



RELATÓRIO FINAL

INICIAÇÃO CIENTÍFICA

CNPq - PIBIC

CPTEC - INPE

*Estudo do regime de ventos na cidade de
Alcântara, Maranhão, e avaliação das
previsões do Modelo Eta.*

Bolsista: Carlos Renato de Souza – UNITAU/Computação Científica

Orientadora: Dra. Chou Sin Chan – INPE/CPTEC

Agradecimentos

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos ao CNPq pela oportunidade dada pela bolsa de iniciação científica (PIBIC) e ao CPTEC/INPE pela estrutura oferecida, bem como equipamentos e dados fornecidos para o desenvolvimento do projeto. E em especial à minha orientadora, Dra. Chou Sin Chan, por todo trabalho realizado e dedicação.

Índice

Lista de Figuras _____	iii
1. Introdução _____	1
1.1. Objetivo _____	1
2. Dados e Metodologia _____	2
3. Resultados _____	3
3.1. Seleção dos Casos _____	3
3.2. Análise do período Março, Abril e Maio de 1997 _____	4
3.3. Análise do período Junho, Julho e Agosto de 1997 _____	7
4. Conclusão _____	12
5. Referência Bibliográfica _____	13
6. Próximos Passos _____	14
7. Figuras _____	15

Lista de Figuras

Figura 3.1a – Gráfico de frequência de ocorrência dos casos críticos dos ventos zonais no período de outono . _____ 15

Figura 3.1b – Gráfico de frequência de ocorrência dos casos críticos dos ventos zonais no período de inverno . _____ 15

Figura 3.2a - Perfil Médio da Componente Zonal do vento observado durante o outono de 1997. As barras azuis representam o desvio padrão calculado. As curvas em vermelho correspondem ao perfil médio das previsões de 24h (sólido) e 48h (pontilhado) do modelo Eta _____ 16

Figura 3.2b – Perfil Médio da Componente Meridional do vento observado durante o outono de 1997. As barras azuis representam o desvio padrão calculado. As curvas em vermelho correspondem ao perfil médio das previsões de 24h (sólido) e 48h (pontilhado) do modelo Eta. _____ 16

Figura 3.3a - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal expressa em m/s, para toda a estação de outono de 1997 no nível de 700hPa dados observacionais. _____ 17

Figura 3.3b - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal expressa em m/s, para toda a estação de outono de 1997 no nível de 700hPa das previsões de 24h de antecedência. _____ 17

Figura 3.3c - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal expressa em m/s, para toda a estação de outono de 1997 no nível de 700hPa das previsões de 48h de antecedência. _____ 17

Figura 3.4a - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal e meridional para toda a estação de outono de 1997 no nível de 800hPa das previsões de 48h de antecedência. _____ 18

Figura 3.4b - Vento médio dos dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença dia anterior – dia central. _____ 18

Figura 3.4c - Vento médio de dois dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença 2 dias anteriores – dia central. __ 18

Figura 3.5a -Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal e meridional para toda a estação de outono de 1997 no nível de 800hPa das previsões de 24h de antecedência. _____ 19

Figura 3.5b - Vento médio dos dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença dia anterior – dia central. _____ 19

Figura 3.5c - Vento médio de dois dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença 2 dias anteriores – dia central. __ 19

Figura 3.6.: Série temporal da componente zonal do vento expressa em m/s, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa. _____ 20

Figura 3.7.: Série temporal da componente meridional do vento expressa em m/s, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa. _____ 21

Figura 3.8.: Série temporal da componente zonal do vento expressa em m/s, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa. _____ 22

Figura 3.9.: Série temporal da componente meridional do vento expressa em m/s, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa. _____ 23

Figura 3.10: Série temporal do campo da Umidade Relativa expressa em %, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa. _____ 24

Figura 3.11: Série temporal do campo da Umidade Relativa expressa em %, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa. _____ 25

Figura 3.12a – Perfil Médio da componente zonal do vento no período de inverno. _____ 26

Figura 3.12b – Perfil Médio da componente zonal do vento no período de inverno. _____ 27

Figura 3.13a – Perfil Médio da Componente Zonal do vento observado durante o inverno de 1997. As barras azuis representam o desvio padrão calculado. As curvas em vermelho correspondem ao perfil médio das previsões de 24h (sólido) e 48h (pontilhado) do modelo Eta. _____ 28

Figura 3.13b – Perfil Médio da Componente Meridional do vento observado durante o inverno de 1997. As barras azuis representam o desvio padrão calculado. As curvas em vermelho correspondem ao perfil médio das previsões de 24h (sólido) e 48h (pontilhado) do modelo Eta. _____ 28

Figura 3.14a - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal expressa em m/s, para toda a estação de inverno de 1997 no nível de 700hPa dados observacionais. _____ 29

Figura 3.14b - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal expressa em m/s, para toda a estação de inverno de 1997 no nível de 700hPa das previsões de 24h de antecedência. _____ 29

Figura 3.14c - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal expressa em m/s, para toda a estação de inverno de 1997 no nível de 700hPa das previsões de 48h de antecedência. _____ 29

Figura 3.15a - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal e meridional para toda a estação de inverno de 1997 no nível de 700hPa das previsões de 48h de antecedência. _____ 30

Figura 3.15b - Vento médio dos dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença dia anterior – dia central. _____ 30

Figura 3.15c - Vento médio de dois dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença 2 dias anteriores – dia central.____ 30

Figura 3.16a -Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal e meridional para toda a estação de inverno de 1997 no nível de 700hPa das previsões de 24h de antecedência. _____ 31

Figura 3.16b - Vento médio dos dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença dia anterior – dia central. _____ 31

Figura 3.16c - Vento médio de dois dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença 2 dias anteriores – dia central.____ 31

Figura 3.17.: Série temporal da componente zonal do vento expressa em m/s, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa. _____ 32

Figura 3.18.: Série temporal da componente meridional do vento expressa em m/s, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa. _____ 33

Figura 3.19.: Série temporal da componente zonal do vento expressa em m/s, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa. _____ 34

Figura 3.20.: Série temporal da componente meridional do vento expressa em m/s, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa. _____ 35

Figura 3.21: Série temporal do campo da Umidade Relativa expressa em %, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa. _____ 36

Figura 3.22: Série temporal do campo da Umidade Relativa expressa em %, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa. _____ 37

1. Introdução

A cidade de Alcântara está situada no litoral norte brasileiro, no Nordeste, estado de Maranhão. Esta cidade está numa região que apresenta fenômenos meteorológicos particulares. Por estar situada na zona equatorial, sofre influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), esta zona apresenta convecção organizada e ativa o que dificulta as previsões do tempo na região.

A ZCIT é um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos. Devido à sua estrutura física, a ZCIT tem se mostrado decisiva na caracterização das diferentes condições de tempo e de clima em diversas áreas da Região Tropical. O deslocamento norte-sul ao longo do ano da ZCIT tem, aproximadamente, o período de um ano, alcançando sua posição mais ao norte 8°N durante o verão do Hemisfério Norte, e a sua posição média mais ao sul 1°N durante o mês de abril. Além dessa oscilação anual, a ZCIT apresenta oscilações com maiores frequências, e o período variando de semanas a dias.

As previsões do Modelo Eta geradas no Centro de Previsão do Tempo de Estudos Climáticos (CPTEC), têm sido consideradas ferramentas úteis para a elaboração da previsão do tempo pelos meteorologistas. Entretanto, esses modelos apresentam deficiências que acabam por refletir na qualidade das previsões diminuindo assim a confiabilidade dos resultados.

Para se obter uma estimativa da qualidade e da confiabilidade dos resultados do modelo, se faz necessário um trabalho de comparação entre os dados observados no local e os dados resultantes do modelo de previsão, estudando assim a magnitude dos erros produzidos pelo modelo.

1.1. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo estudar e analisar o regime de ventos e temperatura observados na cidade de Alcântara-MA, e utilizar estas análises na avaliação dos resultados do modelo Eta.

2. Dados e Metodologia

Para avaliar o desempenho do modelo e para uma melhor visualização dos erros responsáveis pelas deficiências das previsões, foi feito um trabalho de climatologia dos dados determinando assim um perfil médio para ser tomado como ponto de referência para uma comparação entre observações e resultados do modelo Eta.

Para tanto foram analisados dados diários medidos de vento e da temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho, obtidos por radiossondagens da estação de Alcântara-MA, durante todo o período de 1997.

Foram gerados perfis médios das componentes zonal e meridional do vento obtido dos dados observacionais e das previsões de 24h e 48h de antecedência do modelo (e da análise do NCEP). Por meio de programas em Linguagem Fortran 77, calculou-se a média e o desvio padrão do vento para cada nível, determinando assim, um intervalo de variação do vento em cada nível¹.

Foram obtidas médias dos casos críticos e acompanhou-se a evolução da situação. Para se obter uma idéia da aceleração do vento nos dias anteriores aos dias dos casos críticos, gerou-se a diferença média. Através dessa diferença entre os dias anteriores e o dia centrado nos críticos, obteve-se uma aceleração do vento nos dias anteriores. Obteve-se também seções zonais, para acompanhar o deslocamento do vento e de outras variáveis no tempo. A longo da latitude -2.5° , e longitude de 60°W à 30°W , construindo assim um gráfico de (tempo)x(Faixa de Longitude).

Com base nesses dados pode-se fazer uma comparação e uma melhor avaliação do comportamento do modelo Eta em relação à previsão dos casos de vento intensos, e assim a determinação de uma maior confiabilidade.

(1)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

(Eq.1): Onde x é a variável do vento, \bar{x} é a média do vento e n é o número de casos ocorridos.

3. Resultados

3.1 Seleção dos Casos

Os Casos que ocorreram dentro do intervalo entre média e desvio padrão foram considerados como casos “normais” e os casos em que ocorreram acima do intervalo como “casos críticos” ou “intensos”, cujas respectivas percentagens de ocorrências pode-se verificar na figura 3.1a para o período de outono, meses de março, abril maio (MAM) e na figura 3.1b para o inverno, meses de junho, julho, agosto (JJA).

Os dias em que ocorreram esses casos críticos foram estudados mais detalhadamente, obtendo-se um perfil médio de forma a realçar as características comuns. Os dias em que ocorreram os casos intensos se encontram na tabela a seguir:

Tabela 2.1: Dias em que ocorreram os casos de ventos fortes em 1997.

MAM	05/03, 06/03, 15/03, 16/03, 09/04, 13/04, 16/04, 18/04, 27/04, 28/04, 03/05, 18/05, 19/05, 23/05, 25/05,
JJA	04/07, 07/07, 10/07, 11/07, 14/07, 15/07, 16/07, 24/07, 29/07, 30/07, 02/08, 05/08, 06/08, 07/08, 17/08, 18/08

3.2. Análise do período Março, Abril e Maio de 1997

A figura 3.2a mostra o gráfico do perfil médio do vento zonal calculado em toda a estação de outono com os dados observacionais em cor azul, com as barras horizontais representando a faixa do desvio padrão das observações, e as curvas em vermelho representam as previsões de 24h e 48h de antecedência. O gráfico mostra que na estação de outono ocorrem ventos persistentes em baixos níveis e também ocorrências de jatos. Em 150hPa nota-se a presença de jatos contínuos de ventos de Oeste, ou seja, presentes em quase toda a estação, chegando a ter uma velocidade máxima média de 11m/s, por outro lado, os ventos de Leste, que se fazem presentes acima de 350hPa, se mostram menos intensos do que os de Oeste, seu pico chega a registrar a velocidade média máxima de 9m/s em 800hPa.

A figura 3.2b mostra o perfil médio do vento meridional para toda a estação de outono de 1997, com os dados observacionais de radio sondagem, juntamente com as previsões de 24h e 48h de antecedência. Onde se nota que na maioria dos níveis, há uma defasagem das previsões do modelo. As previsões de 24h de antecedência (a linha vermelha contínua) se mostra errônea em relação à observação, com a exceção do nível de 550hPa, onde ela chega mais próximo da observação, mesmo com uma margem mínima de erro que chega a ser desconsiderada quando comparada com a intensidade das barras do desvio padrão calculado. Porém nos demais níveis esta previsão possui uma margem de erro considerável, chegando à diferença média máxima de 2 m/s. Entretanto ainda se mantêm dentro da faixa do desvio padrão, o que torna seus erros aceitáveis.

Já a previsão de 48h de antecedência se mostra por muitos níveis próxima à previsão de 24h, mostrando erros maiores do que a de 24h, porém dentro da faixa do desvio padrão, com exceções por exemplo no nível de 700hPa onde a curva da previsão de 48h chega a 0,5 m/s fora da faixa do desvio padrão.

Na figura 3.3a podemos observar o campo médio do vento zonal do dias críticos dos dados observados durante todo o período de outono no nível de 800hPa.

A figura 3.3b mostra o campo da componente zonal do vento das previsões de 48h de antecedência em 800hPa, que foi determinado como nível mais forte dos ventos desse período. Nota-se que a área da cidade de Alcântara está contida nos campos de fortes ventos que chegam a registrar a velocidade média máxima de 10m/s. O modelo

Eta faz uma previsão para 24h de antecedência semelhante à de 48h para essa estação, como mostra a figura 3.3c.

Pode-se notar que entre as previsões de 24h e as de 48h, esta última se mostrou mais próxima às análises, mostrando um campo de vento ao Leste no Nordeste do Brasil de velocidade de -3 m/s, o que a previsão de 24h não previu.

A figura 3.4a mostra os ventos intensos no nível de 800hPa para o período de outono de 1997 gerados pelas previsões de 48h do Eta. Mostra a média do dia em que ocorreram os casos críticos estudados no nível de 800hPa. E na figura 3.4b e 3.4c seu segundo e terceiro quadro as médias para os dias anteriores à figura 3.4a. Comparando os quadros dos dias anteriores ao dia central, percebemos a aceleração dos ventos nos dias que antecederam tais dias críticos.

A figura 3.5 mostra o campo dos ventos intensos semelhantes a figura 3.4 obtidos dos dados das previsões de 24h de antecedência no mesmo nível. E observou-se pouca aceleração do vento nos dias anteriores (figura 3.5b e 3.5c) em relação ao dia estudado (figura 3.5a), com alguns pontos isolados com aceleração que varia de 1 à $1,5\text{m/s}^2$.

A figura 3.6 mostra a série temporal do vento zonal de uma faixa de latitude por longitude das previsões de 48h para todo o período (MAM de 1997) no nível de 800hPa. Nesse período os ventos zonais chegam a registrar a intensidade média máxima de 15m/s sobre a cidade de Alcântara. Observa-se a presença de ventos mais fortes sobre o continente. A área oceânica está coberta por ventos mais fracos segundo o modelo. Exatamente sobre a cidade de Alcântara nota-se algumas datas em que ocorreram alguns casos de ventos fortes chegando a intensidade média de 18m/s , por exemplo por volta do dia 05 de março, cobrindo toda a extensão da cidade e uma parte do Norte do Brasil. Nota-se também que em 12 de abril por volta de 36°W o início de uma série de deslocamento, caracterizando uma propagação dos ventos intensos em direção ao continente, terminando seu deslocamento em 20 de abril em 57°W .

A figura 3.7 contém o gráfico da série temporal da componente meridional do vento de outono de 1997 com os dados obtidos das previsões de 48h de antecedência. A qual se manteve pouco uniforme. Nota-se alguns casos de ventos de média intensidade sobre o continente chegando a registrar a velocidade máxima média de 8m/s por exemplo no dia 28 de março.

A figura 3.8 mostra o gráfico semelhante a figura 3.6, com as previsões de 24h de antecedência da componente zonal do vento. Nessa previsão observa-se vários casos

de ventos fortes sobre a cidade de Alcântara. Por exemplo nos dias próximos aos dias 6 e 13 de março, onde observa-se uma forte presença dos ventos de Leste que chegam a registrar a velocidade máxima média de 18m/s. Nota-se também uma relação no deslocamento dos ventos de acordo com o decorrer dos dias. Por exemplo no dia 12 de abril é detectado um pequeno ponto de vento de Leste na latitude 33°W com a velocidade de 12m/s (foram considerados fortes todos os ventos acima de 11m/s), um dia depois observa-se um ponto de vento forte aumentando sua intensidade para 15m/s em 36°W, mantendo um linha de deslocamento com o passar dos dias, passando por Alcântara, entre 17 e 18 de abril com a intensidade de 15m/s, com o término no dia 21 de abril em 59°W, portanto a perturbação se deslocou 36° de longitude em 9 dias, o que dá uma velocidade de propagação de 4°/dia, ou aproximadamente 5m/s. Esta velocidade de propagação é menor que a velocidade do escoamento do ar..

