

## **ESTUDO DO REGIME DE VENTOS NA CIDADE DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, E AVALIAÇÃO DAS PREVISÕES DO MODELO ETA**

Carlos Renato de Souza<sup>1</sup> (UNITAU, Bolsista PIBIC/CNPq)

Dra. Chou Sin Chan<sup>2</sup> (DOP/CPTEC/INPE)

### **RESUMO**

Os regimes de ventos e de temperatura observados na cidade de São Luís, MA, foram estudados e analisados com o objetivo de utilizar estes dados na avaliação dos resultados do modelo Eta. 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. Para avaliar o desempenho do modelo e para uma melhor visualização dos erros responsáveis pelas deficiências das previsões foi realizada uma análise das séries temporais dos campos de precipitação prevista pelo Modelo Eta, e imagens do canal de infra-vermelho do Satélite Goes - 8 sobre a estreita faixa latitudinal que inclui São Luís. Foi obtida a Correlação Linear entre as previsões e as observações (dados de radiossondagem de São Luís, MA) das duas componentes horizontais do vento, separadamente, e temperatura. A correlação linear do vento zonal é maior que a meridional, alcançando até aproximadamente 0,5 em altos níveis e em 750hPa, onde ocorre o vento máximo. Em geral as correlações elaboradas para as previsões de 24h de antecedência são semelhantes às de 48h. As correlações do vento meridional são as mais baixas das 3 variáveis analisadas, em torno de 0,1, e apresenta particularmente diferenças entre as correlações das previsões de 24h e 48h de antecedência. As correlações lineares entre as observações e as previsões de 24h e 48h da temperatura são baixas em aproximadamente 0,3 nos baixos níveis e mais alta em altos níveis, aproximadamente 0,5, e também semelhantes. A comparação entre as séries temporais das imagens de satélites e as precipitações previstas pelo modelo, mostra que onde ocorre maior nebulosidade, o modelo prevê precipitações, apesar da dificuldade encontrada pela presença da ZCIT na estação de verão. Em altos níveis, as mudanças do tempo (meteorológicas) são mais lentas, portanto as correlações são mais altas como se obteve nos resultados dos meses de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997. Em baixos níveis há mais turbulência por causa da proximidade com o solo e presença da convecção, justificando a diferença entre os dados previstos e os observados, e conseqüentemente a baixa correlação.

---

<sup>1</sup> Aluno do Curso de Computação Científica, UNITAU. E-mail: carlosr@cptec.inpe.br

<sup>2</sup> Pesquisadora da Divisão de Operações, CPTEC. E-mail: chou@cptec.inpe.br



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**ESTUDO DO REGIME DE VENTOS DA CIDADE DE SÃO LUIZ,  
MARANHÃO, E AVALIAÇÃO DAS PREVISÕES DO MODELO  
ETA.**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(INPE /PIBIC/CNPq)**

**Carlos Renato de Souza (UNITAU, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: [carlosr@cptec.inpe.br](mailto:carlosr@cptec.inpe.br)**

**Dra. Chou Sin Chan (DOP/CPTEC/INPE, Orientadora)  
E-mail: [chou@cptec.inpe.br](mailto:chou@cptec.inpe.br)**

**COLABORADOR**

**Dr. Roberto Guedes (CTA/IAE)**

**Junho de 2002**

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	7
1.1. Objetivo.....	7
<b>CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	8
<b>CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E ANÁLISES</b> .....	9
3.1. Seleção dos casos.....	9
3.2. Análise do Período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).....	11
3.3. Análise do Período de março, abril e maio de 1997 (MAM).....	15
3.4. Análise do Período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).....	17
3.5. Análise do Período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).....	19
<b>CAPÍTULO 4 – DISCUSSÃO E CONCLUSÃO</b> .....	23
4.1. Resumo.....	24
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA</b> .....	26
<b>APENDICE A - CRONOGRAMA DE TRABALHO</b> .....	27
<b>APENDICE B - FIGURAS</b> .....	28

## Lista de Figuras

Figura 3.1: Porcentagens de ocorrência dos casos dentro da média e dos casos fora da média chamados “críticos” das observações da componente zonal do vento na cidade de Alcântara-MA.

- (a) Durante o período dos meses de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).
- (b) Durante o período dos meses de setembro, outubro e novembro de 1997.

Figura 3.2: Série temporal observada durante os meses de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) em Alcântara-MA, onde no eixo vertical temos pressão em hPa e no horizontal os dias. As cores expressam a intensidade da componente zonal dos ventos em m/s.

Figura 3.3: Perfil médio observado durante os meses de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) em Alcântara-MA, onde no eixo vertical temos pressão em hPa e no horizontal temos a intensidade da componente zonal dos ventos em m/s.

Figura 3.4: Série temporal observada durante os meses de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) em Alcântara-MA, onde no eixo vertical temos pressão em hPa e no horizontal os dias. As cores expressam a intensidade da componente zonal dos ventos em m/s.

Figura 3.5: Perfil médio observado durante os meses de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) em Alcântara-MA, onde no eixo vertical temos pressão em hPa e no horizontal temos a intensidade da componente dos ventos em m/s.

Figura 3.6: Campo médio do Nordeste da componente zonal dos ventos durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

- (a) Componente zonal dos ventos das análises observadas (NCEP).
- (b) Componente zonal dos ventos das previsões de 24h de antecedência do Modelo Eta.
- (c) Componente zonal dos ventos das previsões de 48h de antecedência do Modelo Eta.

Figura 3.7: Campo médio do Nordeste dos ventos ocorridos nos dias críticos durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) das previsões de 48h no nível de 750hPa.

- (a) Ventos críticos médios das análises observadas (NCEP).
- (b) Ventos médios ocorridos um dia antes ao dia crítico.
- (c) Ventos médios ocorridos dois dias antes ao dia crítico.

Figura 3.8: Campo médio do Nordeste dos ventos ocorridos nos dias críticos durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) das previsões de 24h no nível de 750hPa.

- (a) Ventos críticos médios das análises observadas (NCEP).
- (b) Ventos médios ocorridos um dia antes ao dia crítico.
- (c) Ventos médios ocorridos dois dias antes ao dia crítico.

Figura 3.9: Série temporal da componente zonal do vento das previsões de 24h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

Figura 3.10: Série temporal da componente meridional do vento das previsões de 24h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa

Figura 3.11: Série temporal da componente zonal do vento das previsões de 48h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

Figura 3.12: Série temporal da componente meridional do vento das previsões de 48h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

Figura 3.13: Série temporal da umidade relativa das previsões de 24h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

Figura 3.14: Série temporal umidade relativa das previsões de 48h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa

Figura 3.15: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 24h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

Figura 3.16: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 48h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

Figura 3.17: Perfil da correlação linear entre o vetor vento previsto e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

Figura 3.18: Perfil da correlação linear entre a componente zonal do vento prevista e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

Figura 3.19: Perfil da correlação linear entre a componente meridional do vento prevista e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

Figura 3.20: Perfil da correlação linear entre a temperatura do ar prevista e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

Figura 3.21: Series temporais da componente zonal do vento para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

Figura 3.22: Series temporais da componente meridional do vento para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

Figura 3.23: Series temporais da temperatura do ar para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

Figura 3.24: Série temporal da precipitação prevista com mais de 48h de antecedência para o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

Figura 3.25 Serie temporal das imagens do Satélite Goes no canal infravermelho para o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

Figura 3.26: Gráfico da série temporal da componente vertical do vento das previsões de 24h durante o período de março, abril e maio de 1997 (MAM) no nível de 700hPa

Figura 3.27: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 48h durante o período de março, abril e maio de 1997 (MAM) no nível de 700hPa.

Figura 3.28: Perfil da correlação linear entre o vetor vento previsto e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

Figura 3.29: Perfil da correlação linear entre a componente zonal do vento prevista e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

Figura 3.30: Perfil da correlação linear entre a componente meridional do vento previsto e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

Figura 3.31: Perfil da correlação linear entre a temperatura do ar prevista e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

Figura 3.32: Series temporais da componente zonal do vento para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

Figura 3.33: Series temporais da componente meridional do vento para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

Figura 3.34: Series temporais da temperatura do ar para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

Figura 3.35: Série temporal da precipitação prevista com mais de 48h de antecedência para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

Figura 3.36 Serie temporal das imagens do Satélite Goes no canal infravermelho para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

Figura 3.37: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 24h durante o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA) no nível de 700hPa.

Figura 3.38: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 48h durante o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA) no nível de 700hPa

Figura 3.39: Perfil da correlação linear entre o vetor vento previsto e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de junho, julho e gosto de 1997 (JJA).

Figura 3.40: Perfil da correlação linear entre a componente zonal previsto e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

Figura 3.41: Perfil da correlação linear entre componente meridional do vento previsto e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

Figura 3.42: Perfil da correlação linear entre a temperatura do ar prevista e as observações da cidade de Alcântara,MA, para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

Figura 3.43: Series temporais da componente zonal do vento para o período de junho julho e agosto de 1997 (JJA).

Figura 344.: Series temporais da componente meridional do vento para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

Figura 3.45: Series temporais da temperatura do ar para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

Figura 3.46: Série temporal da precipitação prevista com mais de 48h de antecedência para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

Figura 3.47 Serie temporal das imagens do Satélite Goes no canal infravermelho para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

Figura 3.48: Campo médio do Nordeste da componente zonal dos ventos durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

(a) Componente zonal dos ventos das análises observadas (NCEP).

(b) Componente zonal dos ventos das previsões de 24h de antecedência do Modelo Eta.

Componente zonal dos ventos das previsões de 48h de antecedência do Modelo Eta.

Figura 3.49: Campo médio do Nordeste dos ventos ocorridos nos dias críticos durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) das previsões de 24h no nível de 700hPa.

(a) Ventos críticos médios das análises observadas (NCEP).

(b) Ventos médios ocorridos um dia antes ao dia crítico.

Ventos médios ocorridos dois dias antes ao dia crítico.

Figura 3.50: Campo médio do Nordeste dos ventos ocorridos nos dias críticos durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) das previsões de 48h no nível de 700hPa.

(a) Ventos críticos médios das análises observadas (NCEP).

(b) Ventos médios ocorridos um dia antes ao dia crítico.

(c) Ventos médios ocorridos dois dias antes ao dia crítico.

Figura 3.51: Série temporal da componente zonal do vento das previsões de 24h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa

Figura 3.52: Série temporal da componente meridional do vento das previsões de 24h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

Figura 3.53: Série temporal da componente zonal do vento das previsões de 48h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa

Figura 3.54: Série temporal da componente meridional do vento das previsões de 48h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

Figura 3.55: Série temporal da umidade relativa das previsões de 24h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa

Figura 3.56: Série temporal umidade relativa das previsões de 48h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa

Figura 3.57: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 24h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa

Figura 3.58: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 48h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

Figura 3.59: Perfil da correlação linear entre o vetor vento previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (JJA).

Figura 3.60: Perfil da correlação linear entre a componente zonal previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (JJA).

Figura 3.61: Perfil da correlação linear entre a componente meridional previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de junho, julho e agosto de 1997 (SON).

Figura 3.62: Perfil da correlação linear entre a temperatura do ar prevista e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

Figura 3.63: Series temporais da componente zonal do vento para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

Figura 3.64: Series temporais da componente meridional do vento para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

Figura 3.65: Series temporais da temperatura do ar para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (JJA).

Figura 366: Série temporal da precipitação prevista com mais de 48h de antecedência para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).



Figura 3.67: Serie temporal das imagens do Satélite Goes no canal infravermelho para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

## 1. Introdução

A cidade de Alcântara está situada no litoral norte brasileiro, no Estado do Maranhão. Esta cidade está numa região que apresenta fenômenos meteorológicos particulares (Anthes, R, 1983). 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 mostrada decisiva na caracterização das diferentes condições de tempo e de clima em diversas áreas da Região Tropical. O deslocamento norte-sul da ZCIT tem, aproximadamente, o período de um ano, alcançando sua posição mais ao norte em 8°N durante o verão do Hemisfério Norte, e a sua posição média mais ao sul em 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 (Black, T. L. 1994) 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 observações na avaliação das previsões do modelo Eta.

## 2. Dados e Metodologia

Para completar o estudo realizado no período de 200-2001, foi incluído o estudo dos casos críticos de DJF e SON. A etapa do trabalho apresentado neste relatório final se concentra nas avaliações do Modelo Eta das 4 estações de 1997.

A climatologia das observações foi obtida anteriormente, de forma que um perfil médio foi determinado 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.

Para avaliar o desempenho do modelo e para uma melhor visualização dos erros responsáveis pelas deficiências das previsões, foram gerados perfis médios das componentes zonal e meridional do vento que foram obtidos 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 nível<sup>(1)</sup>. Em níveis abaixo de 600hPa foram identificados às camadas onde o vento excedia o desvio padrão, esses casos foram selecionados como críticos.

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. Ao longo da latitude de 2,5°S, e entre as longitudes de 60°W à 30°W, construiu-se um gráfico de tempo x Faixa de Longitude. Esse tipo de gráfico foi elaborado também para as imagens do Satélite GOES-8, com o objetivo de avaliar e relacionar as previsões de precipitação.

Calculou-se também a Correlação Linear<sup>(2)</sup> (Climanálise, 196) entre os dados observados da estação de Alcântara, MA, e os dados das previsões do Modelo Eta, para as componentes do vento (zonal e meridional), temperatura do ar e também para o vetor vento. Acompanhou-se em certos níveis a serie temporal dos dados observados juntamente com os previstos dos horários de 24 e 48 horas de antecedência, relacionando assim os resultados obtidos da Correlação Linear em perfis verticais. Os

níveis escolhidos foram os de 750hPa, 500hPa, 250hPa, que representam os baixos, médios e altos níveis respectivamente. A Correlação é registrada entre -1 e 1. Quando as correlações forem negativas, significa que o modelo previu em sentido contrário ao observado. Quando os valores forem em torno de zero, significa que a qualidade da previsão é baixa. Quando os valores da correlação forem próximos a 1, significa que a qualidade da previsão é alta.

Com base nesses dados pôde-se fazer uma comparação e uma melhor avaliação do comportamento do modelo Eta, e assim a determinação de uma maior confiabilidade dos resultados das previsões.

O desvio padrão é calculado a partir de:

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

Onde  $x$  pode ser temperatura do ar, umidade ou vento,  $\bar{x}$  é a média e  $n$  é o número de casos ocorridos.

A correlação é calculada a partir de:

$$(2) \quad \frac{\sum [(F - \bar{F})(A - \bar{A})]}{\sqrt{\sum (F - \bar{F})^2 \sum (A - \bar{A})^2}}$$

Onde  $F$  é a variável prevista (previsões de 24h e 48h),  $\bar{F}$  é a média da variável prevista,  $A$  é a variável observada e  $\bar{A}$  é a média das observações.

### 3. Resultados e análises

#### 3.1 Seleção dos casos

Os Casos de vento que ocorreram dentro do intervalo (entre a média e o desvio padrão) foram considerados como casos "normais" e os casos em que ocorreram fora (acima ou abaixo) do intervalo como "casos críticos" ou "intensos", cujas respectivas porcentagens de ocorrências pode-se verificar na figura 3.1a para o período de verão, meses de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF), e na figura 3.1b para a primavera, meses de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON). Como o Modelo

Esta começou a ser implementado operacionalmente em 13 de dezembro de 1996, é importante considerar que foram processados os dados da estação de verão (DJF) apenas a partir dessa data.

Com o objetivo de concentrar o estudo nos ventos intensos da baixa troposfera e a visualização desses casos, foi escolhido um nível abaixo de 600hPa que apresentasse casos de ventos mais fortes com maior frequência. Como pode-se observar na figura 3.2 que apresenta o gráfico da série temporal da componente zonal do vento no período de DJF observada em Alcântara-MA, os níveis de 750hPa e 800hPa são níveis mais indicados a serem estudados. Esses dois níveis apresentam ventos de leste fortes em quase todo o período em torno de  $|10\text{m/s}|$  (em módulo). Dentre esses níveis foi escolhido apenas um como melhor nível a ser estudado. Observando a figura 3.3 onde mostra o perfil médio da componente zonal do vento observado na cidade de Alcântara-MA para o período de DJF, na qual foi observado dentre os dois níveis já selecionados aquele que apresentou maior média durante toda o período de verão, e que neste caso 750hPa foi escolhido.

A figura 3.4 apresenta a série temporal para o período de setembro, outubro e novembro (SON) da componente zonal do vento observado em Alcântara. Os níveis de 700, 750 e 800hPa se apresentaram bastante semelhantes, com vários casos de ventos fortes e quase todos de leste em torno de  $|10\text{m/s}|$ .

Apesar de o nível de 750hPa apresentar maior média dentre os três, Uma outra análise mostrou que ocorreram apenas 7 casos críticos em 750hPa, enquanto que em 700hPa verificou-se a ocorrência de 12 casos. Por esse motivo 700hPa foi escolhido como melhor nível a ser estudado no período de SON.

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

Tabela 3.1: Dias em que ocorreram os casos de ventos fortes na baixa troposfera em Alcântara-MA em 1997.

DJF	09/12, 13/12, 19/12, 21/02, 22/02, 22/12, 24/01, 25/12, 26/02, 26/12, 30/12;
SON	01/10, 04/10, 05/10, 06/11, 10/09, 12/11, 19/11, 21/10, 23/09, 26/10, 27/09, 30/09;

### 3.2. Análise do período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF)

Na figura 3.6a podemos observar o campo médio do vento zonal dos dias críticos dos dados observados (análises do NCEP) durante todo o período de verão no nível de 750hPa.

A figura 3.6b mostra o campo da componente zonal do vento das previsões de 24h de antecedência em 750hPa, 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 de Leste que chegam a registrar a velocidade média máxima entre 12m/s e 14m/s. O Modelo Eta faz uma previsão para 48h de antecedência semelhante à de 24h para essa estação, como mostra a figura 3.6c.

Pode-se notar que nas previsões de 24h e as de 48h, que ambas se apresentaram bastante próximas às análises, mas a primeira se mostrou mais próxima, simulando inclusive um campo de vento na região central do Brasil de velocidade entre 4m/s e 6m/s, o qual a previsão de 48h não simulou.

A figura 3.7a mostra a média do dia em que ocorreram os casos críticos estudados no nível de 750hPa para o período de DJF de 1997 gerados pelas previsões de 48h do Eta. E na figura 3.7b e 3.7c (seu segundo e terceiro quadro) as médias para os dias anteriores à figura 3.7a. Comparando os quadros dos dias anteriores ao dia central, percebemos a diferença dos ventos nos dias que antecederam tais dias críticos (as isolinhas). Observou-se que nos dias anteriores, sobre a área da cidade de Alcântara, não houve aceleração alguma como nota-se na região central do Brasil com uma diferença de 1m/s. Na figura 3.7c (dois dias anteriores), percebe-se diferenças maiores em relação ao dia centrado (crítico), como por exemplo, no norte do Litoral Nordeste brasileiro uma diferença de 1m/s, e na região central do Brasil chegando até a 2m/s. Porém sobre a região da cidade de Alcântara não foi encontrada nenhuma diferença significativa.

A figura 3.8 mostra o campo dos ventos intensos médio semelhantes à figura 3.7 obtidos dos dados das previsões de 24h de antecedência no mesmo nível. E observou-se pouca aceleração dos ventos nos dias anteriores (figura 3.8b e 3.8c) em relação ao dia estudado (figura 3.8a), com alguns pontos isolados com diferenças de 1m/s na região central do Brasil nos dias anteriores, e sobre o oceano dois dias anterior aos dias críticos.

A figura 3.9 mostra a série temporal do vento zonal de uma faixa de latitude entre 60°W e 30°W das previsões de 24h para todo o período de DJF de 1997 no nível

de 750hPa. Nesse período os ventos de Leste chegam a registrar a intensidade máxima de 14m/s sobre a cidade de Alcântara. Observa-se a presença desses ventos mais fortes, por exemplo, entre os dias 13 e 20 de dezembro, com uma faixa de ventos com intensidade máxima de [14m/s]. A área oceânica é coberta geralmente por ventos mais fracos segundo o Modelo, e não há dados observados para se comparar. Exatamente sobre a cidade de Alcântara nota-se algumas datas em que ocorreram alguns casos de ventos de Leste forte chegando à velocidade máxima de 18m/s, por exemplo, por volta do dia 16 de fevereiro, cobrindo toda a extensão da latitude entre 60°W e 30°W.

