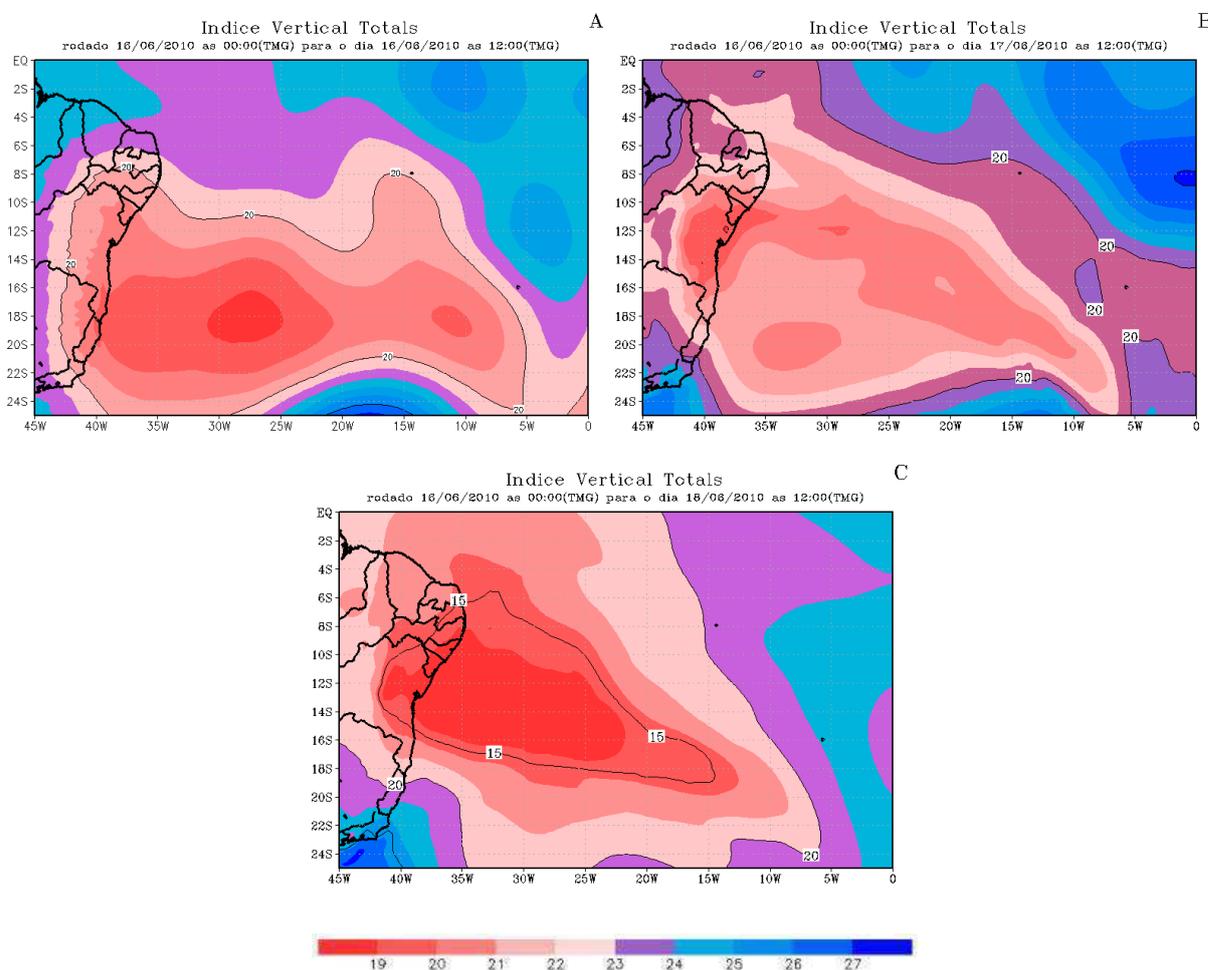


Figura 106 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010

Previsão do Índice Total Totals

Na previsão deste índice para o dia 16/06/2010 os valores permaneceram entre 30 e 45 sobre a Região NEB e no Oceano próximo ao continente (Figura 107A); os valores da previsão do dia 17/06/2010 continuaram entre 30 e 45 para grande parte da Região; apenas na faixa leste da Bahia os valores ficaram entre 25 e 30 (Figura 107B); na previsão para o dia 18/06/2010 conitnuaram entre 30 e 45 sobre o Rio Grande do Norte, em grande parte do Ceará e Piauí; entre 20 e 30 nas demais partes do NEB (Figura 107C). Os valores calculados a partir do modelo deste índice foram próximos aos observados nos dias D-2 e D-1 e abaixo no dia D.

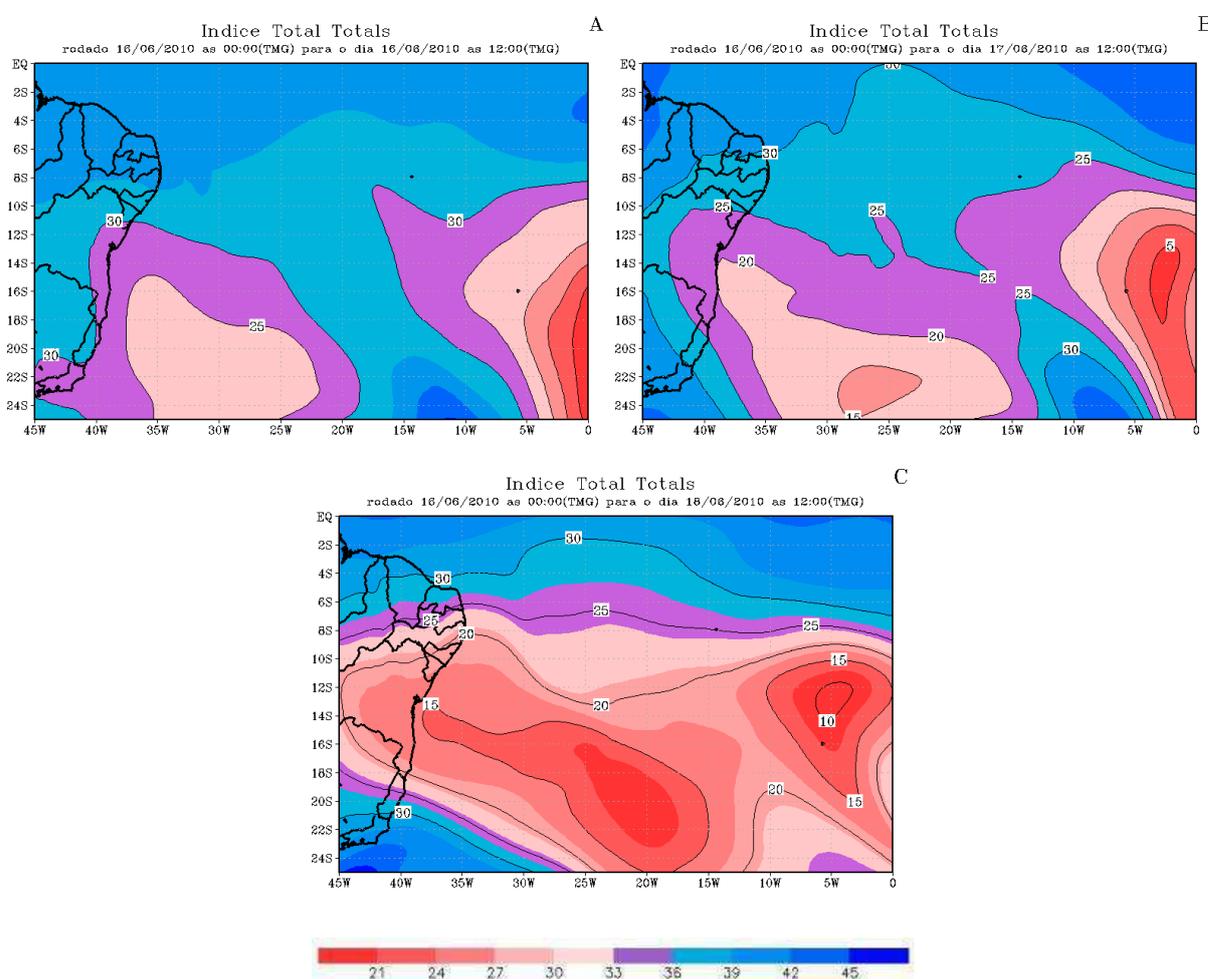


Figura 107 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2010. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 17/06/2010. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 18/06/2010

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 18/06/2010

Os índices K, Cross Totals, Vertical Totals e Total Totals tiveram valores com diferenças menores entre os observados e os obtidos pelo modelo nos dois primeiros dias de previsão e valores com maiores diferenças no dia da ocorrência do DOL no dia D; o Cross Totals foi entre os índices, o que mais se aproximou dos observados (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 18/06/2010 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto.

	D-2	D-1	D
Showalter	2.0	3.4	0.7
Previsto	9.0	9.0	7.0
Diferença	7.0	5.6	6.3
Swet	207.8		
Previsto	200.0	80.0	100.0
Diferença	-7.8	80.0	100.0
K	34.0	32.4	23.5
Previsto	25.0	25.0	10.0
Diferença	-9.0	-7.4	-13.5
Cross Totals	19.1	17.4	20.1
Previsto	20.0	20.0	15.0
Diferença	0.9	2.6	-5.1
Vertical Totals	20.7	19.9	22.3
Previsto	22.0	22.0	14.0
Diferença	1.3	2.1	-8.3
Total Totals	39.8	37.3	42.4
Previsto	40.0	40.0	30.0
Diferença	0.2	2.7	-12.4

Previsões feitas 24 a 72 horas antes com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 03 de maio de 2011. 7º evento.

Previsão do Índice Showalter

Os valores estavam entre 6,5 e 7,5 sobre a Região NEB no campo da previsão do dia 01/05/2011 do índice Showalter (Figura 108A); na previsão para o dia seguinte os valores se elevaram com uma variação entre 6,5 e 8,5, tanto sobre o continente como em grande parte do Oceano Atlântico em áreas próximas do continente (Figura 108B); os valores começaram a diminuir sobre grande parte do continente no campo do dia 03/05/2011 e ficaram abaixo de 8,0, apenas na faixa leste, que vai de Sergipe à Paraíba e no Oceano próximo ficaram acima deste (Figura 108C). Na comparação dos dados previstos com os dados observados tem-se que os valores desse índice calculado a partir do modelo foram maiores que os observados. Neste caso só teve dados proveniente de sondagens nos dias 01 e 03/05/2011; a radiossondagem do dia 02/05/2011 não foi estava disponível.

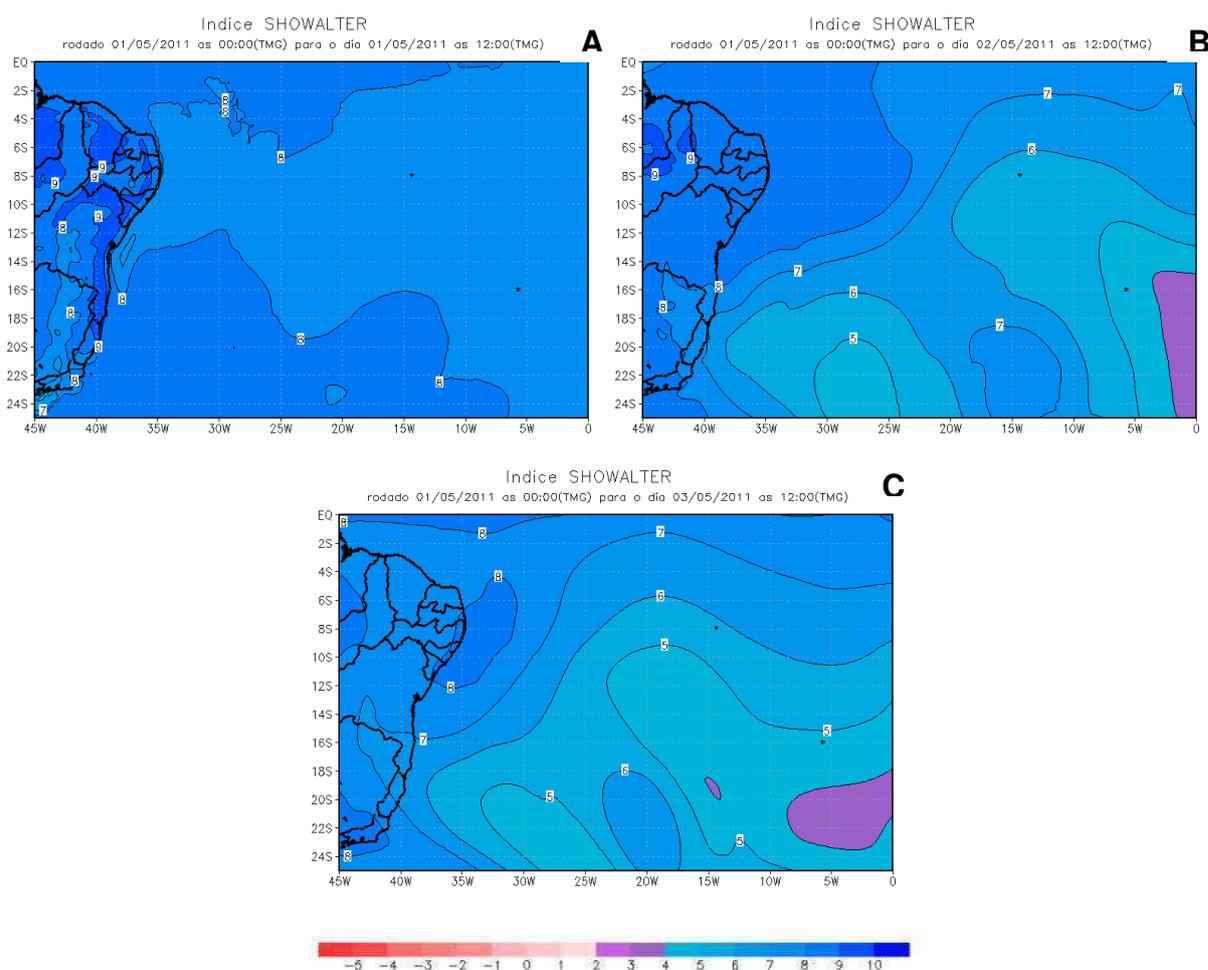


Figura 108 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011

Previsão do Índice Swet

Os valores do índice Swet na Previsão para o 01/05/2011 estavam acima de 120 sobre toda a Região NEB e abaixo de 60 sobre o Oceano; apenas no Oceano próximo do sul da Bahia os valores estavam acima de 90 (Figura 109A); no dia seguinte os valores deste índice diminuíram sobre a Região NEB e sobre o Oceano ficando abaixo de 20 (Figura 109B); os valores sofreram uma pequena elevação ficando acima de 20 em grande parte do continente (Figura 109C). Este índice obtidos a partir do modelo, teve valores maiores que os observados no dia 01/05/2011 e menores no dia 03/05/2011.

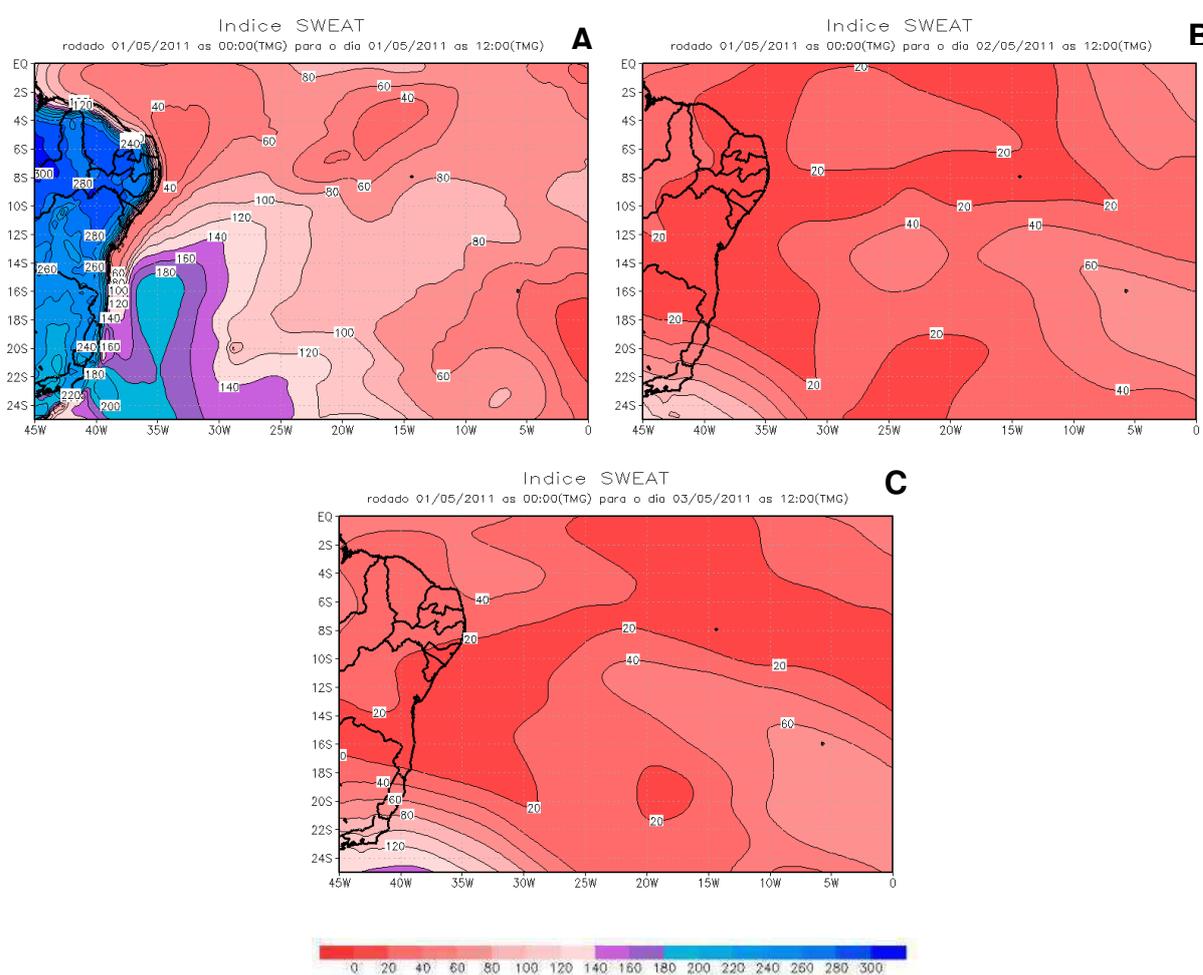


Figura 109 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011

Previsão do Índice K

Os valores do índice K na previsão para o dia 01/05/2011 foram superiores a 30 para a Região NEB e uma faixa do Oceano Atlântico próximo (Figura 110A); no dia seguinte os valores continuaram acima de 30 (Figura 110B); na previsão para o dia 02/05/2011 os valores do índice K sofreram uma pequena diminuição sobre o continente ficando entre 15 e 20 na costa leste e no Oceano os valores ainda foram menores (Figura 110C). Na comparação entre os valores deste índice provenientes do modelo e da radiossondagem, tem-se que o índice previsto ficou maior que o observado no primeiro dia e menor no dia 03/05/2011.