A figura 3.9 mostra o gráfico da componente meridional do vento com os dados obtidos das previsões de 24h de antecedência. Nota-se que ocorreram poucos casos de ventos fortes nessa componente durante o outono e todos os casos identificados ocorreram sobre a área continental. Por exemplo no dia 19 de março em 54°W ocorreu uma pequena região de vento forte com velocidade de 10m/s.

A figura 3.10 mostra o gráfico do campo da Umidade Relativa em 800hPa, com os dados obtidos da previsão de 48h de antecedência. Em outono, segundo o modelo de previsão, se mostrou ser uma estação úmida, com muitos casos de alta taxa de umidade relativa sobre o Oceano Atlântico e no continente uma homogeneidade de uma alta taxa de umidade. Os períodos de baixa umidade ocorrem depois de períodos de forte u.

A figura 3.11 mostra o campo da Umidade Relativa no mesmo nível com os dados de 24h de antecedência do Modelo, com uma certa diferença das previsões de 48h. Segundo o Modelo, essa estação de outono se mostrou uma estação totalmente úmida, com vários casos com extremos de taxa de umidade relativa (cerca de 80% a 90%) sobre o oceano abrangendo Alcântara, e com uniformidade de taxa um pouco mais baixa (cerca de 70 a 80 %) sobre a área do continente.

3.3. Análise do período Junho, Julho e Agosto de 1997

A figura 3.12a mostra as observações na curva em preto (bolinhas vazias), análises em verde (bolinha cheia), previsão de 24h em azul (quadrado vazio) e as de 48h em vermelho (quadrado cheio).

Pode-se notar que há uma diferença significativa em certos pontos da análise em relação à observação. O que não deveria acontecer, uma vez que as análises são como base para uma previsão ser realizada. A análise é composta da mistura das observações e previsões do modelo Global, juntas envolvidas em cálculos acabam por resultar em uma base inicial para qualquer previsão do modelo numérico.

Percebe-se que nos baixos níveis (até 700hPa), a análise é diferente da observação em até 3m/s, enquanto que as previsões de 24h e 48h foram geradas com erro da ordem de 3 a 4m/s em média isso não acontece nos níveis mais altos, por exemplo, de 600hPa a 300hPa, onde são pequenos os erros nas análises, as previsões se apresentaram bem nesses níveis, sendo bem próximo das observações. Já em níveis acima de 300hPa, os erros das análises geram previsões semelhantemente com erros. Em altos níveis os ventos são mais intensos.

O perfil médio da figura 3.12b mostra uma análise mais isoladamente dos dias em que correram os casos de ventos v mais intensos até o nível de 700hPa. Plotou-se as curvas da observação, da análise, juntamente com as previsões de 24h e 48h da componente meridional do vento v . Pode-se notar que ocorre uma variação muito grande nas observações, como mostra a curva representada pela bolinha preta aberta. Nos baixos níveis ocorrem jatos fortes nessas datas, como se pode notar através das curvas pretas. Já em níveis mais altos os ventos são de menor intensidade.

Também se nota um acompanhamento da análise em relação à observação, o que favorece uma boa previsão. Como mostra o gráfico.

Analisando o perfil vertical médio da componente zonal de intensidade (figura 3.13a) durante o período de Inverno, pode-se notar que em torno de 300hPa os ventos são Leste e com intensidade média máxima de 10 m/s. Nota-se também que em 300hPa, ocorre uma inversão, os ventos acima de 300hPa se tornam positivos, ou seja, são provenientes de Oeste, chegando a uma velocidade média máxima de 15m/s.

O desvio padrão foi calculado e plotado junto ao gráfico por barras que representam a faixa de normalidade de cada nível. Pode-se notar que o desvio padrão

aumenta com a altitude. Portanto, em altos níveis os ventos apresentam grande variação. Por lado, em baixos níveis o desvio padrão é menor, portanto os ventos em baixos níveis são mais persistentes.

As linhas em vermelho correspondem às previsões de 24h e 48h do modelo. Nota-se claramente que entre os níveis de 950hPa e 750hPa, ocorre um erro considerável do modelo de aproximadamente 10m/s. Na previsão com 24h de antecedência ocorre um erro de previsão de 4m/s em média. A previsão com 48h de antecedência apresenta erro ainda maior, da ordem de 6m/s em média. Enquanto que o desvio padrão da observação é da ordem de 2m/s. Nos demais níveis, as previsões, tanto as de 24h quanto as de 48h de antecedência mostram-se com uma margem de erro relativamente aceitável, pois ainda se mantêm dentro do intervalo do desvio padrão da observação.

A figura 3.13b mostra o perfil médio da componente meridional dos ventos de toda a estação de verão do ano de 1997. Onde as linhas horizontais em azul claro representam o desvio padrão calculado em cada nível sobre os dados observacionais representados pela curva azul escuro na vertical. E as linhas em vermelho representam as previsões, a pontilhada corresponde à previsão de 48h de antecedência, e a linha contínua à previsão de 24h de antecedência.

Nota-se que na maioria dos níveis as previsões acompanham a observação ficando dentro da faixa do desvio padrão. Com a exceção dos níveis 850hPa e 700hPa, onde a previsão erra em relação à observação em média 1 m/s, ficando fora inclusive da faixa do desvio padrão.

Na figura 3.14a nota-se o campo de vento médio para os dias críticos dos dados observados durante todo o período de inverno em 700hPa.

A figura 3.14b mostra a componente zonal do vento no nível de 700hPa dos casos resultantes das previsões de 48h do Modelo Eta. O nível de 700 hPa foi determinado anteriormente a partir das médias obtidas através dos dados observados em de Alcântara –MA como nível de vento mais forte durante o período de inverno (Junho, Julho, Agosto).

Nota-se que os ventos de leste nesse nível são em média muito fortes próximo ao Litoral Norte do Nordeste, chegando a registrar a velocidade média máxima de 13m/s. Nota-se também que na . Nota-se também que a figura 3.14c contém os mesmos tipos de gráficos durante o mesmo período de inverno com a única diferença de terem sido usados os dados com previsão de 24h de antecedência. Como pode-se

notar a diferença entre os gráficos é mínima, o que mostra uma certa consistência nas previsões do Modelo Eta de 24h de antecedência em relação as de 48h.

O Modelo Eta previu na sua previsão de 24h a intensidade correta dos ventos no litoral Norte do Nordeste, mas errou em sua previsão de 48h deslocando um pouco o núcleo de vento de forte para a direita, colocando-o sobre o Oceano Atlântico.

A figura 3.15a mostra os gráficos feitos com as duas componentes do vento: u e v sendo representadas por vetores no nível de 700hPa para o período de inverno de 1997 obtidos a partir das previsões de 48h de antecedência do Modelo Eta.. A figura 3.15b mostra através de isolinhas de intensidade, a aceleração dos ventos entre um dia anterior ao dia crítico, e na figura 3.15c para dois dias anteriores. Nota-se nos gráficos que há uma forte perturbação dos ventos de leste na região norte-nordeste vindo do Oceano Atlântico entrando no continente chegando a medir a velocidade máxima média de 14m/s em média. Ventos esses que registram essa intensidade desde dois dias anteriores em média. No acompanhamento do comportamento dos ventos nos dias anteriores verifica-se a diferença dos dados do dia central em relação aos dias anteriores. Por exemplo no quadro que mostra um dia anterior ao dia crítico, pode-se observar nas isolinhas a intensidade da aceleração dos ventos em pontos isolados, o que significa que nesses dias que antecederam os dias de casos mais fortes já haviam ventos fortes na região.

Na figura 3.15c ainda, nota-se que as isolinhas mostram uma diferença maior de intensidade dos ventos em relação aos dias críticos (Figura 3.15a), e percebe-se claramente o aumento da intensidade de acordo com o passar dos dias até chegar ao auge nos dias críticos.

Percebe-se uma grande semelhança dessa figura com a figura 3.16a que mostra os mesmos campos para previsão de 24h de antecedência. Nota-se que a previsão de 24h acusou menor aceleração do vento tanto no primeiro (figura 3.16b) como no segundo dia anterior ao dia crítico (Figura 3.16c). Nos gráficos de 24h as acelerações se mostram na mesma faixa de intensidade (variando de 0 m/s à 2 m/s), porém se mostram menores em termos de área.

A figura 3.17 mostra o gráfico com seções temporal x faixa de latitude zonais das componentes zonal do vento efetuado para toda a estação de inverno de 1997 na altitude de 700 hPa. Percebe-se uma forte presença do vento de leste entre 39°W e 30°W, chegando a registrar a velocidade máxima de 21 m/s de leste a oeste. Os ventos de Leste acima de 11m/s foram considerados fora da faixa de normalidade, e essa

figura contém as datas em que ocorreram os casos estudados. Essa área dos ventos fortes nesse gráfico corresponde à área do Oceano Atlântico, próximo ao litoral Norte do Nordeste. Na sua maioria, os ventos zonais não apresentam uma seqüência de deslocamento que se possa relacionar no decorrer dos dias.

A figura 3.18 apresenta o mesmo gráfico para o mesmo período com as previsões de 48h de antecedência com o campo de vento meridional, o qual apresenta-se sobre região de Alcântara com uma intensidade média de 6 a 9 m/s. Com presença de ventos fortes do Norte em datas isolados, por exemplo no dia 17 de junho de sobre a cidade de Alcântara (aprox. lat.2.5°S, long.44°W) registrando a velocidade entre 12 e 15 m/s.

A figura 3.19 mostra o mesmo tipo de gráfico com o campo de vento zonal para o mesmo período de inverno obtidos dos dados da previsão de 24h de antecedência a qual contradiz as previsões de 48h (fig. 3.1), e mostram poucos ventos fortes. Porém nos poucos casos em que a previsão de 24h acusou casos fortes ocorreram ventos máximos de 20 m/s cujas as datas podem ser identificadas com facilidade, como exemplo o dia 7 de agosto de 1997 no Norte do continente por volta de 57°W, mas nenhum caso observou-se sobre a região de Alcântara.

A figura 3.20 mostra o mesmo tipo de gráfico com a componente meridional do vento para o mesmo período de inverno de 1997 com os dados obtidos da previsão de 24h de antecedência do Modelo Eta. Nota-se que essa componente do vento se manteve uniforme durante todo o inverno, com alguns pequenos pontos de ventos do Norte com intensidade de 10m/s.

A figura 3.21 mostra o campo da Umidade Relativa em 700 hPa no inverno de 1997, numa série temporal de faixa de latitude zonal por tempo com os dados obtidos das previsões de 48h de antecedência. Observou-se que entre os dias 16 e 19 de junho ocorreu uma massa de ar seco, por volta de 45°W a 36°W. Notou-se também que na maioria dos casos de massa de ar seco, ou seja com baixa porcentagem de umidade, ocorreram sobre a área oceanica e que a área sobre o continente, na maioria dos casos, apresentou baixa taxa de umidade.

A figura 3.22 mostra o mesmo gráfico da figura anterior, com o mesmo campo em questão, para o mesmo período de tempo, com os dados obtidos pela previsão de 24h de antecedência. Notou-se no período dos dias de 13 a 19 de junho uma propagação de uma massa de ar seco, com baixa taxa de umidade chegando a registrar de 10 a 20 % de umidade, que se deslocou de 33°W nos primeiros dias para

dentro do continente em 55°W no ultimo dia citado (19 de junho). Outro exemplo a ser citado é a entrada de uma outra massa de ar quente no período dos dias de 1° dia 6 de agosto, que também se deslocou até o dia 3 de agosto em sentido ao continente de 33°W para 51°W, depois invertendo seu sentido de deslocamento para o Oceano Atlântico, do dia 3 ao dia 6 de agosto de 33°W para 39°W, voltando para a área oceânica. As previsões de 24h apresentam-se mais secas do que as de 48h.

4. Conclusão

Foi feito um estudo dos ventos na região da cidade de Alcântara-MA, incluindo estatísticas e perfil médio dos ventos.

A partir da média de desvio padrão foram identificados os casos que ocorreram fora dessa faixa de média, o que denominou-se “Casos Críticos”. Elaborou-se para esses casos perfis médios para cada estação. Nesses perfis médios foram sobrepostas as curvas: das observações, oriundas de radiossondagens; das análises, que são as condições de contorno para o modelo Eta de resolução de 40km; as previsões de 24h e 48h de antecedência, de origem do modelo Eta.

Sobrepostas essas curvas pôde-se fazer uma avaliação dos resultados das previsões do modelo Eta dos ventos nessa região. O modelo apresentou resultados bastante satisfatórios nos baixos níveis, em alto níveis apresentam maior variabilidade o que torna difícil a previsão. Nos casos mais intensos (críticos), as previsões quando não estavam bem próximas às observações, estavam pelo menos dentro da faixa do desvio padrão estipulado para o nível correspondente, portanto a qualidade das previsões são consideradas boas.

Durante os meses de março, abril, maio, junho, julho e agosto a análise dos casos perturbados mostrou que os ventos de leste, sobre o Oceano Atlântico próximo ao litoral do Maranhão, se aceleram aproximadamente em média 2m/s^2 em um a dois dias antes do dia “crítico”. Nota-se que os ventos mais intensos ocorreram no nível de 700hPa às 12Z (9h local), com velocidade em torno de 14m/s em fase com os movimentos ascendentes sobre a região. Há um ligeiro enfraquecimento dos ventos às 00Z(21h local) revelando a presença da circulação de brisa. Os dias de ventos críticos nem sempre estão acompanhados de chuva sobre São Luiz.

6. Próximos Passos

6.1 – Completar o estudo para as estações de verão e primavera;

6.2 – Estender a avaliação a outras variáveis meteorológicas, particularmente, realizar a comparação entre as chuvas observadas e as previstas pelo modelo.

6.3 – Preparação de texto para a publicação em revista científica. Preparação de relatório parcial.

6.4 – Correlacionar os perfis observados em São Luís com os perfis de estações vizinhas, como Recife e Fernando de Noronha, que estão localizados a leste de São Luís. O resultado desta correlação pode auxiliar na previsão dos eventos em São Luís.

6.5 – Elaboração do relatório final, e preparação oral do trabalho.

5. Referência Bibliográfica

1. Climanálise, 196. Edição Comemorativa de 10 anos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista, SP, Brasil.
2. Anthes, R, 1983: Regional models of the atmosphere in the middle latitudes. *Mon. Wea.Rev.*, **111**, 1306-1335.
3. Black, T. L. 1994: The new NMC mesoscale Eta model: description and forecast examples. *Wea. Forecasting*, **9**, 265-278.