A figura 3.10 contém o gráfico da série temporal da componente meridional do vento de verão de 1997 com os dados obtidos das previsões de 24h de antecedência. Nota-se alguns casos de ventos de Sul de média intensidade sobre o continente chegando a registrar a velocidade máxima média de 10m/s, por exemplo, no período dos dias 13 ao dia 25 de janeiro na faixa de longitude de 54°W a 45°W.

A figura 3.11 mostra o gráfico semelhante à figura 3.9, com as previsões de 48h de antecedência da componente zonal do vento. Nessa previsão observa-se um quadro bastante semelhante às previsões de 24h, com vários casos de ventos fortes (acima de 11m/s mais frequentes) sobre a cidade de Alcântara (aprox. 45°W). Por exemplo, nos dias entre 13 e 21 de dezembro de 1996, onde se observa uma forte presença dos ventos de Leste que chegam a registrar a velocidade máxima de 14m/s. Também foi identificada uma série contínua de ventos fortes a partir do dia 1° ao dia 26 de fevereiro todos ocupando também quase toda a extensão do gráfico (de 60°W a 30°W).

A figura 3.12 mostra o gráfico da componente meridional do vento com os dados obtidos das previsões de 48h de antecedência. Nota-se que ocorreram poucos casos de ventos fortes nessa componente durante o verão. Por exemplo, no período dos dias 15 ao dia 21 de dezembro de 1996 na faixa que vai de 48°W a 42°W o modelo simulou uma pequena região de ventos fortes do Sul com velocidade de 10m/s.

A figura 3.13 mostra o gráfico do campo da Umidade Relativa em 750hPa, com os dados obtidos da previsão de 24h de antecedência. No verão, segundo o Modelo Eta de previsão, se mostrou ser uma estação úmida com umidade relativa maior que 60%, com muitos casos de alta taxa de umidade relativa acima de 80% sobre o Oceano Atlântico. E no continente a ocorrência de alguns casos isolados de baixa taxa de umidade, por exemplo, no dia 21 de dezembro de 1996 com cerca de 20%.

A figura 3.14 mostra o campo da Umidade Relativa no mesmo nível com os dados de 48h de antecedência do Modelo, com uma certa diferença das previsões de

24h. Segundo o Modelo, essa estação de verão apresentou sobre a região oceânica taxas de umidade mais baixa que as previsões de 24h, na faixa longitudinal de 42°W a 36°W, por exemplo, nos dias 23, 14 de dezembro de 1996 e por volta do dia 27 de fevereiro de 1997, chegando a simular uma taxa máxima de 20% de umidade relativa.

A figura 3.15 apresenta a seção latitude x tempo do movimento vertical para o período de DJF para as previsões de 24h de antecedência. Notou-se que a estação se apresentou na sua maioria em torno de zero, ou seja, movimentos verticais fracos, com alguns casos positivos (movimentos para baixo) sobre o Oceano Atlântico na faixa longitudinal de 42°W a 38°W na maioria dos dias desse período, registrando uma velocidade máxima de 0,4Pa/s. Notaram-se poucos casos negativos (movimentos para cima).

Nota-se uma semelhança entre esse gráfico e o da figura 3.16 que apresenta o mesmo campo com a mesma componente do vento para as previsões de 48h de antecedência. Estes com menos casos de deslocamentos para baixo, com alguns, por exemplo, nos dias 16, 19, 22 e por volta do dia 26 de dezembro de 1996. No restante da estação a componente se manteve próxima a zero, entre -0,2 e 0,2Pa/s.

A figura 3.17 apresenta o gráfico da correlação linear calculada para o vetor vento no período correspondente, onde estão plotados os horários das previsões de 24h e 48h de antecedência onde nos primeiros níveis parte da correlação se mostrou negativa (em torno de -0,05) e parte positiva (em torno de 0,25). Nos níveis médios a correlação se apresentou baixa também, em torno de 0,1. E nos altos níveis foi registrado um pequeno aumento, em torno de 0,3. Tanto as previsões de 24h como as de 48h se mantiveram nessa faixa, e próximas.

A figura 3.18 mostra o gráfico da correlação linear calculada para a componente zonal do vento. Nos níveis mais baixos a correlação se mostrou baixa, as previsões de 48h em torno de 0,05 em 1000hPa, e as de 24h negativas, em torno de -0,09. Mas em geral, nos baixos níveis a correlação se mostrou abaixo de 0,4. Nos níveis médios, a correlação se apresentou em torno de 0,3, tanto nas previsões de 24h quanto nas de 48h se mantiveram nessa magnitude. Nos altos níveis a correlação aumenta um pouco, com a previsão de 24h registrando até 0,5 em 100hPa.

A figura 3.19 mostra a correlação calculada para a componente meridional do vento para o período em questão. Nota-se que a correlação para essa variável é baixa em quase todos os níveis, parte dela se mantém negativa, outra parte positiva, mas na sua



maioria em torno de zero. E as previsões de 24h e 48h se mostraram diferentes uma da outra.

A figura 3.20 mostra a correlação linear entre a temperatura do ar observada e a prevista para o período correspondente. A correlação da temperatura nos baixos níveis é baixa, em torno de 0,15, nos níveis médios a correlação aumenta um pouco ficando em torno de 0,4, e em altos níveis aumenta um pouco mais, com a previsão de 24h registrando uma correlação de até 0,65.

A figura 3.21 mostra as séries temporais da componente zonal do vento, onde estão plotadas as previsões de 24h e 48h e as observações. Como se pode notar em 750hPa as previsões, tanto de 24h como as de 48h permaneceram ligeiramente deslocadas em relação às observações, o que justifica uma correlação baixa no nível de 750hPa mostrada na figura 3.18 que foi em torno de 0,35. Em 500hPa nota-se também que ocorreu deslocamento pequeno das previsões em relação às observações, o que justifica também uma correlação baixa em 500hPa na figura 3.18 (em torno de 0,25). Em 250hPa as previsões de 24h e 48h também apresentaram um ligeiro deslocamento em relação às observações, justificando assim os valores da correlação em torno de 0,35 na figura 3.18.

A figura 3.22 mostra as séries temporais da componente meridional do vento referente aos níveis de 750hPa, 500hPa, 250hPa juntamente com as observações das previsões de 24h e 48h. Em 750hPa as previsões de 24h e 48h se mostraram um pouco diferentes das observações, justificando assim as baixas correlações na figura 3.19. Em 500hPa, as curvas das previsões acompanharam as observações, causando assim um aumento das correlações para 0,25. Em 250hPa, as previsões se mantiveram próximas às observações, porém em pequenos períodos se apresentaram deslocadas em relação às observações ocasionando uma correlação um pouco baixa, em torno de 0,1.

A figura 3.23 mostra as séries temporais da temperatura para o período correspondente (DJF). Em 750hPa as previsões de temperatura se mantiveram próximas às observações com alguns dias em particulares em ocorreu uma previsão deslocada em relação às observações, ocasionando assim uma correlação média em torno de 0,5 como mostra a figura 3.20. Em 500hPa as previsões se mantiveram muito próximas às observações, com poucos dias diferentes as observações, causando assim uma correlação relativamente alta, em torno de 0,65.

A figura 3.24 apresenta a série temporal da precipitação onde foram selecionados os últimos horários da previsão gerada pelo Modelo Eta, sempre acima de

54h de antecedência da previsão, por motivos da maior confiabilidade que existe nos dados de previsão de precipitação dos horários mais longos.

A figura 3.25 mostra o mesmo período da a figura anterior, porém com imagens de brilho do satélite GOES no infravermelho. Apesar de os dados das imagens estarem bastante falhos, com certa dificuldade percebe-se uma correlação entre as figuras 3.24 e 3.25 durante o período do dia 21 de janeiro ao dia 1 de fevereiro, onde se encontram acúmulos de nebulosidade (na figura 3.25) na faixa de 57°W a 45°W. Na figura 3.24 percebe-se também que nesse mesmo período de dias, o modelo previu precipitações porem com uma certa diferença de posição da precipitação em relação à nebulosidade.

### 3.3. Análise do período de março, abril e maio de 1997 (MAM)

A figura 3.26 apresenta a série temporal da seção de latitude 2,5°S na faixa de longitude entre 60°W e 30°W da componente vertical do vento (omega) expressa em Pa/s, referente ao período dos meses de março, abril e maio (MAM) de 1997, dos dados das previsões de 24h de antecedência do Modelo Eta no nível de 700hPa. Segundo as previsões do modelo, esse período se apresentou bastante uniforme quanto aos movimentos verticais, na sua maioria ventos com velocidade em torno de -0,2 a 0,2Pa/s. Com alguns poucos casos com velocidade acima de 0,2Pa/s, como por exemplo, aproximadamente no dia 13 de maio, entre as longitudes 51°W e 41°W, com velocidade positiva, ou seja, ventos com movimentos para baixo, com intensidade entre 0,2 e 0,4Pa/s. Nota-se também que no período de 18 a 22 de maio foram previstos ventos com movimentos para cima, ou seja, com velocidade negativa e com intensidade entre -0,2 e -0,4Pa/s, na faixa de 48°W e 40°W de longitude.

A figura 3.27 mostra a série temporal da mesma componente vertical do vento para o mesmo período (MAM) com os dados das previsões de 48h de antecedência do Modelo Eta. Esse horário de previsão se mostrou bastante próximo ao de 24h de antecedência, ou seja, com as mesmas características apresentadas. Bastante uniforme, em torno de -0,2 e 0,2Pa/s, com alguns casos em que esses valores são ultrapassados.

A figura 3.28 mostra o perfil da correlação linear entre o vetor vento observado e o previsto. A correlação foi obtida para o período correspondente (MAM) para as previsões de 24h e 48h de antecedência. Como se pode notar as correlações lineares nos

baixos níveis são baixas, as previsões de 24h são próximas de zero, enquanto que as de 48h são negativas, em torno de  $-0,3$ . Nos níveis próximos a 750hPa, por exemplo, a correlação aumenta, significando uma melhora na qualidade de previsão, registrando em torno de 0,6. Nestes níveis se encontram os máximos dos ventos de baixo nível. Em níveis médios a correlação diminui um pouco em torno de 500hPa, mas volta a aumentar por volta de 200hPa, onde os ventos voltam a se intensificar e a correlação é de aproximadamente 0,4.

A figura 3.29 apresenta o gráfico da correlação linear calculada para a componente zonal do vento, onde se pode notar que próximos à superfície a correlação é baixa, em torno de zero, mas aumenta de acordo com a altitude até o seu máximo em 750hPa, chegando a 0,8 nas previsões de 24h. Em níveis altos e médios a correlação se manteve em torno de aproximadamente 0,65.

A figura 3.30 mostra a correlação linear da componente meridional do vento observado e previsto com 24h e 48h de antecedência. Nota-se que em baixos níveis a correlação é baixa, porém maior que o vetor vento, em torno de aproximadamente 0,25. Em 750hPa chega-se ao máximo, neste nível o vento meridional é igualmente fraco. Já em níveis médios a correlação aumenta para aproximadamente 0,55. Há uma grande diferença entre 24h e 48h de previsão, sendo bem melhor a de 24h nos níveis médios.

A figura 3.31 mostra a correlação linear da temperatura do ar entre as observações e as previsões de 24h e 48h. Nota-se que em geral esta variável apresentou baixa correlação, em torno de aproximadamente 0,15.

A figura 3.32 mostra as series temporais de MAM da componente zonal do vento em 3 níveis. Onde em 750hPa a curva das previsões acompanham as das observações, o que gerou uma correlação alta, em torno de 0,8 como mostrado na figura 3.29. Em 500hPa, nos primeiros dias as previsões foram deficientes apresentando grandes erros em relação às observações. As previsões de 24h e 48h, em geral, se mantiveram próximas às observações, gerando assim uma correlação média, em torno de 0,55. Em 250hPa as previsões se mostram bastantes próximas às observações, com poucos dias de erros, portanto justificam-se assim as correlações maiores nos altos níveis como mostrado na figura 3.29.

A figura 3.33 mostra as séries temporais da componente meridional do vento para o período respectivo (MAM). Em 750hPa a discordância das previsões com as observações que explica os valores baixos de correlação mostrados na figura 3.30. Em 500hPa as previsões se mostram um tanto próximas às observações, com alguns

períodos em que se apresentam deslocadas em relação às observações, ocasionando uma alta da correlação (em torno de 0,55), como mostrado na figura 3.30. Em 250hPa as previsões se comportam com períodos de acertos e períodos de erros, ocasionando assim uma correlação um pouco baixa (em torno de 0,4).

As serie temporais da temperatura do ar são mostradas na figura 3.34. Tanto em 750hPa como em 500hPa as previsões se mostraram diferentes das observações, ocasionando assim uma baixa correlação linear. Em 250hPa as previsões se mostraram um pouco mais próximas às observações causando um leve aumento da correlação na figura 3.31, em torno de 0,3, porém ainda considerada baixa. Nota-se que a temperatura do modelo apresenta pouca variabilidade em relação às observações.

A figura 3.35 apresenta a serie temporal da precipitação para o período em questão com os horários maiores que 48h das previsões do modelo Eta. As chuvas se intensificaram sobre o continente marcando claramente o litoral. A figura 3.36 mostra a mesma serie temporal com as imagens infravermelho do satélite GOES. Nota-se que nas imagens de satélites (figura 3,36) há a ocorrência de uma serie de nebulosidade mais acentuada no período do dia 1 de maio a 10 de maio aproximadamente. E na figura 3.35, o modelo prevê com uma certa dificuldade essa série de precipitações. As chuvas do modelo são mais frequentes do que registradas nas imagens.

#### 3.4. Análise do período junho, julho e agosto de 1997

A figura 3.37 apresenta a série tempo x latitude da componente vertical do vento ( $\omega$ ) para o período dos meses de junho, julho e agosto de 1997 (JJA), ao longo de 2,5°S, com as previsões de 24h de antecedência do Modelo Eta no nível de 700hPa. Segundo o Modelo, o período se apresentou com movimento vertical bastante uniforme sobre a região oceânica (faixa de longitude de 45°W a 30°W, aproximadamente) com velocidades entre -0,2 e 0,2 Pa/s. Porém sobre a região do continente notaram-se vários casos excedendo esses valores, como por exemplo, nos dias 11 e 12 de julho, entre as longitudes 50°W e 40°W, com velocidade decrescente entre 0,2 e 0,4 Pa/s. E como exemplo de ventos com movimentos ascendentes intensos (velocidade negativa) observaram-se o período entre 7 a 12 de agosto entre 60°W a 45°W de longitude, com movimento ascendente acima de 0,4 Pa/s.

A figura 3.38 apresenta a série temporal das previsões de 48h de antecedência para o mesmo período (JJA). Essas previsões apresentaram-se semelhantes à figura 3.37, com a área oceânica com velocidade uniforme em torno de  $-0,2$  a  $0,2$  Pa/s. E com breves casos de ventos com movimentos ascendentes de  $0,2$  Pa/s, por exemplo, nos dias de 22 a 26 de julho, na faixa de  $54^{\circ}$ W a  $48^{\circ}$ W de longitude, chegando a registrar uma velocidade entre  $0,2$  e  $0,4$  Pa/s. Os ventos com velocidades negativas abaixo de  $-0,2$  Pa/s não se apresentaram em grandes casos, apenas pequenos focos foram notados sobre a área continental.

A figura 3.39 mostra o gráfico da correlação linear calculada para o vetor vento do período JJA. Nota-se que nos baixos níveis a correlação se apresentou relativamente baixa, em torno de  $0,35$ . Em níveis médios ela se mostrou alta, em torno de  $0,65$ . E em altos níveis a correlação aumentou um pouco chegando até a registrar  $0,75$  aproximadamente na previsão de 24h em  $150$ hPa, e logo em seguida em  $100$ hPa caindo para aproximadamente  $0,3$ .

A figura 3.40 apresenta a correlação linear da componente zonal do vento, nota-se que em baixos níveis a correlação se apresenta baixa, em torno de  $0,3$ , e aumentando em médios níveis, em torno de  $0,75$ , e mantendo-se nessa faixa em altos níveis. Os valores são maiores do que os do vetor vento,

A figura 3.41 mostra o gráfico da correlação linear calculada para componente meridional do vento. Nota-se que em baixos níveis a correlação se apresenta baixa, em torno de  $0,15$ . E em médios e em altos níveis a correlação se passa para  $0,5$ .

A figura 3.42 apresenta a correlação linear da temperatura do ar, onde em baixos níveis se mostra em torno de  $0,2$  aproximadamente, e em médios e altos níveis ela se apresenta relativamente baixa em relação às outras estações com valores em torno de  $0,3$ , em torno de  $0,3$ .

Os gráficos contidos na figura 3.43 mostram as séries temporais da componente zonal do vento. Pode-se notar que em  $750$ hPa os ventos apresentaram grandes variações, com eventos de intensidade de jatos, o modelo previu razoavelmente bem em quase todo o período, ocasionando assim uma correlação linear em torno de  $0,4$ . Em  $500$ hPa ocorre a mesma consistência das previsões em relação às observações, ocasionando uma correlação em torno de  $0,75$ . Em  $250$ hPa, já não ocorre o mesmo, há períodos de acerto e também de erros, que ocasiona uma redução da correlação (em torno de  $0,5$ ).

A figura 3.44 apresenta as series temporais da componente meridional do vento. Em 750hPa nota-se que há um certo afastamento das previsões em relação às observações, ocasionando uma baixa correlação (em torno de 0,25). Em 500hPa, ocorre uma melhor performance das previsões, justificando assim uma alta correlação registrando em torno de 0,6 aproximadamente, assim como em altos níveis (em torno de 250hPa).

A figura 3.45 apresenta as séries temporais da temperatura do ar. Em 750hPa as apresentaram uma boa previsão, ou seja, bem próxima às observações, ocasionando uma correlação alta, porém em 700hPa a correlação baixou para  $-0.05$  (como mostrado na figura 3.42). Em 500hPa, as previsões não se apresentaram próximas às observações, justificando assim uma baixa correlação, em torno de 0,2. Em 250hPa as previsões mostraram um certo deslocamento nos valores em relação às observações, ocasionando assim uma previsão relativamente média, em torno de 0,4. Enfim, o modelo apresenta deficiências nas previsões de temperatura nesta estação do ano.

A figura 3.46 apresenta a série temporal dos últimos horários de previsão da precipitação pelo modelo. E a figura 3.47 mostra a série no mesmo período referente às imagens de satélites. Nota-se que por volta dos dias 10 de agosto e 13 de agosto ocorreu uma série de nebulosidade mais profunda, e o modelo previu precipitações para o mesmo período de dias e no mesmo local (na faixa de  $60^{\circ}\text{W}$  a  $45^{\circ}\text{W}$ ).

### 3.5. Análise do período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON)

Na figura 3.48a nota-se o campo de vento zonal médio para os dias críticos dos dados observados durante todo o período de primavera (SON) em 700hPa.

A figura 3.48b mostra a componente zonal do vento no nível de 700hPa dos casos resultantes das previsões de 24h do Modelo Eta. O vento máximo ocorre sobre o Litoral do Pará e Maranhão. Nota-se na figura 3.48a (Análises do NCEP) que foram registrados no Litoral do Norte do Brasil ventos fortes que as simulações de 24h de antecedência subestimou, registrando apenas uma pequena área próxima à ilha de Marajó com a mesma intensidade média nas datas em ocorreram os casos de ventos críticos. E a previsão de 48h de antecedência (figura 3.48c) chegou a prever os ventos

com intensidade ainda mais fracas. Os ventos máximos em 48h estavam sobre a região do Oceano Atlântico Tropical Norte.