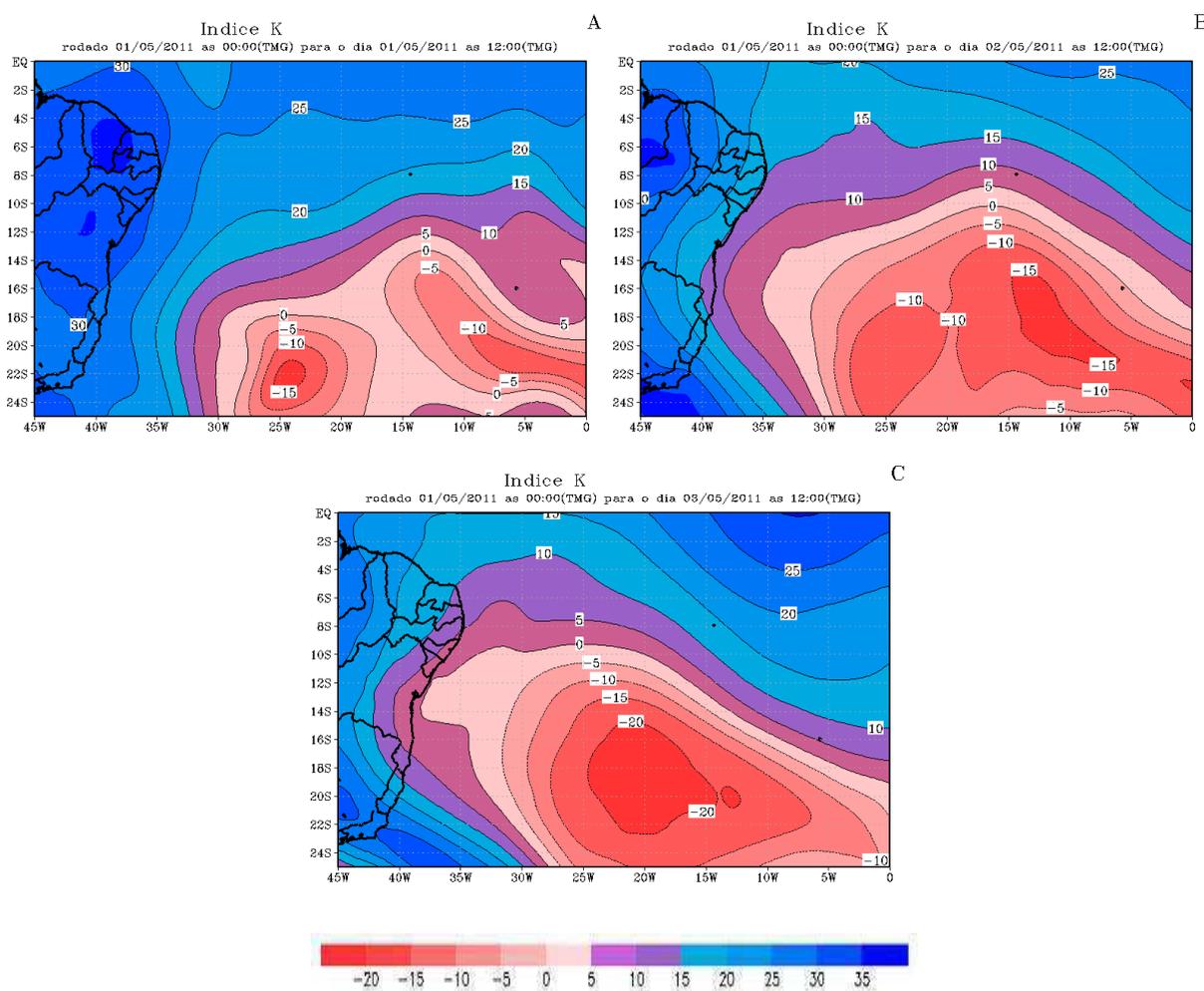


Figura 110 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011.

Previsão do Índice Cross Totals

No campo do índice Cross Totals para o dia 01/05/2011 havia valores entre 20 e 25 sobre o continente e em torno de 16 no Oceano próximo da costa (Figura 111A); no dia seguinte os valores deste índice continuaram entre 20 e 25 sobre o continente, abaixo deste valor no Oceano (Figura 111B); na previsão para o dia 03/05/2011 os valores diminuíram sobre o continente e estavam entre 15 e 20; no Oceano próximo ao sul da Bahia os valores ficaram entre 12 e 12 (Figura 111C). Os valores desse índice calculados a partir do modelo estiveram muito próximos dos obtidos através da radiossondagem para a estação de Recife, PE.

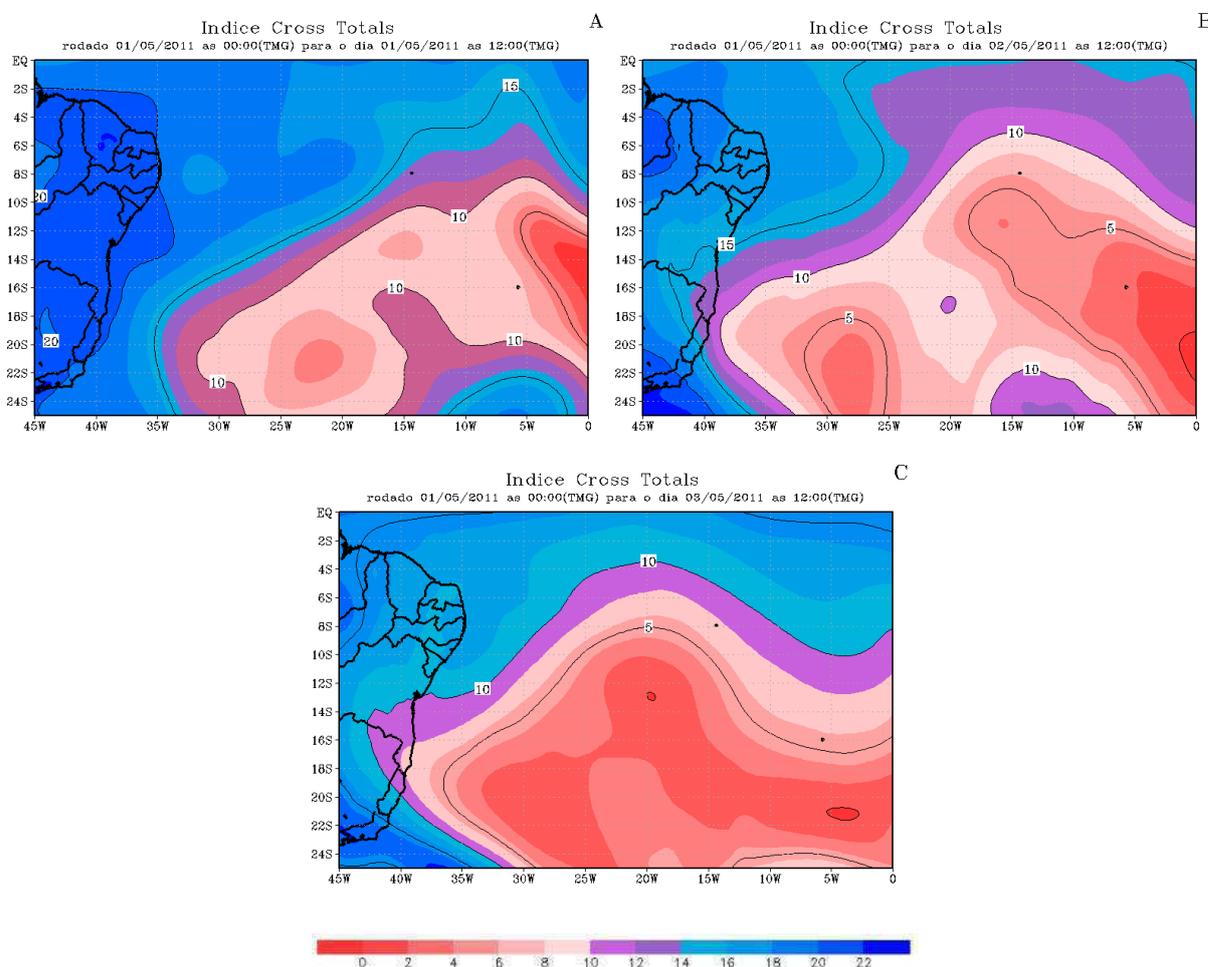


Figura 111 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011

Previsão para o Índice Vertical Totals

Os valores deste índice na previsão para o dia 01/05/2011 estavam em grande parte do NEB, entre 22 e 24; já em uma faixa que vai de Sergipe ao Rio Grande do Norte e em parte do Oceano Atlântico próximo da costa, os valores estavam entre 24 e 25 (Figura 112A); os valores diminuíram na previsão para o dia seguinte, em grande parte da Região NEB, ficando entre 20 e 22, apenas em uma área entre o oeste dos Estados da Bahia, de Pernambuco e da Paraíba, sul do Estado do Ceará e centro sul do PI os valores estavam entre 22 e 24 (Figura 112B); na previsão para o dia 03/05/2011 os valores diminuíram ainda mais e variaram na Região entre 10 e 22 (Figura 112C). Os valores deste índice obtidos com os dados do modelo, foram maiores que os observados no dia 01/05/2011 e menores no dia 03/05/2009, sendo que a diferença é pequena.

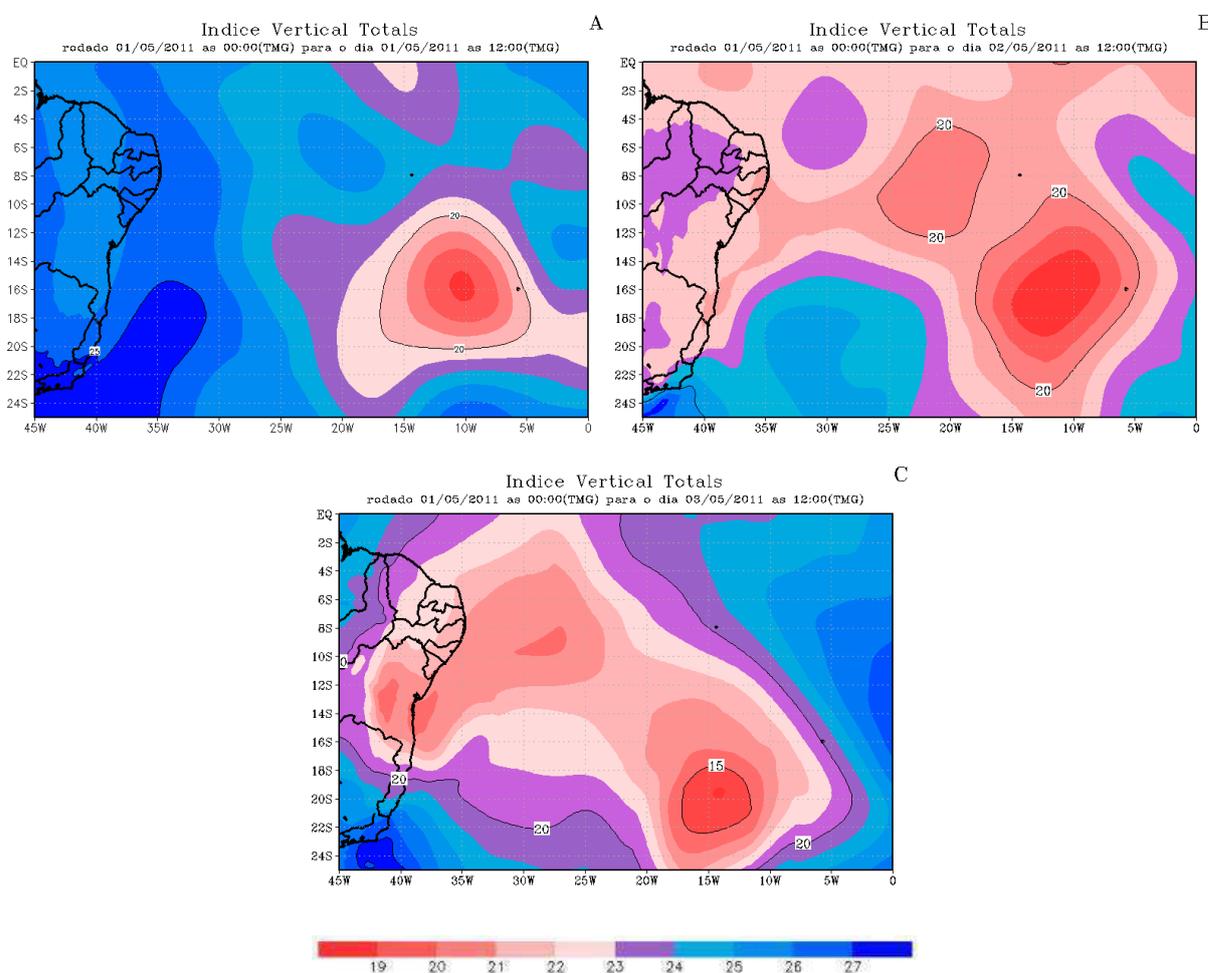


Figura 112- Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011

Previsão do Índice Total Totals

O índice K teve valores 40 e 42 sobre o continente e o Oceano próximo na previsão para o dia 01/05/2011 (Figura 113A); na previsão para o dia seguinte os valores diminuíram um pouco sobre o Oceano mas se mantiveram com a mesma variação sobre o continente (Figura 113B); no dia 03/05/2011 os valores da previsão deste índice diminuíram sobre a Região NEB, ficando entre 30 e 35 (Figura 113C). A diferença entre os dados previstos e os observados foi pequena, mas o modelo a superestimou no primeiro dia e a subestimou no dia 03/05/2011.

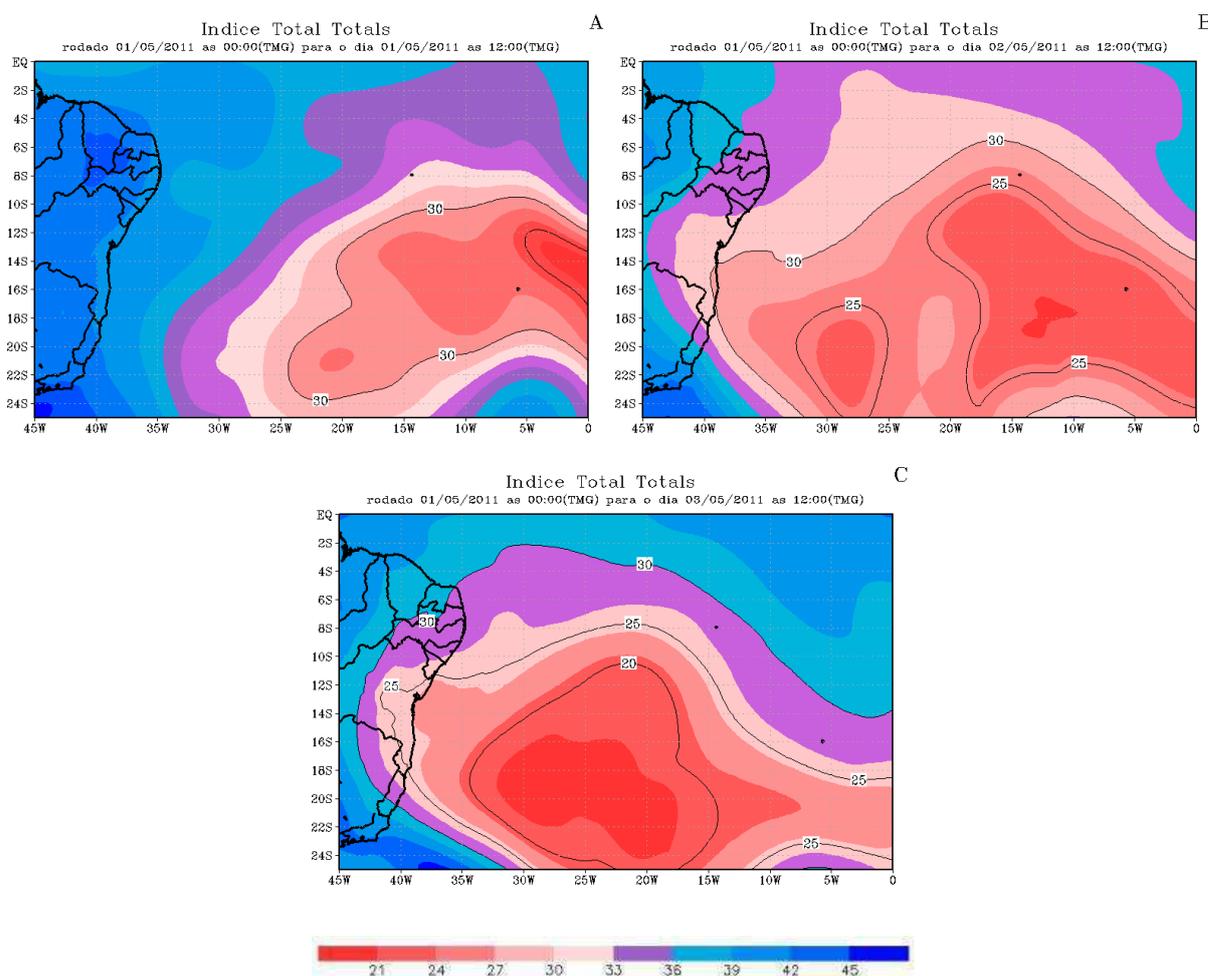


Figura 113 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 01/05/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 02/05/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 03/05/2011

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 03/05/2011

Os valores dos índices calculados a partir do modelo apresentaram tendência de superestimar os índices na Previsão dois dias antes (D-2), e no dia (D) a tendência foi de subestima; o índice cuja os valores foram mais próximos dos observados, foi o índice Cross Totals (Tabela 11).