7. Lista de Figuras

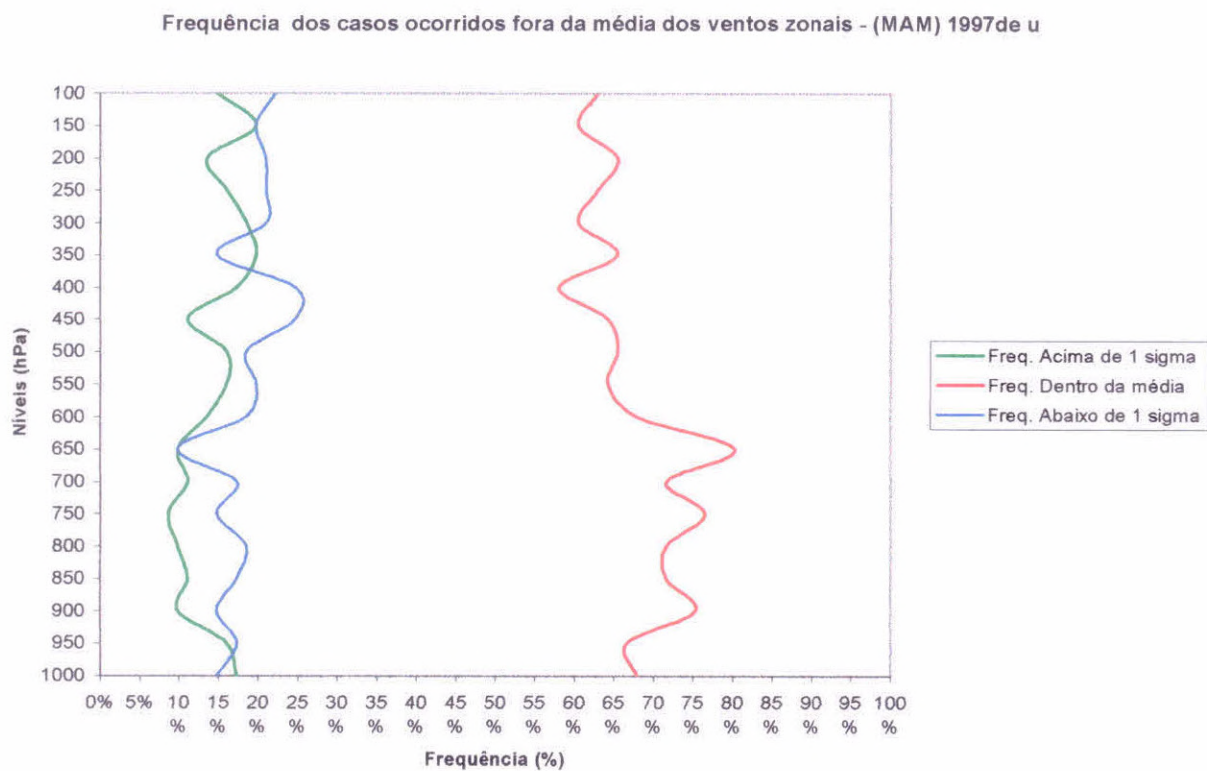


Figura 3.1a – Gráfico de frequência de ocorrência dos casos críticos dos ventos zonais no período de outono

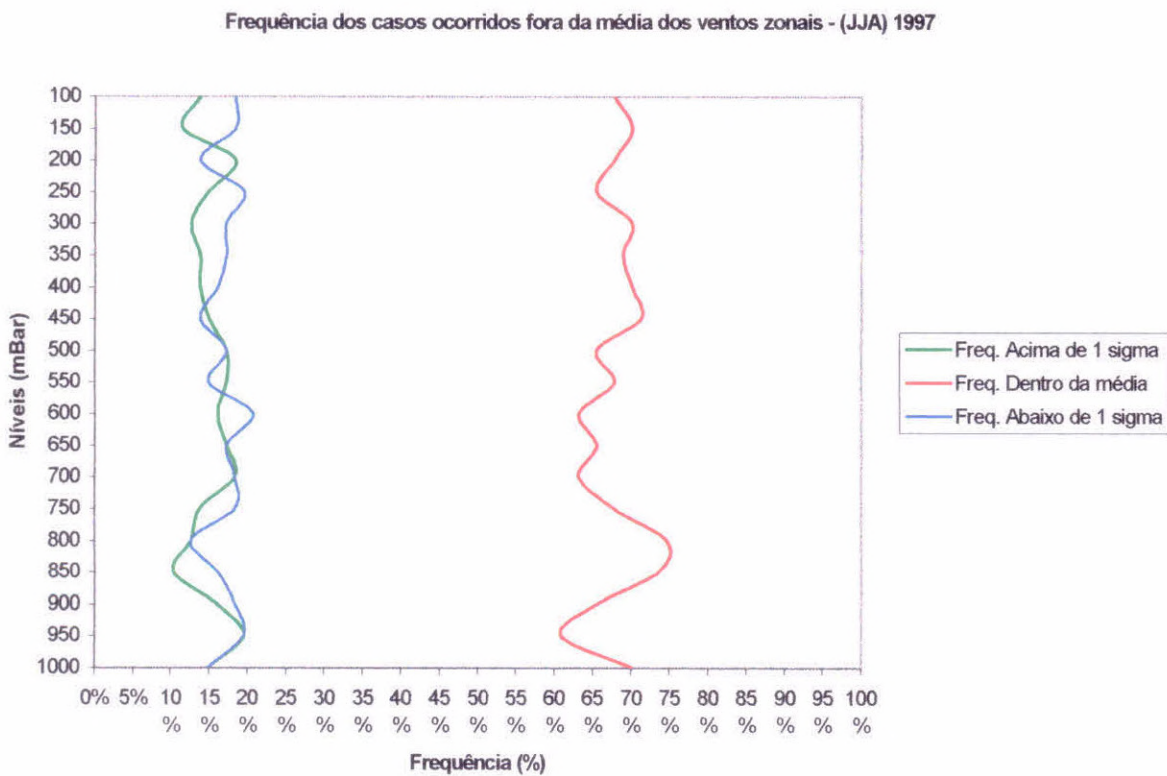


Figura 3.1b – Gráfico de frequência de ocorrência dos casos críticos dos ventos zonais no período de inverno.

Comparação entre a Observação e a Previsão de ventos zonais - (MAM) 1997

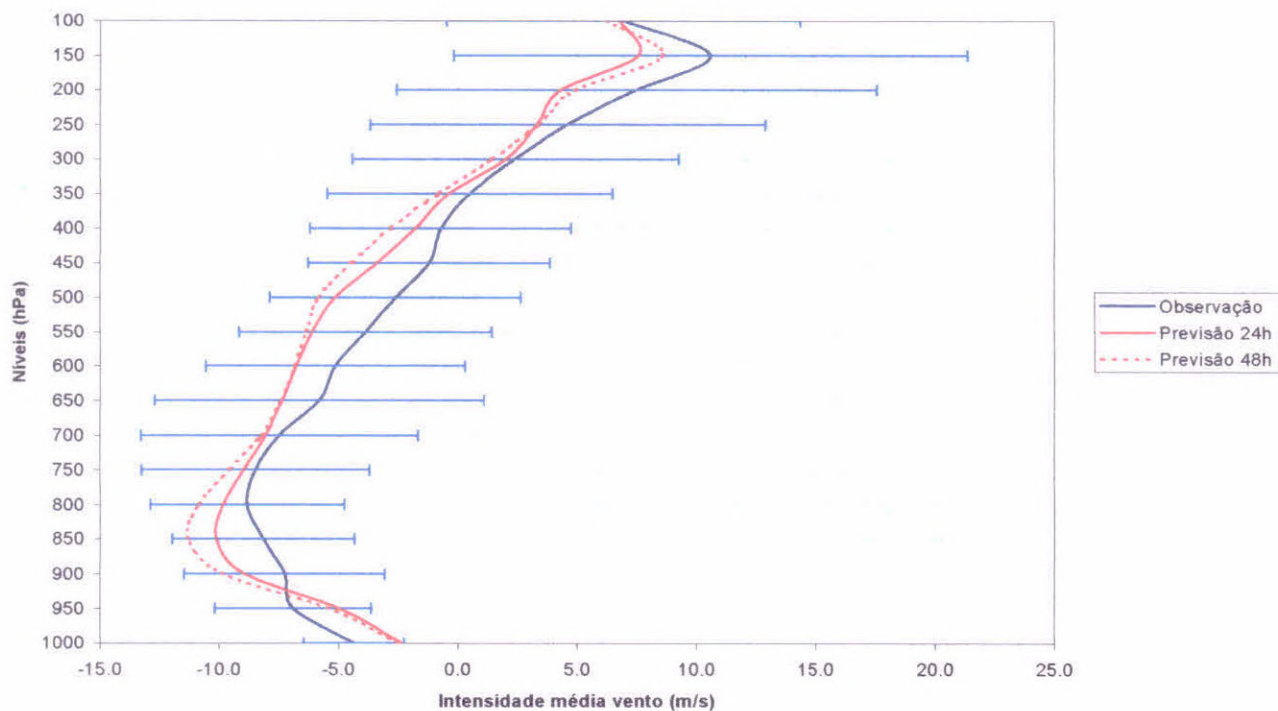


Figura 3.2a – Perfil Médio da Componente Zonal do vento observado durante o outono de 1997. As barras azuis representam o desvio padrão calculado. As curvas em vermelho correspondem ao perfil médio das previsões de 24h (sólido) e 48h (pontilhado) do modelo Eta

Comparação entre a Observação e a Previsão dos ventos meridionais - (MAM) 1997

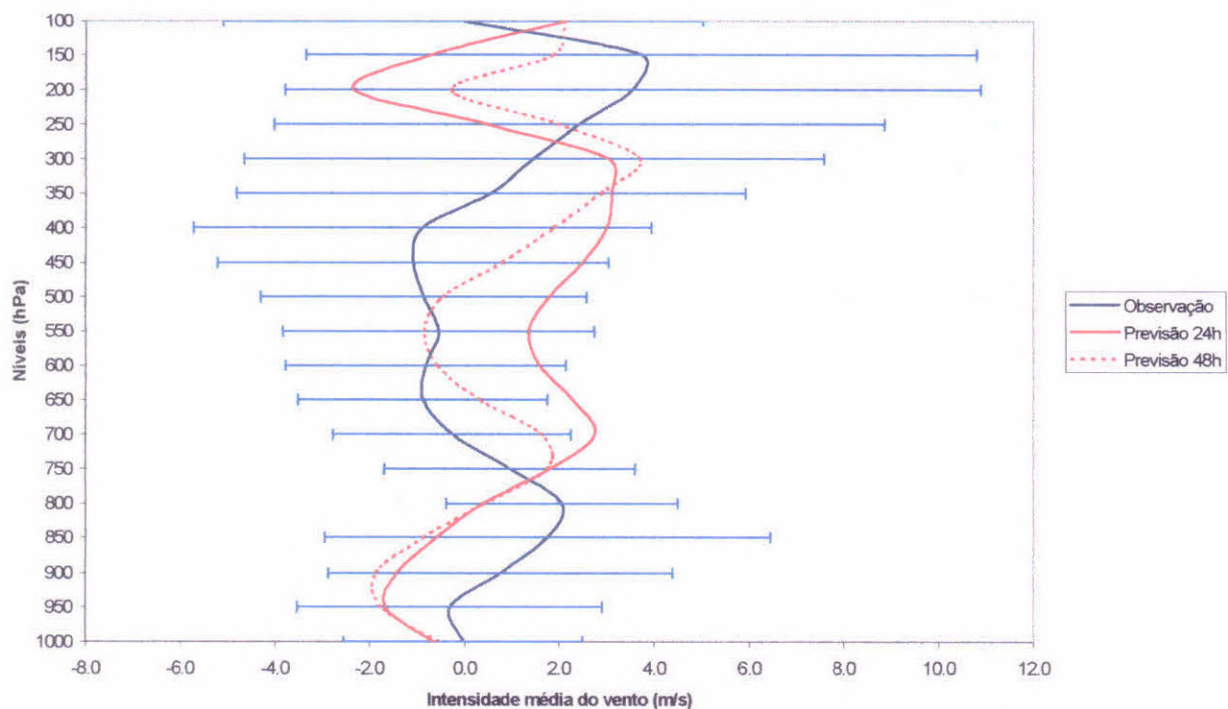
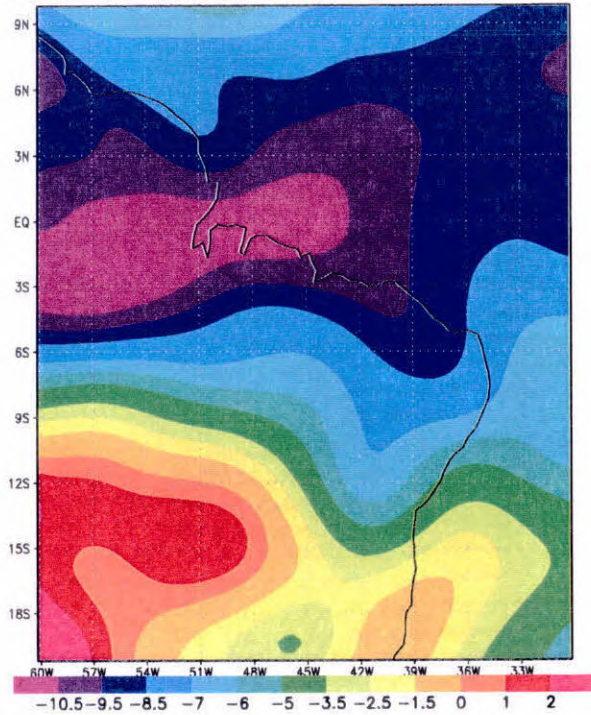
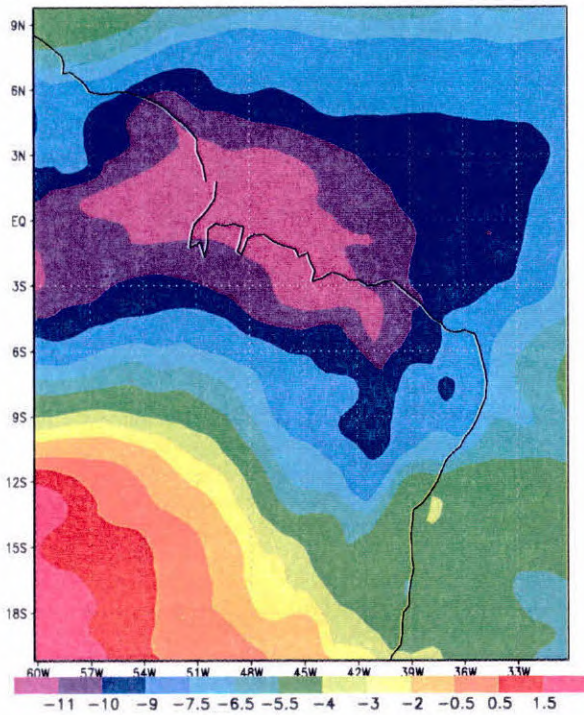


Figura 3.2b – Perfil Médio da Componente Meridional do vento observado durante o outono de 1997. As barras azuis representam o desvio padrão calculado. As curvas em vermelho correspondem ao perfil médio das previsões de 24h (sólido) e 48h (pontilhado) do modelo Eta

Análise Vento Medio Critico u 800hPa (MAM)



Prev.24h Vento Medio Critico u 800hPa (MAM)



Prev.48h Vento Medio Critico u 800hPa (MAM)

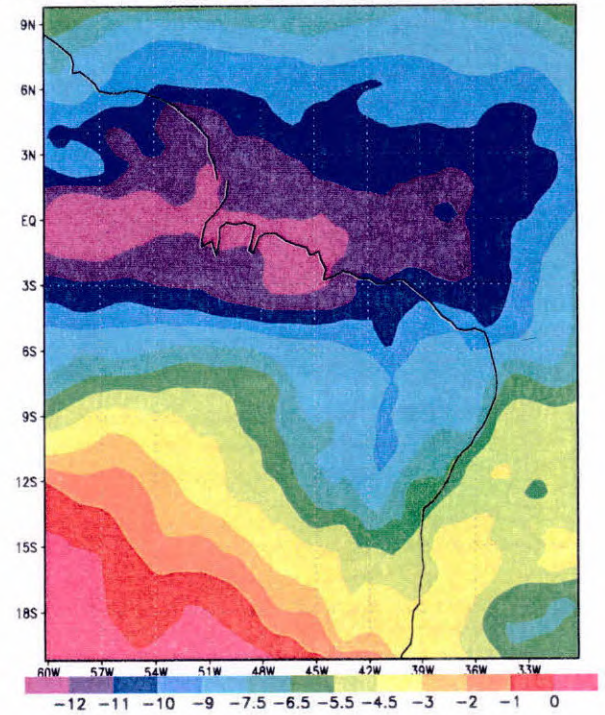
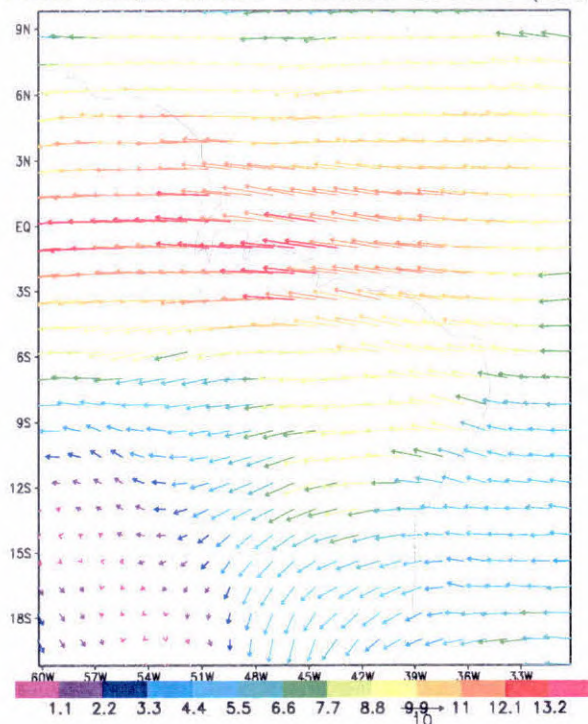
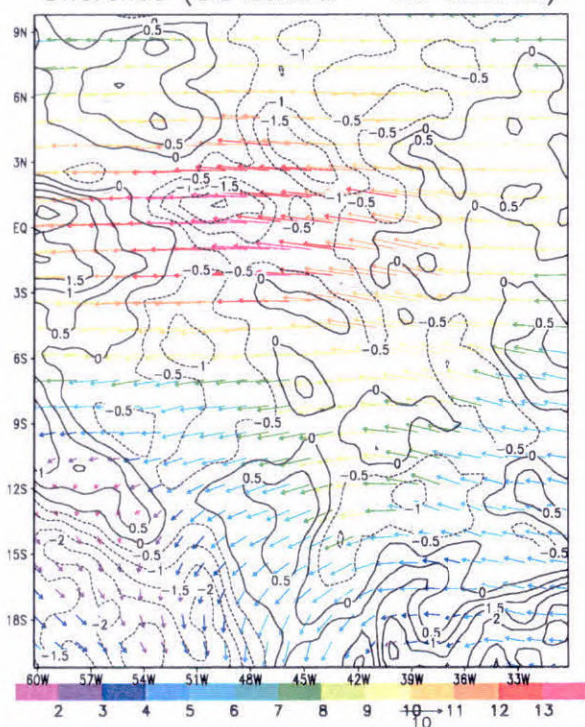


Figura 3.3 - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal expressa em m/s, para toda a estação de outono de 1997 no nível de 800hPa. a) dados observacionais. b) previsões de 24h. c) previsões de 48h.