A figura 3.49a mostra os gráficos feitos com as duas componentes do vento: zonal e meridional sendo representadas por vetores no nível de 700hPa para o período da primavera de 1997 obtidos a partir das previsões de 24h de antecedência do Modelo Eta. A figura 3.49b mostra através de isolinhas de intensidade, a aceleração dos ventos entre um dia anterior e o dia crítico, e na figura 3.49c para dois dias anteriores.

Nota-se nos gráficos que há uma perturbação dos ventos de leste na região norte do Brasil vindo do Oceano Atlântico entrando no continente chegando a medir a velocidade máxima média de 11m/s. No acompanhamento do comportamento dos ventos nos dias anteriores verifica-se a diferença dos ventos do dia crítico em relação aos dias anteriores. Por exemplo, no quadro que mostra 1 dia anterior ao dia crítico (figura 3.49b), pode-se observar nas isolinhas a diferença dos ventos sobre a região de Alcântara-MA, chegando a registrar a intensidade de até 2m/s de diferença, o que significa que nesses dias que antecederam os dias críticos. Os ventos se aceleravam numa taxa aproximada de 2m/s/dia com menos intensidade na região.

Na figura 3.49c ainda, nota-se que as isolinhas mostram uma diferença maior de intensidade dos ventos em relação aos dias críticos (Figura 3.49a), e percebe-se claramente o aumento da intensidade de acordo com o passar dos dias até chegar nos dias críticos.

A figura 3.50 é bastante semelhante à figura 3.49 que mostra os mesmos campos para a previsão de 48h de antecedência. Nota-se que a previsão de 24h apresentou aceleração do vento apresentou aceleração do vento em torno de 2m/s consistente com as previsões de 48h. Nota-se que as acelerações iniciam sobre Atlântico e se propagam para o interior do continente.

A figura 3.51 mostra o gráfico com seções temporais x faixa de latitude zonais da componente zonal do vento simulado com 24h de antecedência para toda a estação da primavera de 1997 na altitude de 700hPa. Percebe-se uma estação bastante perturbada, com forte presença dos ventos de leste chegando a registrar a velocidade máxima de 14m/s em várias regiões tanto continentais como oceânica. Em geral, os ventos zonais apresentam um deslocamento para oeste no decorrer dos dias, como por exemplo, nos dias 15 e 16 de setembro, e de 23 a 27 de setembro em toda a longitude do gráfico (de 60°W a 30°W).

A figura 3.52 apresenta o mesmo gráfico para o mesmo período com as previsões de 24h de antecedência com o campo de vento meridional, o qual se apresenta sobre a região de Alcântara com uma intensidade média de 8 a 12m/s. Com presença de ventos fortes do Norte em datas isoladas, por exemplo, no dia 27 de setembro sobre a cidade de Alcântara (aprox. lat. 2,5°S, long. 44°W).

A figura 3.53 mostra o mesmo tipo de gráfico com o campo de vento zonal para o mesmo período de primavera obtidos dos dados da previsão de 48h de antecedência a qual concorda com as previsões de 24h (figura 3.51), nas intensidade e nas datas de ocorrências dos ventos mais fortes.

A figura 3.54 mostra o mesmo tipo de gráfico com a componente meridional do vento para o mesmo período da primavera de 1997 (SON) com os dados obtidos da previsão de 48h de antecedência do Modelo Eta. Nota-se que essa componente do vento apresenta alguns períodos de ventos mais fortes sobre a cidade de Alcântara, em geral entre 48°W e 40°W com intensidade máxima média de 12m/s em datas isoladas, por exemplo, no período dos dias de 19 a 21 de setembro, de 27 de outubro ao dia 1° de novembro.

A figura 3.55 mostra o campo da Umidade Relativa em 700hPa na primavera (SON) de 1997, numa série temporal de faixa de latitude por tempo com os dados obtidos das previsões de 24h de antecedência. Observou-se que esta estação mostrou-se com baixas taxas de umidade sobre o Oceano Atlântico, ou seja, com massas de ar seco; e com altas taxas sobre o continente, portanto com ocorrências de massas de ar úmidas. Apesar de o oceano ser uma grande fonte de umidade, os valores de umidade relativa se encontram sobre o continente. Registraram-se alguns casos de taxas de umidade baixas sobre o continente, por exemplo, nos dias entre 23 de outubro e 5 de novembro na faixa longitudinal de 60°W a 51°W.

A figura 3.56 mostra o mesmo campo da figura anterior, para o mesmo período de tempo, mas com os dados obtidos pela previsão de 48h de antecedência. Notou-se uma grande semelhança das previsões de 24h e 48h, entretanto a previsão de 48h abaixou a umidade relativa em geral.

A figura 3.57 apresenta o gráfico da série temporal da componente vertical do vento com os dados das previsões de 24h de antecedência. O modelo previu essa componente próxima de zero, entre zero e 0,2Pa/s para quase toda a estação. Com alguns casos de movimentos positivos (deslocamento para baixo) sobre o continente



chegando a 0,4Pa/s. E alguns pequenos casos de deslocamentos negativos também sobre o continente.

A figura 3.58 mostra o mesmo gráfico com as previsões de 48h de antecedência. É importante notar a homogeneidade da componente nessa estação nesse horário de previsão, pouca semelhante com as previsões de 24h (figura 3.57), porém com muito menos casos de movimentos tanto positivos quanto negativos. E os poucos casos que foram simulados, são fracos e todos sobre o continente.

A figura 3.59 mostra o gráfico da correlação linear calculada para o vetor vento, onde nota-se que em baixos níveis a correlação linear mostrou-se baixa, em torno de 0,15, em níveis médios aumentando para 0,5, e em altos níveis se apresentando em torno de 0,3.

A figura 3.60 apresenta a correlação linear da componente zonal do vento, onde pode-se notar que em baixos níveis a correlação mostra-se baixa, e em níveis médios ela se apresenta um pouco maior em torno de 0,4, com uma queda em 600hPa indo para 0. Em altos níveis a correlação mostra-se relativamente alta, pois apresenta muita variação, ficando em torno da média de 0,5.

A figura 3.61 mostra a correlação linear calculada para a componente meridional do vento, onde se pode notar que em baixos níveis assim como a componente meridional, a correlação mostra-se baixa, em torno de 0,2. Em níveis médios ela se mantém na mesma faixa, e em altos níveis aumenta para 0,5.

A figura 3.62 apresenta a correlação linear calculada para a temperatura do ar. Nota-se que em baixos níveis a correlação mostrou-se negativa e acima de 900hPa aumenta até chegar a 0,55 em 750hPa nas previsões de 48h. Em médios e altos níveis a faixa de correlação se mantém na mesma, em torno de 0,4, com grandes variações.

Os gráficos contidos na figura 3.63 mostram as séries temporais para a componente zonal do vento. Em 750hPa as previsões se mostraram bastantes próximas às observações, justificando assim as médias correlações em 750hPa mostradas na figura 3.60. Em 500hPa as previsões se mostraram um pouco afastadas das observações, ocasionando assim praticamente a mesma correlação que foi obtida em 750hPa, em torno de 0,5. E em altos níveis, em 250hPa particularmente, as previsões se mostram mais próximas às observações do que nos outros níveis justificando assim a correlação mais alta do período para esta variável em 200hPa, em torno de 0,65, assim como já foi mostrado na figura 3.60.

A figura 3.64 apresenta as séries temporais da componente meridional do vento, e nota-se que em 750hPa há uma certa diferença entre as previsões e as observações, em determinados períodos, ou seja, resulta numa baixa correlação, assim como mostrado na figura 3.61. Em 500hPa as previsões se mantiveram um pouco próximas às observações, mas ainda com períodos de diferenças que ocasionaram uma correlação em torno de 0,35, mas em 250hPa as previsões se mostraram mais próximas às observações em quase todo o período justificando assim o aumento da correlação nos altos níveis chegando a registrar até 0,7.

A figura 3.65 mostra as series temporais da temperatura do ar. Nota-se que em 750hPa as previsões se mantiveram um pouco mais frias e de pouca variação em relação às observações, ocasionando assim uma correlação baixa como mostrado na figura 3.62. Em 500hPa as previsões se mantiveram um pouco diferentes das observações assim como ocorreu em 250hPa, ocasionando uma correlação media (em torno de 0,5).

A figura 3.66 mostra a série temporal dos últimos horários das previsões do modelo Eta, para o período em questão. E a figura 3.67 apresenta a mesma serie temporal para as imagens de satélite. Nota-se que, por exemplo, a partir do dia 22 de novembro aproximadamente ocorre uma série de nebulosidade indicada nas imagens de satélite. O modelo previu uma série de precipitações para o mesmo período, porém um pouco antecipado, começando aproximadamente em 19 de novembro.

#### 4. Discussão e Conclusão

O modelo apresentou resultados bastante satisfatórios nos níveis críticos dos períodos analisados (DJF e SON). Nos casos mais intensos (críticos), as previsões estavam bem próximas às observações, portanto a qualidade das previsões são consideradas boas.

Notou-se que nos meses de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 os ventos mais intensos ocorreram no nível de 750hPa 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. Foi considerado vento forte acima de aproximadamente 11m/s.

Notou-se que nos meses de setembro, outubro, e novembro de 1997 os ventos mais intensos ocorreram nos níveis de 700hPa também as 12z nas datas já mencionadas. Nesse período o Modelo Eta apresentou um resultado satisfatório, prevendo valores e intensidade próximos às observações ou às análises. No período de DJF o Modelo apresentou resultados mais próximos ainda das observações, tanto em intensidade simuladas quanto em posição das ocorrências dos ventos fortes nos níveis críticos analisados.

A partir da correlação linear calculada para as 4 estações do ano de 1997 separadamente, pode-se notar que em baixos níveis os valores são baixos. Esta baixa deve-se à presença de turbulência próxima à superfície, que são difíceis de representar em uma previsão. Já nos níveis médios ocorreu, na maioria das vezes um ligeiro aumento, uma correlação média. Nos altos níveis a correlação foi na sua maioria alta, significando uma previsão de ótima qualidade. Nestes níveis as variações de temperatura do ar e vento são mais lentas e permitem que o modelo as capture em tempo. É importante identificar os erros sistemáticos do modelo para futuramente estudar a origem dos erros e corrigi-los de forma a melhorar a qualidade das previsões para região.

#### 4.1. Resumo dos principais resultados

- Em DJF o vetor vento apresentou baixa correlação;
- Todas as variáveis em todas as estações do ano apresentaram baixa correlação nos baixos níveis, chegando a ser negativo em certos casos;
- O vetor vento apresenta melhor correlação para JJA acima de 500hPa;
- Não se distingue qualquer vantagem significativa das previsões de 24h sobre as de 48h no vetor vento;
- O comportamento é semelhante para o vento zonal, sendo que em MAM as correlações foram as mais altas, ocorrendo como melhor previsão a de 24h;
- A correlação da componente meridional do vento é mais baixa que a componente zonal em todas as estações. Isso está relacionado com a intensidade do vento, no vento zonal a correlação foi maior por que é mais intenso, mais consistente, e a componente meridional não.

- Por outro lado, a estação de MAM apresentou as mais baixas correlações de temperatura do ar.
- A variação da temperatura na região tropical é pequena, no entanto o modelo reduziu mais ainda a amplitude dessas variações gerando erros.

## 6. 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.

## **APENDICE A - Cronograma de trabalho**

1. Estender o estudo dos campos dos dias anteriores ao dia crítico médio para as estações de primavera (SON) e verão (DJF);
2. estender os estudos das series temporais longitudinais para as mesmas estações (SON e DJF);
3. Elaboração das análises preliminares e relatório preliminar;
4. Armazenar imagens do canal infravermelho do Satélite GOES-8 no intervalo de 3h para todo o ano de 1997, em formato jpeg, converte-las para gray (ou qualquer formato que seja compatível pelo GrADS);
5. Elaboração das series temporais para as imagens;
6. Recorte de área e variáveis, bem como seleção das variáveis das saídas do modelo, tais como: u, v, temp e ttprec ;
7. Seleção dos horários de 24h e 48h, as análises, e os últimos horários para melhor elaboração das séries temporais das precipitações;
8. Estudo e elaboração de scripts para ser feito o cálculo e elaboração dos perfis médios da correlação linear para todas as variáveis recortadas, previstas e observadas;
9. Elaboração dos resultados finais, bem como elaboração do relatório final;

## APENDICE B - FIGURAS

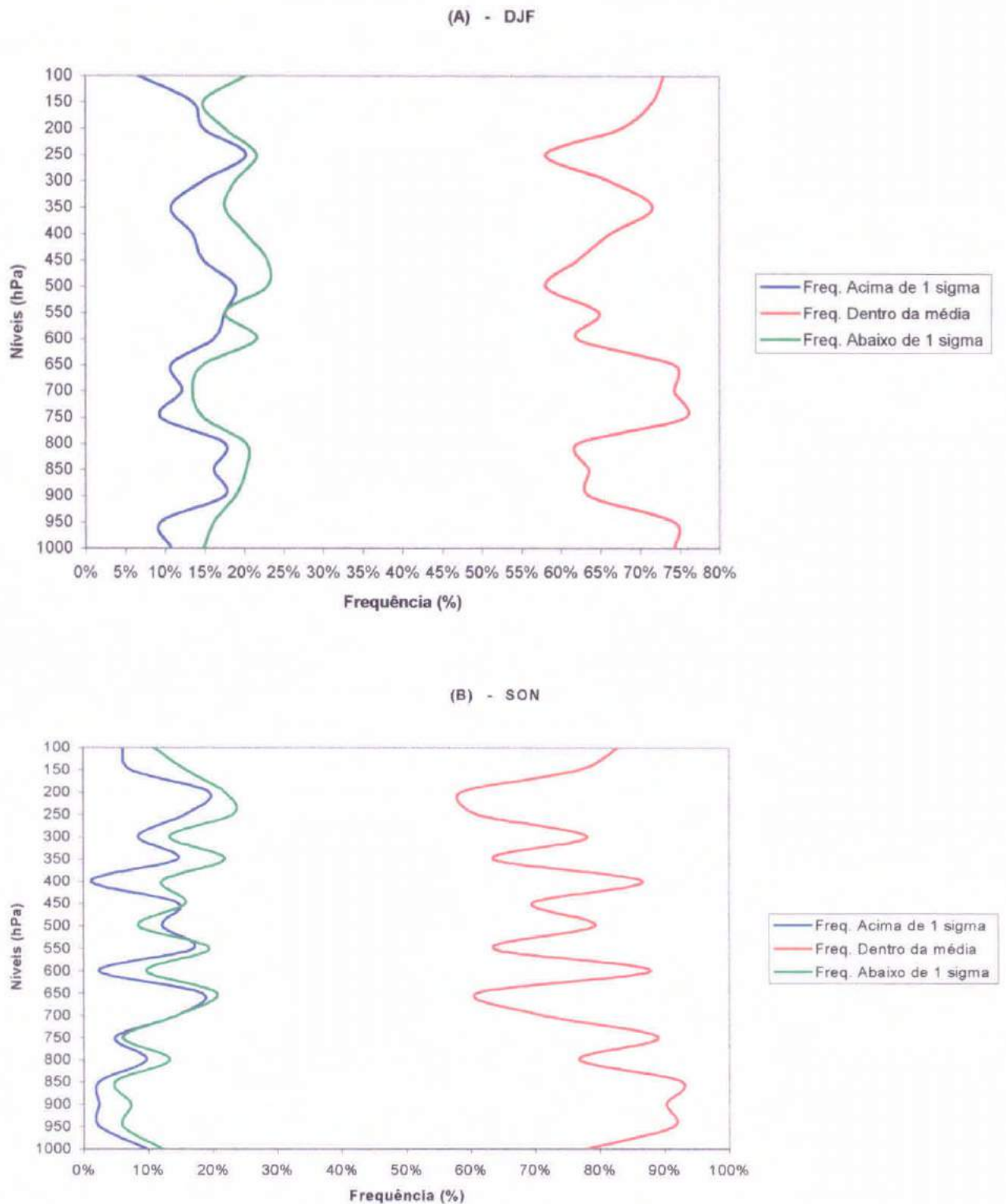
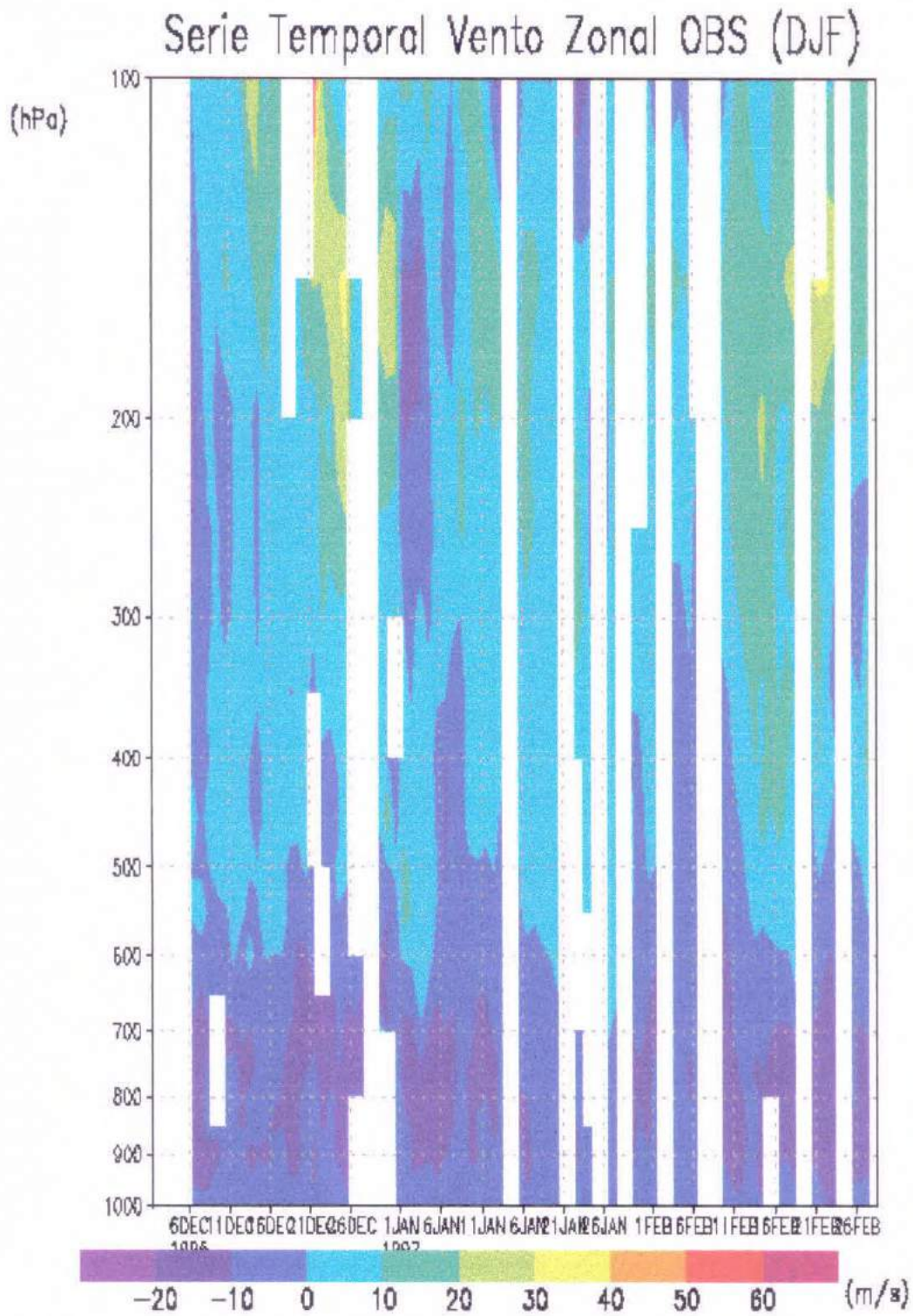


Figura 3.1: Percentagens de ocorrência dos casos dentro da média e dos casos fora da média chamados “críticos” das observações da componente zonal do vento na cidade de Alcântara-MA.