Tabela 11 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto.

	D-2	D-1	D
Showalter	1.2		-1.6
Previsto	6.0	8.5	6.0
Diferença	4.8		7.6
Swet	191.4		310.4
Previsto	270.0	20.0	40.0
Diferença	78.6		-270.4
K	30.2		40.6
Previsto	35.0	35.0	20.0
Diferença	4.8		-20.6
Cross Totals	19.4		19.9
Previsto	22.0	20.0	20.0
Diferença	2.6		0.1
Vertical Totals	22.5		22.4
Previsto	26.0	22.0	20.0
Diferença	3.5		-2.4
Total Totals	41.9		42.3
Previsto	45.0	40.0	35.0
Diferença	3.1		-7.3

Previsões feitas 24 a 72 horas antes com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 16 de junho de 2011. 8º evento.

Previsão do Índice Showalter

Na previsão para o dia 14/06/2011 deste índice os valores ficaram entre 6 e 9 em grande parte da Região NEB e do Oceano Atlântico (Figura 114A); na previsão para o dia seguinte o campo tinha valores mais uniformes sobre o continente e os valores estavam entre 8 e 9, este valor foi observado também sobre o Oceano, próximo da costa leste do Nordeste (Figura 114B); os valores diminuíram em grande parte do NEB, na previsão para o dia 16/06/2011; apenas na faixa leste da Bahia e sobre os Estados de Sergipe e Alagoas os valores mantiveram o valor do dia anterior (Figura 114C). Comparando os valores deste índice previsto com os observados, tem-se que todos os dias de previsão os valores da saída do modelo foram maiores que os provenientes da radiossondagem.

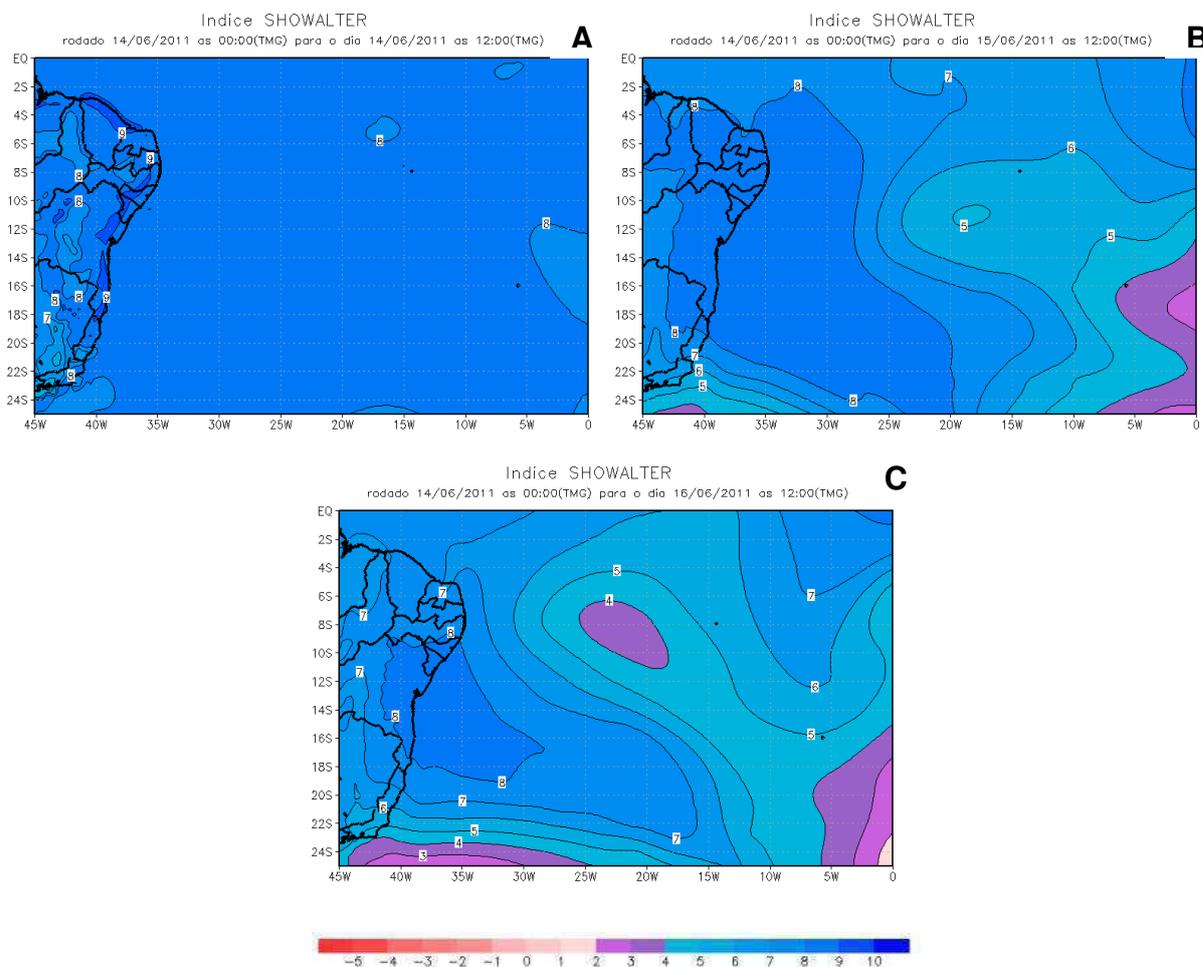


Figura 114 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011

Previsão do Índice Swet

Este índice tinha valores entre 120 e 260 sobre o NEB na Previsão para o dia 14/06/2011 e no Oceano Atlântico, próximo ao Estado da Bahia; onde observa-se um centro com valores entre 140 e 220 (Figura 115A); na previsão para o dia 15/06/2011 os valores diminuíram sobre toda a Região NEB e sobre o Oceano ficando abaixo de 20 (Figura 115B); os valores estavam abaixo de 10 no Rio Grande do Norte, Paraíba e leste do CE e acima de 30 nas demais áreas do NEB, com um centro de valores atingindo 70 no oeste da Bahia (Figura 115C). Na comparação deste índice entre o previsto e o observado, tem-se que os valores para a estação de Recife, PE, apresentaram uma diferença maior primeiro dia e menor nos dias seguintes.

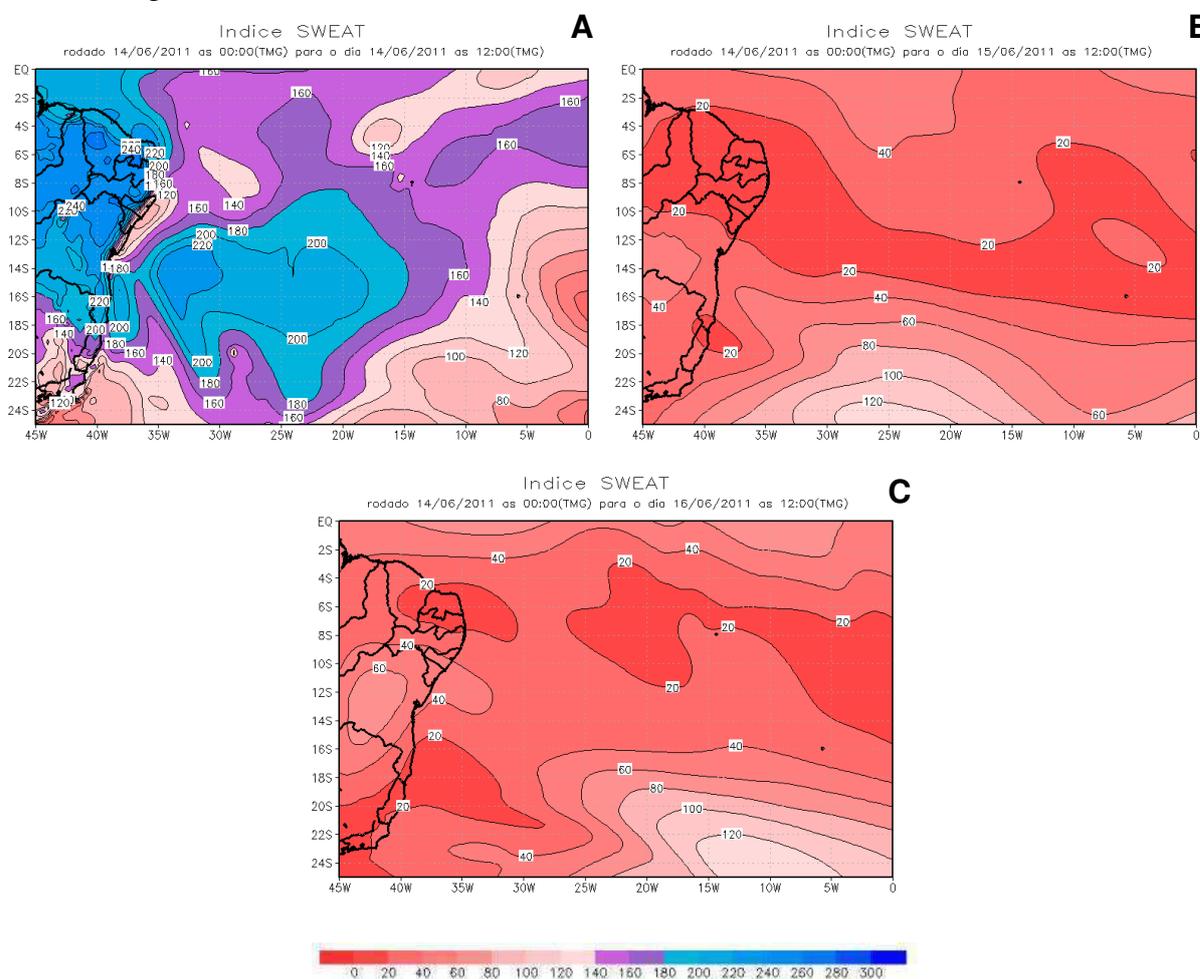


Figura 115 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011

Previsão do Índice K

Na previsão para o dia 14/06/2011 os valores do índice K foram acima de 20, uma faixa que vai do oeste da Bahia, cobre quase todo o Piauí e centronorte do Ceará e Rio Grande do Norte; nas demais áreas da Região NEB e em parte do Oceano Atlântico os valores ficaram entre 0 e 20 (Figura 116A); os valores continuaram acima de 20 no dia seguinte, em grande parte do Estado do Rio Grande do Norte e no centronorte do Ceará e Piauí; nas demais áreas do Nordeste e em parte do Oceano na parte leste da Região, os valores ficaram entre 5 e 15 (Figura 116B); na previsão para o dia 16/06/2011 os valores continuaram acima de 20 só que pegando uma região maior, todo o Estado da Paraíba, do Rio Grande do Norte, do Ceará, centronorte do Piauí e centro-oeste de Pernambuco além de uma pequena parte do Estado de Alagoas; nas demais partes da Região os valores ficaram entre 5 e 15 (Figura 116C). Os valores deste índice foram superestimados nos dois primeiros dias de previsão e subestimados no dia D.

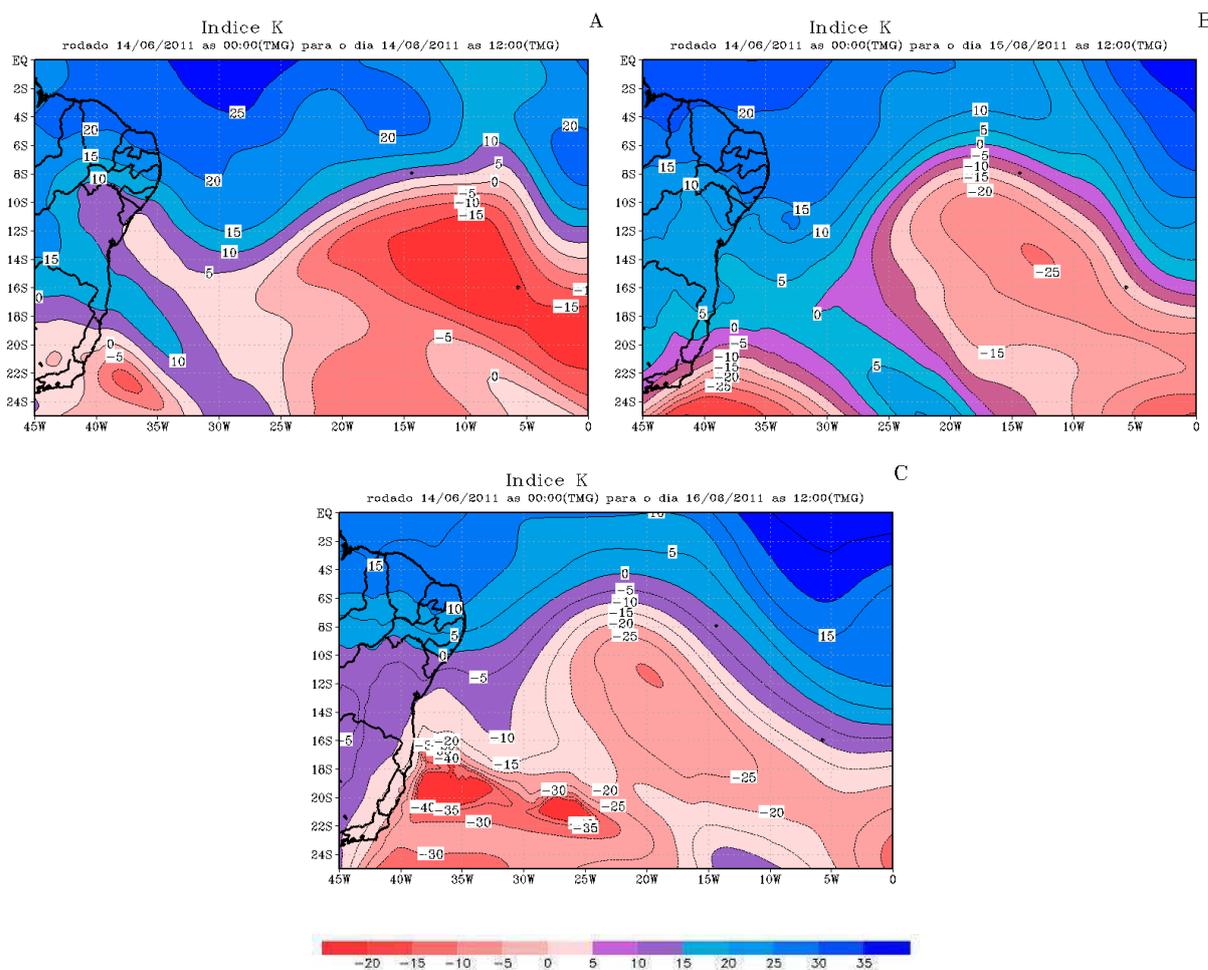


Figura 116 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011

Previsão do Índice Cross Totals

Na previsão para o dia 14/06/2011 os valores do índice Cross Totals eram entre 15 e 20 sobre o continente e também sobre o Oceano (Figura 117A); no dia seguinte os valores não tiveram variações significativas sobre o continente e continuaram entre 15 e 20 (Figura 117B); na previsão para o dia 16/06/2011 ocorreu um declínio dos valores sobre o continente e esses valores ficaram entre 10 e 15 no centro-oeste da Bahia, no sul do Piauí e em parte do oeste de Pernambuco. Nas demais áreas continuaram com valores entre 15 e 20 (Figura 117C). A diferença entre os valores deste índice previsto e observado foi pequena e a diferença maior ocorreu no dia antes da ocorrência do DOL.