Vento Medio Critico Prev.48h 800hPa (MAM)



Diferença (dia central - dia anterior)



Diferença (dia central - 2 dias anteriores)

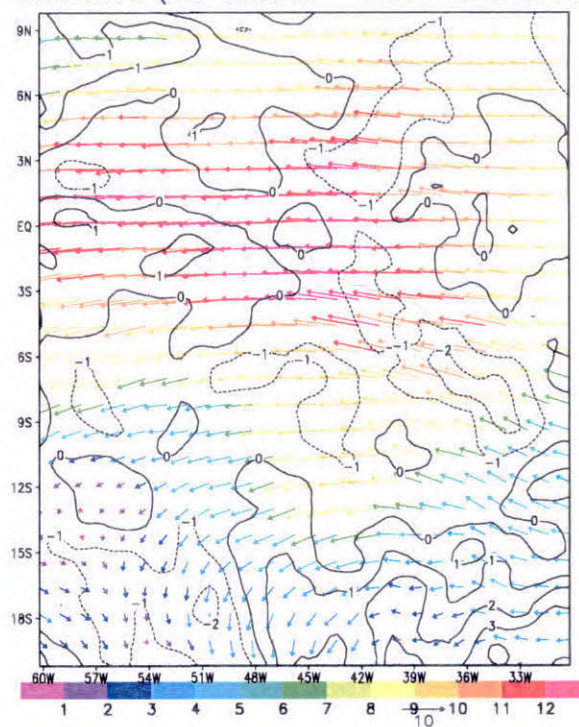
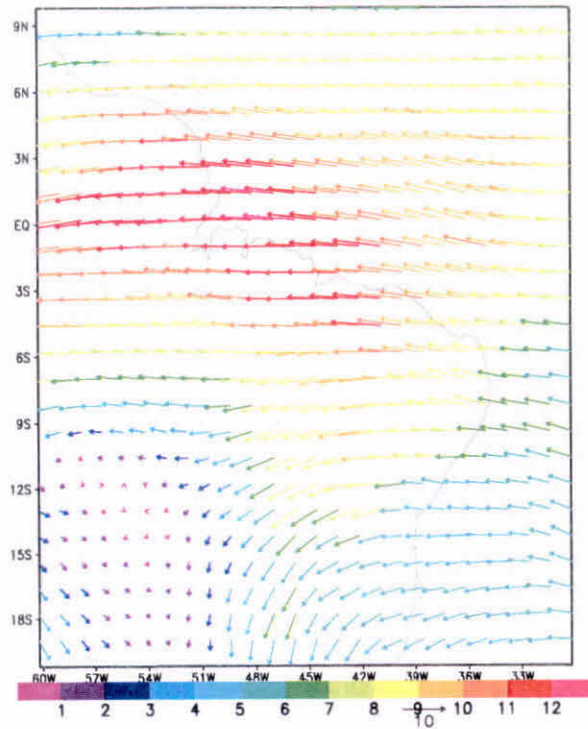
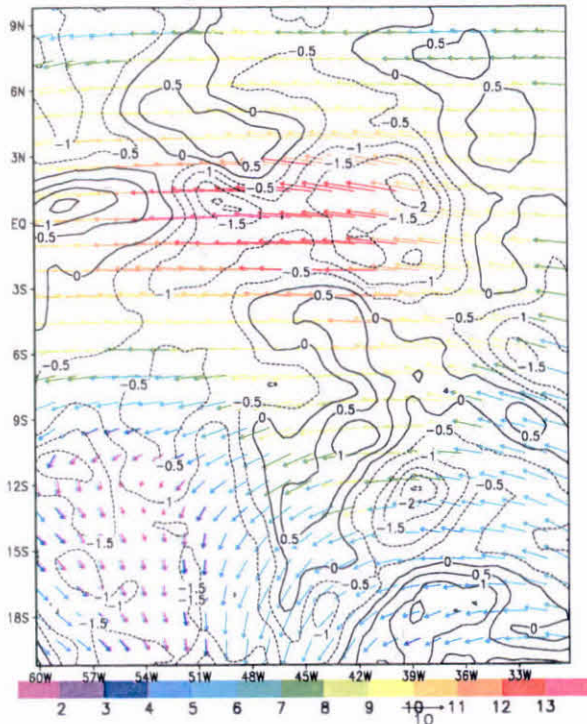


Figura 3.4a - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal e meridional para toda a estação de outono de 1997 no nível de 800hPa das previsões de 48h de antecedência. b) Vento médio dos dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença dia anterior - dia central. c) Vento médio de dois dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença 2 dias anteriores - dia central.

Vento Medio Critico Prev.24h 800hPa (MAM)



Diferença (dia central - dia anterior)



Diferença (dia central - 2 dias anteriores)

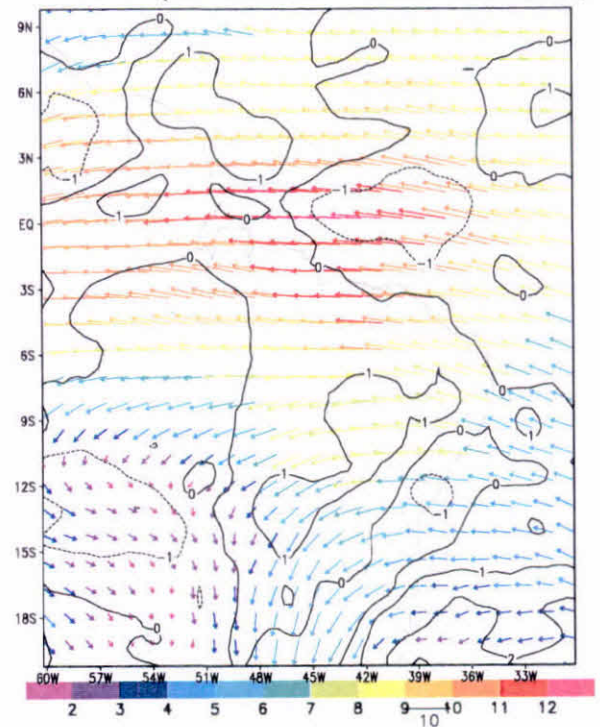


Figura 3.5a - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal e meridional para toda a estação de outono de 1997 no nível de 800hPa das previsões de 24h de antecedência. b) Vento médio dos dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença dia anterior - dia central. c) Vento médio de dois dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença 2 dias anteriores - dia central.

Vento U em 800hPa Prev.48h (MAM)

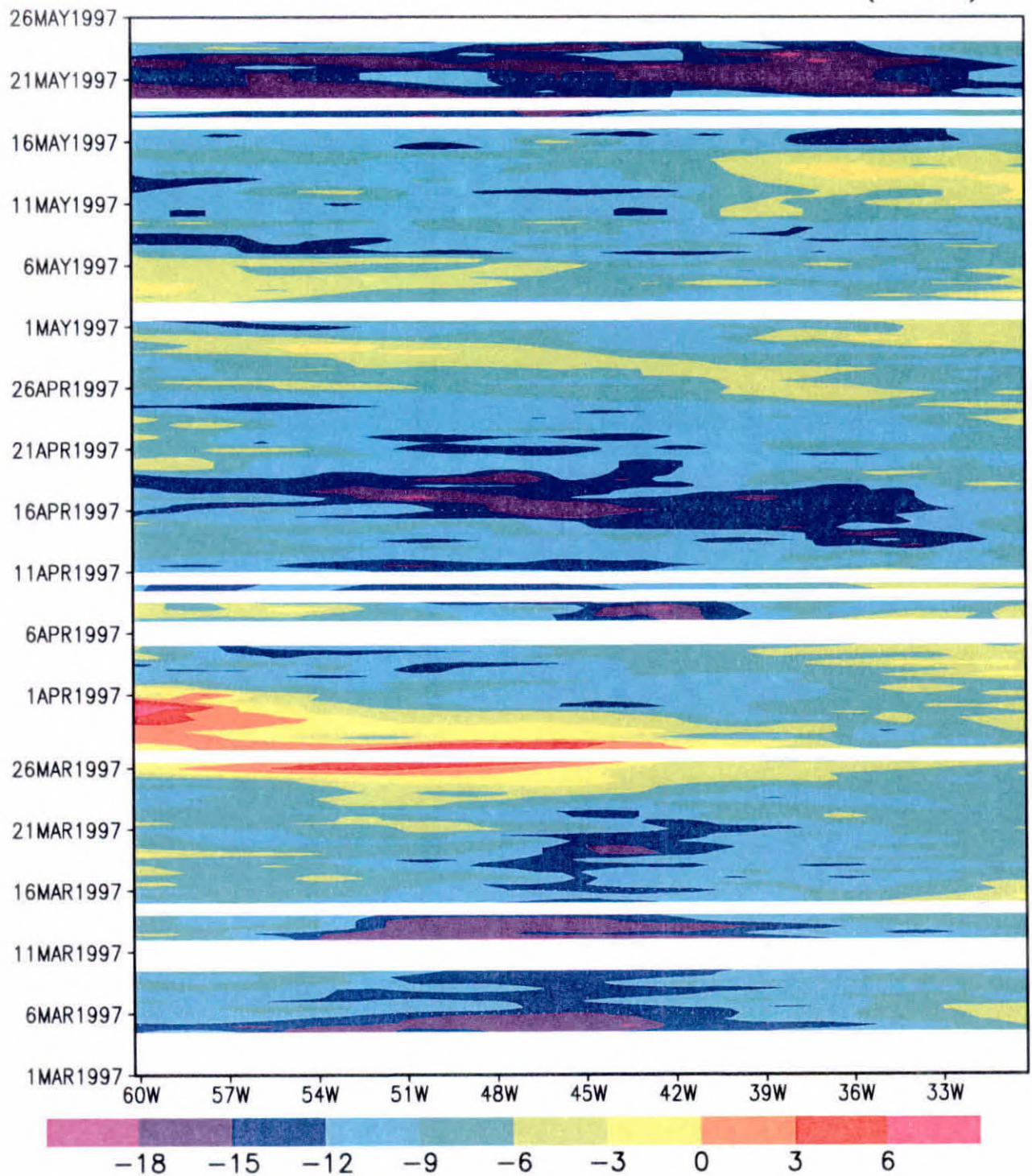


Figura 3.6.: Série temporal da componente zonal do vento expressa em m/s, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa.

Vento V em 800hPa Prev.48h (MAM)

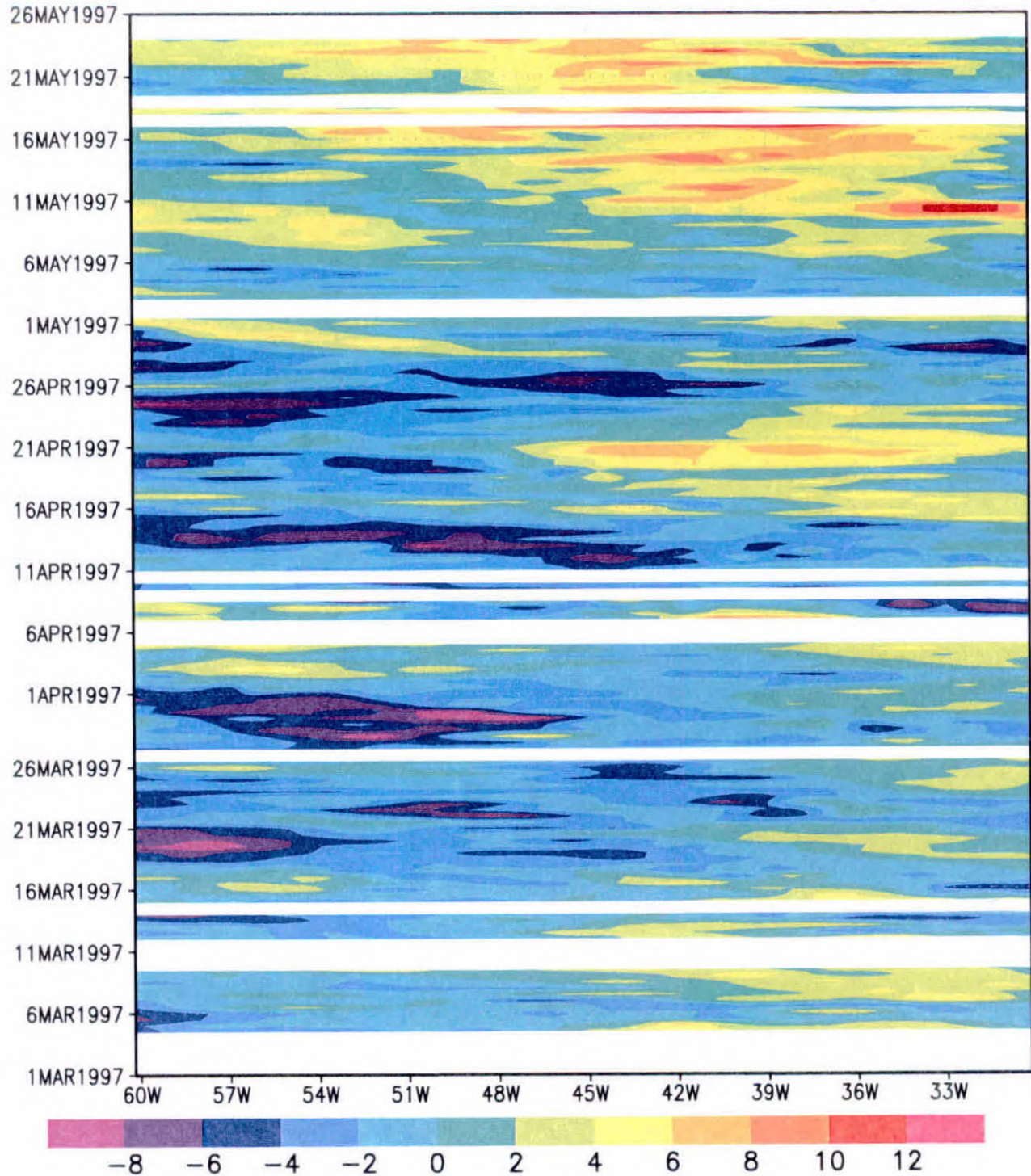


Figura 3.7.: Série temporal da componente meridional do vento expressa em m/s, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa.