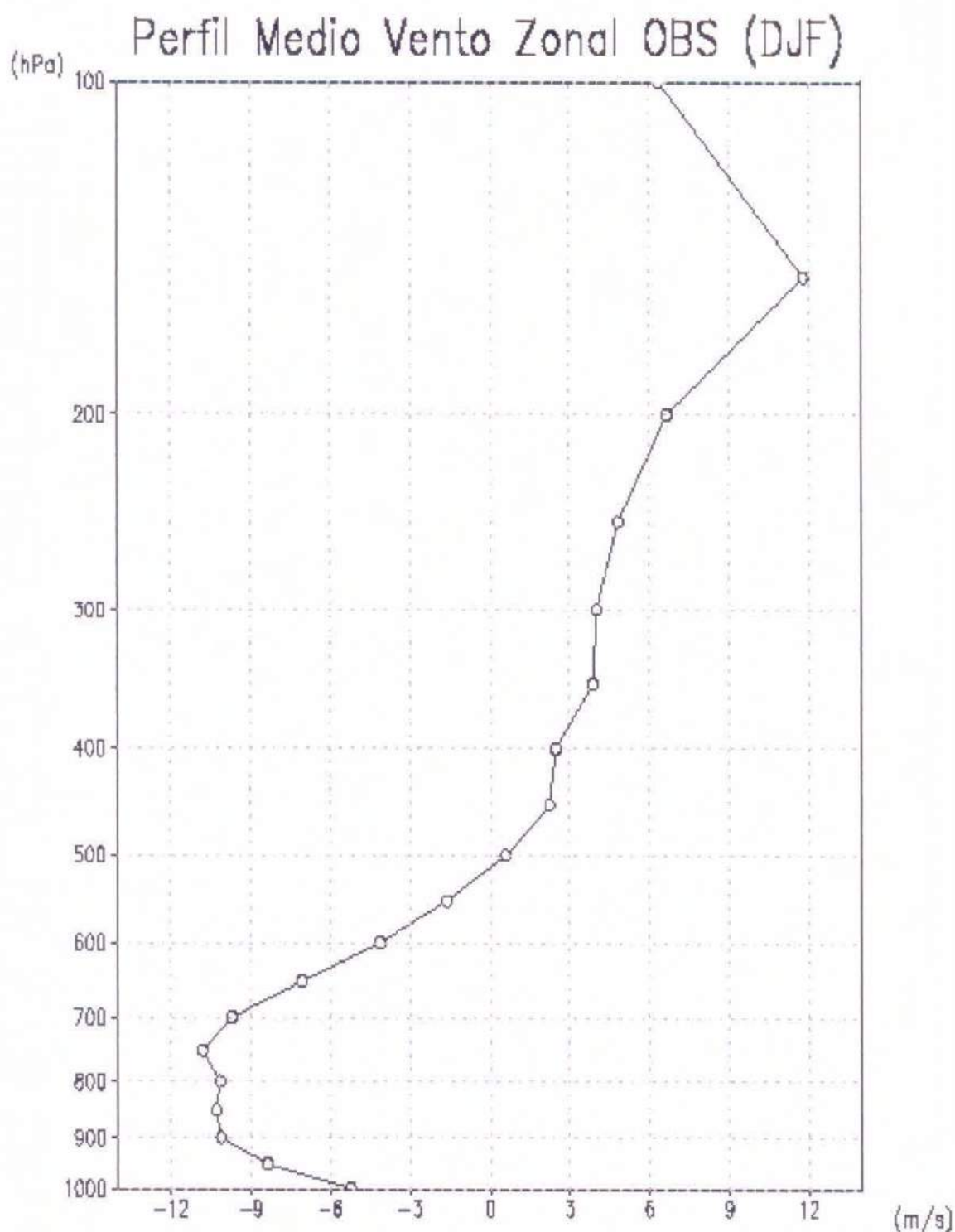
(c) Durante o período dos meses de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

(d) Durante o período dos meses de setembro, outubro e novembro de 1997.



GrADS: COLA/IGES

Figura 3.2: Série temporal observada durante os meses de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) em Alcântara-MA, onde no eixo vertical temos pressão em hPa e no horizontal os dias. As cores expressam a intensidade da componente zonal dos ventos em m/s.



GRADS: COLA/IGES

Figura 3.3: Perfil médio observado durante os meses de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) em Alcântara-MA, onde no eixo vertical temos pressão em hPa e no horizontal temos a intensidade da componente zonal dos ventos em m/s.



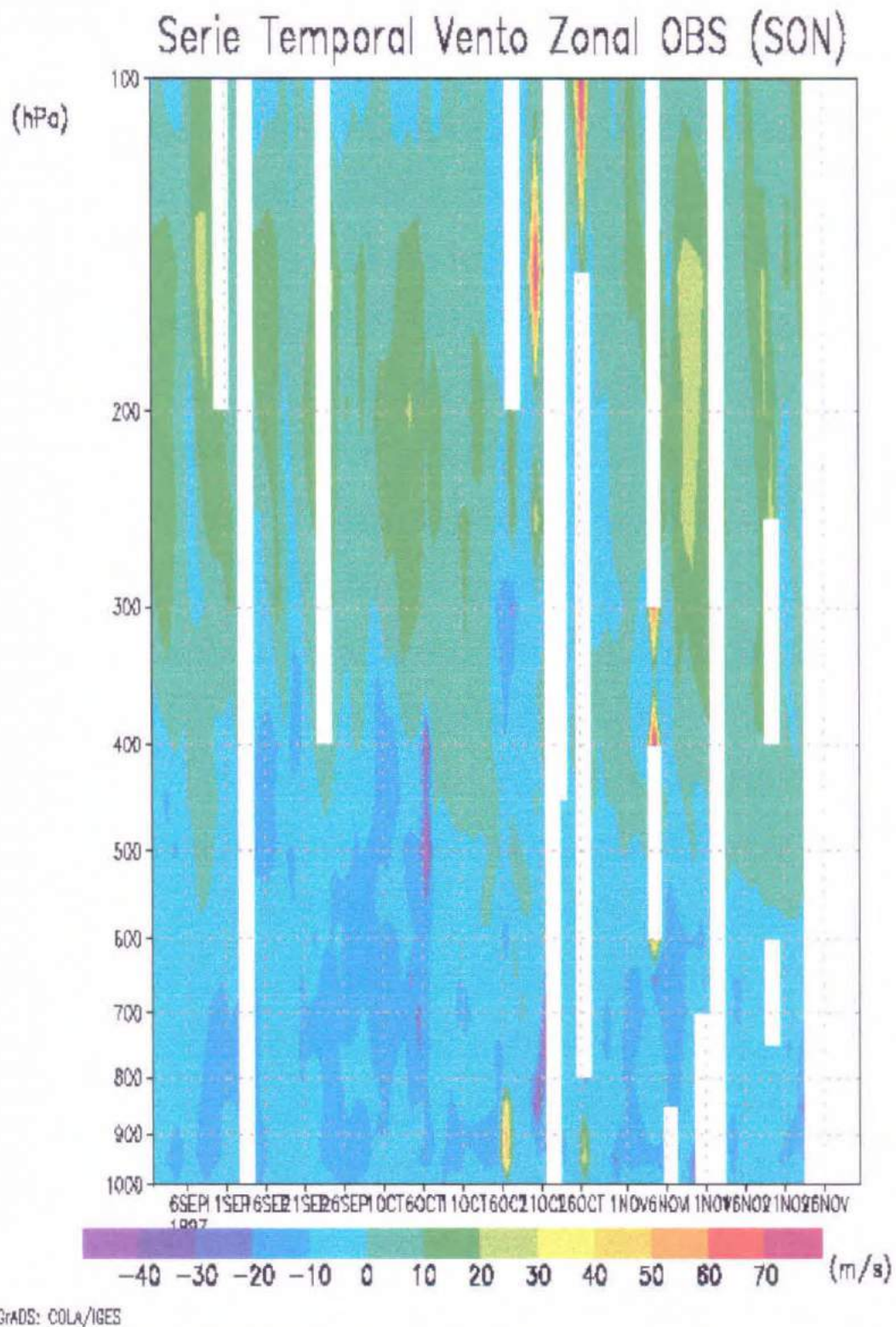
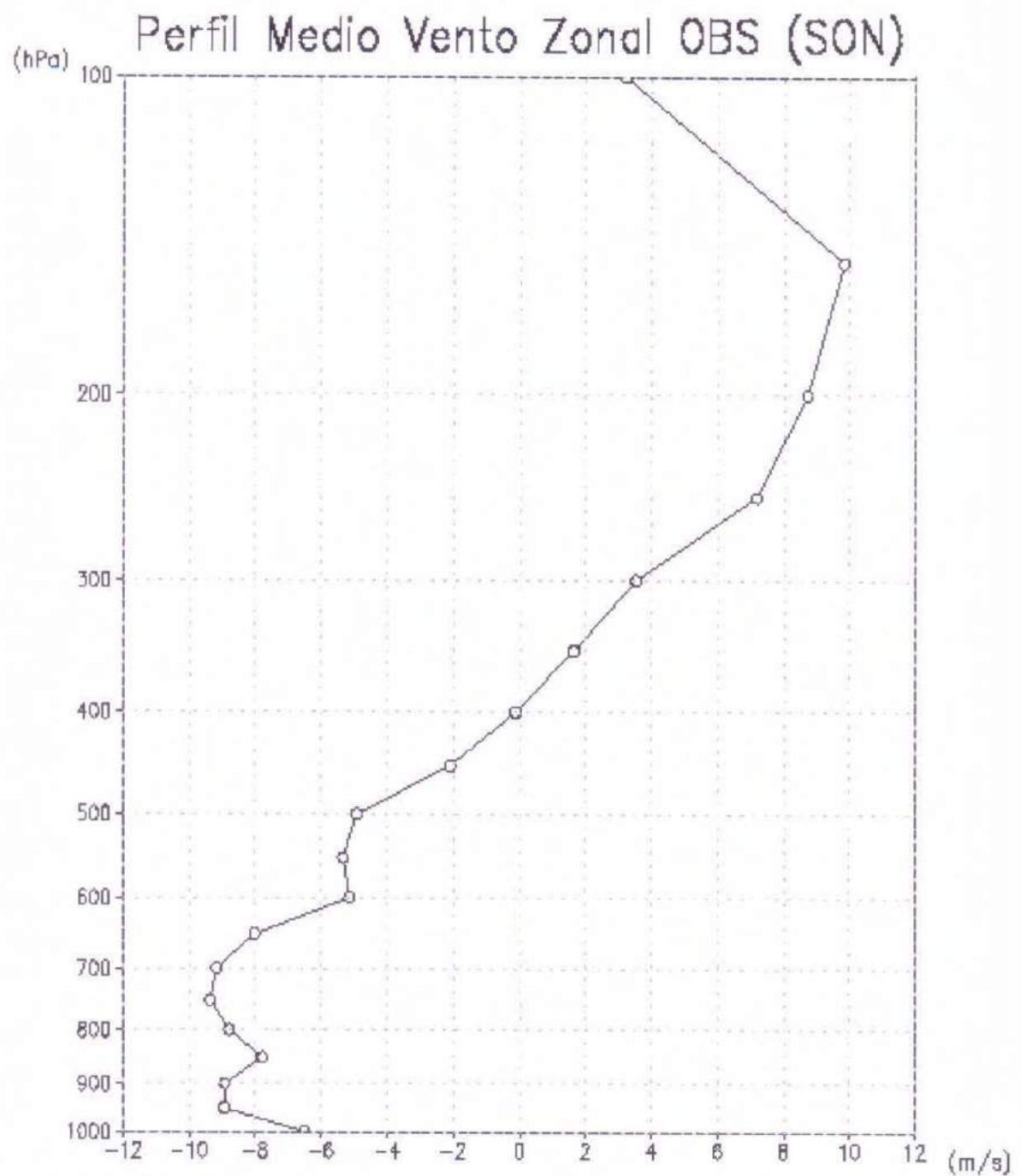


Figura 3.4: Série temporal observada durante os meses de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) em Alcântara-MA, onde no eixo vertical temos pressão em hPa e no horizontal os dias. As cores expressam a intensidade da componente zonal dos ventos em m/s.



GrADS: COLA/IGES

Figura 3.5: Perfil médio observado durante os meses de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) em Alcântara-MA, onde no eixo vertical temos pressão em hPa e no horizontal temos a intensidade da componente dos ventos em m/s.

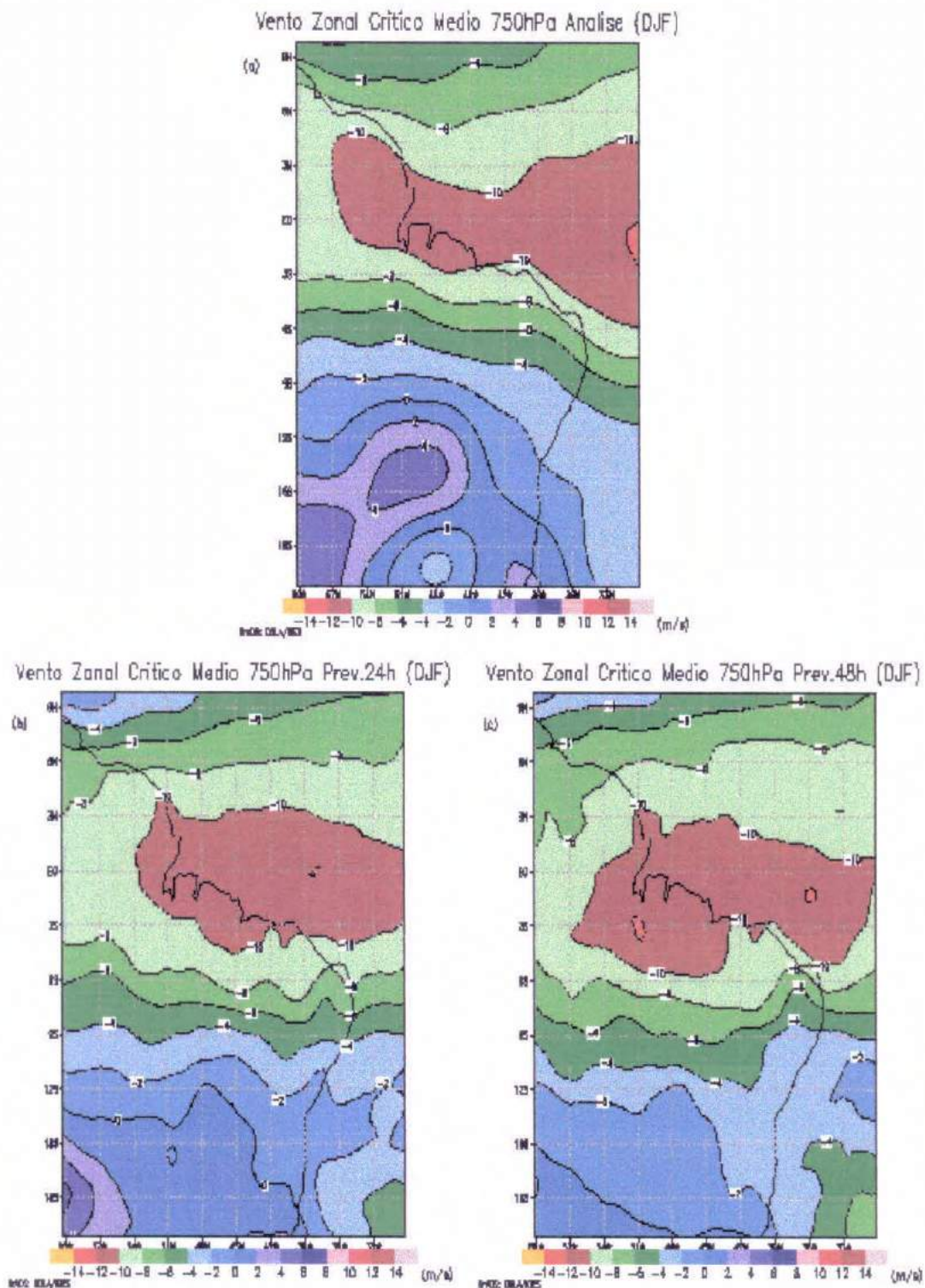


Figura 3.6: Campo médio do Nordeste da componente zonal dos ventos durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

(d) Componente zonal dos ventos das análises observadas (NCEP).

(e) Componente zonal dos ventos das previsões de 24h de antecedência do Modelo Eta.

(f) Componente zonal dos ventos das previsões de 48h de antecedência do Modelo Eta.

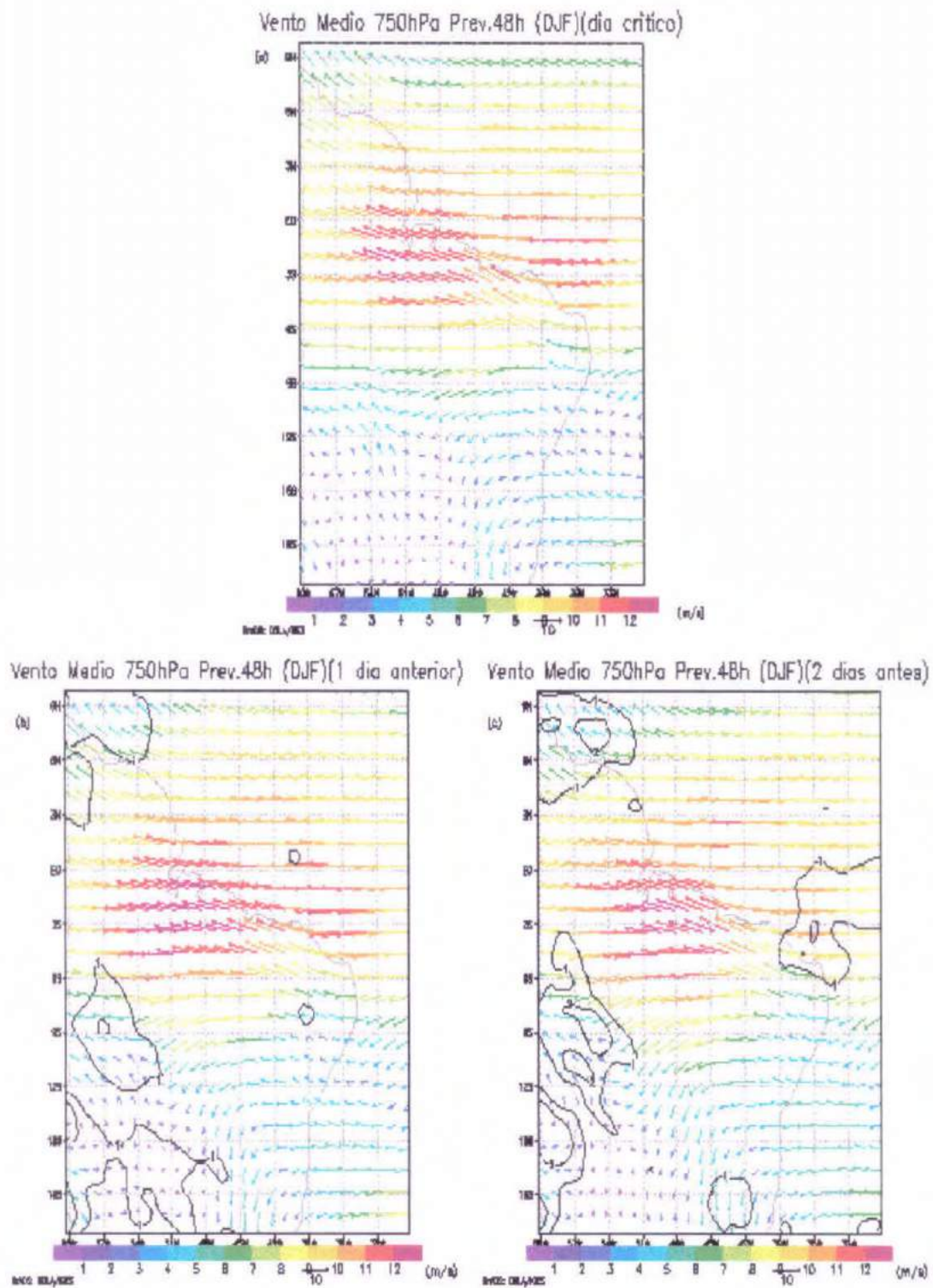


Figura 3.7: Campo médio do Nordeste dos ventos ocorridos nos dias críticos durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) das previsões de 48h no nível de 750hPa.