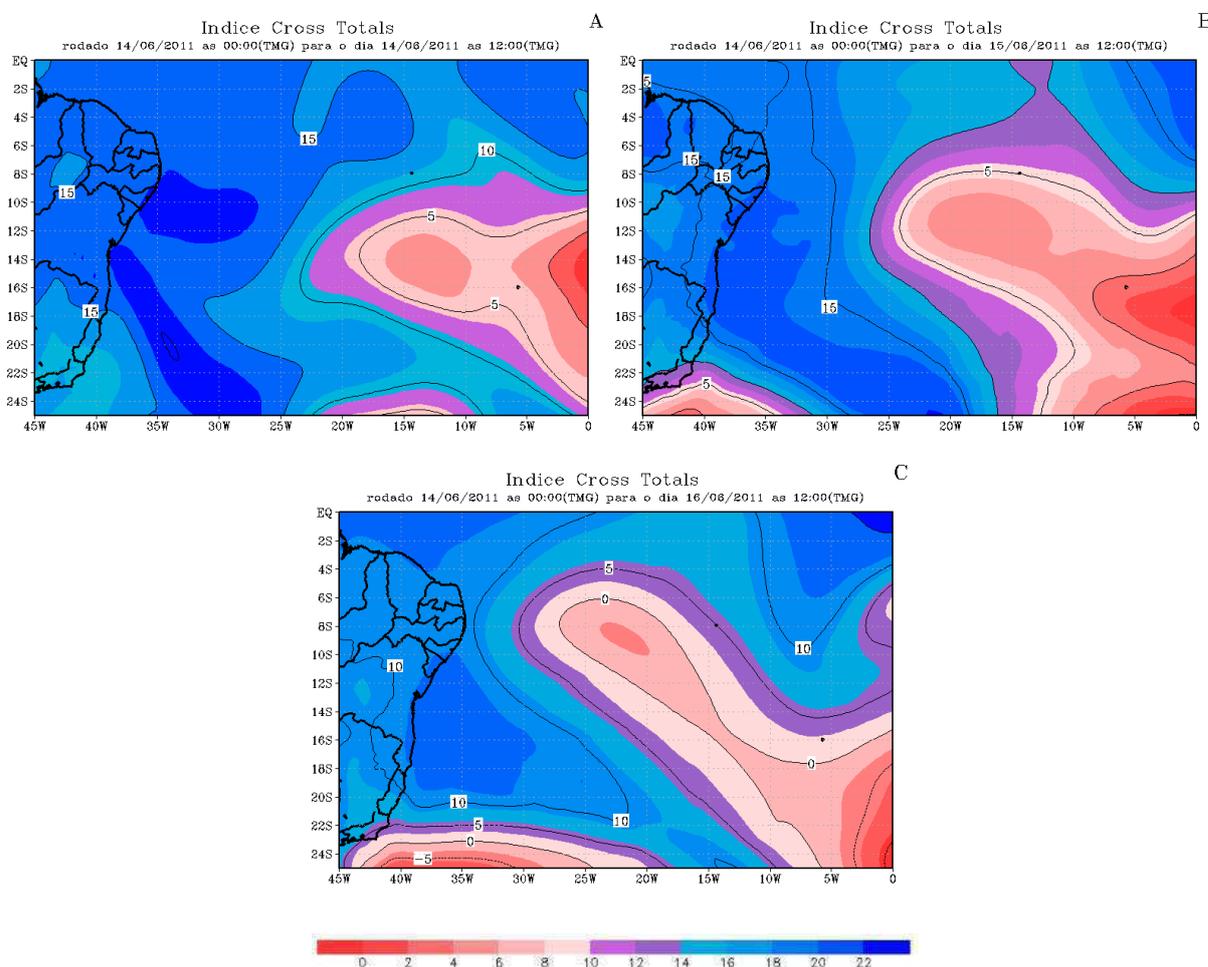


Figura 117 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011

Previsão para o Índice Vertical Totals

O índice Vertical Totals teve valores entre 22 e 24 sobre grande parte dos Estados do Ceará e do Piauí e valores entre 22 e 18 nas demais partes da Região NEB e em grande parte do oceano Atlântico (Figura 118A); na previsão para o dia seguinte os valores diminuíram em grande parte da Região NEB ficando entre 20 e 22 sobre grande parte dos Estados do Ceará e do Piauí e entre 20 e 16 nas outras áreas da Região (Figura 118B); na previsão para o dia 16/06/2011 os valores diminuíram ainda mais e variaram na Região entre 16 e 22 (Figura 118C). Como índice Cross Totals a diferença, deste índice, entre o previsto e o observado foi pequena, com uma superestimativa nos dois dias que antecedem a ocorrência do sistema e uma subestimativa no dia do DOL.

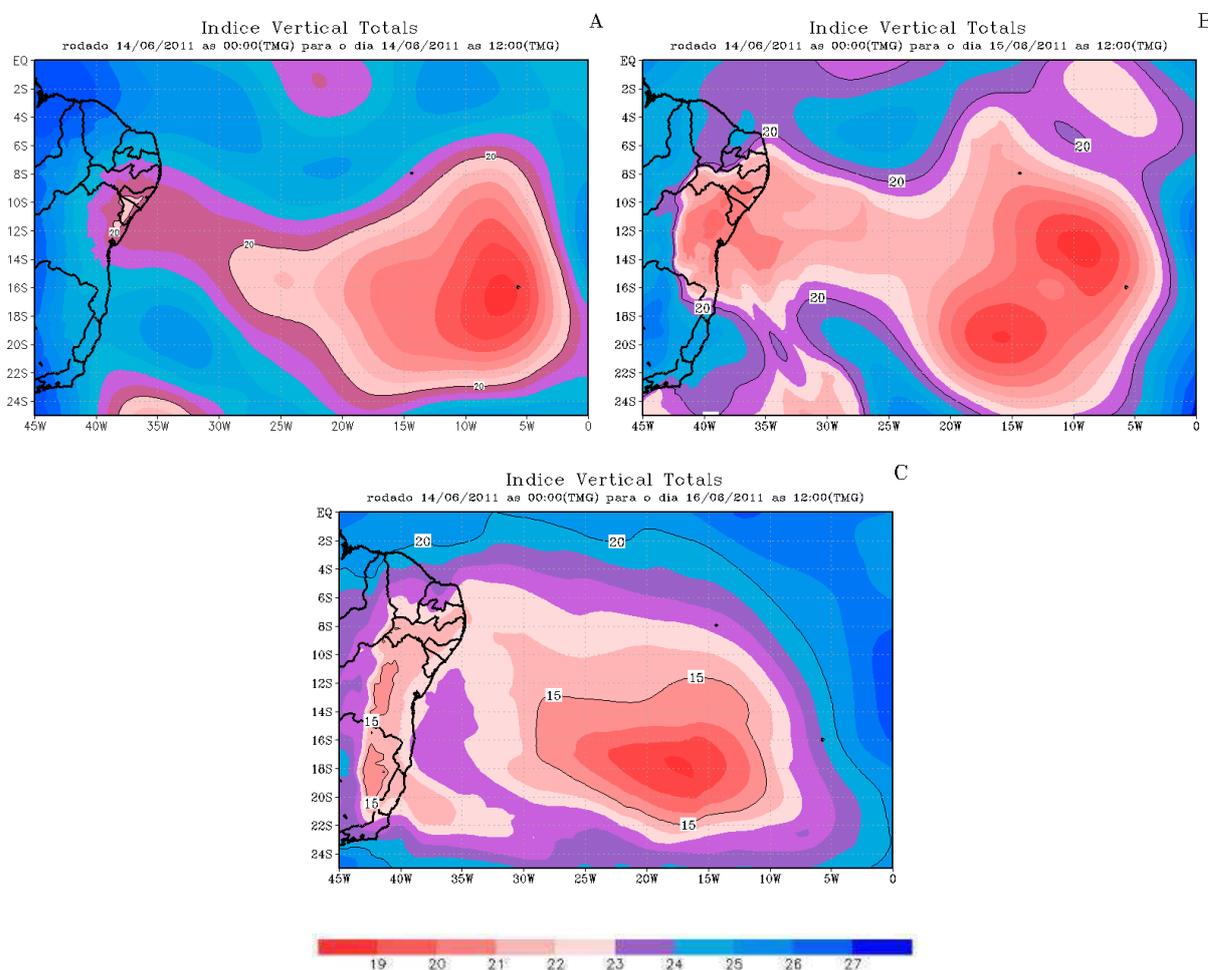


Figura 118 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011

Previsão do Índice Total Totals

Os valores foram entre 35 e 40 do índice K na previsão para o dia 14/06/2011 para toda a Região NEB e em grande parte do Oceano (Figura 119 A); no dia 15/06/2011 os valores não tiveram variações significativas no continente nem no Oceano próximo (Figura 119 B); na previsão para o dia 16/06/2011 os valores da previsão diminuíram sobre a Região NEB e no oceano adjacente, ficando entre 30 e 35 (Figura 119C). As diferenças deste índice foram pequenas do previsto em relação ao observado sendo praticamente igual no dia 14/06/2011 e um pouco menos nos dois dias seguintes.

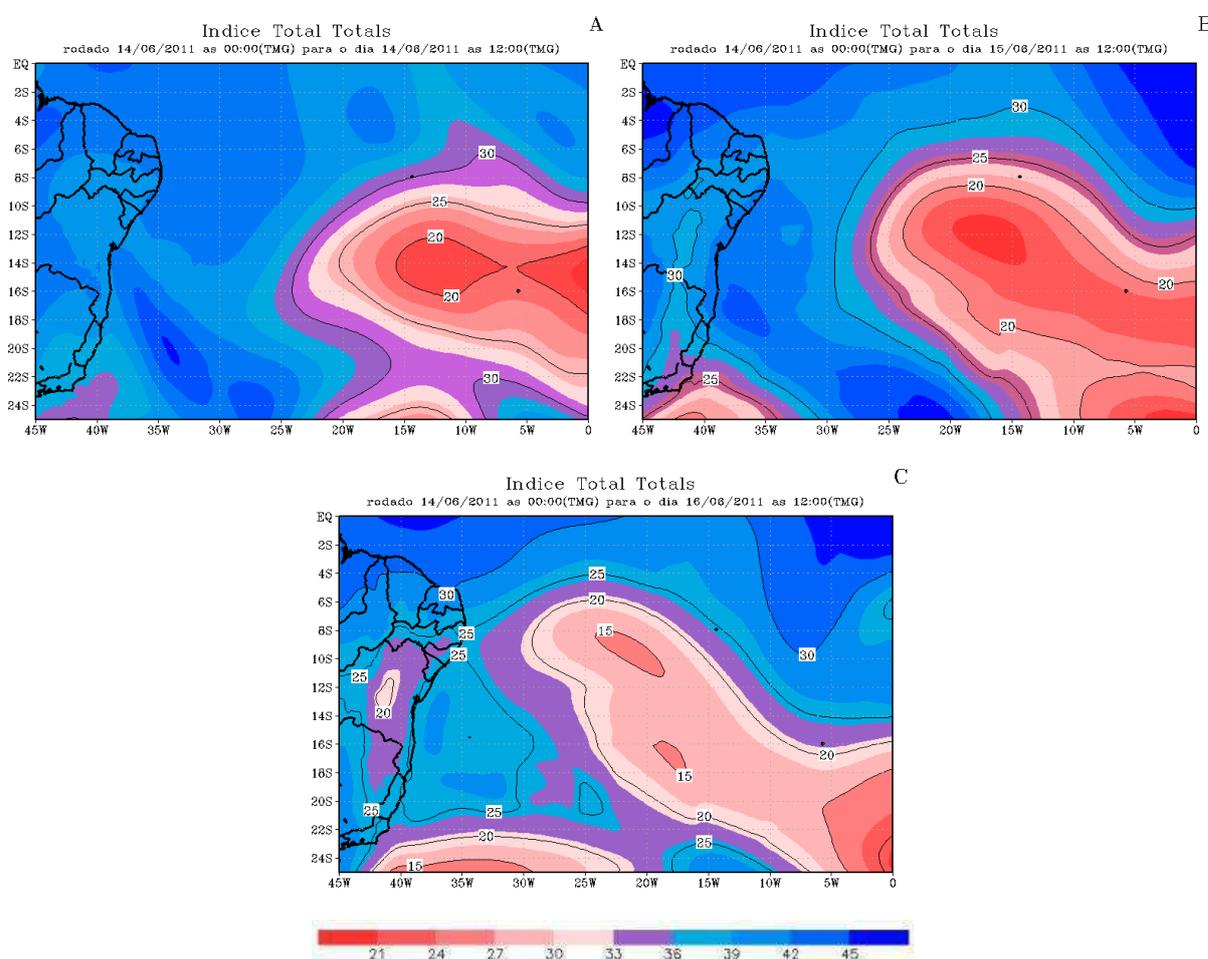


Figura 119 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 16/06/2011. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2011. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 15/06/2011. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 16/06/2011

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 03/05/2011

Os índices Cross Totals, Vertical Totals e Total Totals tiveram resultados bem próximos dos provenientes de radiossonda na estação de Recife, PE, entre os índices aqui analisados; mas o que teve o melhor desempenho foi o Cross Totals visto que os valores, embora um pouco maiores que os observados, foram mais próximos nos dias D-1 e D (Tabela12).

Tabela 12 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 03/05/2011 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto.

	D-2	D-1	D
Showalter	2.7	5.8	3.3
Previsto	8.5	9.0	8.0
Diferença	5.8	3.2	4.7
Swet	209.2	183.6	197.4
Previsto	220.0	20.0	30.0
Diferença	10.8	-163.6	-167.4
K	-1.6	1.6	28.9
Previsto	15.0	20.0	20.0
Diferença	16.6	18.4	-8.9
Cross Totals	19.2	16.6	18.3
Previsto	20.0	20.0	20.0
Diferença	0.8	3.4	1.7
Vertical Totals	20.3	19.3	21.7
Previsto	22.0	20.0	18.0
Diferença	1.7	0.7	-3.7
Total Totals	39.5	35.9	40
Previsto	40.0	35.0	35.0
Diferença	0.5	-0.9	-5.0

Previsões feitas 24 a 72 horas antes com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 23 de maio de 2010. 9º evento.

Previsão do Índice Showalter

Os valores do índice Showalter para o dia 21/05/2012 são entre 6 e 9 na maior parte do continente e também no Oceano Atlântico (Figura 120A); no dia seguinte na previsão os valores deste índice foram entre 6 e 8 sobre o continente e abaixo de 6 em uma área no Oceano Atlântico próximo à Bahia (Figura 120B); na previsão para o dia 23/05/2012 os valores sobre todo o continente e principalmente sobre o Estado da Bahia permaneceram entre 3,0 e 5,0; nas demais áreas da região ficaram entre 5,0 e 6,0 (Figura 120C). Os dados previstos quando comparados com os observados tem-se que os valores deste índice calculados a partir do modelo são maiores que os cálculos a partir das observações.

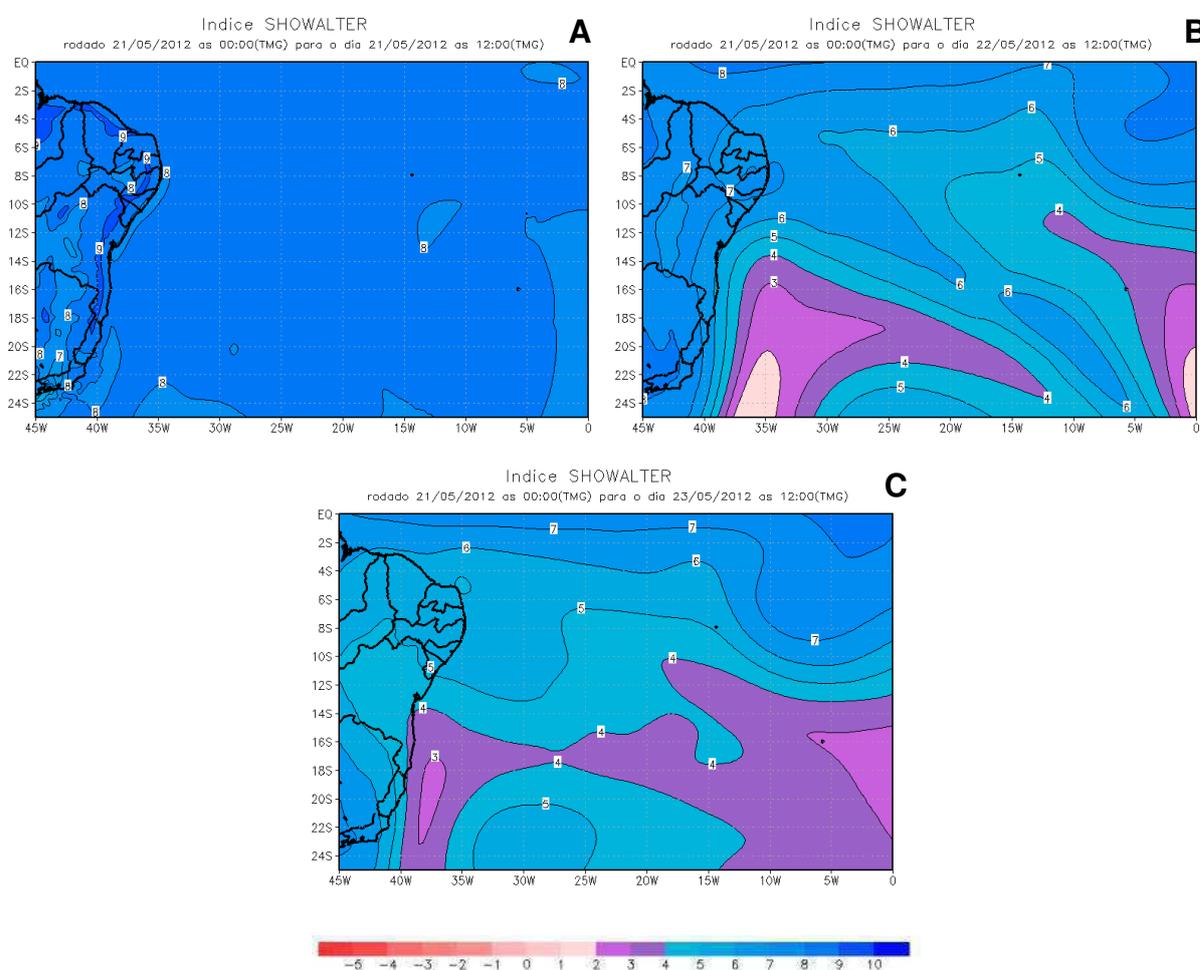


Figura 120 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012

Previsão do Índice Swet

Na Previsão para o dia 21/05/2012 deste índice os valores estavam entre 90 e 240 sobre a Região NEB; em uma pequena área sobre parte do litoral apresentava valores abaixo de 90 e no Oceano Atlântico os valores estavam acima de 150 (Figura 121A); os valores diminuíram sobre toda a Região NEB e sobre o Oceano ficando entre 20 e 80 na previsão para o dia 22/05/2012 (Figura 121B); os valores ficaram entre 60 e 90 sobre o Estado da Bahia e entre 10 e 60 nas demais partes do NEB (Figura 121C). Este índice, calculado a partir do modelo, teve valores maiores no primeiro dia de previsão (D-2) e menores que os observados nos dias seguintes.