Vento U em 800hPa Prev.24h (MAM)

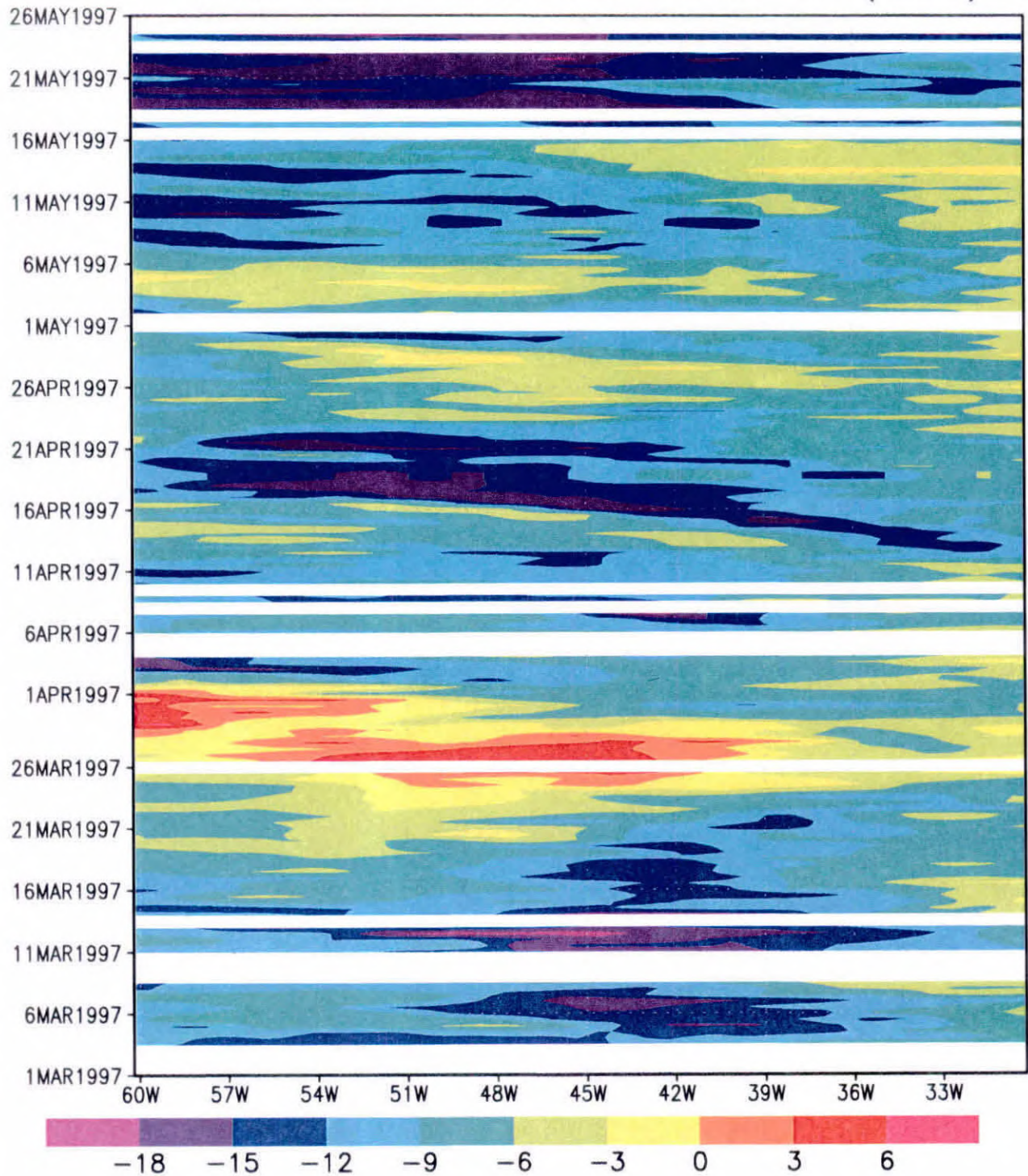


Figura 3.8.: Série temporal da componente zonal do vento expressa em m/s, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa.

Vento V em 800hPa Prev.24h (MAM)

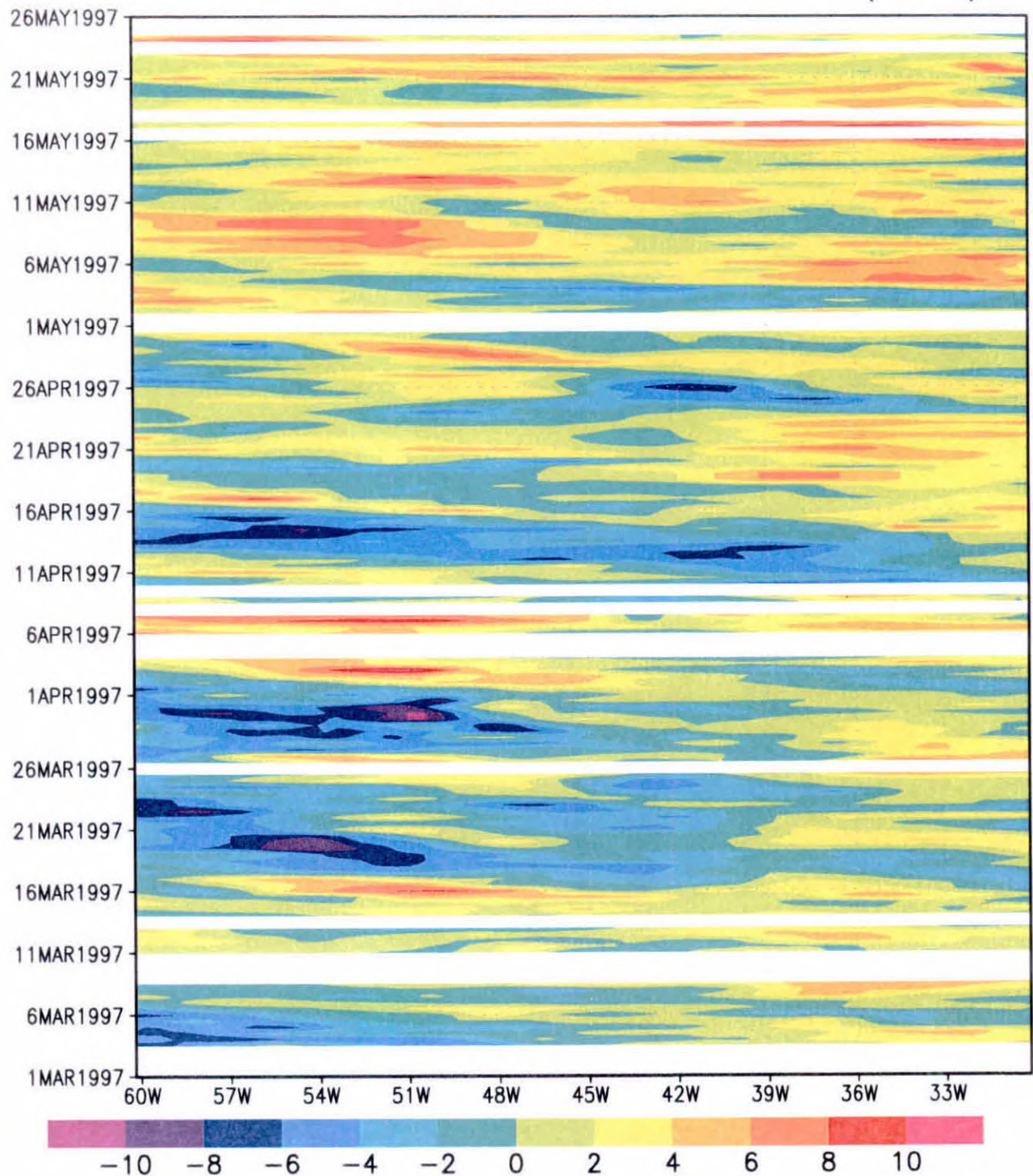


Figura 3.9.: Série temporal da componente meridional do vento expressa em m/s, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa.

Umidade Relativa em 800hPa Prev.48h (MAM)

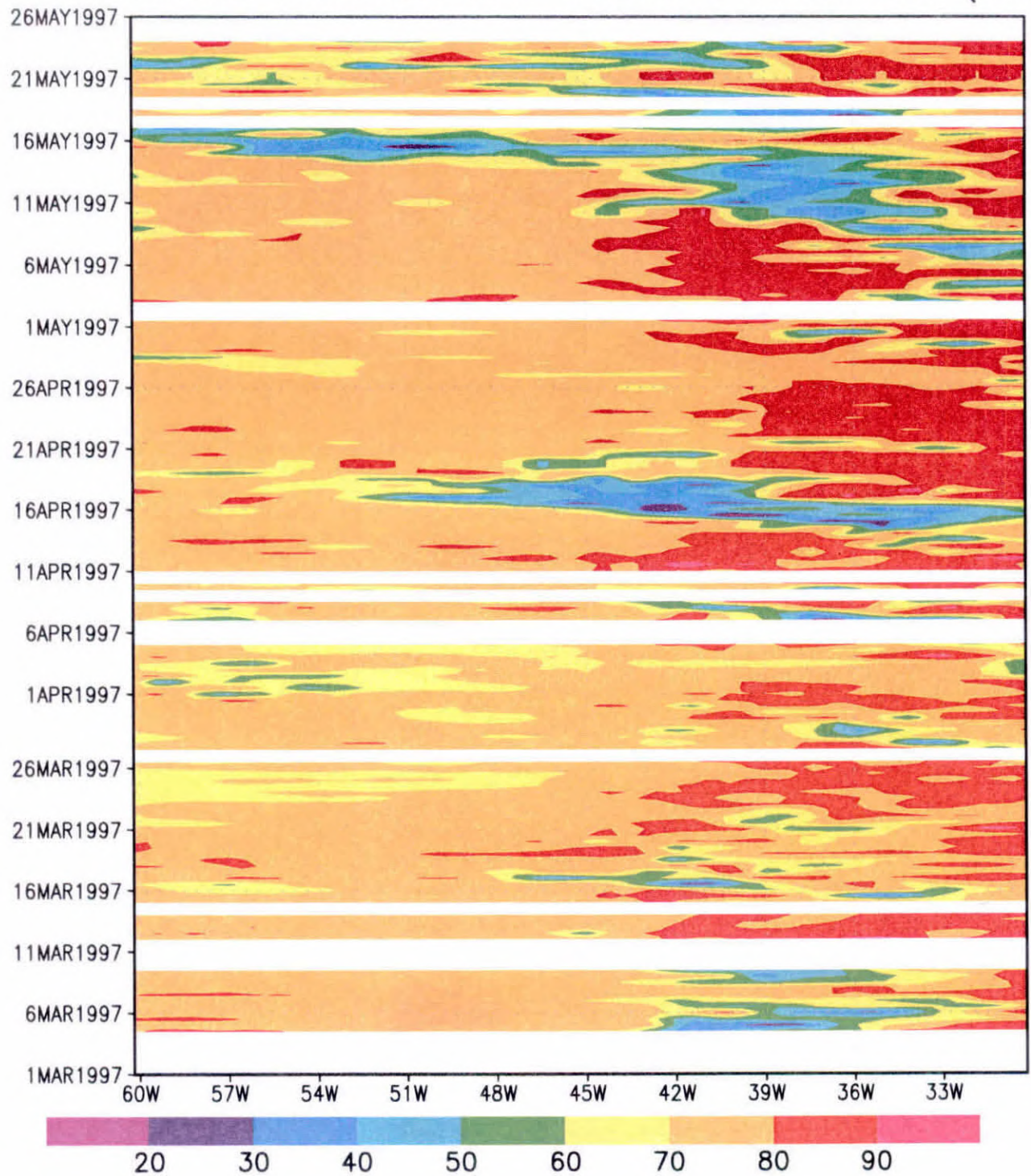


Figura 3.10: Série temporal do campo da Umidade Relativa expressa em %, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa.

Umidade Relativa em 800hPa Prev.24h (MAM)

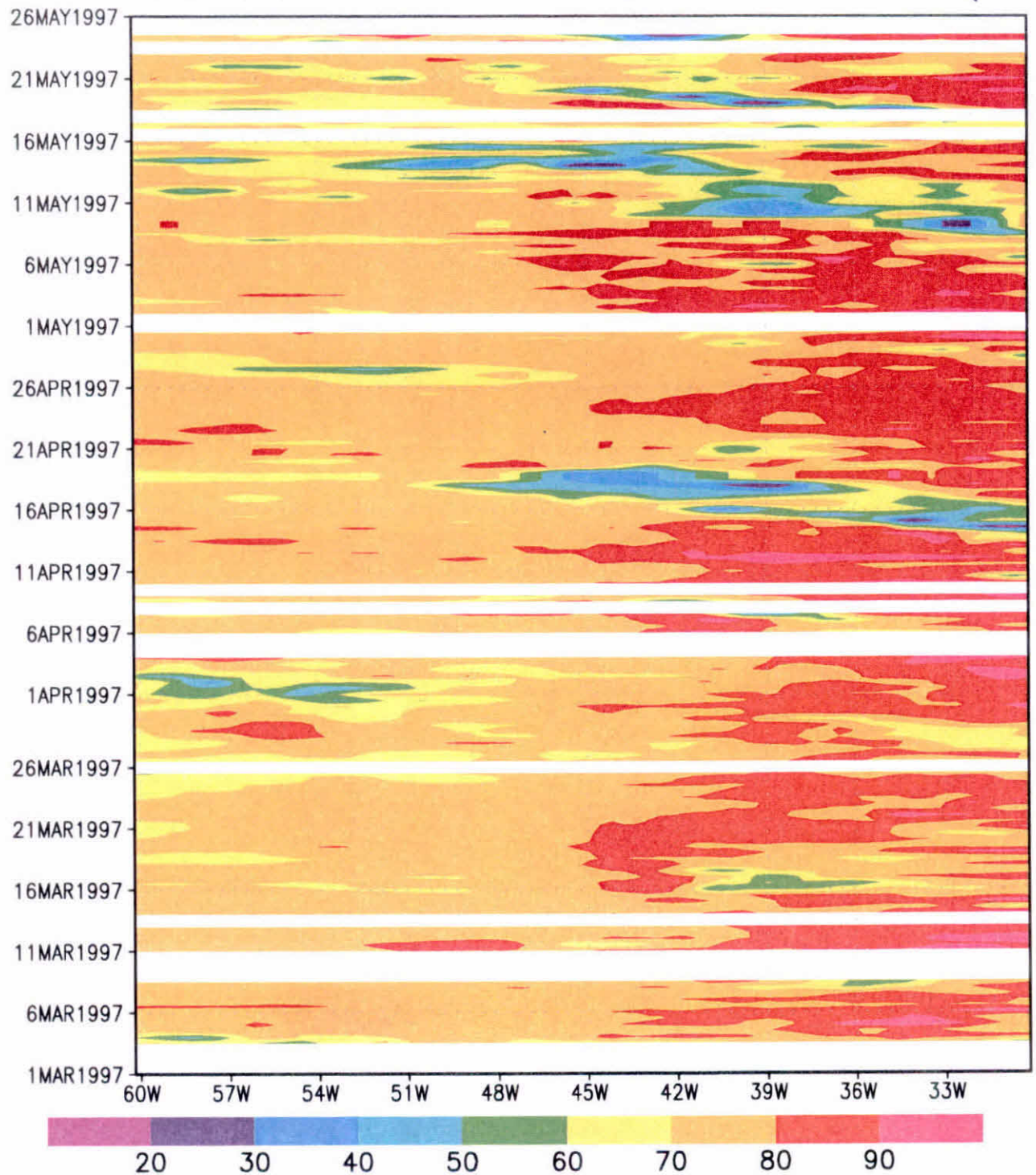


Figura 3.11: Série temporal do campo da Umidade Relativa expressa em %, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de outono de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 800hPa.