- (d) Ventos críticos médios das análises observadas (NCEP). (b)
- (e) Ventos médios ocorridos um dia antes ao dia crítico.
- (f) Ventos médios ocorridos dois dias antes ao dia crítico.

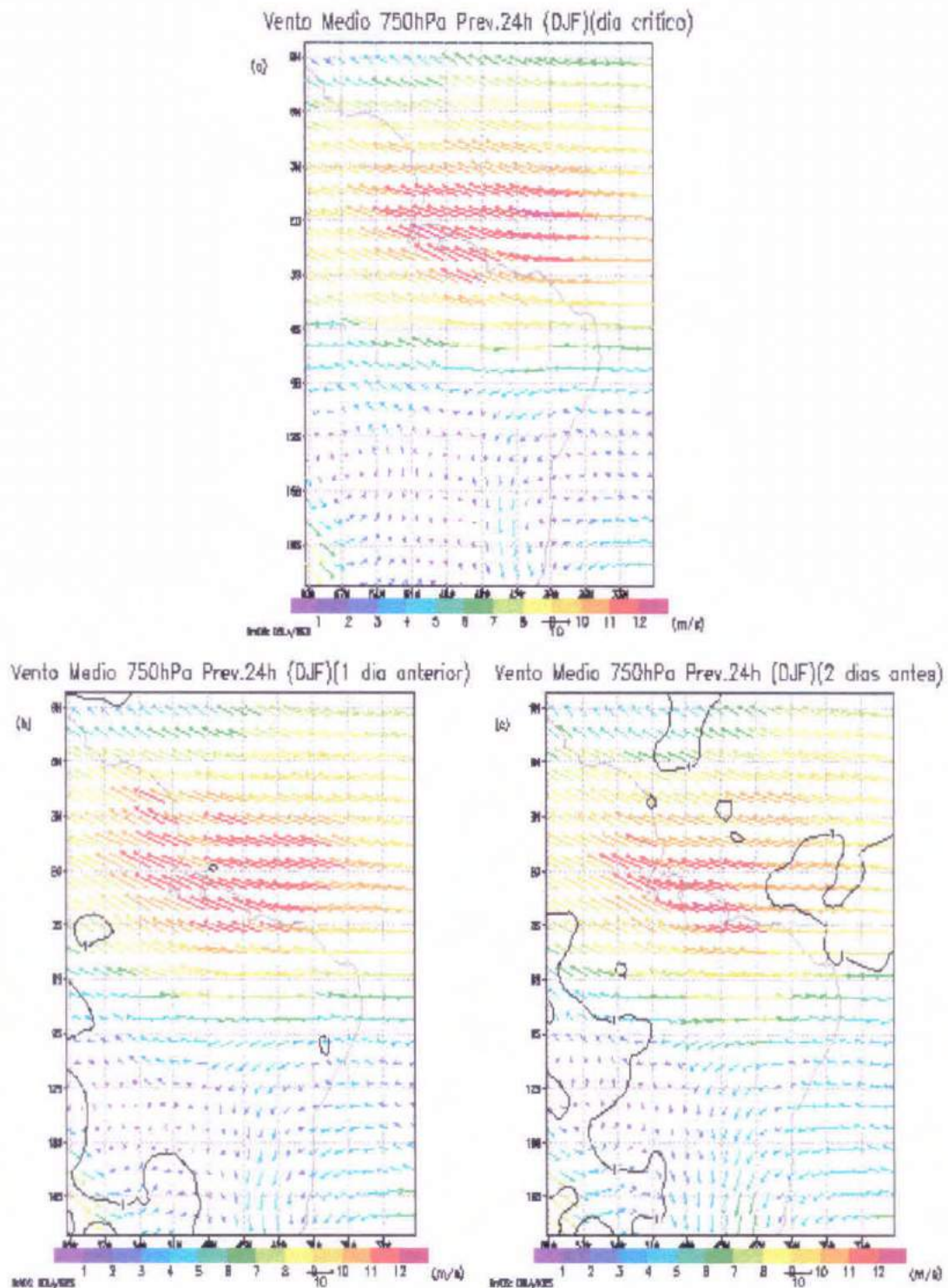


Figura 3.8: Campo médio do Nordeste dos ventos ocorridos nos dias críticos durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) das previsões de 24h no nível de 750hPa.

- (c) Ventos críticos médios das análises observadas (NCEP).
- (d) Ventos médios ocorridos um dia antes ao dia crítico.
- (e) Ventos médios ocorridos dois dias antes ao dia crítico.

### Vento Zonal 750hPa Prev.24h (DJF)

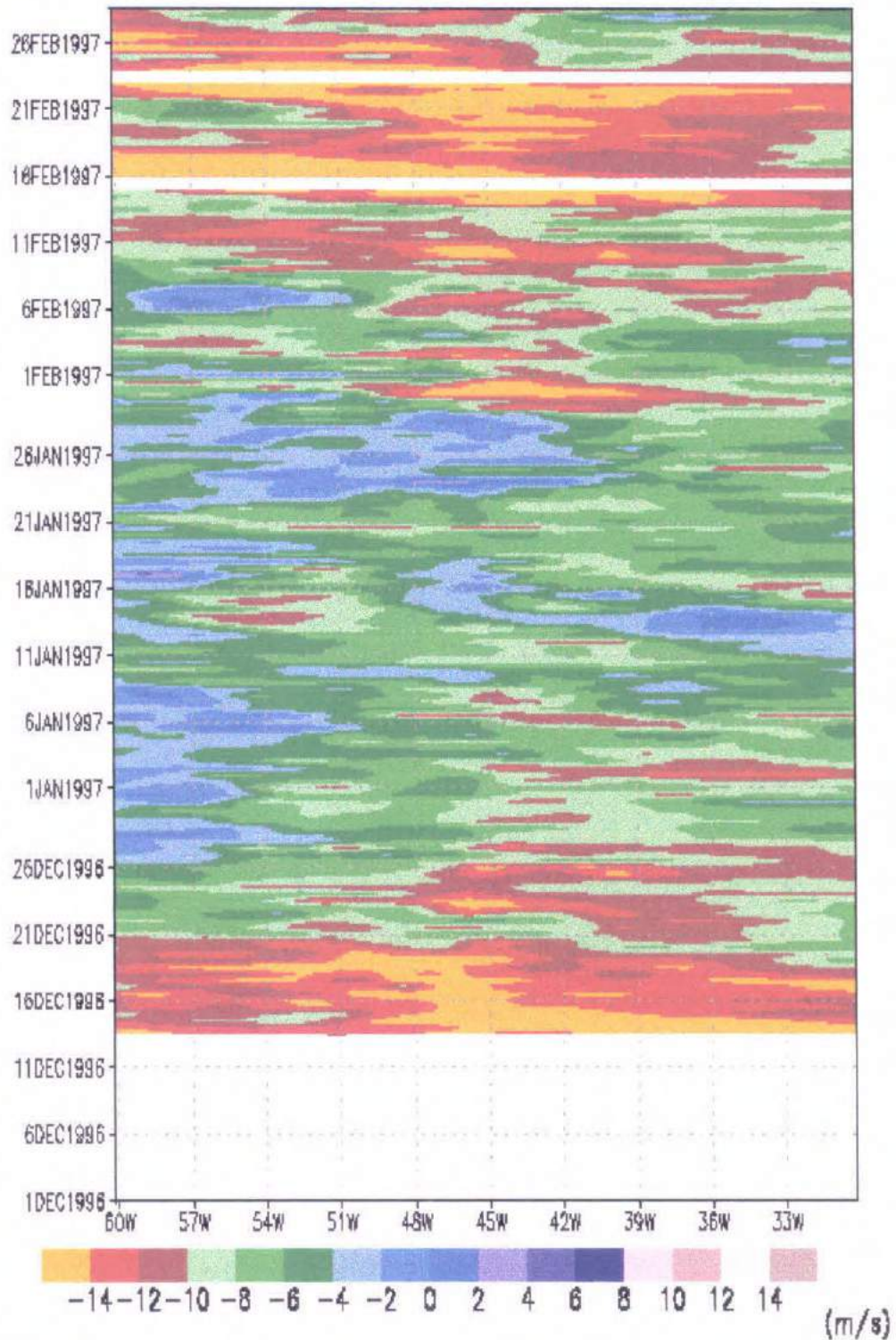


Figura 3.9: Série temporal da componente zonal do vento das previsões de 24h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

### Vento Meridional 750hPa Prev.24h (DJF)

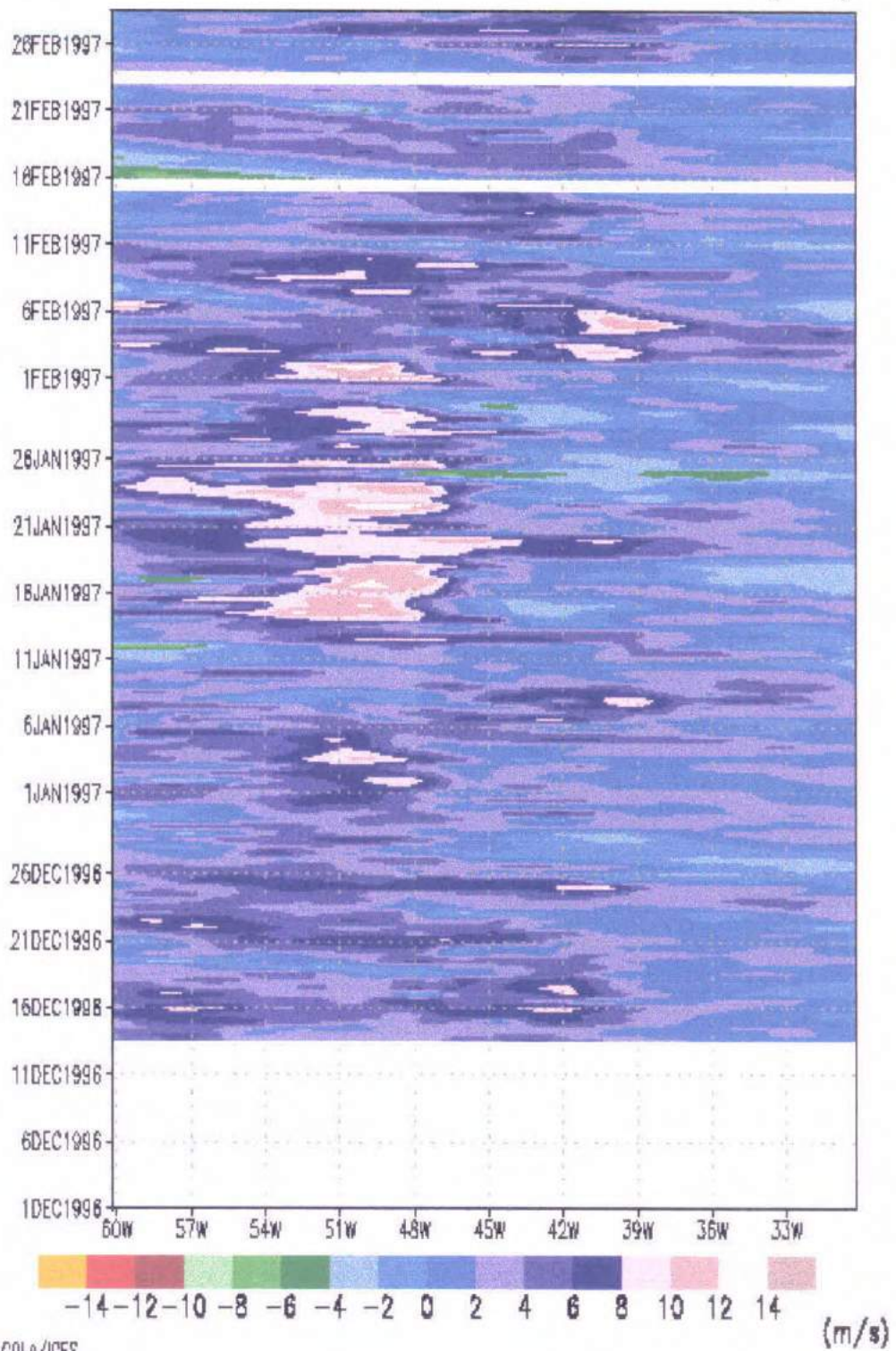


Figura 3.10: Série temporal da componente meridional do vento das previsões de 24h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

## Vento Zonal 750hPa Prev.48h (DJF)

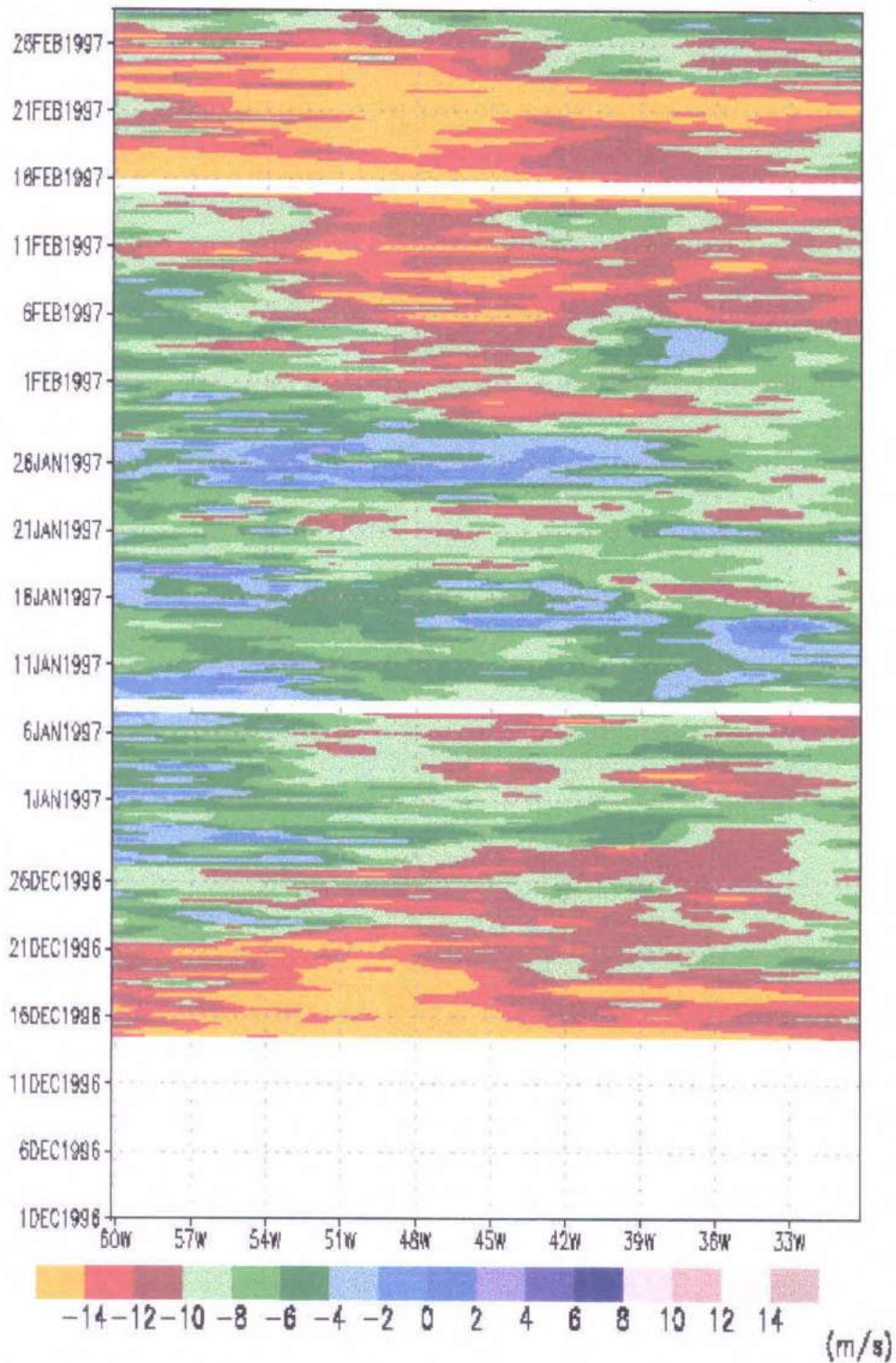


Figura 3.11: Série temporal da componente zonal do vento das previsões de 48h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.



## Vento Meridional 750hPa Prev.48h (DJF)

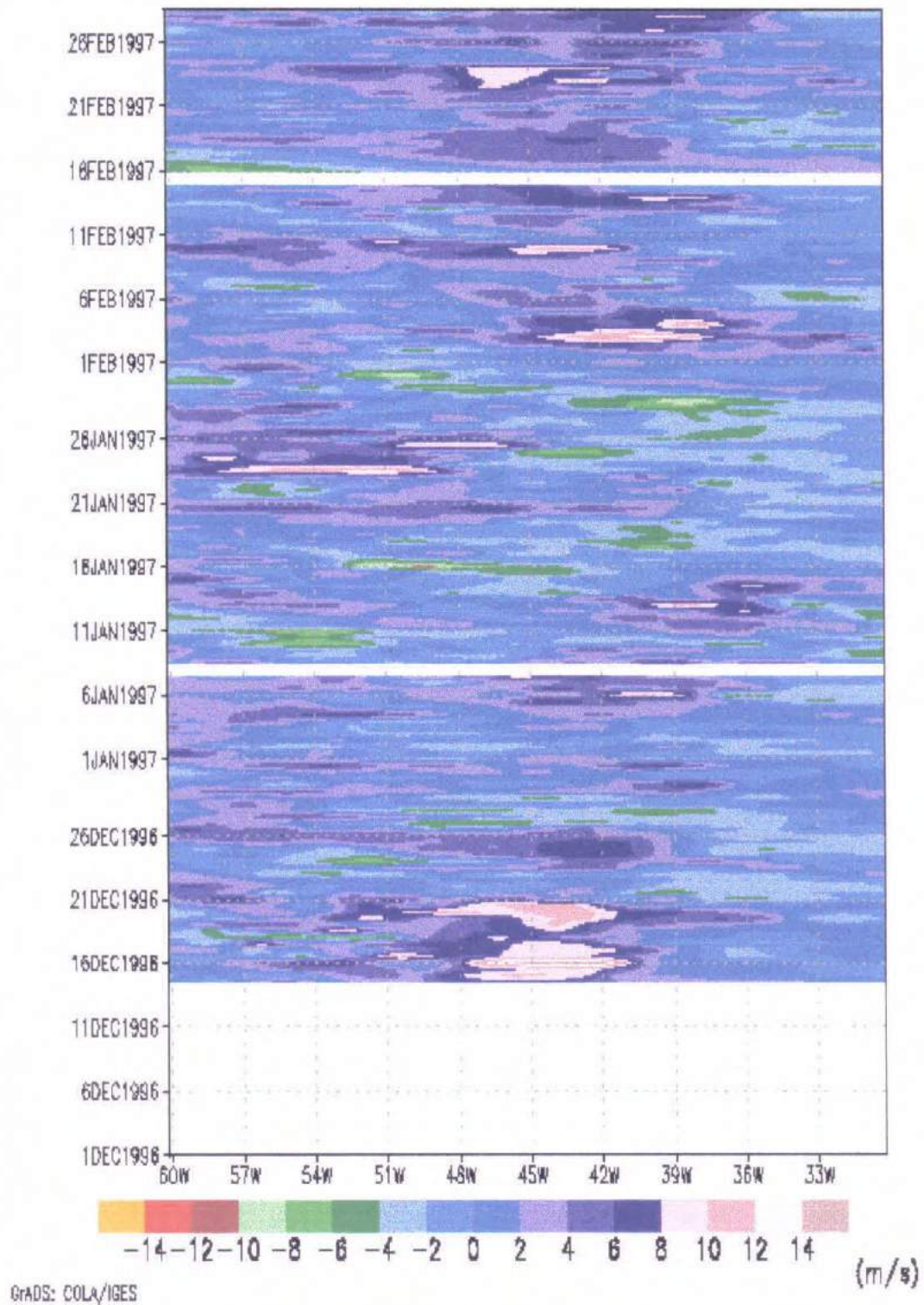


Figura 3.12: Série temporal da componente meridional do vento das previsões de 48h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