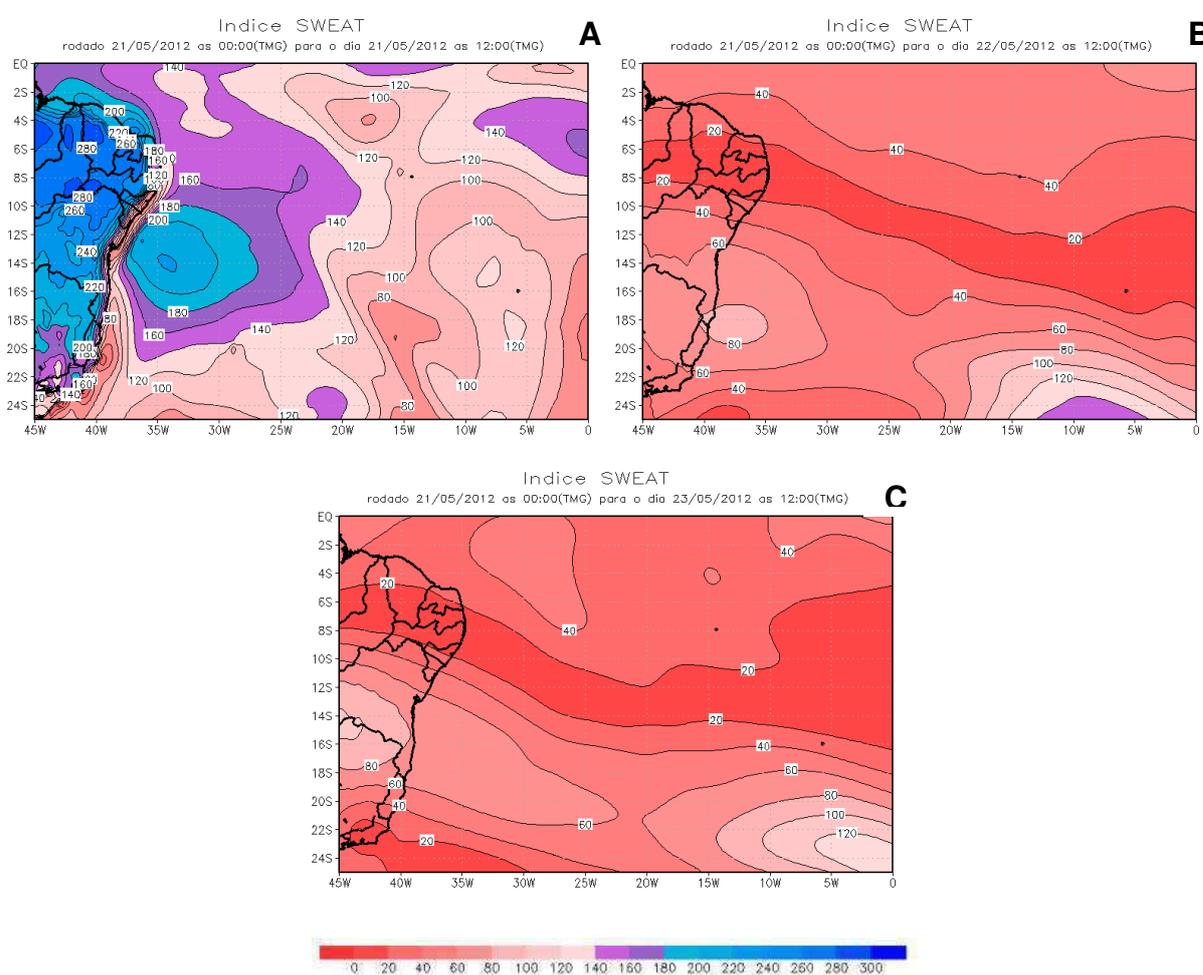


Figura 121- Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012

Previsão do Índice K

Os valores do índice K na previsão para o dia 21/05/2012 foram acima de 20 sobre grande parte do Nordeste e entre 15 e 20 na faixa leste que vai de Alagoas ao Rio Grande do Norte (Figura 122A); no dia 22/05/2012 os valores continuaram acima de 20 na maior parte da Região NEB, mas a área com valores abaixo ficou maior que no dia anterior incluindo agora os Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba e parte dos Estados do Ceará, Pernambuco e Alagoas nos quais os valores são entre 10 e 20 (Figura 122B); na previsão para o dia 23/05/2012 os valores ficaram entre 0 e 15 na maior parte da Região Nordeste; apenas em parte do Estado do Piauí os valores ficaram entre 15 e 20 (Figura 122C). Os valores obtidos a partir da saída do modelo para este índice foram maiores no primeiro dia e menores nos dias seguintes.

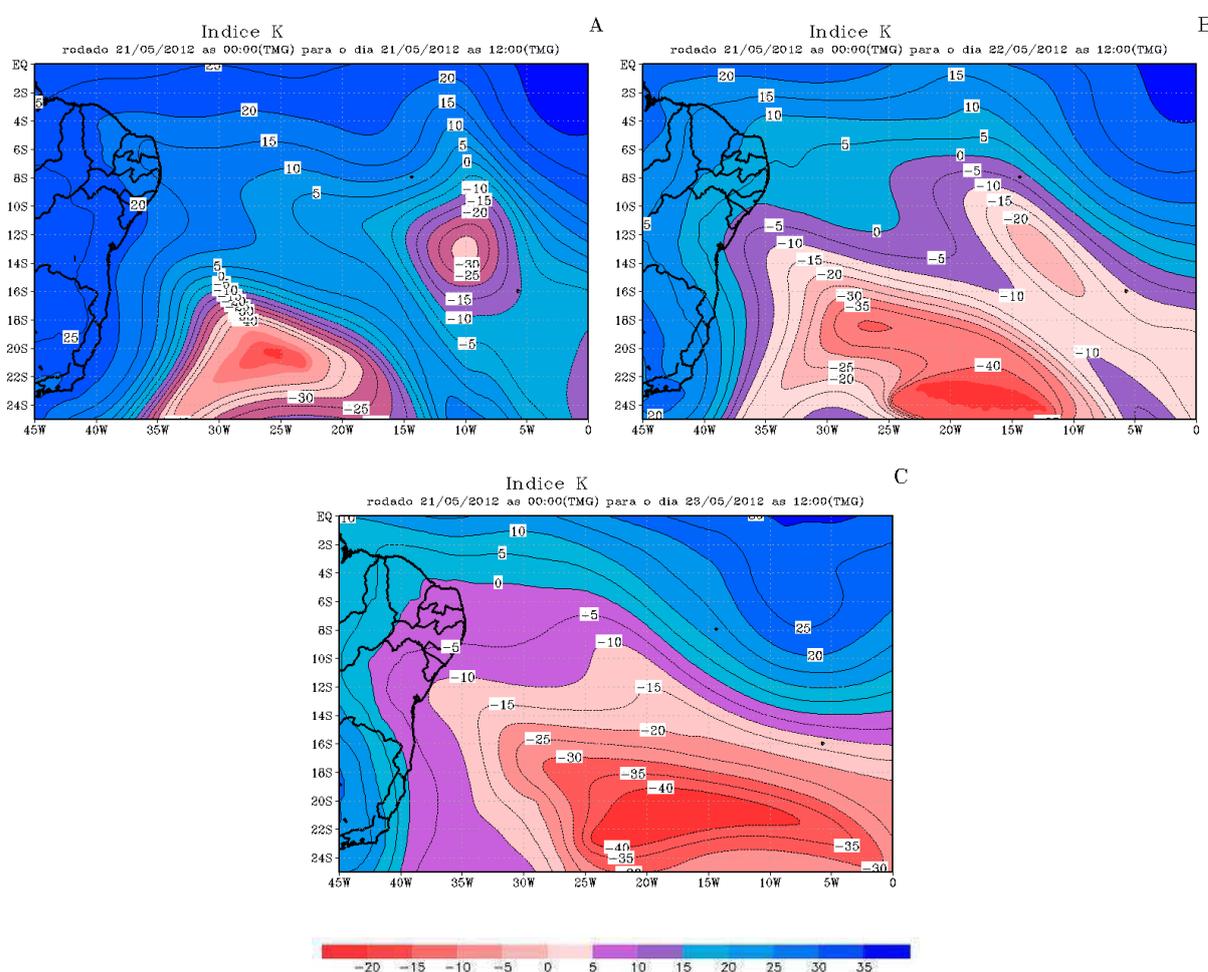


Figura 122 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TM do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TM do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TM do dia 23/05/2012

Previsão do Índice Cross Totals

Sobre a Região NEB os valores estavam entre 15 e 20 na previsão do índice Cross Totals para o dia 21/05/2012 (Figura 123A); no dia seguinte os valores na previsão se mantiveram com valores semelhantes sobre a Região mas uma área de valores menores se aproxima pelo leste da região (Figura 123B); os valores diminuíram ficando entre 10 e 15, sobre grande parte da Região Nordeste, na Previsão para o dia 23/05/2012, sendo que no litoral do Estado da Bahia este valor ainda foi menor ficando entre 5 e 10 (Figura 123C). Este índice apresentou valores ligeiramente menores quando calculados a partir dos dados do modelo e comparados com os dados proveniente das radiossondagens.

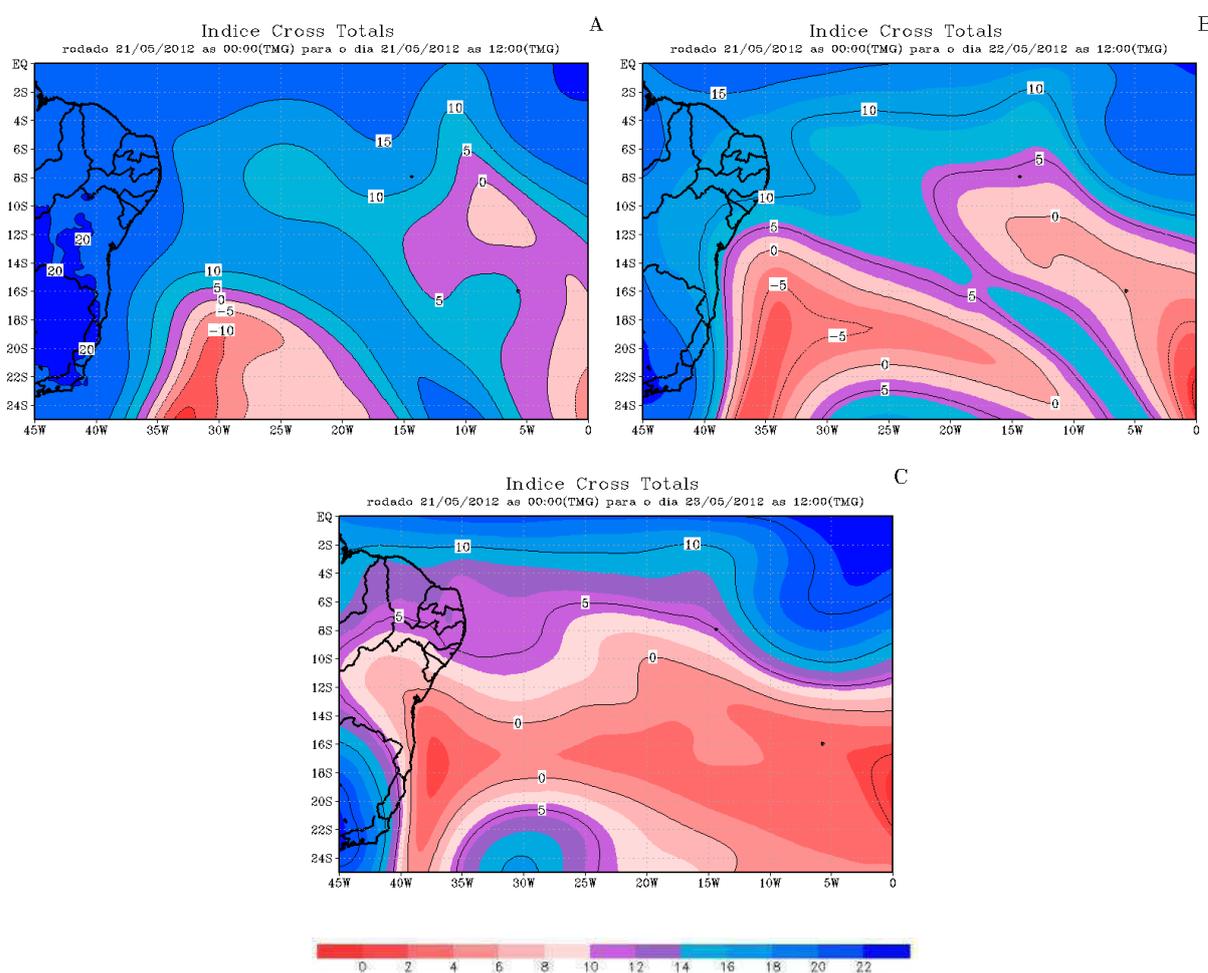


Figura 123 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012

Previsão para o Índice Vertical Totals

Na previsão para o dia 21/05/2012 do índice Vertical Totals os valores estavam entre 20 e 26 com os menores valores no sul da Bahia e os maiores no Oeste da Bahia e sul do Piauí (Figura 124A); os valores diminuíram e ficaram entre 18 e 22 na previsão para o dia seguinte, com os menores valores na parte leste da Região NEB (Figura 124B); no dia 23/05/2012 o valores do índice Cross Totals tiveram outra diminuição e os valores, na previsão ficaram entre 14 e 20 com os valores entre 14 e 18 sobre os Estados de Pernambuco, Alagoas, Sergipe e faixa leste da Bahia (Figura 124C). Na comparação deste índice, entre o calculado a partir do modelo e o observado, ocorreu uma subestimativa em todos os dias por parte do modelo.

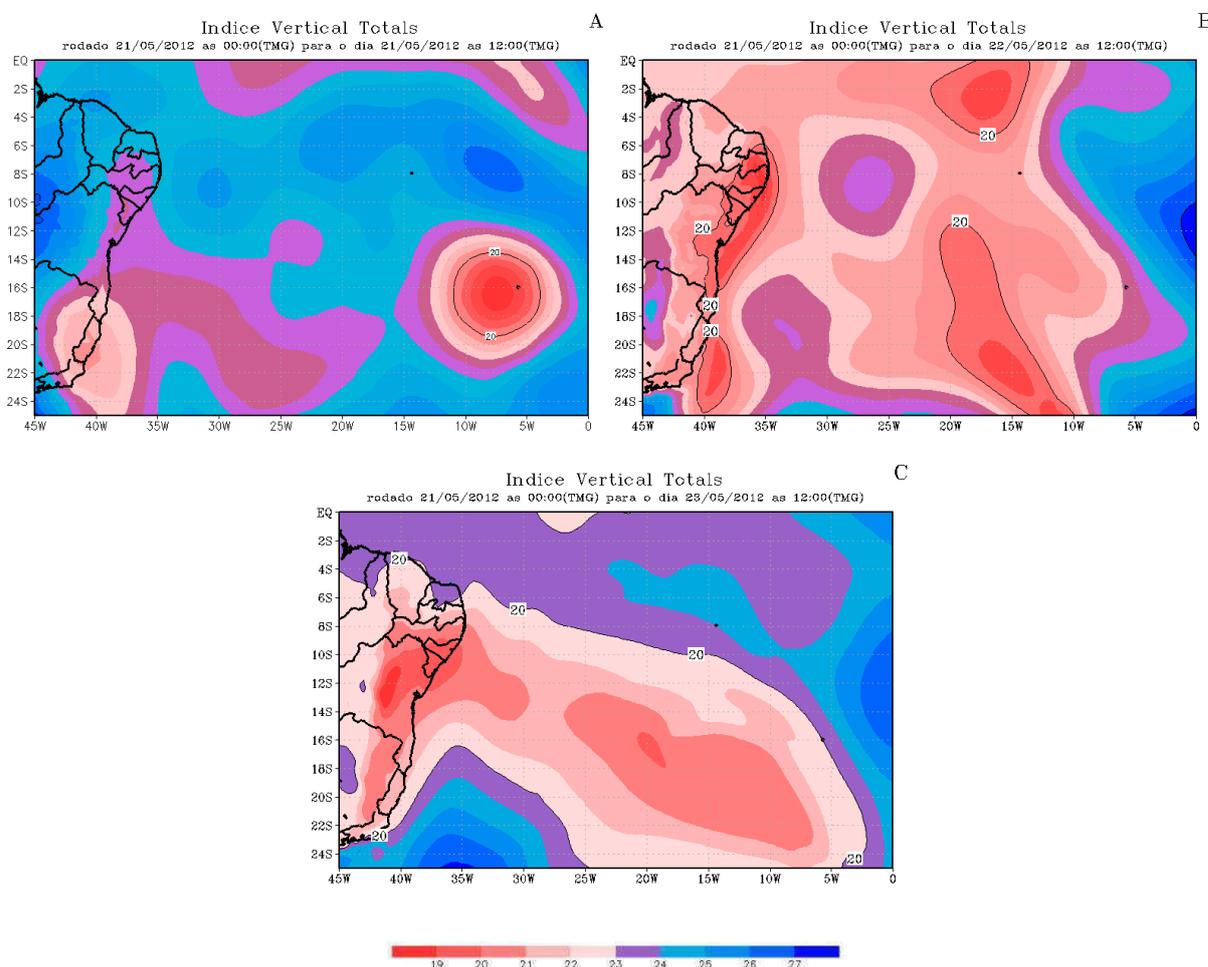


Figura 124 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012

Previsão do Índice Total Totals

Na previsão deste índice para o dia 21/05/2012 apresentaram valores acima de 40 sobre a Região NEB e no Oceano próximo ao continente (Figura 125A); na previsão do dia seguinte os valores ficaram entre 35 e 40 sobre o continente e o Oceano adjacente (Figura 125B); no dia 23/05/2012 na previsão, os valores diminuíram e variaram entre 20 e 35 sobre a Região NEB com os menores valores no litoral dos Estados da Bahia e de Sergipe (Figura 125C). A comparação entre os valores deste índice calculados a partir do modelo superestimou os obtidos das radiossondagens.