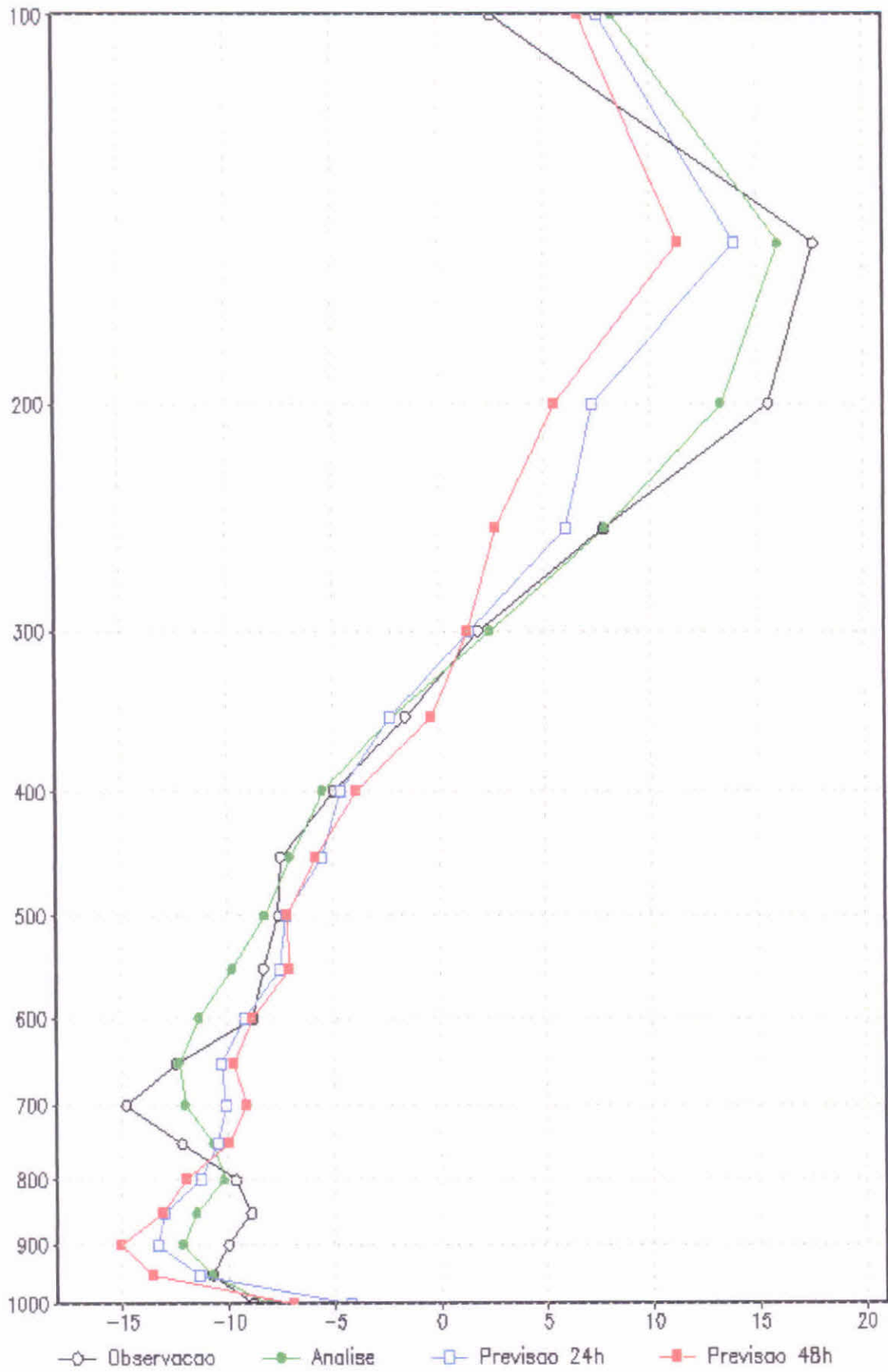
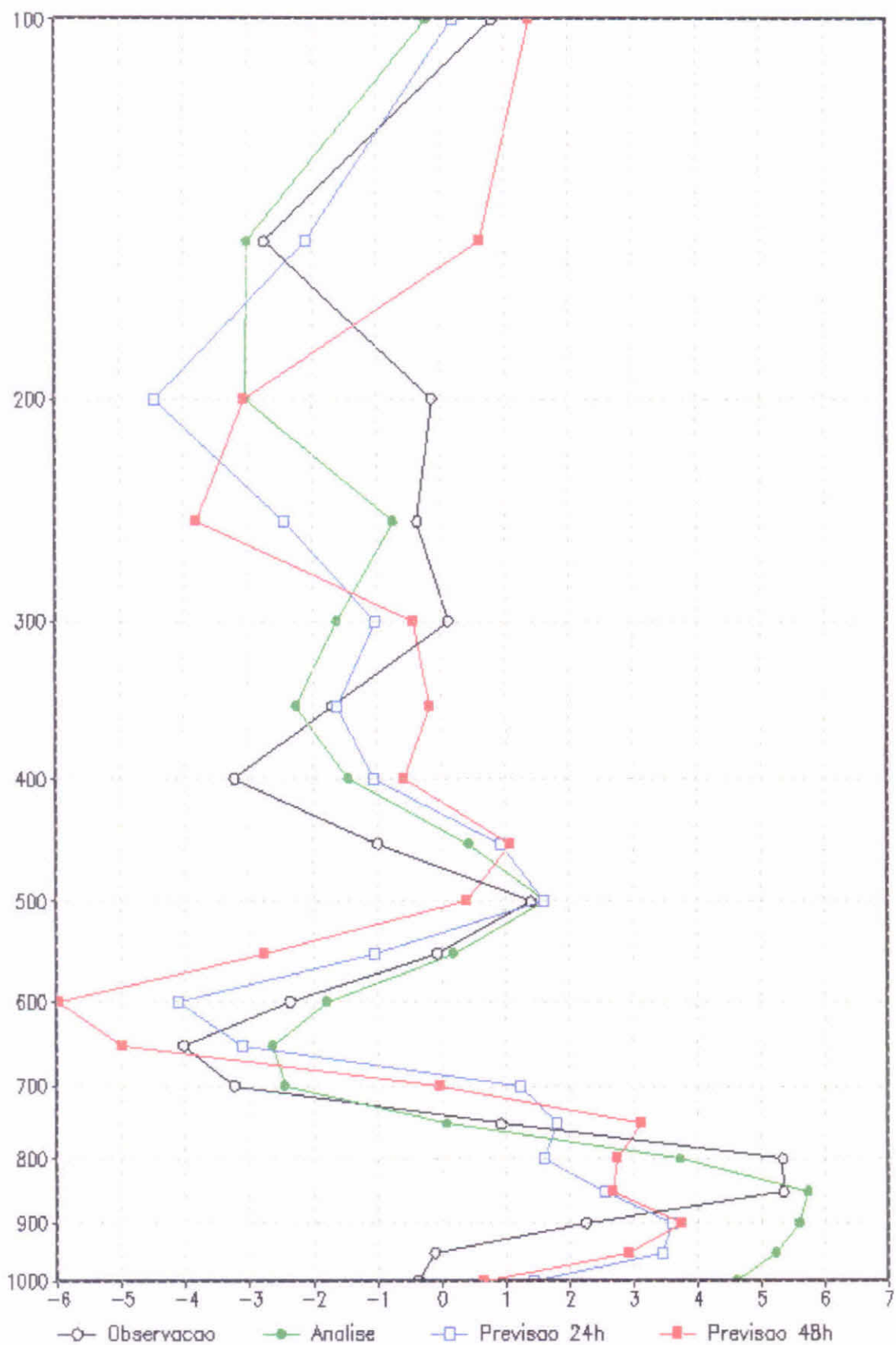


Figura 3.12a – Perfil Médio da componente zonal do vento no período de inverno.



GrADS: COLA/IGES

Fig. 3.12b – Perfil Médio da componente zonal do vento no período de inverno.

Comparação entre a Observação e a Previsão dos ventos zonais - (JJA) 1997

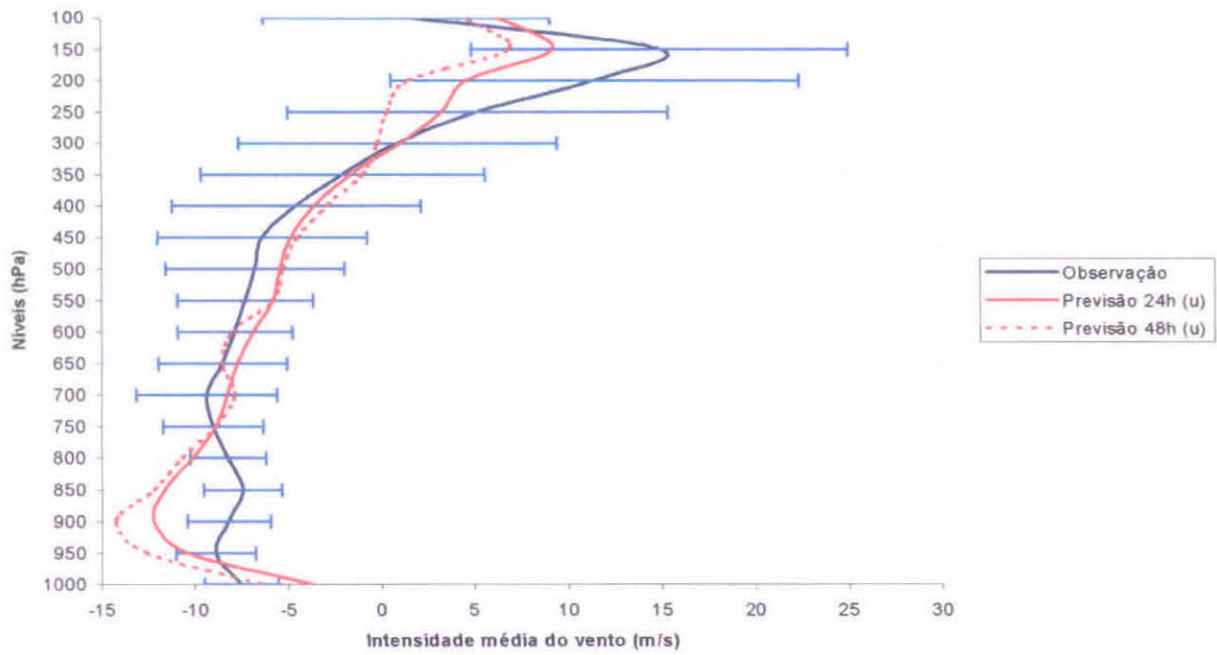


Figura 3.13a – Perfil Médio da Componente Zonal do vento observado durante o inverno de 1997. As barras azuis representam o desvio padrão calculado. As curvas em vermelho correspondem ao perfil médio das previsões de 24h (sólido) e 48h (pontilhado) do modelo Eta.

Comparação entre a Observação e a Previsão dos ventos meridionais - (JJA) 1997

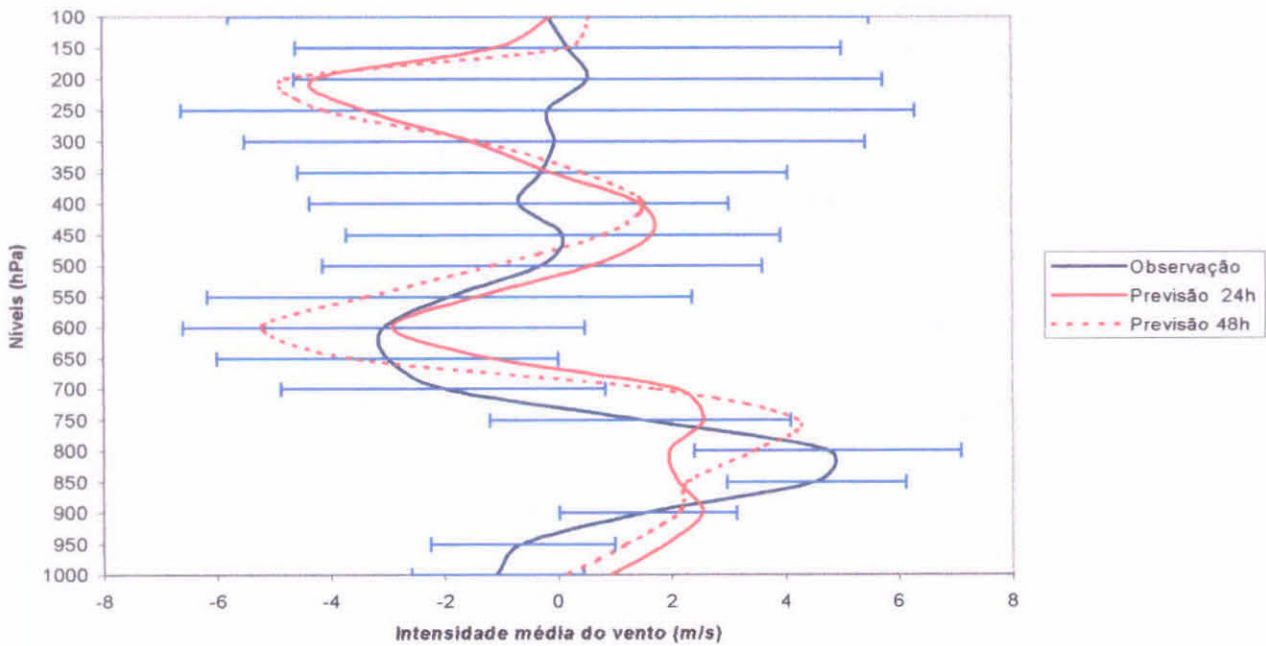
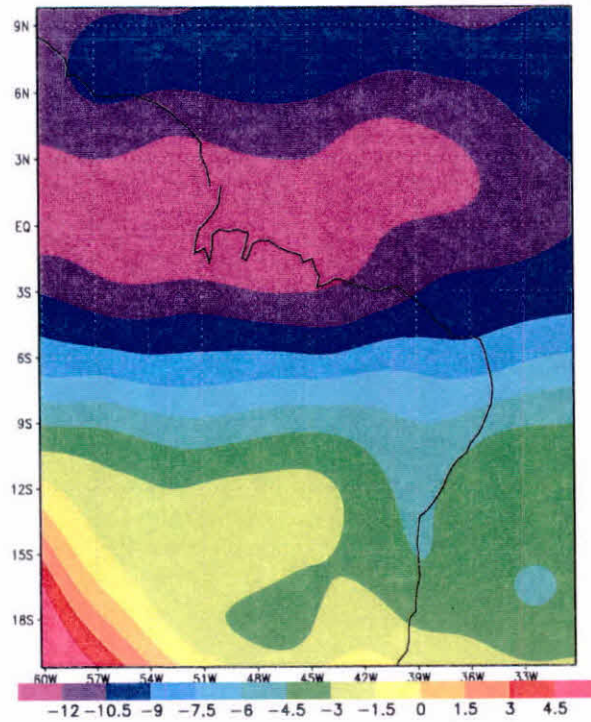
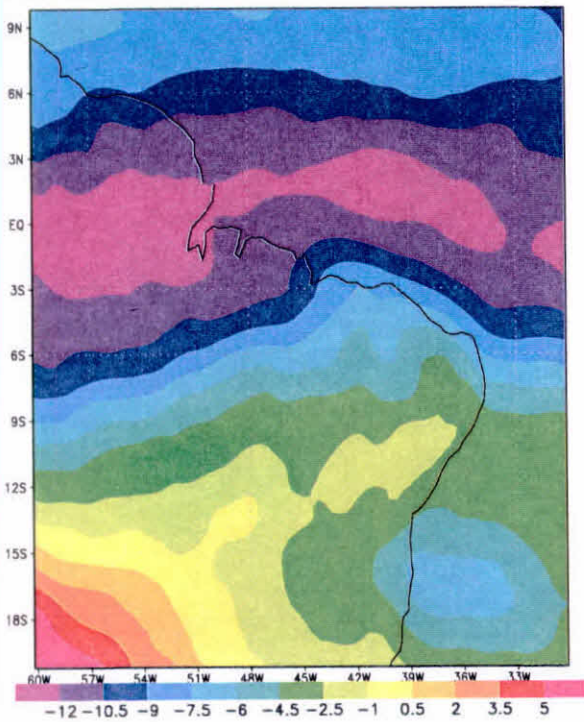


Fig. 3.13b - Perfil Médio da Componente Meridional do vento observado durante o inverno de 1997. As barras azuis representam o desvio padrão calculado. As curvas em vermelho correspondem ao perfil médio das previsões de 24h (sólido) e 48h (pontilhado) do modelo Eta

Análise Vento Medio Critico u 700hPa (JJA)



Prev.24h Vento Medio Critico u 700hPa (JJA)



Prev.48h Vento Medio Critico u 700hPa (JJA)