# Umidade Relativa 750hPa Prev.24h (DJF)

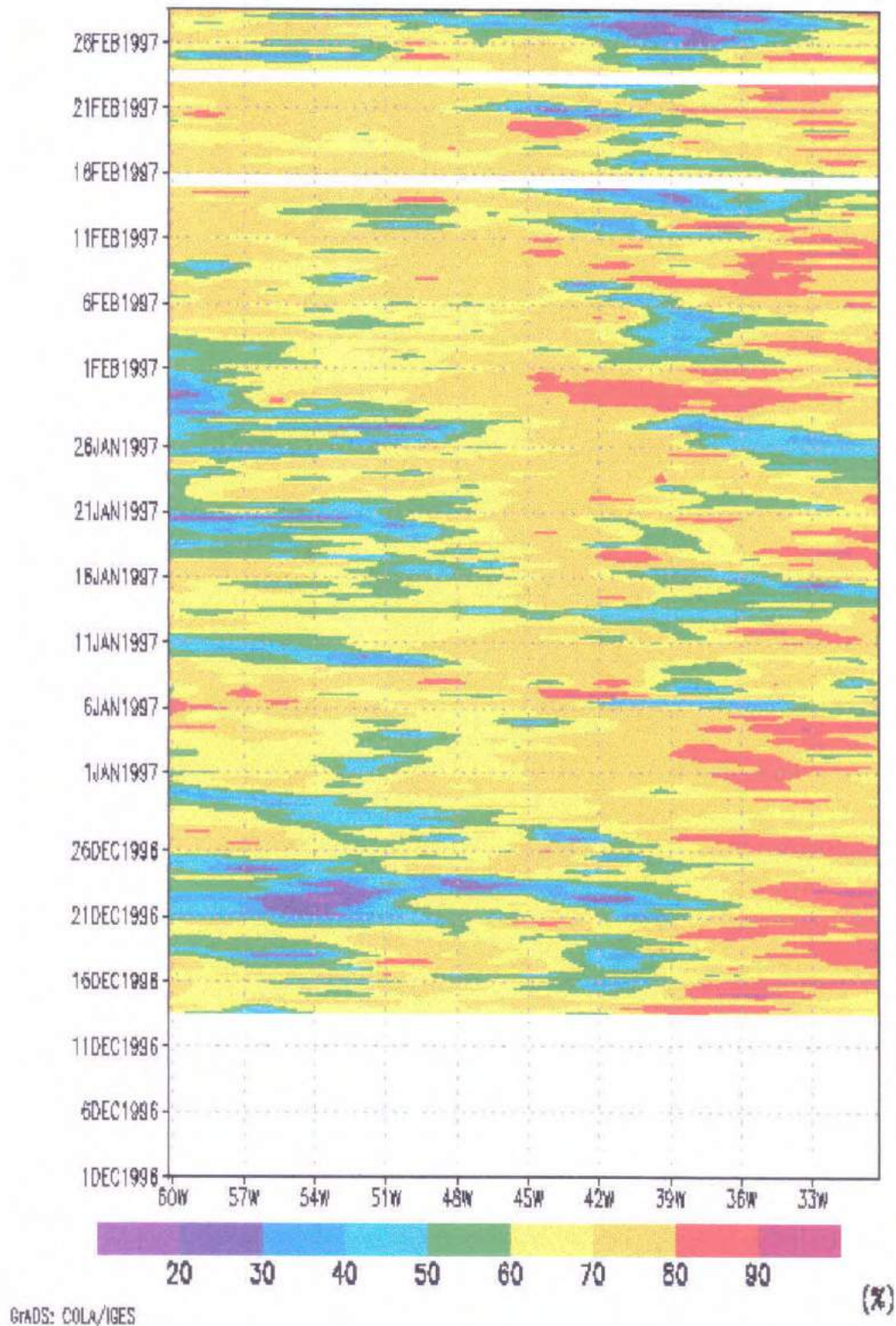


Figura .13: Série temporal da umidade relativa das previsões de 24h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

## Umidade Relativa 750hPa Prev.48h (DJF)

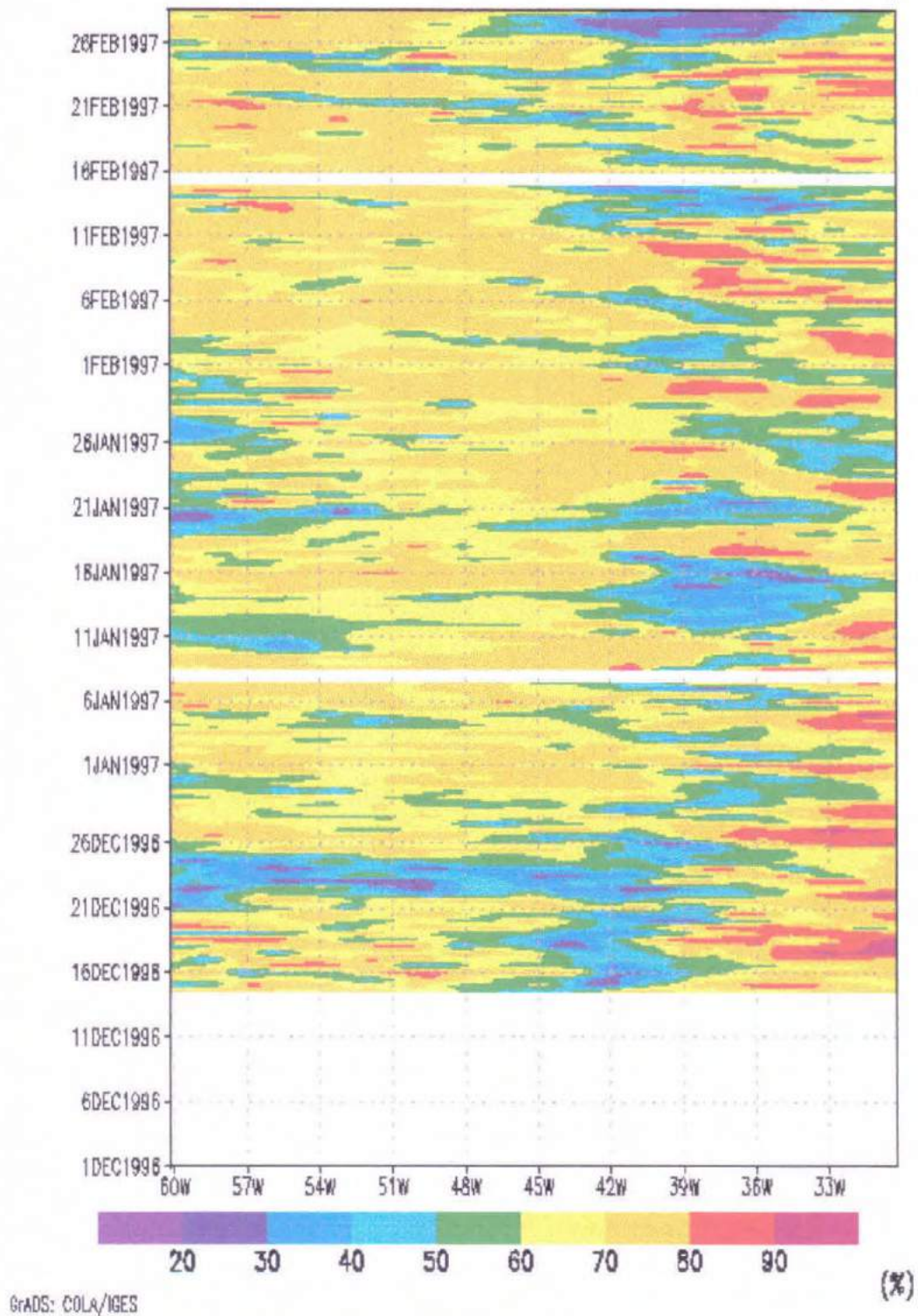


Figura 3.14: Série temporal umidade relativa das previsões de 48h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

# Omega 750hPa Prev.24h (DJF)

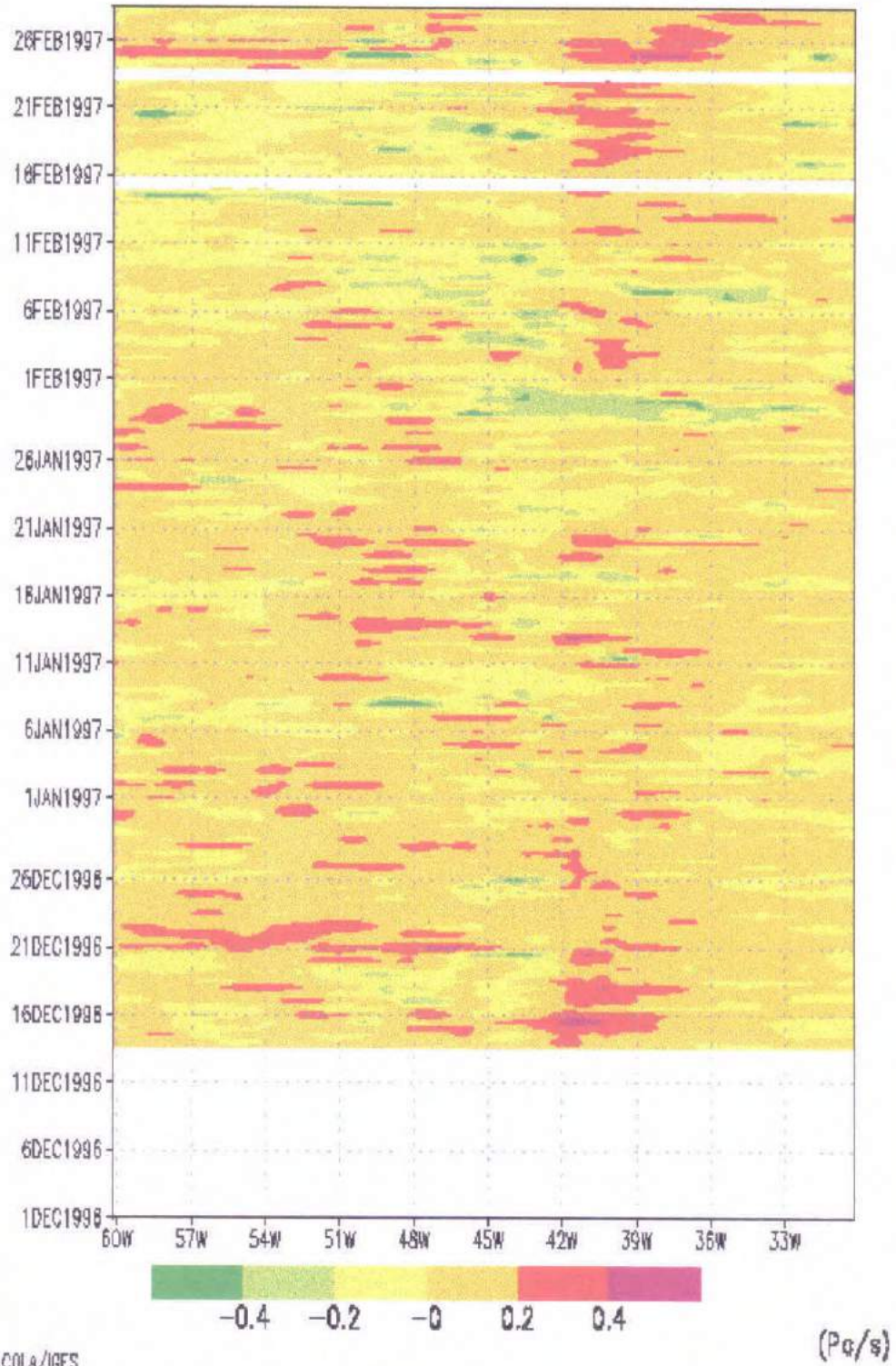
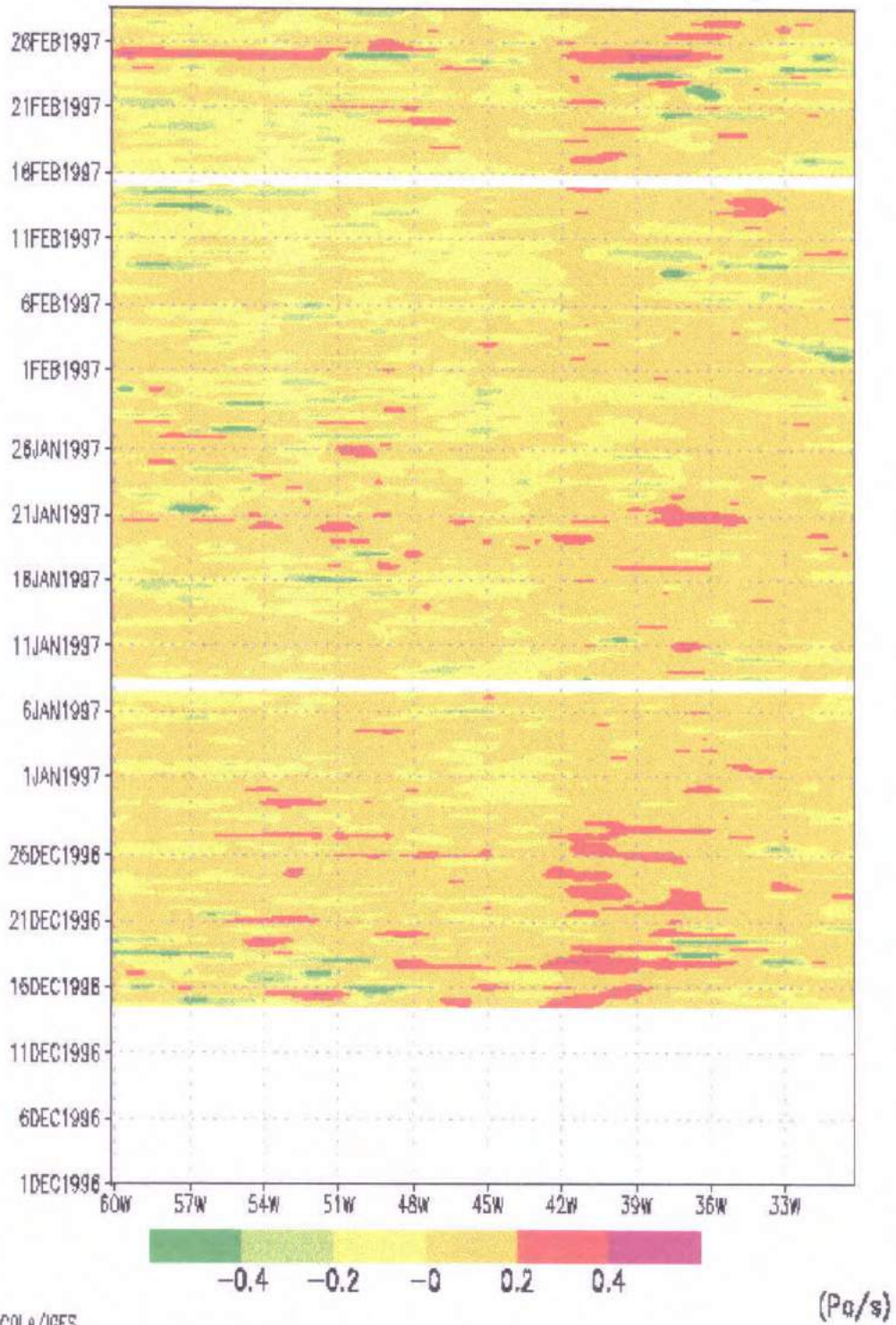


Figura 3.15: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 24h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.

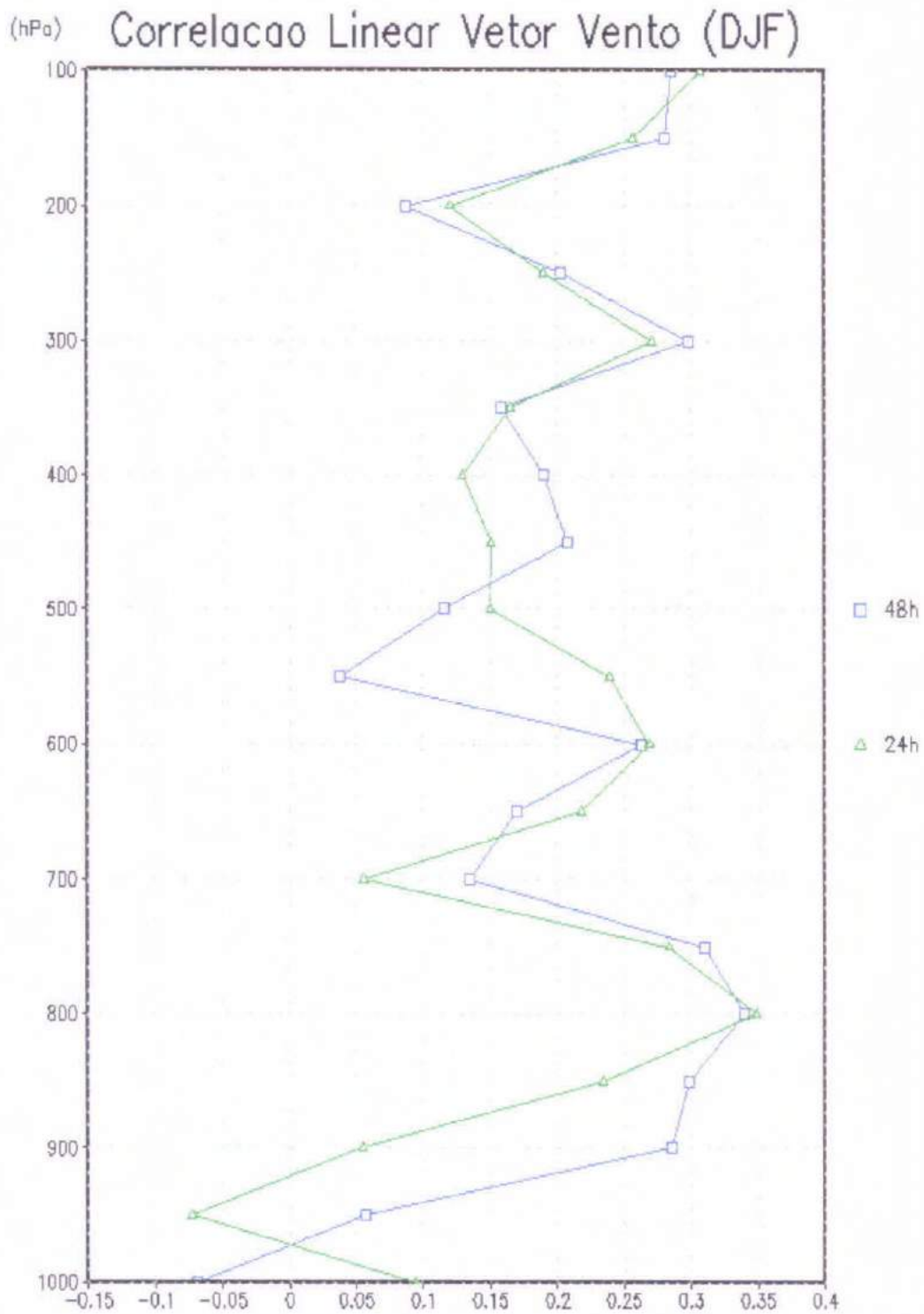
# Omega 750hPa Prev.48h (DJF)