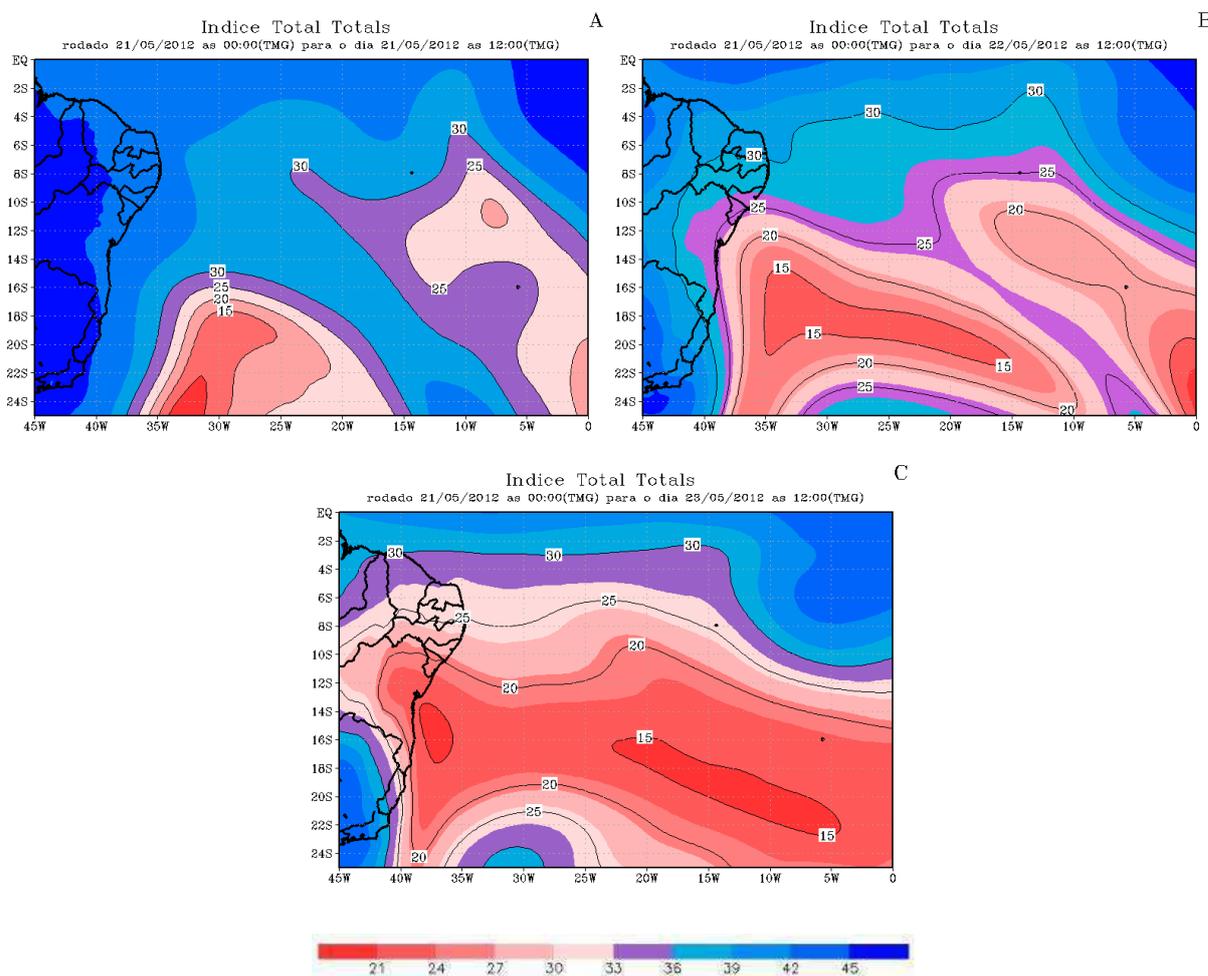


Figura 125 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 21/05/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 22/05/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 23/05/2012

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 23/05/2012

Os índices Swet, K, Cross Totals, Vertical Totals subestimaram os valores, observados, principalmente nos dias em que ocorreu o DOL (D); mesmo assim, o índice que mais se aproximou dos dados observados foi o Cross Total (Tabela 13).

Tabela 13 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2012 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto.

	D-2	D-1	D
Showalter	3.2	0.2	0.2
Previsto	9.0	9.0	7.5
Diferença	5.8	8.8	7.3
Swet			
Previsto	240.0	30.0	30.0
Diferença			
K	27.4	32.1	33.0
Previsto	15.0	20.0	20.0
Diferença	-12.4	-12.1	-13.0
Cross Totals	18.2	20.5	21.0
Previsto	16.0	20.0	18.0
Diferença	-2.2	-0.5	-3.0
Vertical Totals	19.3	22.9	22.5
Previsto	22.0	20.0	18.0
Diferença	2.7	-2.9	-4.5
Total Totals	37.5	43.4	43.5
Previsto	36.0	40.0	35.0
Diferença	-1.5	-3.4	-8.5

Previsões feitas 24 a 72 horas antes com o modelo BRAMS para caso de ocorrência de DOL no dia 14 de junho de 2012. 10° evento.

Previsão do Índice Showalter

Na Previsão índice para o dia 12/06/2012, os valores estavam entre 6 e 9 sobre toda a Região NEB (Figura 126A); no dia 13/06/2012 os valores estavam entre 7 e 8 sobre toda a área da Região Nordeste (Figura 126B); em uma faixa sobre Alagoas, Sergipe e leste do Estado da Bahia, os valores estavam entre 8 e 9 na previsão deste índice para o dia 14/06/2012; nas demais partes da Região NEB os valores estavam entre 5 e 7 (Figura 126C). Comparando os valores deste índice previstos pelo modelo com os dados observados tem-se uma superestimativa por parte do modelo.

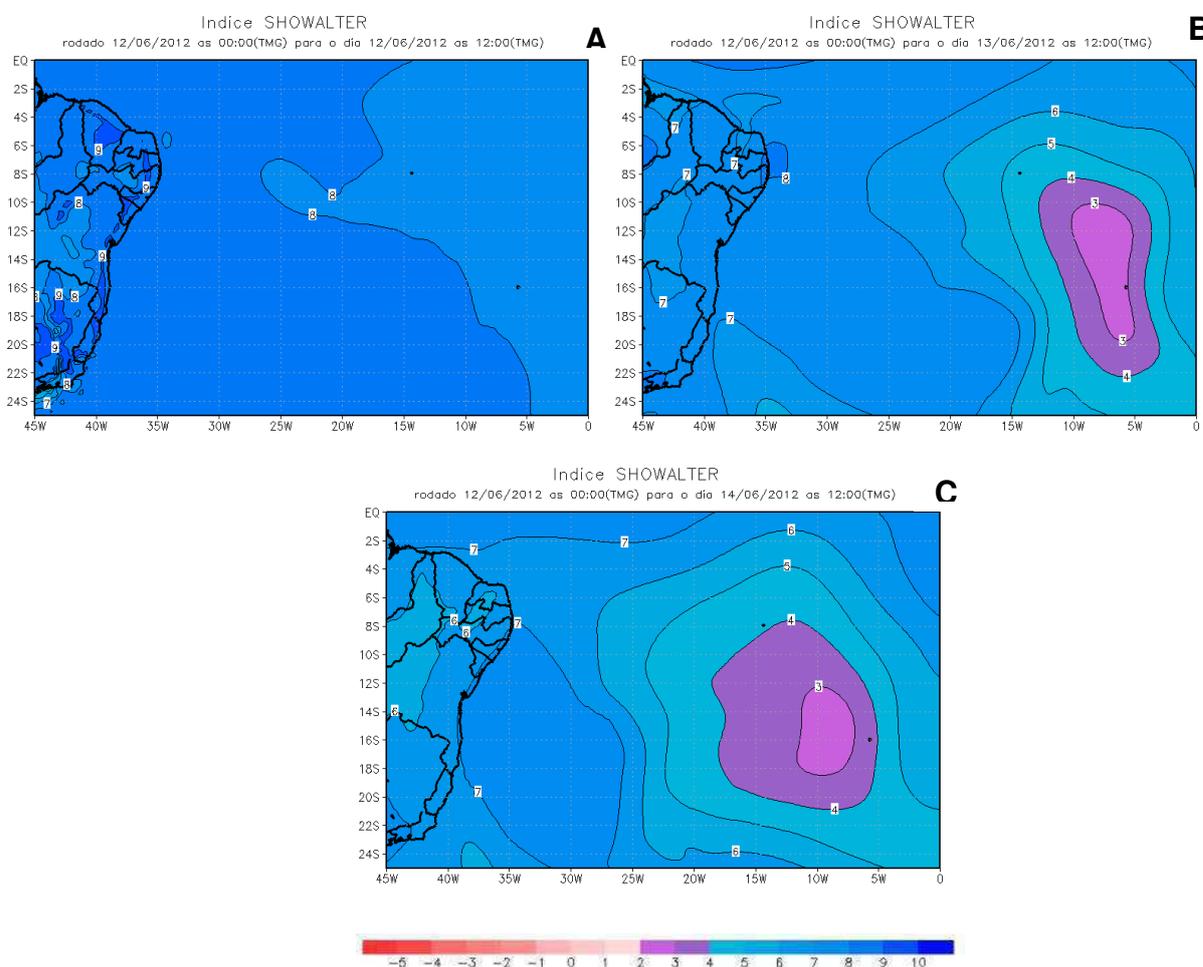


Figura 126 - Previsão do Índice Showalter 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012

Previsão do Índice Swet

Na Previsão para o dia 12/06/2012 os valores deste índice estavam entre 120 e 270 sobre o Nordeste e no Oceano Atlântico, na altura da Bahia; observa-se um centro com 180 (Figura 127A); no dia seguinte os valores diminuíram sobre toda a Região NEB, ficando entre 10 e 50, com um centro sobre o Oceano que chega atingir também os Estados de Sergipe e Alagoas apresentando um máximo valor entre 60 e 80 (Figura 127B); na previsão para o dia 14/06/2012 deste índice os valores no NEB estavam entre 10 e 70 com centro no Oceano, na altura dos Estados de Sergipe e Alagoas com valor em torno de 80 (Figura 127C). Os valores deste índice previstos pelo modelo foram menores que os observados, ou seja, o modelo os subestimou.

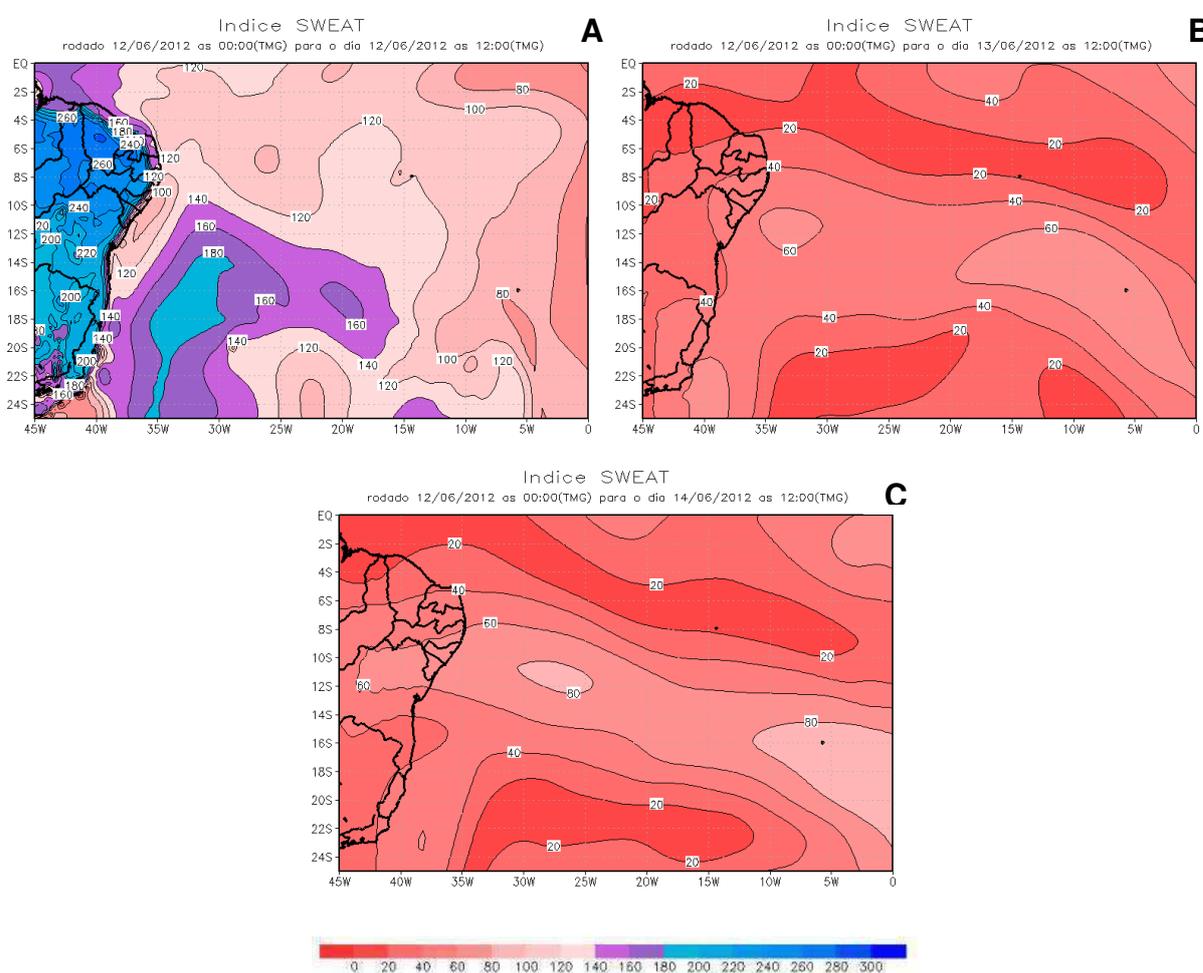


Figura 127 - Previsão do Índice Swet 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012

Previsão do Índice K

No campo do índice K na previsão para o dia 12/06/2012 os valores foram entre 15 e 20 sobre os Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, parte leste de Pernambuco e do Rio Grande do Norte; nas demais áreas da Região NEB os valores ficaram entre 20 e 25 (Figura 128A); no dia 13/06/2012 os valores continuaram entre 20 e 25 no oeste dos Estados de Pernambuco e Paraíba, no sul do Ceará e em grande parte do Piauí; nas demais áreas os valores ficaram entre 10 e 15 (Figura 128B); na Região Nordeste apresentou valores entre 15 e 20, apenas em Sergipe, em parte de Alagoas e no centroleste da Bahia ficaram entre 0 e 15 (Figura 128C). Este índice tem os valores menores calculados a partir do modelos que os obtidos a partir das radiossondagens.

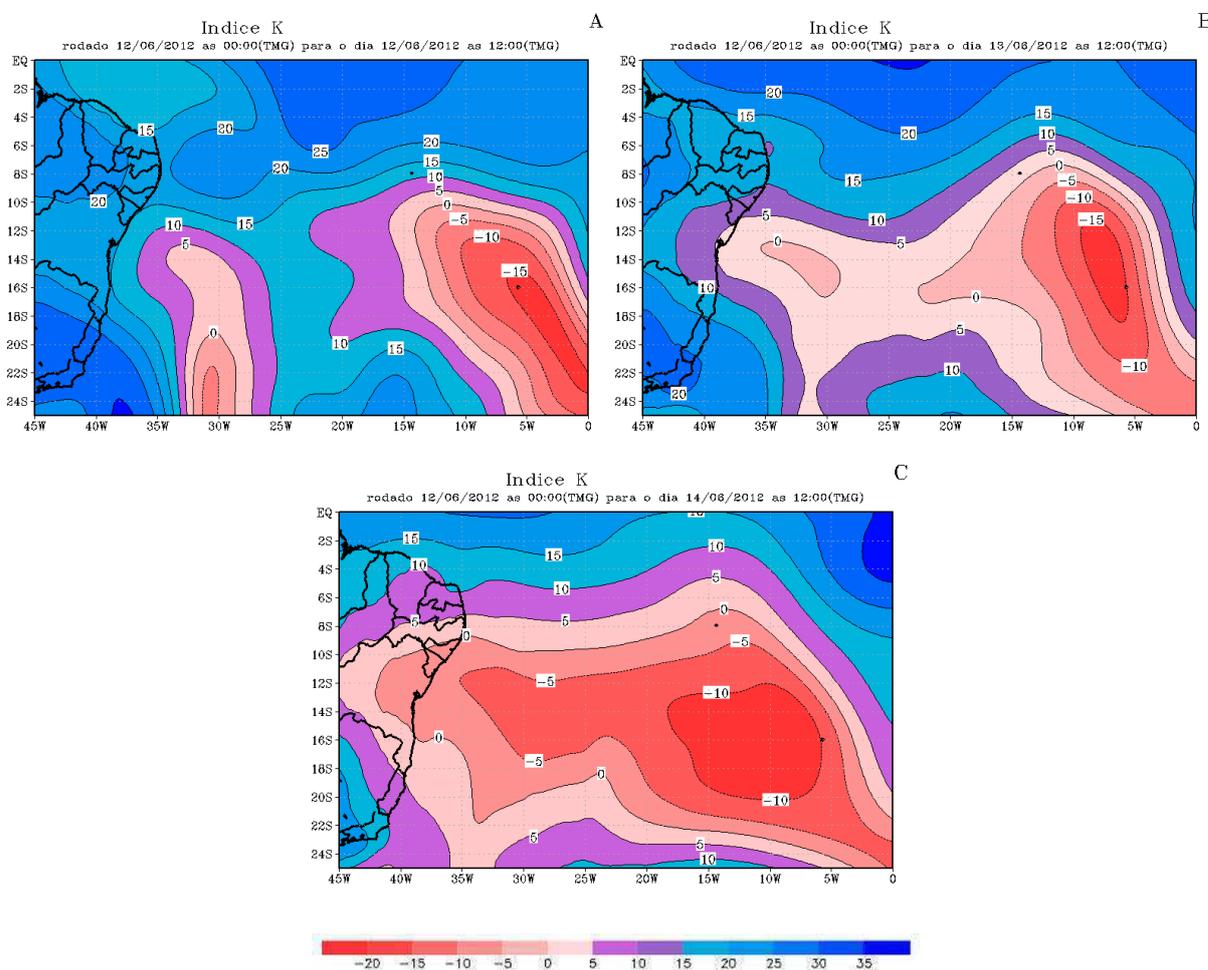


Figura 128 - Previsão do Índice K 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012

Previsão do Índice Cross Totals

Na previsão do índice Cross Totals para o dia 12/06/2012 sobre a Região NEB os valores estavam entre 10 e 20 (Figura 129A); no dia seguinte os valores na previsão sobre a região estavam entre 15 e 20 (Figura 129B); os valores no dia 14/06/2012 se mantiveram entre 10 e 15 sobre grande parte da Região Nordeste (Figura 129C). A diferença entre os valores deste índice obtidos a partir do modelo comparados com os obtidos a partir das radiossondagens tem pequena diferença.