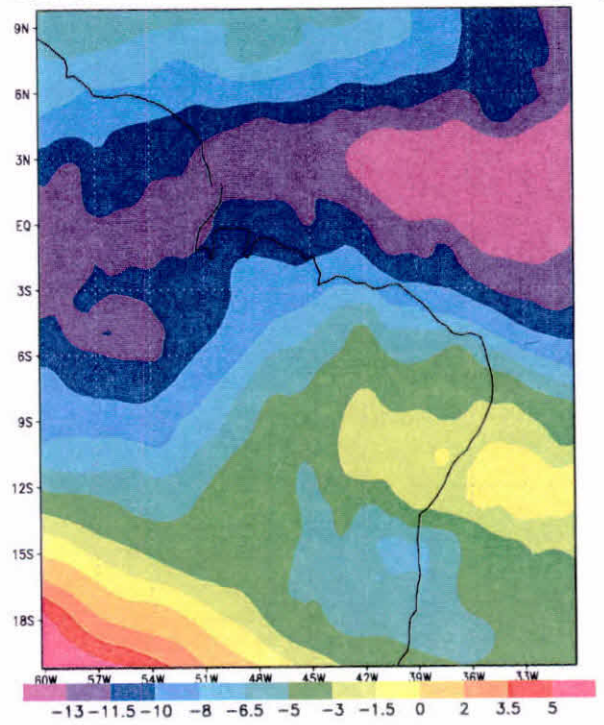
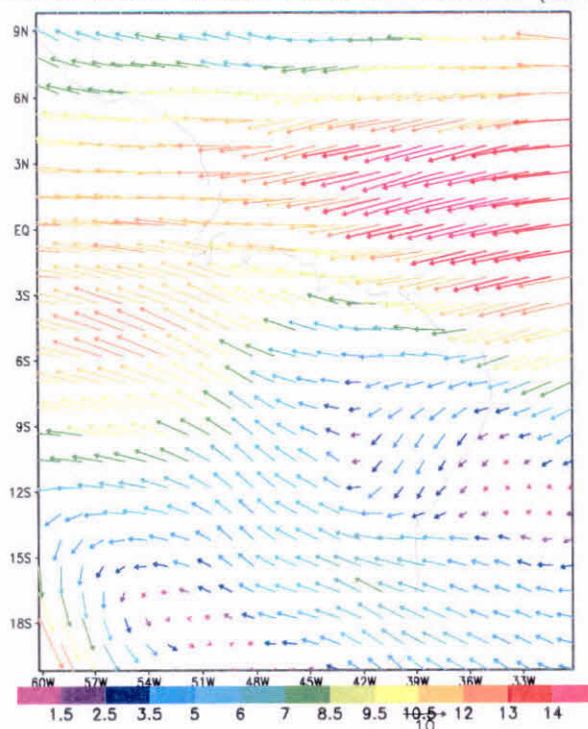
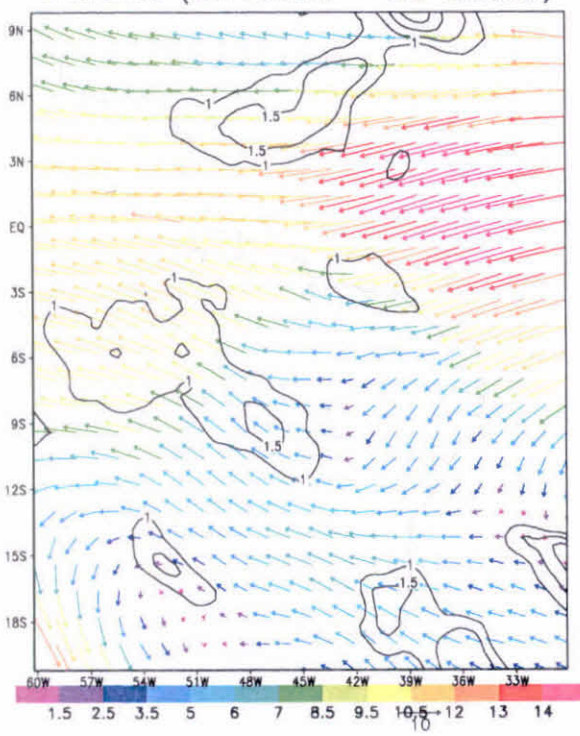


Figura 3.14 - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal expressa em m/s, para toda a estação de inverno de 1997 no nível de 700hPa. a) dados observacionais. b) previsões de 24h de antecedência. c) previsões de 48h de antecedência.

Vento Medio Critico Prev.48h 700hPa (JJA)



Diferença (dia central - dia anterior)



Diferença (dia central - 2 dias anteriores)

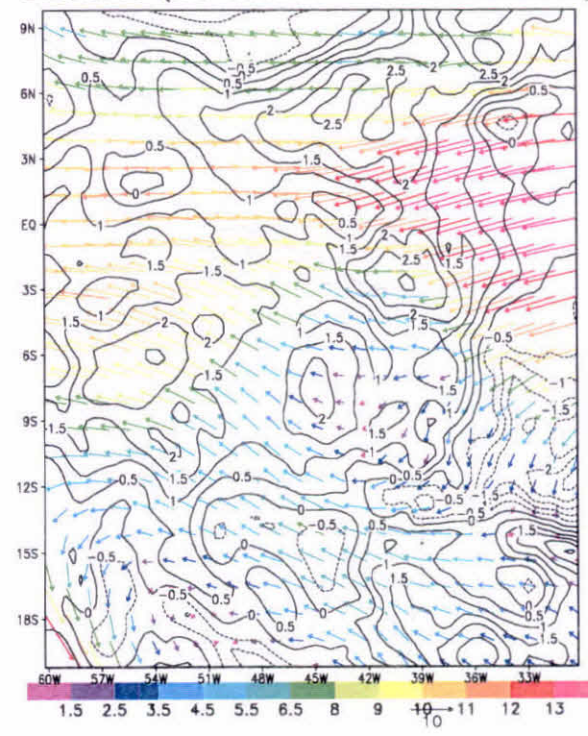
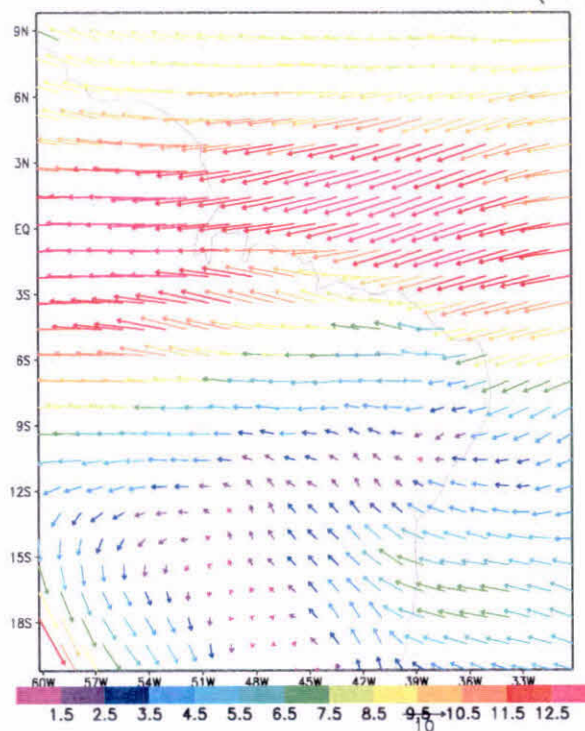
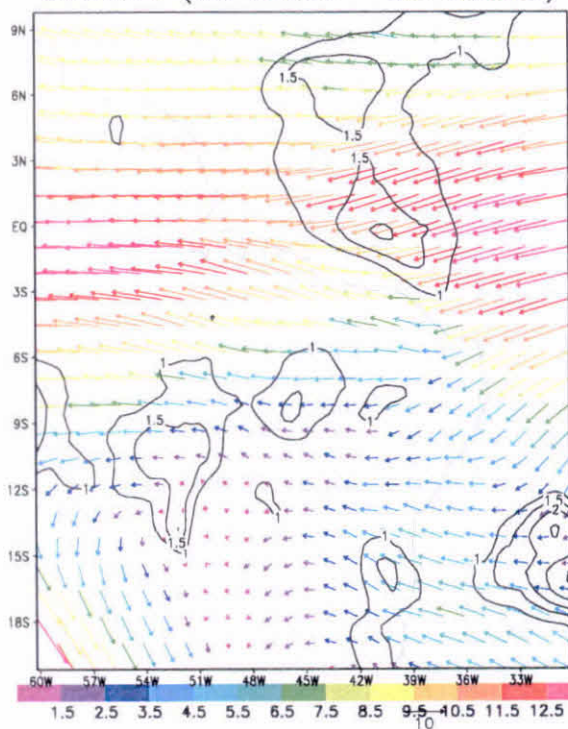


Figura 3.15a - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal e meridional para toda a estação de inverno de 1997 no nível de 700hPa das previsões de 48h de antecedência. b) Vento médio dos dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença dia anterior - dia central. c) Vento médio de dois dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença 2 dias anteriores - dia central.

Vento Medio Critico Prev.24h 700hPa (JJA)



Diferenca (dia central - dia anterior)



Diferenca (dia central - 2dias anteriores)

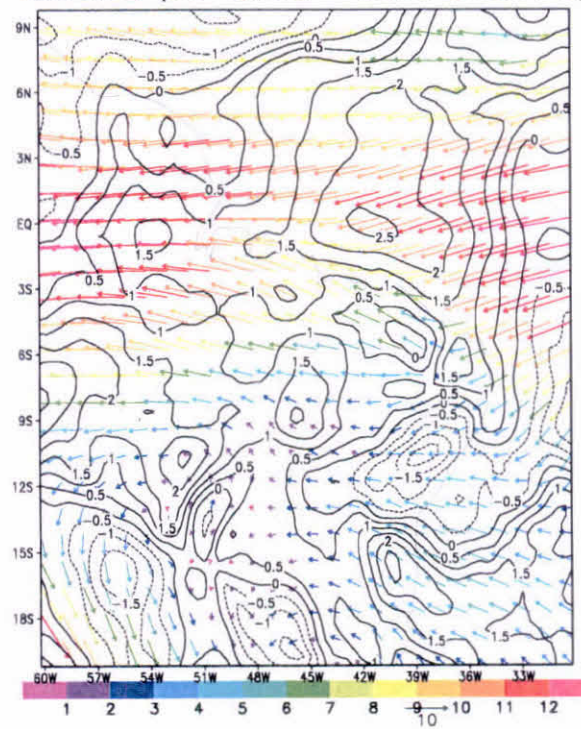


Figura 3.16a - Vento médio dos dias dos casos críticos da componente zonal e meridional para toda a estação de inverno de 1997 no nível de 700hPa das previsões de 24h de antecedência. b) Vento médio dos dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença dia anterior – dia central. c) Vento médio de dois dias anteriores aos casos críticos da componente zonal e meridional com a diferença 2 dias anteriores – dia central.

Vento U em 700hPa Prev.48h (JJA)

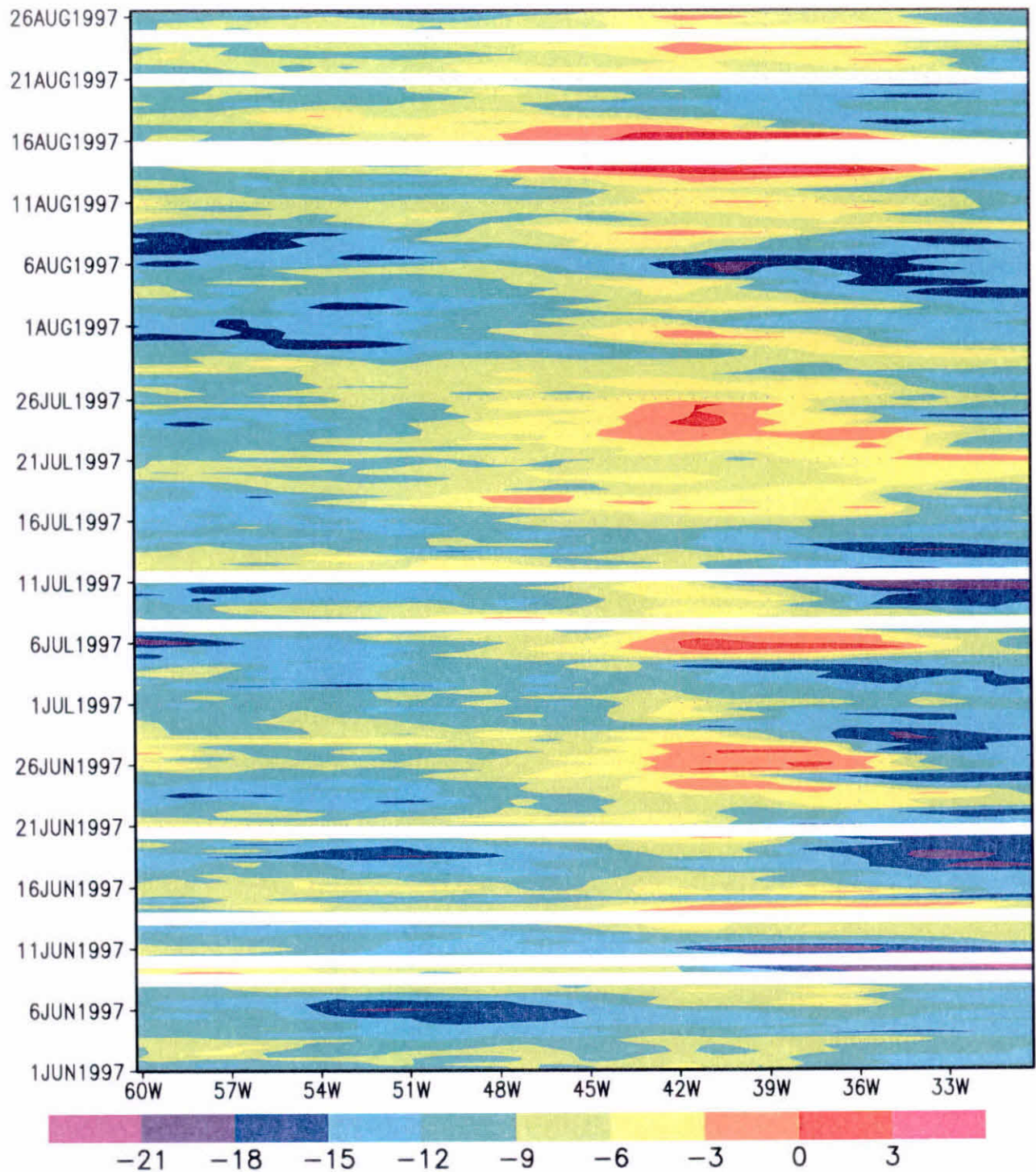


Figura 3.17 - Série temporal da componente zonal do vento expressa em m/s, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa.

Vento V em 700hPa Prev.48h (JJA)

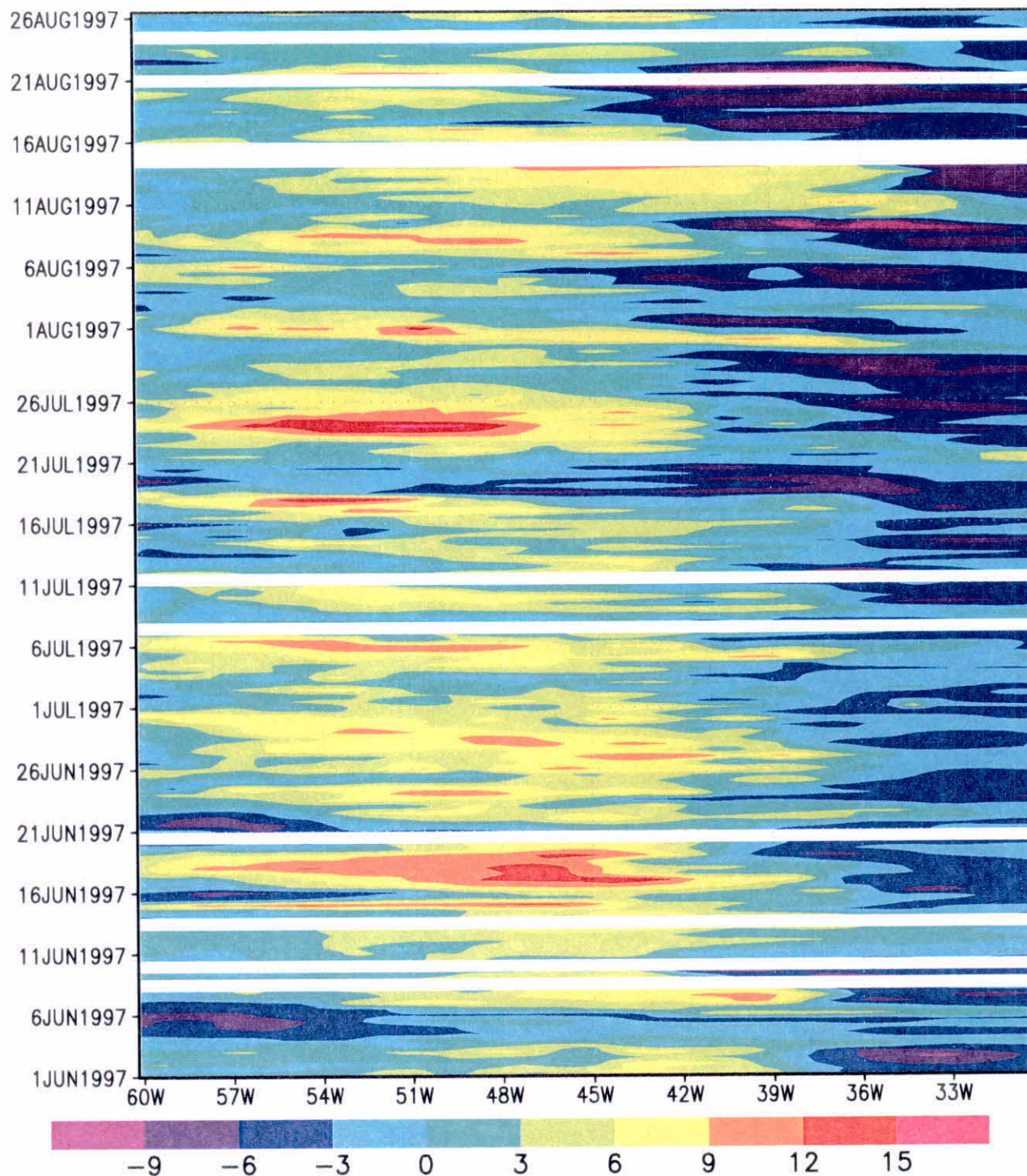


Figura 3.18 - Série temporal da componente meridional do vento expressa em m/s, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa.