GrADS: COLA/IGES

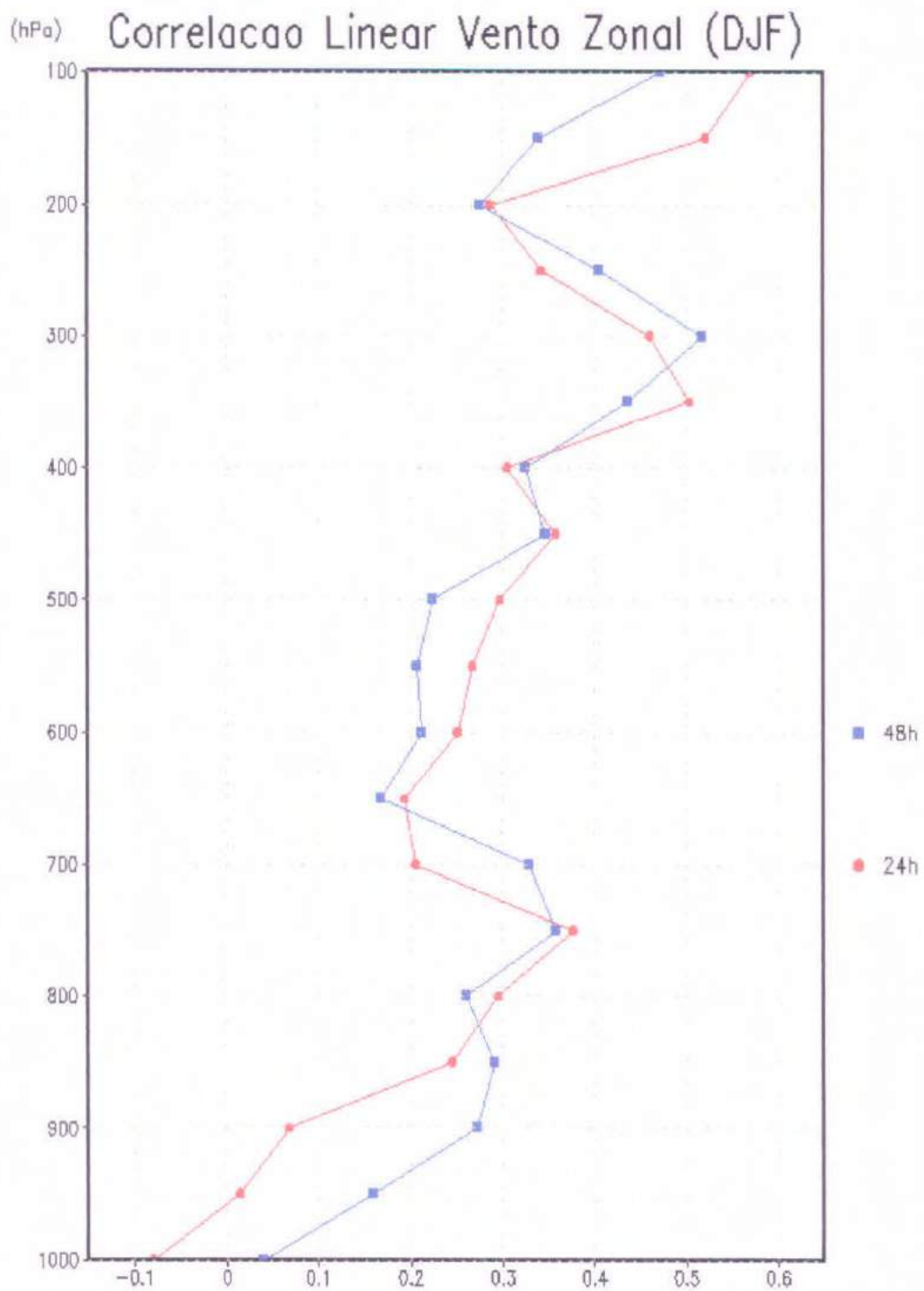
(Pa/s)

Figura 3.16: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 48h durante o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF) no nível de 750hPa.



GrADS: COLA/IGES

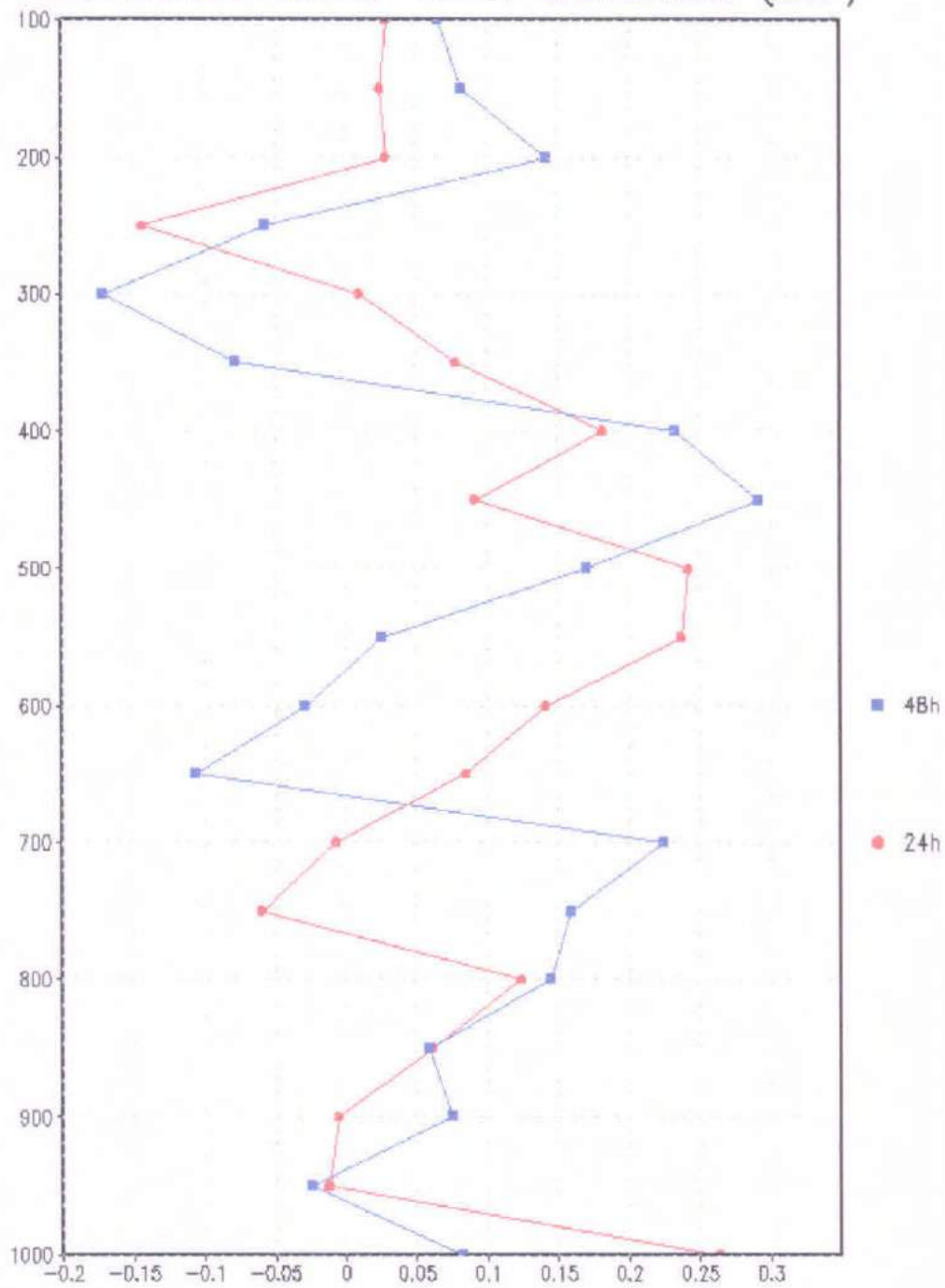
Figura 3.17: Perfil da correlação linear entre o vetor vento previsto e as observações da cidade de Alcantara, MA, para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).



GRADS: COLA/IGES

Figura 3.18: Perfil da correlação linear entre a componente zonal do vento prevista e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

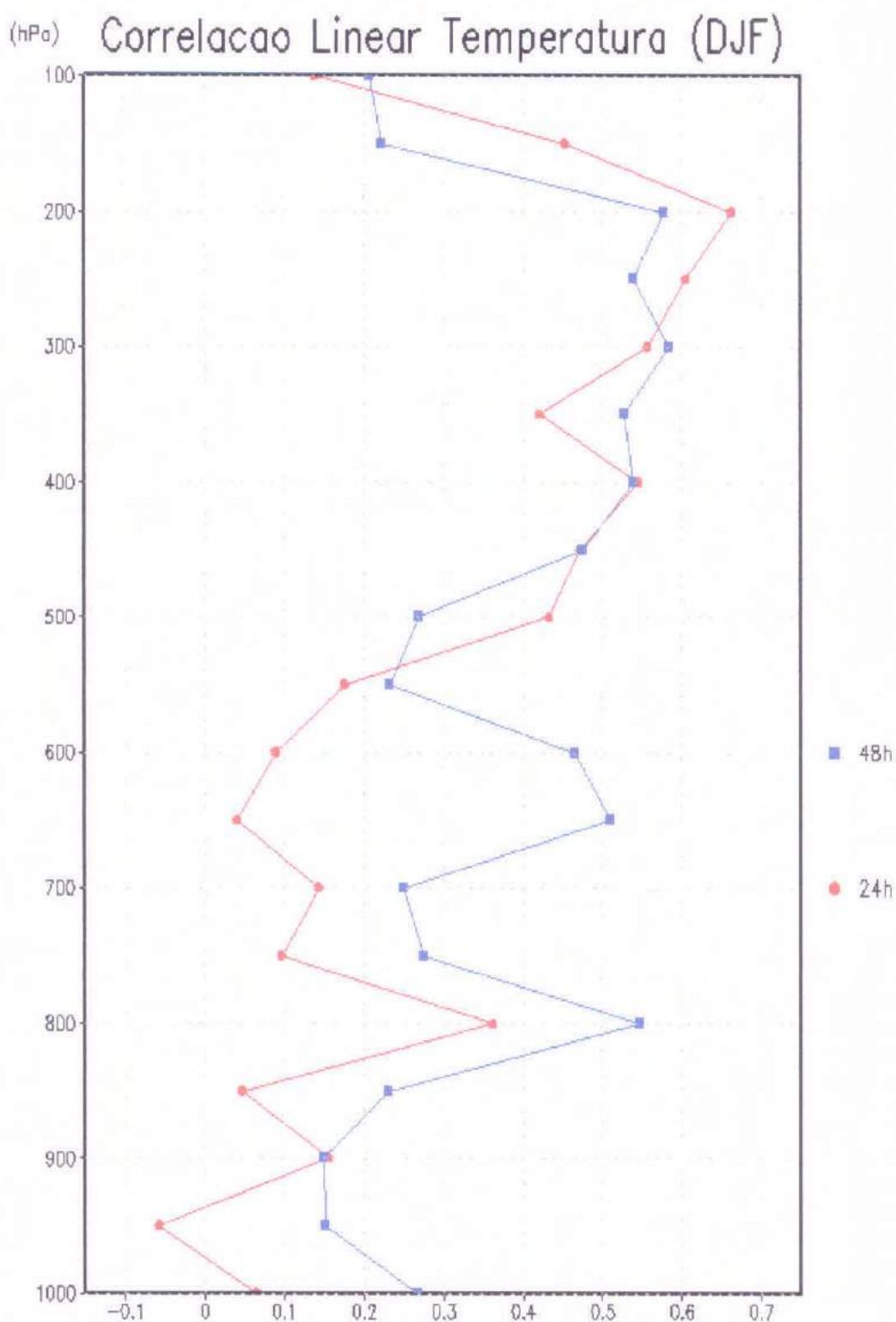
### (hPa) Correlação Linear Vento Meridional (DJF)



GrADS: COLA/IGES

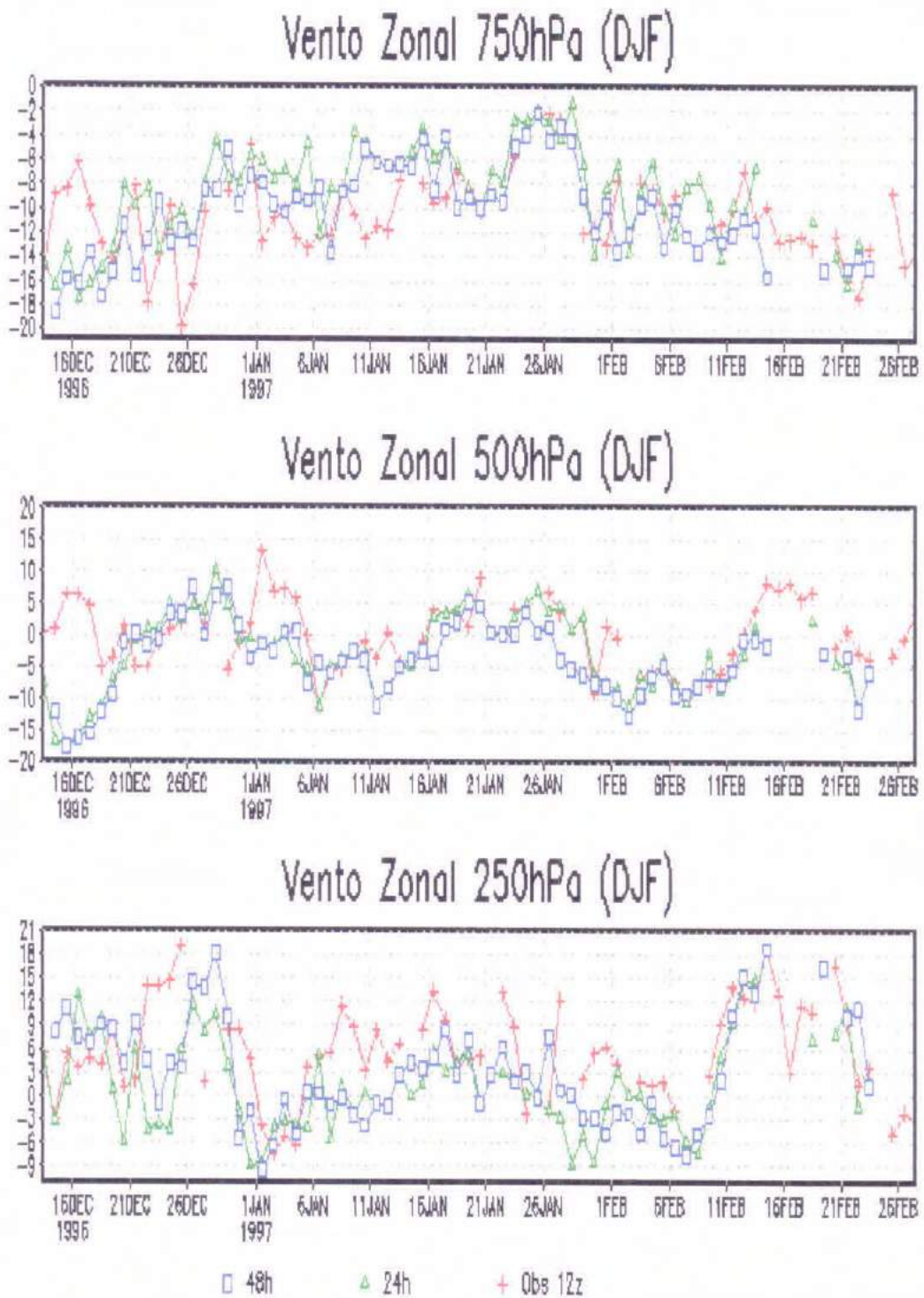
Figura 3.19: Perfil da correlação linear entre a componente meridional do vento prevista e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).





GrADS: COLA/IGES

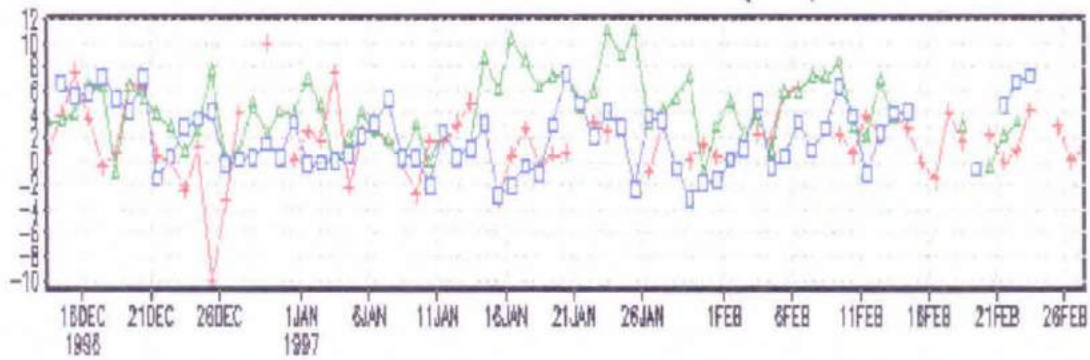
Figura 3.20: Perfil da correlação linear entre a temperatura do ar prevista e as observações da cidade de Alântara, MA, para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).



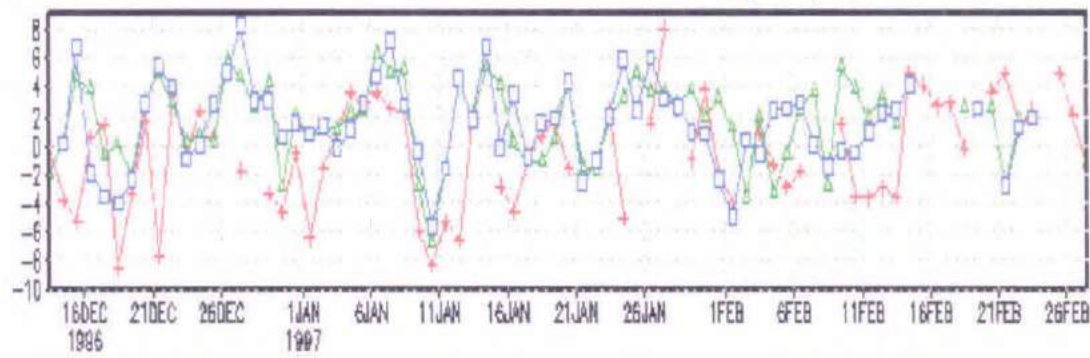
GRAD& COLA/IGES

Figura 3.21: Series temporais da componente zonal do vento para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

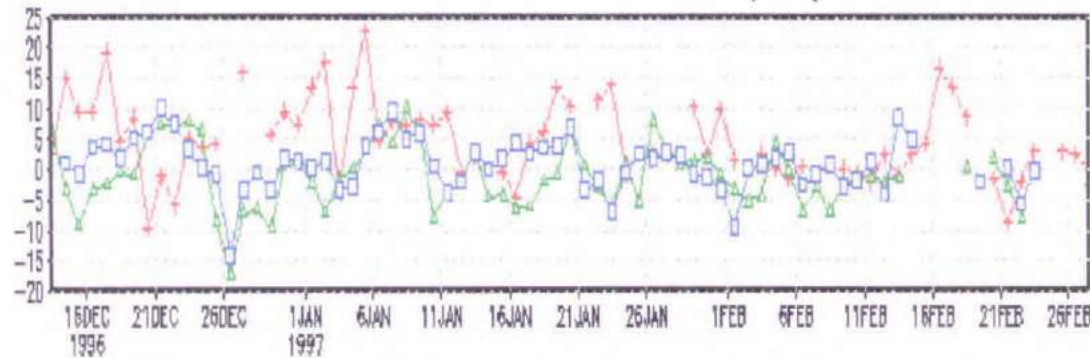
### Vento Meridional 750hPa (DJF)