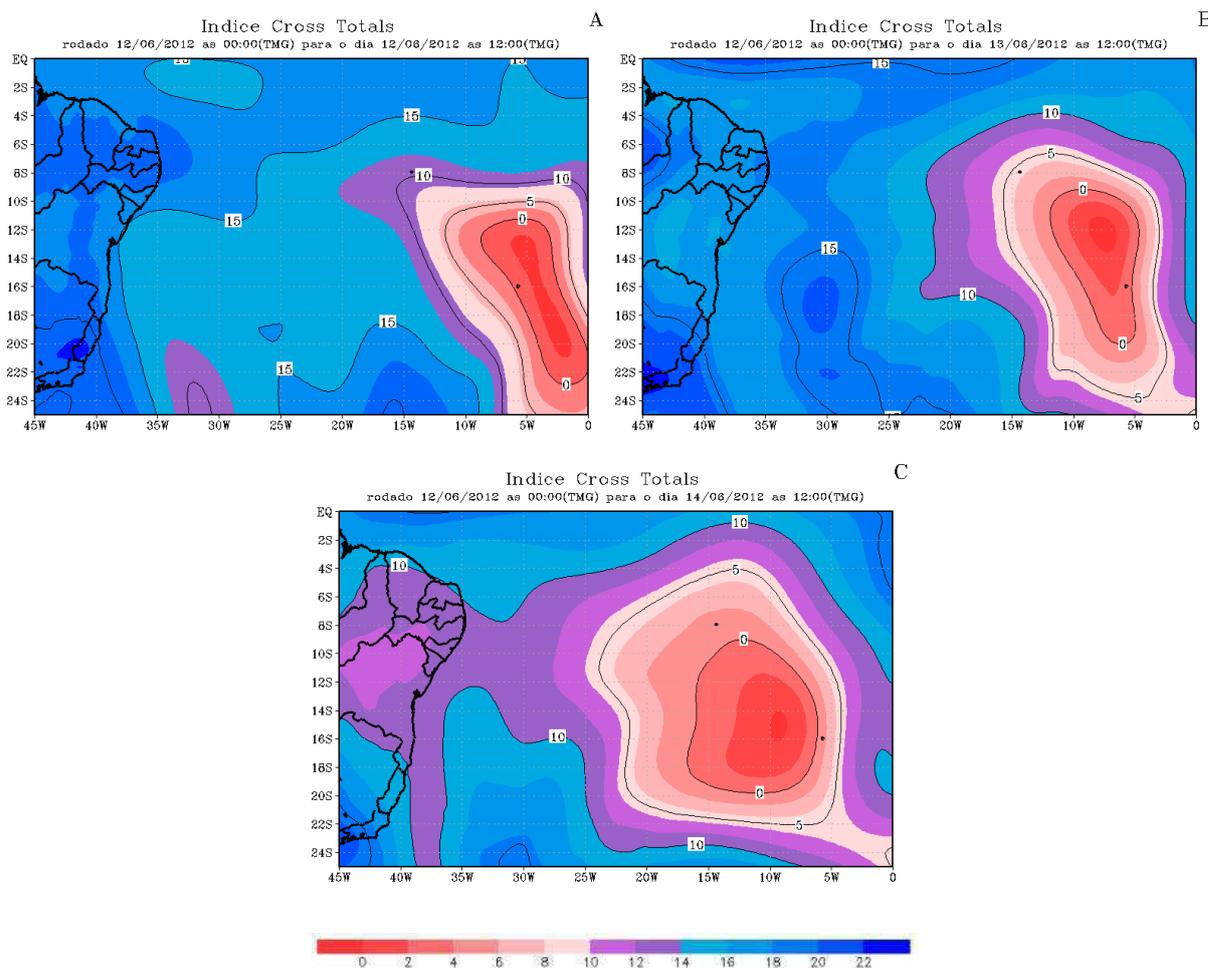


Figura 129 - Previsão do Índice Cross Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012

Previsão para o Índice Vertical Totals

Os valores do índice Vertical Totals na previsão para o dia 12/06/2012 estavam entre 20 e 24 com um centro de valores entre 20 e 22 sobre os Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, parte norte da Bahia, leste e sul do Ceará (Figura 130A); no dia 13/06/2012 os valores diminuíram e ficaram entre 18 e 22 com os menores valores na faixa litorânea que vai do Ceará a Pernambuco e no norte da Bahia (Figura 130B); na previsão para o dia 14/06/2012 os valores ficaram entre 14 e 22 e os menores valores sobre os Estados de Sergipe, Alagoas e Pernambuco, centro leste da Bahia e leste da Paraíba e do Rio Grande do Norte (Figura 130C). A comparação entre este índice proveniente do modelo e de radiossondagens a diferença foi pequena para este caso.

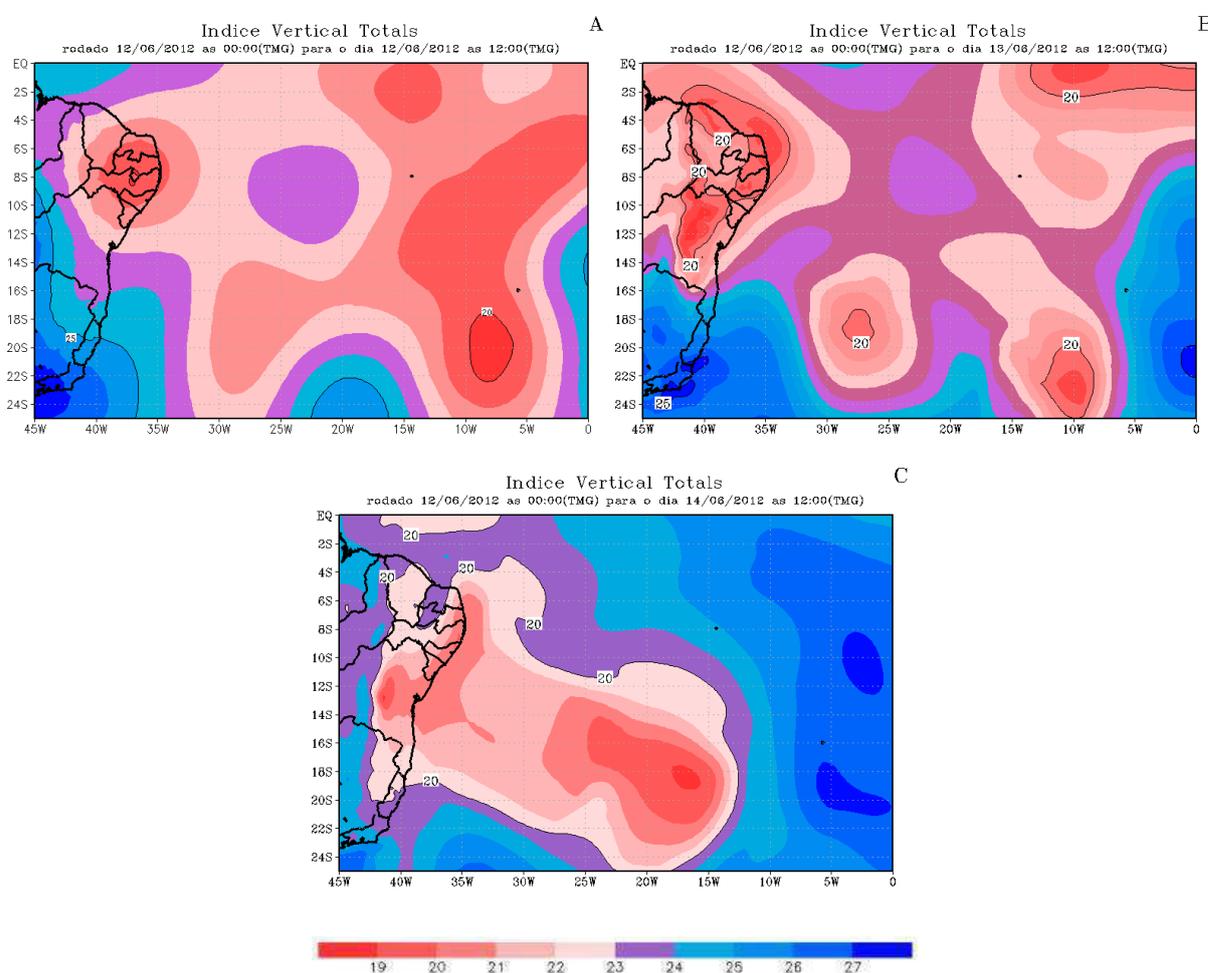


Figura 130 - Previsão do Índice Vertical Total 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012

Previsão do Índice Total Totals

Sobre a Região NEB e no Oceano próximo ao continente a previsão deste índice para o dia 12/06/2012 teve valores entre 30 e 45 (Figura 131A); os valores da previsão do dia 13/06/2012 ficaram entre 35 e 40 sobre o continente e o Oceano adjacente (Figura 131B); os valores diminuíram na previsão do dia 14/06/2012 e variaram entre 25 e 40 com um centro de mínimo sobre o leste da Bahia com valores entre 25 e 30 (Figura 131C). Os valores provenientes do modelo deste índice são bem próximos dos valores observados.

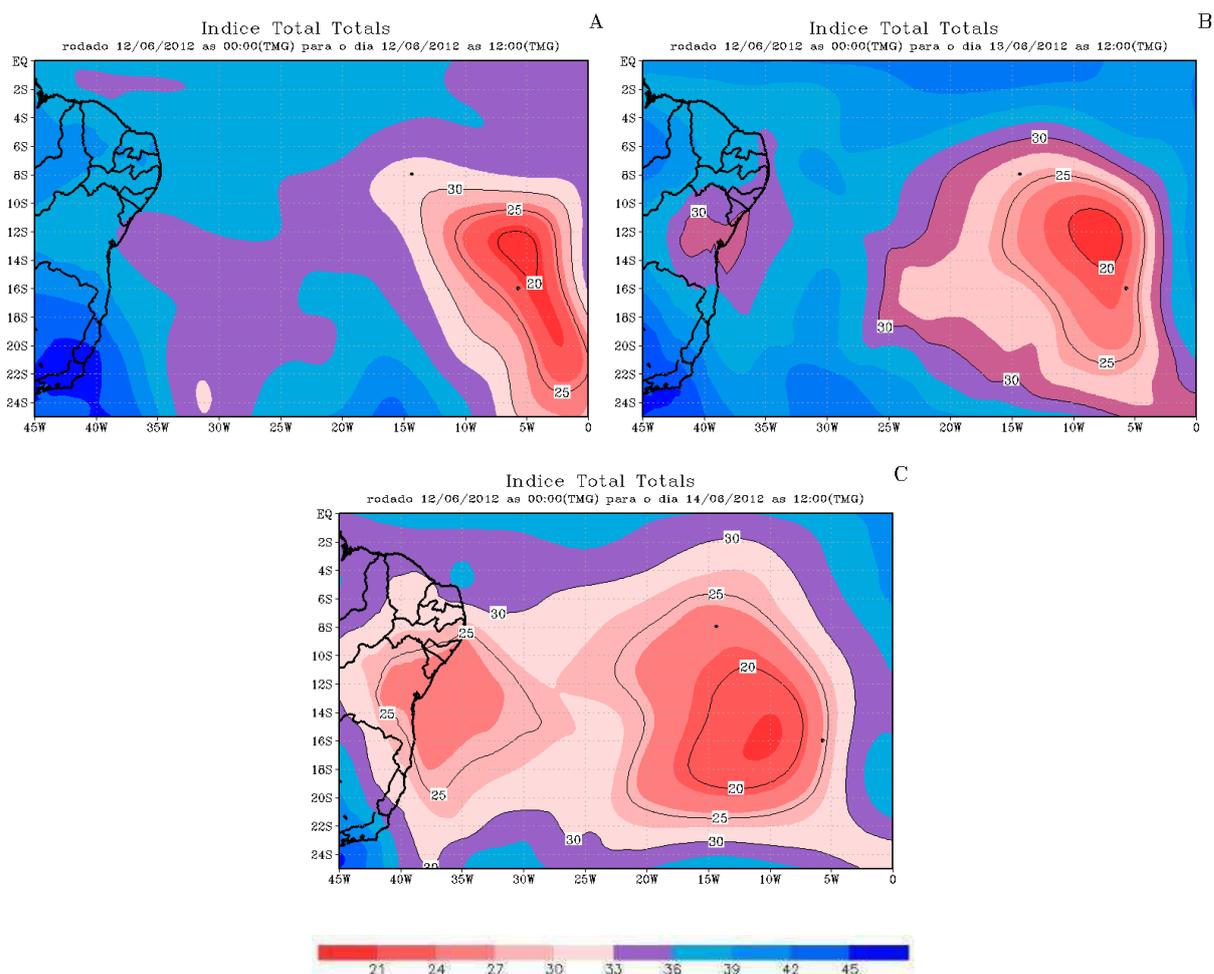


Figura 131 - Previsão do Índice Total Totals 72 horas antes do caso de DOL ocorrido no dia 14/06/2012. A) Previsão para as 12:00TMG do dia 12/06/2012. B) Previsão para as 12:00TMG do dia 13/06/2012. C) Previsão para as 12:00TMG do dia 14/06/2012

Síntese do comportamento dos índices em relação ao observado para o caso do dia 14/06/2012

Os índices Showalter e Swet obtidos a partir do modelo tiveram diferenças significativas quando comparados com os observados; os demais índices apresentaram pequenas diferenças entre o modelo e o observado, sendo que o índice Cross Totals teve as menores diferenças (Tabela 14).

Tabela 14 – Valores observados na Estação de Recife, PE, para o caso de DOL ocorrido no dia 23/05/2010 e valores previstos pelo modelo BRAMS com a diferença entre o observado x previsto.

	D-2	D-1	D
Showalter	2.8	1.1	6.9
Previsto	8.0	9.0	8.0
Diferença	5.2	7.9	1.1
Swet	192.8	227.0	200.8
Previsto	120.0	45.0	70.0
Diferença	-72.8	-182.0	-130.8
K	26.2	24.4	14.5
Previsto	20.0	20.0	15.0
Diferença	-6.2	-4.4	0.5
Cross Totals	19.2	20.4	15.3
Previsto	20.0	20.0	15.0
Diferença	0.8	-0.4	-0.3
Vertical Totals	21.3	21.9	19.1
Previsto	21.0	20.0	18.0
Diferença	-0.3	-1.9	-1.1
Total Totals	40.5	42.3	34.4
Previsto	40.0	40.0	35.0
Diferença	-0.5	-2.3	0.6

Os resultados dos 10 casos foram resumidos na tabela 15, para facilitar o entendimento.

Tabela 15. Resumo dos resultados dos índices obtidos para as estações pertencentes aos cinco grupos de regimes pluviométricos sobre a Região NEB.