Vento U em 700hPa Prev.24h (JJA)

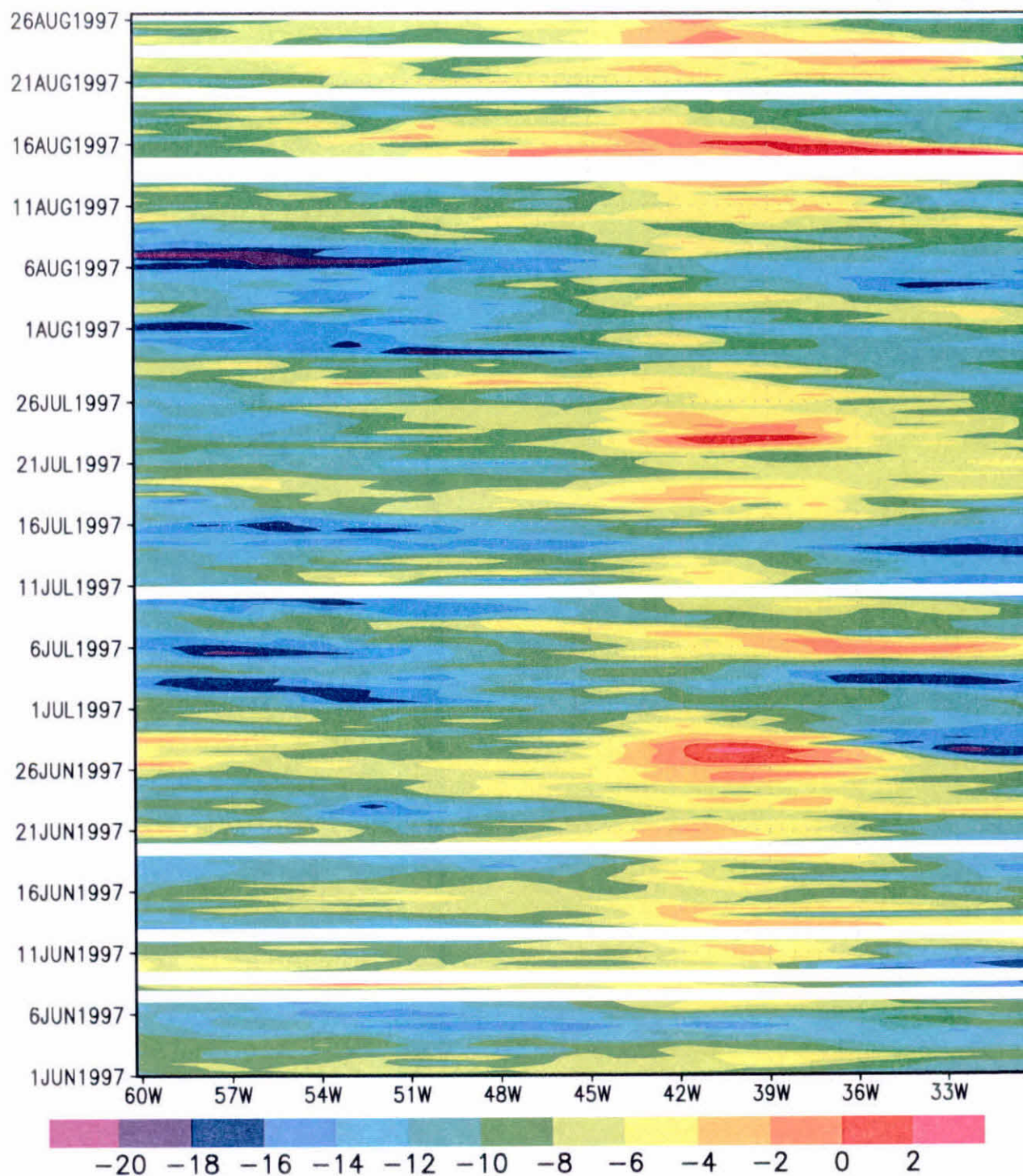


Figura 3.19 - Série temporal da componente zonal do vento expressa em m/s, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa.

Vento V em 700hPa Prev.24h (JJA)

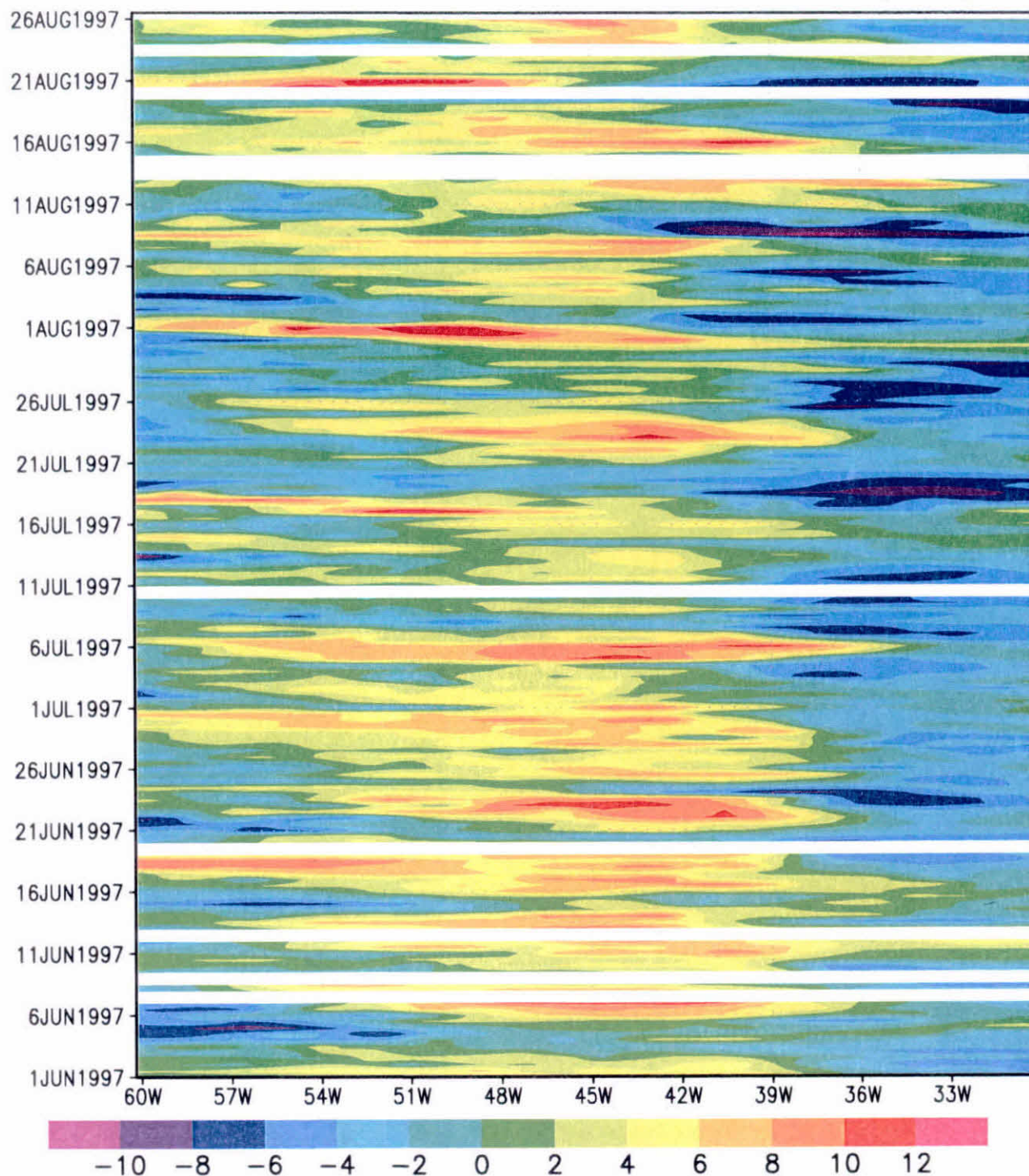


Figura 3.20 - Série temporal da componente meridional do vento expressa em m/s, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa.

Umidade Relativa em 700hPa Prev.48h (JJA)

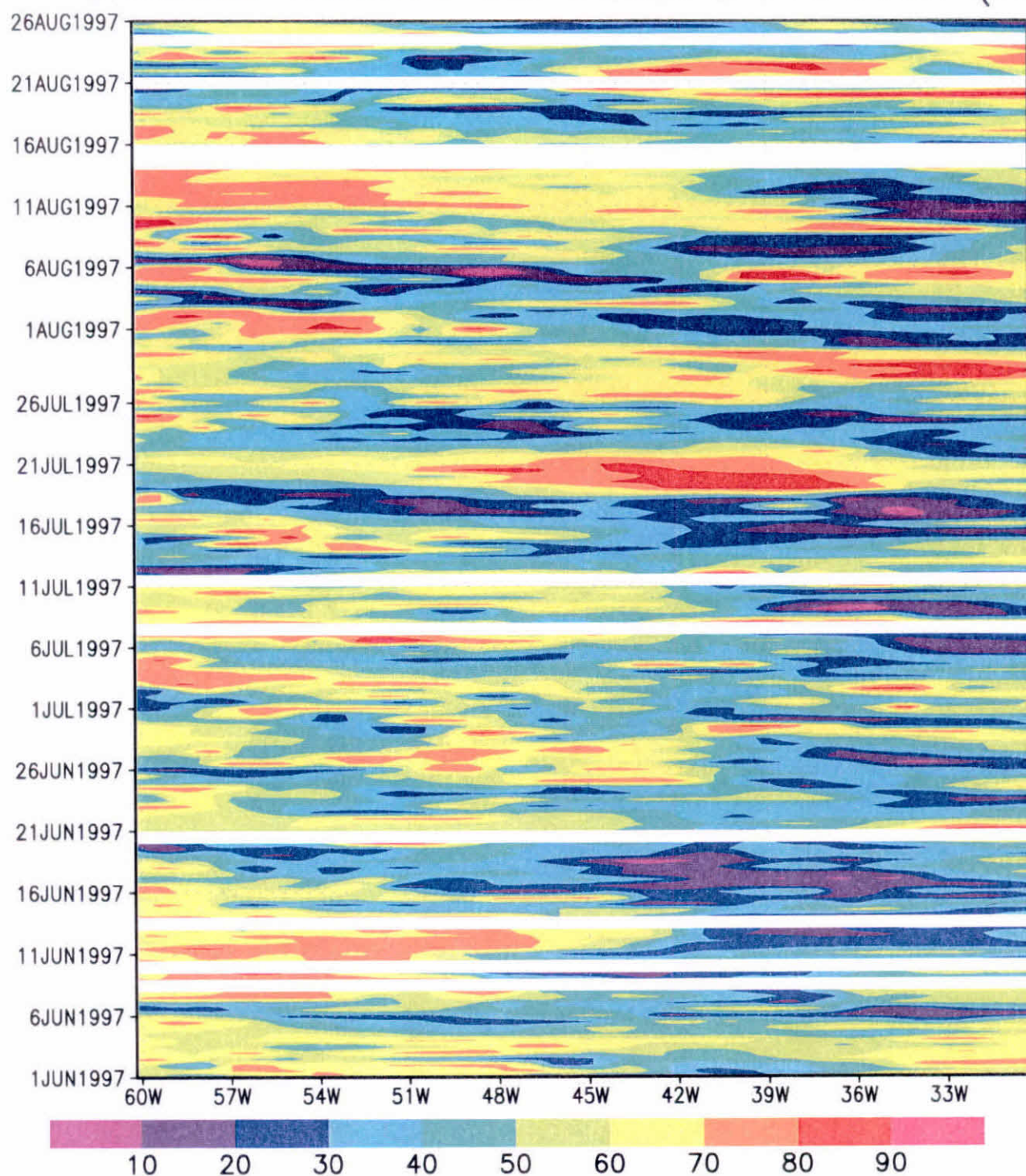


Figura 3.21 - Série temporal do campo da Umidade Relativa expressa em %, com as previsões de 48h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa.

Umidade Relativa em 700hPa Prev.24h (JJA)

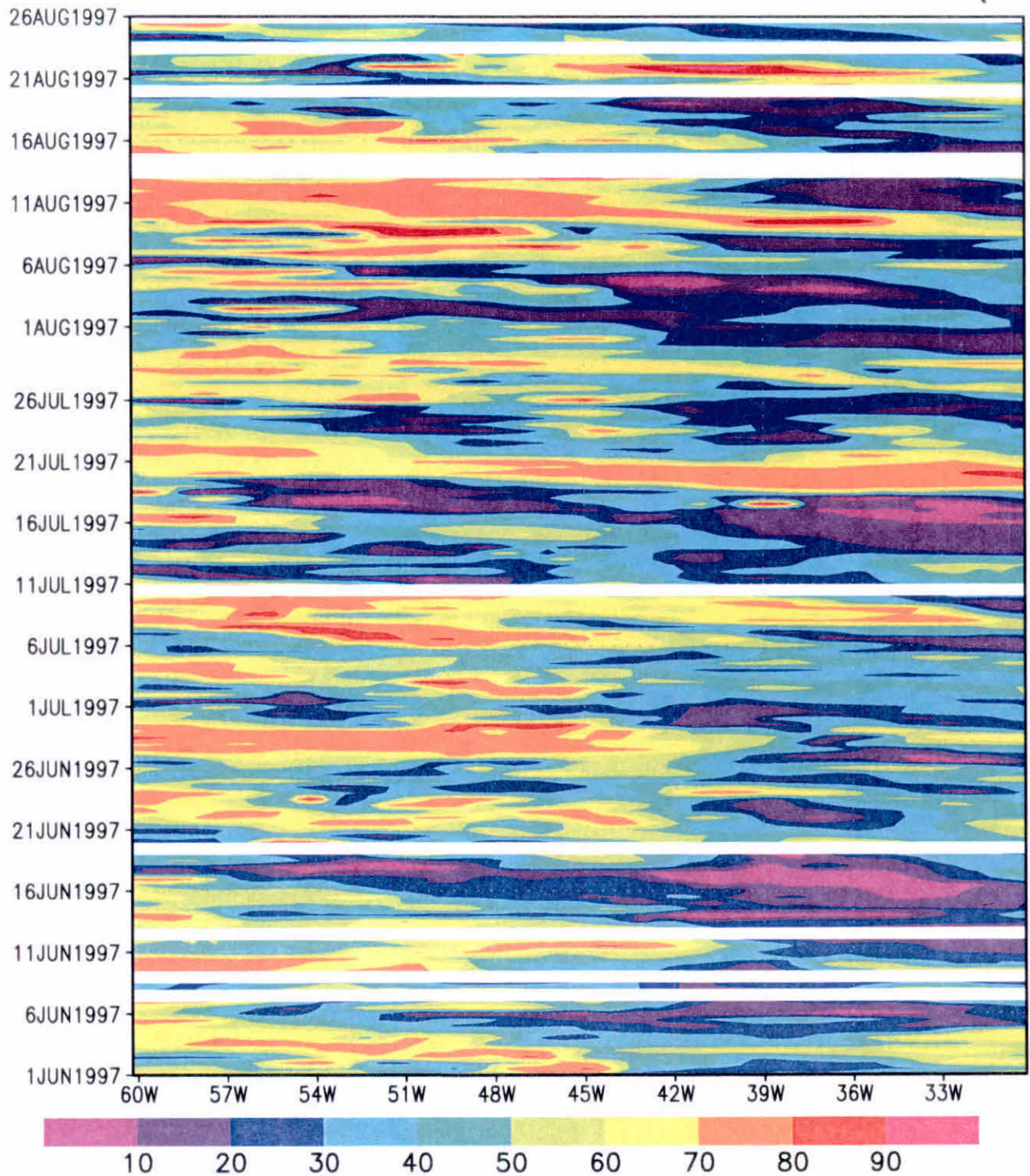


Figura 3.22 - Série temporal do campo da Umidade Relativa expressa em %, com as previsões de 24h de antecedência para toda a estação de inverno de 1997 com uma faixa zonal de latitude em 2.5°S por uma faixa de longitude de 60°W a 30°W em 700hPa.