	Índice Showalter
Grupo 1	Fevereiro é de 0,75 e de -0,51 nos meses de março e abril
Grupo 3	Foi de 0,33 para o trimestre chuvoso
Grupo 4	0,8 nos meses de fevereiro e março e de 1,8 em abril
Grupo 5	Um valor para cada mês
Previstos	É 4 vezes maior que o observado
	Índice Lift
Grupo 1	1,0 em fevereiro e de -2,5 em março e abril
Grupo 3	-1,4 para o trimestre chuvoso
Grupo 4	-2,18 para o trimestre chuvoso
Grupo 5	-1,77 para o trimestre chuvoso
Previstos	O índice foi subestimado em até 75%
	Índice Lift(tv)
Grupo 1	-2,5 em fevereiro e março e de -3,6 em abril.
Grupo 3	-1,8 para o trimestre chuvoso
Grupo 4	-2,18 para o trimestre chuvoso
Grupo 5	-1,77 para o trimestre chuvoso
	Índice Swet
Grupo 1	212 valor característico
Grupo 3	203 valor característico
Grupo 4	Um valor característico para cada mês
Grupo 5	200,1 valor característico
Previstos	Nos dois dias antes valores próximos e subestimados no dia
	Índice K
Grupo 1	32 valor característico
Grupo 3	um valor característico para cada mês
Grupo 4	30,0 no dia anterior tem chances de ocorrer
Grupo 5	31 para o mês de abril e de 25 para maio e junho
Previstos	a diferença é de 14% um dia antes e de 45,7% no dia
	Índice Cross Totals

Grupo 1	22 valor característico
Grupo 3	19,2 no período de janeiro a maio
Grupo 4	20,0 de fevereiro a maio
Grupo 5	18,9 de fevereiro a julho
Previstos	Menor que 7% nos dias que antecedem a chuva e 14% no dia em que ocorreu a chuva
Vertical Totals	
Grupo 1	22,0 no período de fevereiro a março
Grupo 3	23,6 para o trimestre chuvoso
Grupo 4	22,0 no período de fevereiro a março
Grupo 5	22,0 no período de fevereiro a junho
Previstos	ficou abaixo de 29% no dia da ocorrência do DOL
Índice Total Totals	
Grupo 1	26,7 em abril e 32,8 em fevereiro e março
Grupo 3	42,4 valor característico
Grupo 4	42,2 valor característico
Grupo 5	41,6 valor característico
Previstos	A diferença em dois dias antes do DOL é de 3% e de 15,3 no dia
Índice CAPE	
Grupo 1	420(J/kg) valor característico
Grupo 3	368(J/kg) valor característico
Grupo 4	759,5(J/kg) valor característico no trimestre chuvoso
Grupo 5	788,2(J/kg) nos meses de abril e maio e 310(J/kg) em junho

5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Os padrões encontrados nos regimes pluviométricos com os dados de 1961 a 1990 foram semelhantes aos encontrados com a climatologia de 1931 a 1960, por Strang 1972 e citado em Kouky, 1979; a utilização de um método objetivo se tem uma classificação mais detalhada.

Índice Showalter

Este índice teve um valor característico para os dias de chuva no mês de fevereiro é de 0,75 e de -0,51 nos meses de março e abril para o grupo um. Para o grupo três o valor encontrado para o trimestre chuvoso foi de 0,33; para o grupo quatro este índice tem o valor de 0,8 para os meses de fevereiro e março e de 1,8 para o mês de abril; este índice não teve um valor característico para o grupo cinco que pudesse ser usado por mais de um mês ou no trimestre chuvoso; os dados obtidos deste índice para os casos de DOL tiveram valores quatro vezes maiores que o observado.

Índice Lift

Na ocorrência de chuva o valor característico deste índice foi de -1,0 no mês de fevereiro e de -2,5 para os meses de março e abril no grupo um; já para este grupo o valor característico do Lift(tv) foi de -2,5 nos meses de fevereiro e março e de -3,6 no mês de abril; o valor característico nos dias em que ocorreu chuva acima de 22,0 mm/dia foi -1,4 e de -1,8 para Lift(tv) isto para o grupo três no trimestre chuvoso; para os grupos quatro e cinco os valores característicos foram -2,18 e -1,77, respectivamente, e de -2,77 e -2,0 para o índice Lift com a temperatura virtual.

Índice Swet

O valor característico para o grupo um foi de 212; já para o grupo três o valor característico é de 203, mas só vale para o trimestre chuvoso; para o grupo quatro os valores tiveram grandes variações entre um mês e outro; no grupo cinco o valor característico foi acima de 200,1, principalmente nos meses da estação chuvosa; nos dados obtidos a partir do modelo esse índice teve um valor próximo ao observado, dois dias antes da ocorrência do dia (D), mas no dia (D) e um dia antes (D-1) os valores foram muito abaixo dos observados.

Índice K

O índice K tem boa previsibilidade e o valor característico é 32 para o grupo um, mas para o grupo dois os valores são diferentes para cada mês; o valor característico para o grupo três, no período de dezembro a março foi de 30,9; para o grupo quatro constatou-se que quando este índice chega a 30,0 existe uma grande possibilidade de no outro dia ocorrer chuva acima de 22,0mm/dia. No trimestre chuvoso os valores são em torno de 31 no mês de abril e de 25 nos meses de maio e junho para o grupo cinco. A estimativa desse índice por modelos nos casos de chuva tem-se que a diferença é de 14% no dia que antecede(D-1) a chuva e 45,7% no dia da chuva (D), o erro maior no dia da chuva se dar devido ao modelo não prever corretamente a chuva.

Índice Cross Totals

O índice Cross Totals teve 22,0 como o valor característico para o grupo um, para o grupo três o valor deste índice é de 19,2 para o período de janeiro a maio; para o grupo quatro o valor para os meses de fevereiro a maio é de 20,0; na região pluviométrica do grupo cinco o valor médio deste índice na ocorrência de chuva é de 18,9 no período de fevereiro a julho; os valores previstos deste índice para casos de chuva são os que se encontraram mais próximos dos observado nos dias que antecedem a chuva mas no dia (D) a diferença média pode subestima-lo esse índice em até 14%.

Vertical Totals

Este índice teve, como valor característico, 22,0 nos meses de fevereiro e março e de 24,5 nos meses de janeiro e abril, para o grupo um; para o grupo três no trimestre chuvoso o valor desse índice é de 23,6; se o valor for um pouco acima de 22,4, principalmente nos meses de fevereiro e março, a possibilidade que ocorra chuva acima de 22,0mm/dia é grande para o grupo quatro; valores próximos a 22,0 no dia anterior a chuva são um indicativo que poderão ocorrer chuva significativa no dia seguinte, para o grupo cinco, no período de fevereiro a junho; a previsão dos valores deste índice indica que na ocorrência de DOL não é satisfatória, pois chega a ser 29% menor que o observado no dia da ocorrência de chuva.

Índice Total Totals

O valor do índice Total Totals para o grupo um foi de 26,7 no mês de abril e de 32,8 para os meses de fevereiro e março para o grupo um. Quando o valor deste índice ultrapassar o valor de 42,6 é um forte indicativo de chuvas acima de 22,0mm/mês no dia seguinte para as estações que fazem parte do grupo três; este valor é um pouco menor para o grupo quatro, ou seja, 42,2; já para o grupo cinco no dia que antecede a chuva acima de 22,0mm/dia os valores do índice K são acima de 41,6. Os valores previstos para este índice foram muito próximos

aos observados nos dias que antecedem a ocorrência de chuva com uma diferença média de apenas 3,3%, embora para o dia(D) esta diferença tenha sido de 15,3%.

Índice CAPE

Os valores para o índice CAPE acima de 420(J/kg) são um indicativo da possibilidade de chuva acima de 22,0mm/dia no dia seguinte, isto para o grupo um; para o grupo três o valor acima de 368(J/kg) sinaliza a possibilidade de ocorrência de chuva significativa no dia seguinte; o valor médio no trimestre chuvoso para o grupo quatro é de 759,5(J/kg) para os dias em que ocorre chuva significativa e de 866,5(J/kg) para o CAPE(tv); para o grupo cinco o valor do CAPE é de 788,2(J/kg) para os meses de abril e maio é de 310,5(J/kg) para o mês de junho. Nos grupos um, três e cinco, quanto à utilização da temperatura virtual neste índice obtém-se um valor mais elevado do que CAPE com a temperatura do ambiente e que são diferentes a cada mês.

A utilização dos índices de instabilidade pode ser de grande valia para a previsão de tempo, no caso de ocorrência de DOLs como também em casos nos quais o volume de chuva ultrapassa os 22,0mm/dia, sendo mais uma ferramenta a ser utilizada, nas previsões de tempo.

Os índices Cross Totals, Vertical Totals e Total Totals, são simples de calcular e pode ser utilizados tanto através de radiossondagens como de saída de modelos; neste caso se indica a utilização do modelo BRAMS por ter apresentando bons resultados.

Das faixas de latitudes que foram utilizadas para analisar o modelo tinham como objetivo identificar a posição mais frequente dos casos de DOL e a que mais vezes isso ocorreu foi a faixa de 5°S.

SUGESTÕES

Análise dos dados para volumes de chuva menores seria importante, visto que se observou na maior parte da Região NEB a frequência de chuvas acima de 22,0mm/dia ser pequena, ficando mais restrita a faixa leste; isto permitirá um conhecimento maior para toda a Região Nordeste do Brasil.

Na maioria dos casos de DOL analisados a partir do modelo tem-se que existe uma influência dos sistemas frontais extratropicais, mas é necessário um maior aprofundamento, o que também poderá contribuir para uma previsibilidade melhor desses sistemas.

Estudar com mais detalhes associação dos DOL com a circulação de brisa, poderá ser um indicativo qual será o horário mais favorável a ocorrência de chuvas com a interação desses sistemas de escalas diferentes.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, DAVID K., ENIO P. SOUZA. CAPE and Convective Events in the Southwest during the North American Monsoon. **Monthly Weather Review**, V. 137, N. 1, P.83–98. 2009.

ALVES, M.A.S. OYAMA M.D E YAMASAKI J. Composição de eventos de distúrbios ondulatórios de leste sobre as regiões de Alcântara e Natal: caracterização preliminar. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia – Fortaleza-CE, 2006.

ARAGÃO, J.O.R, ARAÚJO J.G. E LACERDA F.F. Comparação entre as Precipitações Observadas e as Prognosticadas pelo Modelo BRAMS durante dois Eventos de Chuvas Fortes no Litoral de Pernambuco, Brasil. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia – Fortaleza-CE, 2006.

BUNGE, LUCIA, ALLAN J. CLARKE. Seasonal Propagation of Sea Level along the Equator in the Atlantic. **Journal Physical. Oceanographia**, V 39, N. 4, P. 1069–1074, 2009.

CALHEIROS, A.J.P., MOLION, L.C.B E BERNARDO S.O. A catástrofe de 1 de agosto de 2000 no leste do Nordeste do Brasil. XIV congresso brasileiro de Agrometeorologia, 2005 – Campinas –SP

CAMARGO, R - Notas de aulas sobre ondas de leste. Disponível em: <http://www.master.iag.usp.br/ind.php?inic=00&prod=ensino&pos=2>. Acessado em: 20 set 2010.

CAVALCANTI, I. F. A. E KOUSKY, V. E. Influencia da circulação de escala sinótica na circulação de brisa marítima na costa N-NE da América do Sul. Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia - Pelotas-RS, 1982.

CHEN, S., E COTTON, W.R. The sensitive of a simulated extratropical mesoscale convective system to long wave radiation and ice-phase microphysics. **Journal Atmospheric Sciences**. V. 45, P. 3879 -3910, 1988.

CHOU, S.C. Modelo Regional ETA. Revista Climanálise edição comemorativa de 10 anos, 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman1/boletim/cliesp10a/27.html>. Acessado em: 13 mar 2010.

DERUBERTIS, D. Recent Trends in Four Common Stability Indices Derived from U.S. Radiosonde Observations. **Journal of Climate**. V. 19, N. 3, P. 309–323, 2006.

FEDOROVA N., LEVIT, V., SANTOS, A.S., MEDEIROS, F.C., OLIVEIRA, J.G., GOMES, H. B, 2006: Análise dos produtos do modelo ETA de alta resolução para o estado de alagoas parte II: precipitações associadas à ZCIT e onda de leste. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia – Florianópolis-SC, 2004.

FERREIRA, N.J., CHAN, C.S. E SATYAMURTI, P. Análise dos distúrbios ondulatórios de leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, 462-466. 1990.

GRELL, G. Prognostic evaluation of assumption used by cumulus parametrizations. *Monthly Weather Review*. V. 121, P.764 – 787, 1993.

GOMES, J. L. Modelo RAMS. Revista Climanálise edição comemorativa de 10 anos, 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/28.html>. Acessado em: 10 mar 2010.

GOMES, M. F., PEREIRA, N., BECKER, C. T. Sistemas de mesoescala com propagação sobre a Paraíba: um estudo de caso. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia – Florianópolis-SC, 2006.

HASTENRATH, S. Interannual Variability and Annual Cycle: Mechanisms of Circulation and Climate in the Tropical Atlantic Sector. **Monthly Weather Review**, V. 112, N. 6, P.1097–1107,1984.

HASTENRATH, S. Diagnostics and Prediction of Anomalous River Discharge in Northern South America. **Journal Climate**, V. 3, P. 1080–1096, 1990.

HASTENRATH, S., Exploring the climate problems of Brazil's Nordeste: a review **Climatic Change**. V. 112, N.2, P. 243-251, 2012.

HASTENRATH, S., LAWRENCE G. Further Work on the Prediction of Northeast Brazil Rainfall Anomalies. **Journal Climate**, V. 6, N. 4, P. 743–758, 1993.

KOENING, M. E COING, E.The MSG Global Instability Indices Product and Its Use as a Nowcasting Tool. **Weather and Forecasting**. V 24, N 1. P. 272–285, 2009.

KOUSKY, V. E. Atmospheric Circulation Changes associated with Rainfall Anomalies over Tropical Brazil. **Monthly Weather Review**. V. 113, N. 11, P. 1951-1957, 1985.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**. V 107, N.9, P. 1140-1153, 1979.

KUNG, E. C., MERRITT, L. I. Kinetic energy sources in large-scale tropical Disturbances over the Marshall Islands area. **Monthly Weather Review**, V. 102, N. 7, P. 489-502, 1974.

LIEBMANN, BRANT, GEORGE N. KILADIS, DAVE ALLURED, CAROLINA S. VERA, CHARLES JONES, LEILA M. V. CARVALHO, ILEANA BLADÉ, PAULA L. M. GONZÁLES. Mechanisms Associated with Large Daily Rainfall Events in Northeast Brazil. **Journal Climate**, V. 24, N. 2, P. 376–396, 2011.

MARQUES, R. F., A energética dos distúrbios ondulatórios de leste no Oceano Atlântico sul e nordeste do Brasil. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia – Florianópolis-SC, 2006.

MENDONÇA, F. E DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. Cap. 6, p. 149-182.

MOTA, G. V.; GANDU, A. W. Estrutura e Propriedades dos Distúrbios Ondulatórios de Leste no Nordeste do Brasil. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Junho, 1998, Brasília - DF.

NASCIMENTO, E. L. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil?. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V. 20, N. 1, P. 121-140, 2005.

PEREIRA, R.C.G - Aplicação de índice de instabilidade em distúrbios ondulatórios de leste. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia – Florianópolis-SC, 2006.

REIS, A.S., PONTES, E.G.S., ARAÚJO, E.J.R. E ABREU R.A. Ocorrência de um vórtice ciclônico acoplado a uma onda de leste sobre o leste do NEB no período de 13 a 16 de fevereiro de 2000. Anais do XI congresso brasileiro de Agrometeorologia, 2000.

RICHMAN, M.B. Review article on rotation of principal components. **International Journal of Climatology**, V.6, N. 3, P. 293-335, 1986.

RIEHL, H. **Waves in the easterlies and the polar front in the Tropics**. Chicago Univ., Dept. of Meteorology, 1945 79p

RIEHL, HERBERT. A method for quantitative determination of long waves. **Journal Meteorology.**, V. 6, N. 3, P. 207–211, 1949

ROGER RODRIGUES TORRES, NELSON JESUS FERREIRA. Case Studies of Easterly Wave Disturbances over Northeast Brazil Using the Eta Model. **Weather and Forecasting**. V. 26, N. , P. 225-235, 2011.

SCHULTZ, P. Relationships of Several Stability Indices to Convective Weather Events in Northeast Colorado. **Weather and Forecasting**. V 4, N. 1, P. 73–80, 1989.

SILVA, VIVIANE B. S., VERNON E. KOUSKY, R. WAYNE HIGGINS. Daily Precipitation Statistics for South America: An Intercomparison between NCEP Reanalyses and Observations. **Journal Hydrometeorology**, V. 12, N. 1, P. 101–117, 2011.

SLY, W.K. A Convective Index as an Indicator of Cumulonimbus Development. **Journal of Applied Meteorology**. V 5, N. 6, P. 839-846, 1966.

SPINOZA, E. Distúrbios ondulatórios de leste na região tropical. Revista Climanálise edição comemorativa de 10 anos, 1996. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/18.html>. Acessado em: 10 mar 2010.

SOUZA, E. P., SILVA, E. M. Impacto da implementação de uma parametrização de convecção rasa em um modelo de meso escala. Descrição e testes de sensibilidade do esquema. **Revista Brasileira de Meteorologia**, V. 18, N 1, P. 33-42, 2003.

STRANG, D. Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste brasileiro. Relatório Técnico IAE do CTA. São José dos Campos. 1972.

TORRES, R. R, FERREIRA N. J. Case Studies of Easterly Wave Disturbances over Northeast Brazil Using the Eta Model. **Weather Forecasting**. V. 26, N. 2, P. 225–235, 2011.

TUDURÍ, E. E RAMIS, C. The Environments of Significant Convective Events in the Western Mediterranean. **Weather and Forecasting**. V 12, N. 2, P. 294–306, 1997.

VAZ, J.M, MOLION, L.C.B E CALHEIROS, A.J.P. Análise dos eventos extremos de precipitação de junho de 2002 sobre a costa leste do Nordeste do Brasil e seus impactos. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia – Florianópolis-SC, 2006.

VIANELLO, R.L. E ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 1991. 330-333p.

WALISER, DUANE E., MONCRIEFF M. W., BURRIDGE D., FINK A. H., GOCHIS D., GOSWAMI B. N., GUAN B., HARR P., HEMING J., HSU H., JAKOB C., JANIGA M., JOHNSON R., JONES S., KNIPPERTZ P., MARENGO J., NGUYEN H., POPE M., SERRA Y., THORNCROFT C., WHEELER M., WOOD R., E YUTER S. The “Year” of Tropical Convection (May 2008–April 2010): Climate Variability and Weather Highlights. **American Meteorological Society**. N. 3, V. 8, P. 1189–1218, 2012.

WARD, J. H., Jr. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function, **Journal of the American Statistical Association**, V. 48, N. 301, P. 236–244, 1963.

WILKS, D. S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 2^a Edition. California: Elsevier Science & Technology Books, Academic Press, 2006. Cap 14, p. 603-616.