### Vento Meridional 500hPa (DJF)



### Vento Meridional 250hPa (DJF)

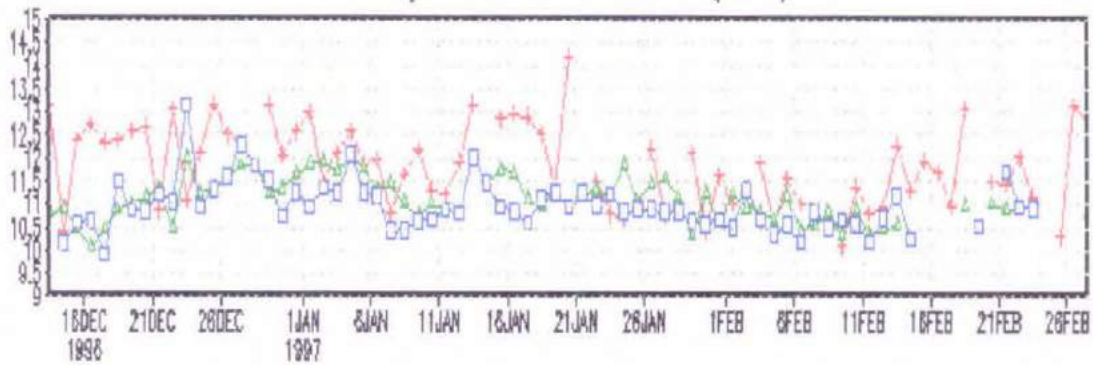


□ 48h    ▲ 24h    + Obs 12z

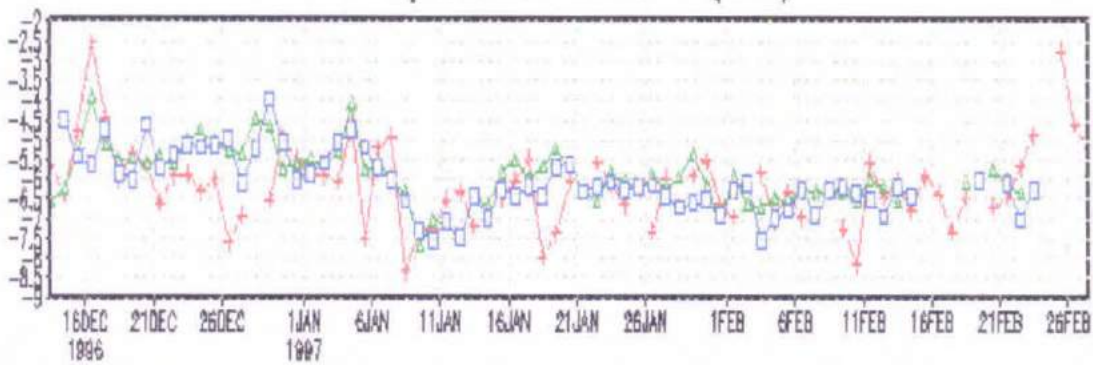
GRADS: COLA/AGES

Figura 3.22: Series temporais da componente meridional do vento para o período de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

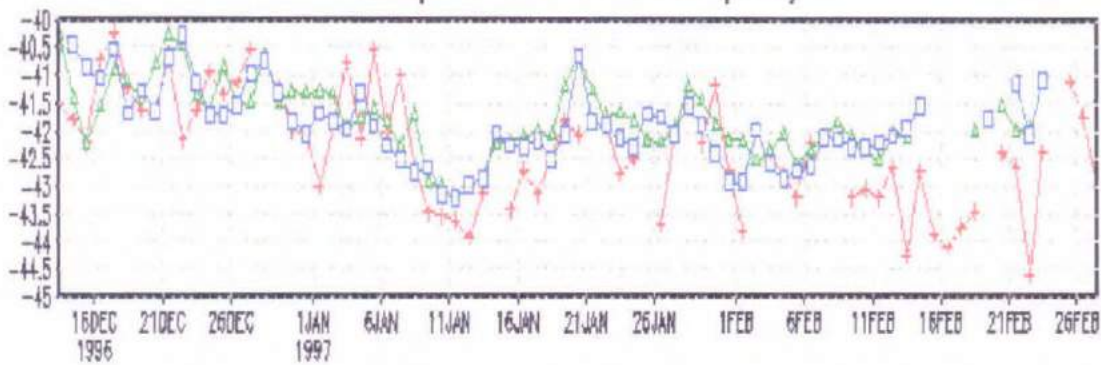
### Temperatura 750hPa (DJF)



### Temperatura 500hPa (DJF)



### Temperatura 250hPa (DJF)

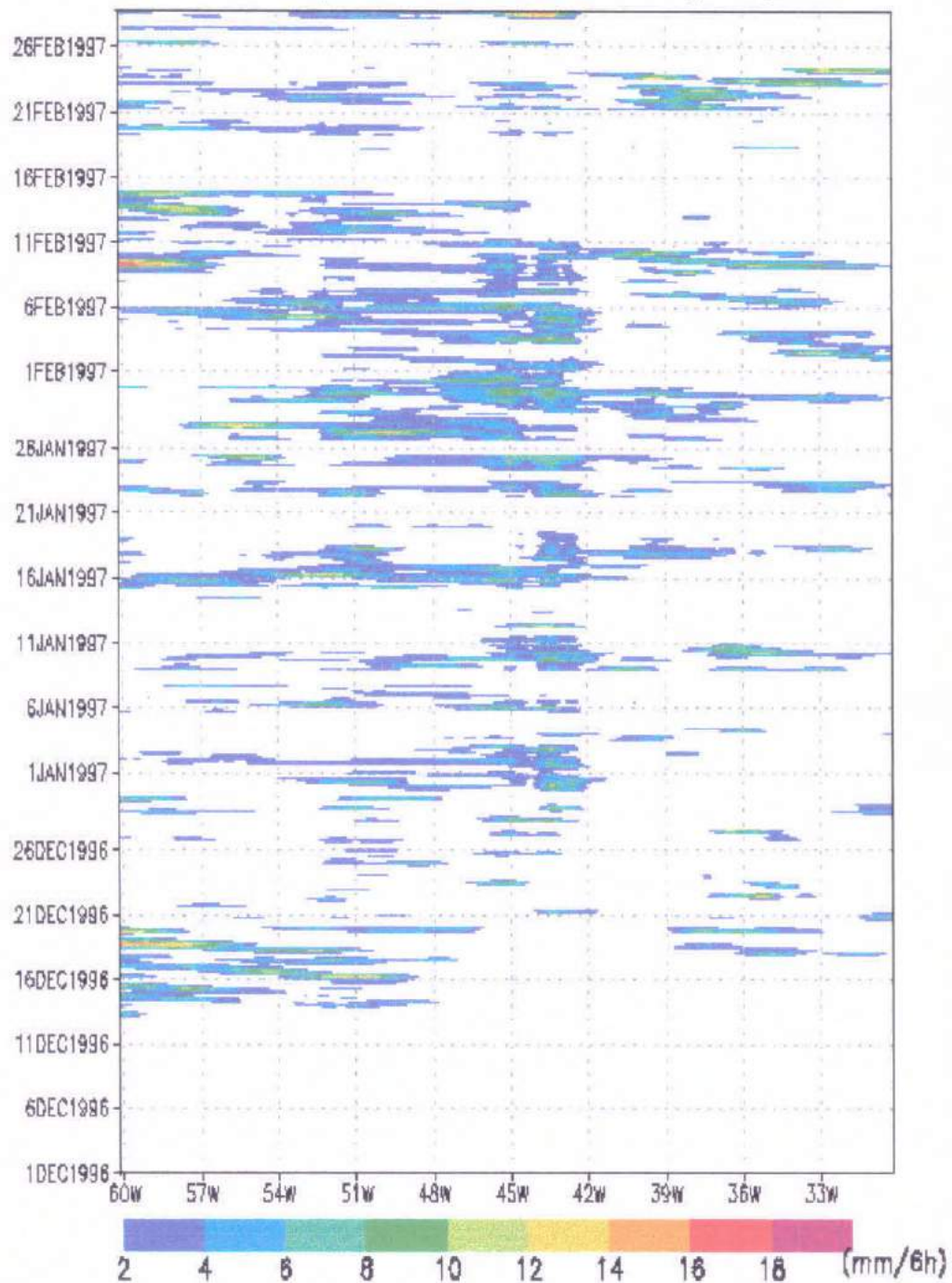


□ 48h    ▲ 24h    + Obs 12z

GrADS: COLA/IGES

Figura 3.23: Series temporais da temperatura do ar para o periodo de Dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

### Precipitacao lat.: -2.5 (DJF)



GrADS: COLA/IGES

Figura 3.24: Série temporal da precipitação prevista com mais de 48h de antecedência para o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

## Imagens Goes Ch.8 (DJF)

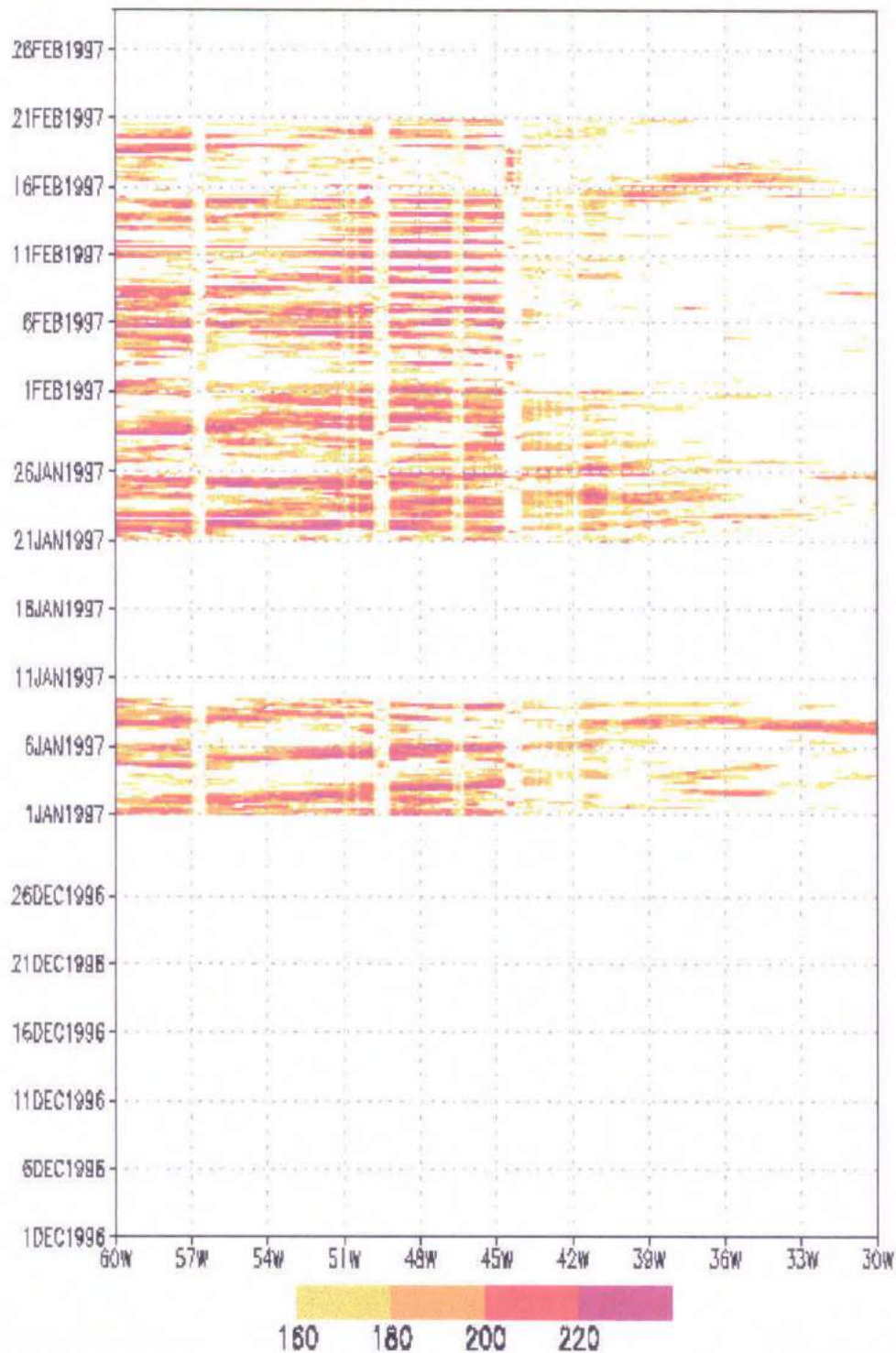


Figura 3.25 Serie temporal das imagens do Satélite Goes no canal infravermelho para o período de dezembro de 1996, janeiro e fevereiro de 1997 (DJF).

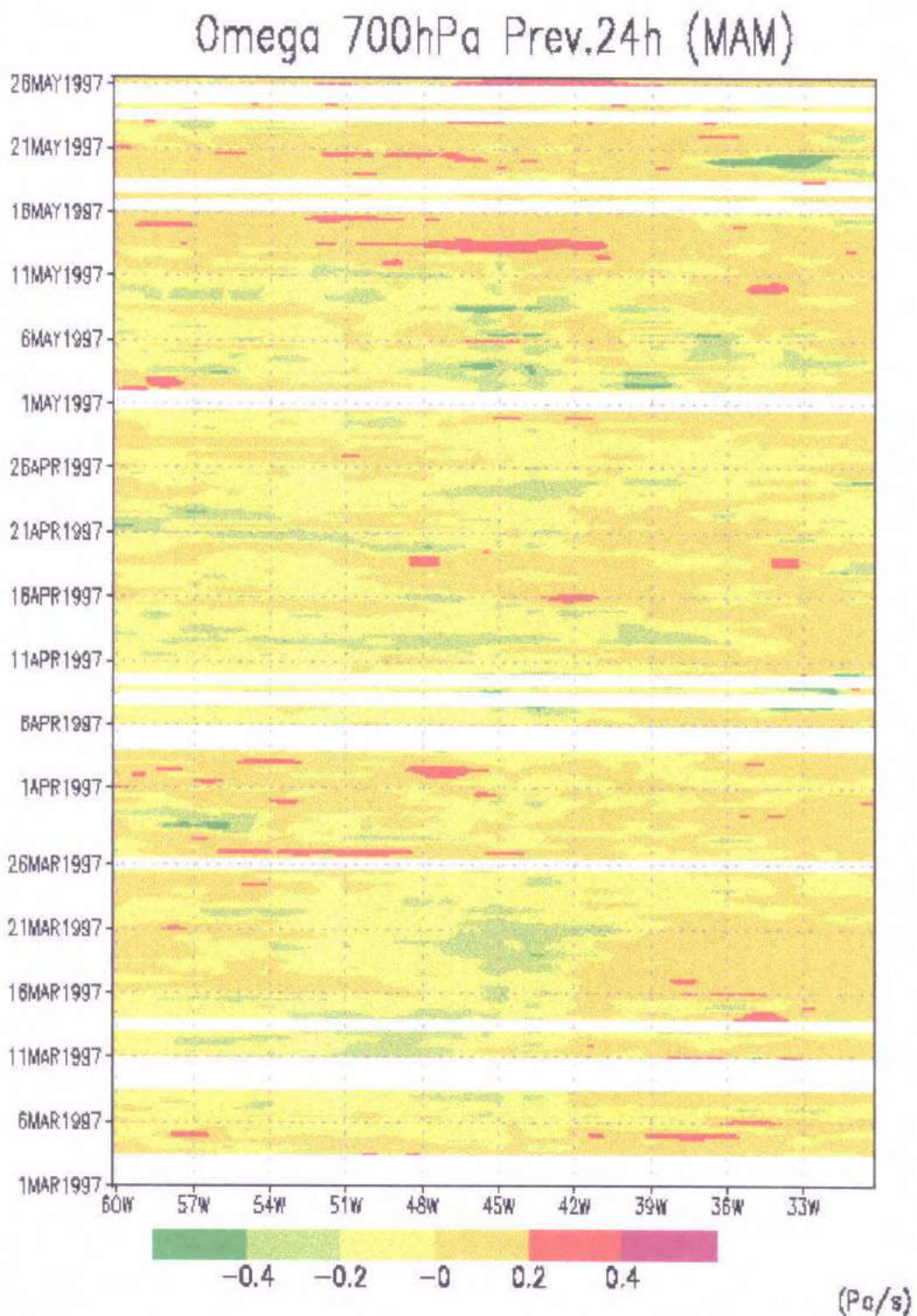


Figura 3.26: Gráfico da série temporal da componente vertical do vento das previsões de 24h durante o período de março, abril e maio de 1997 (MAM) no nível de 700hPa.

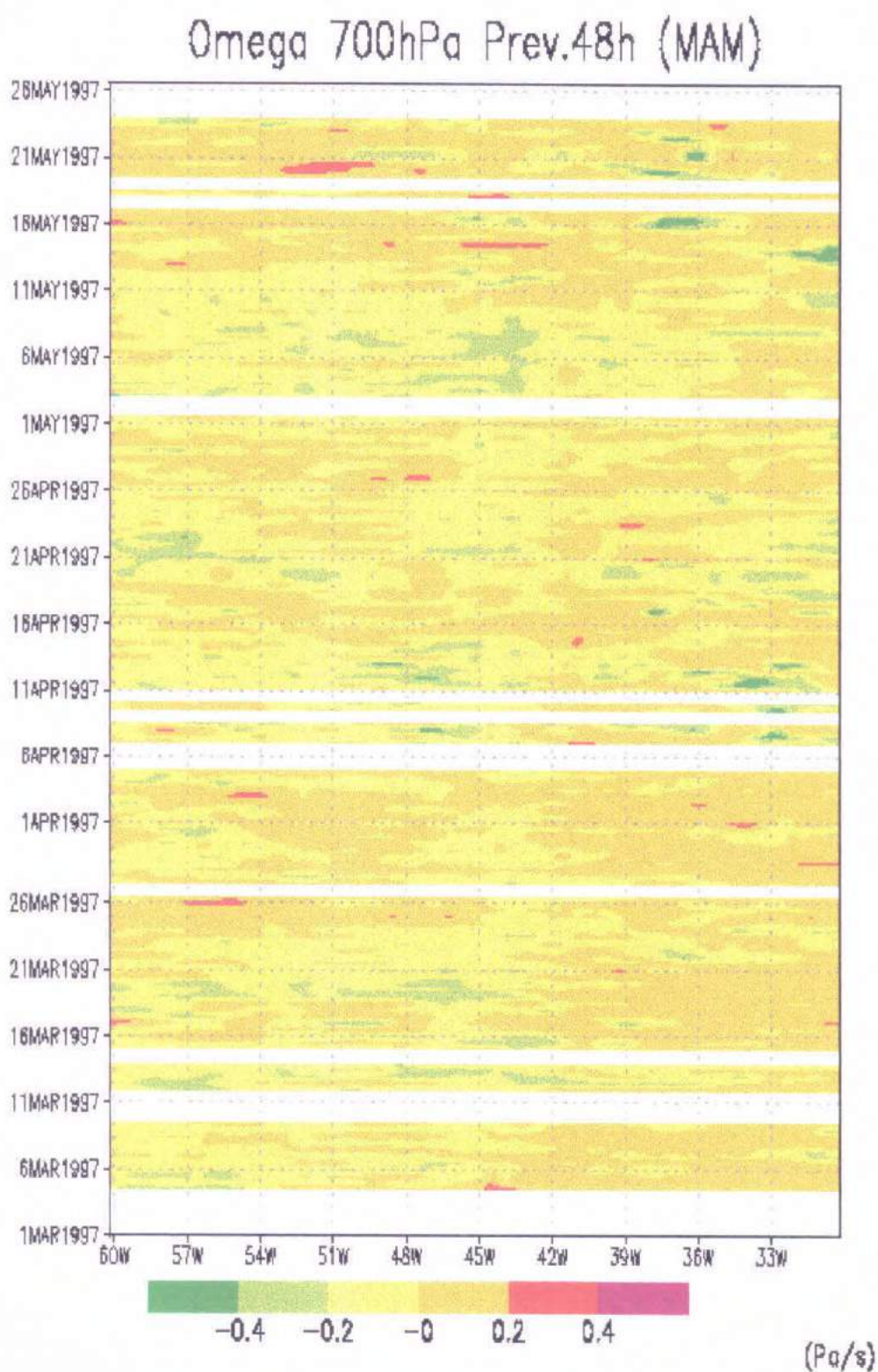
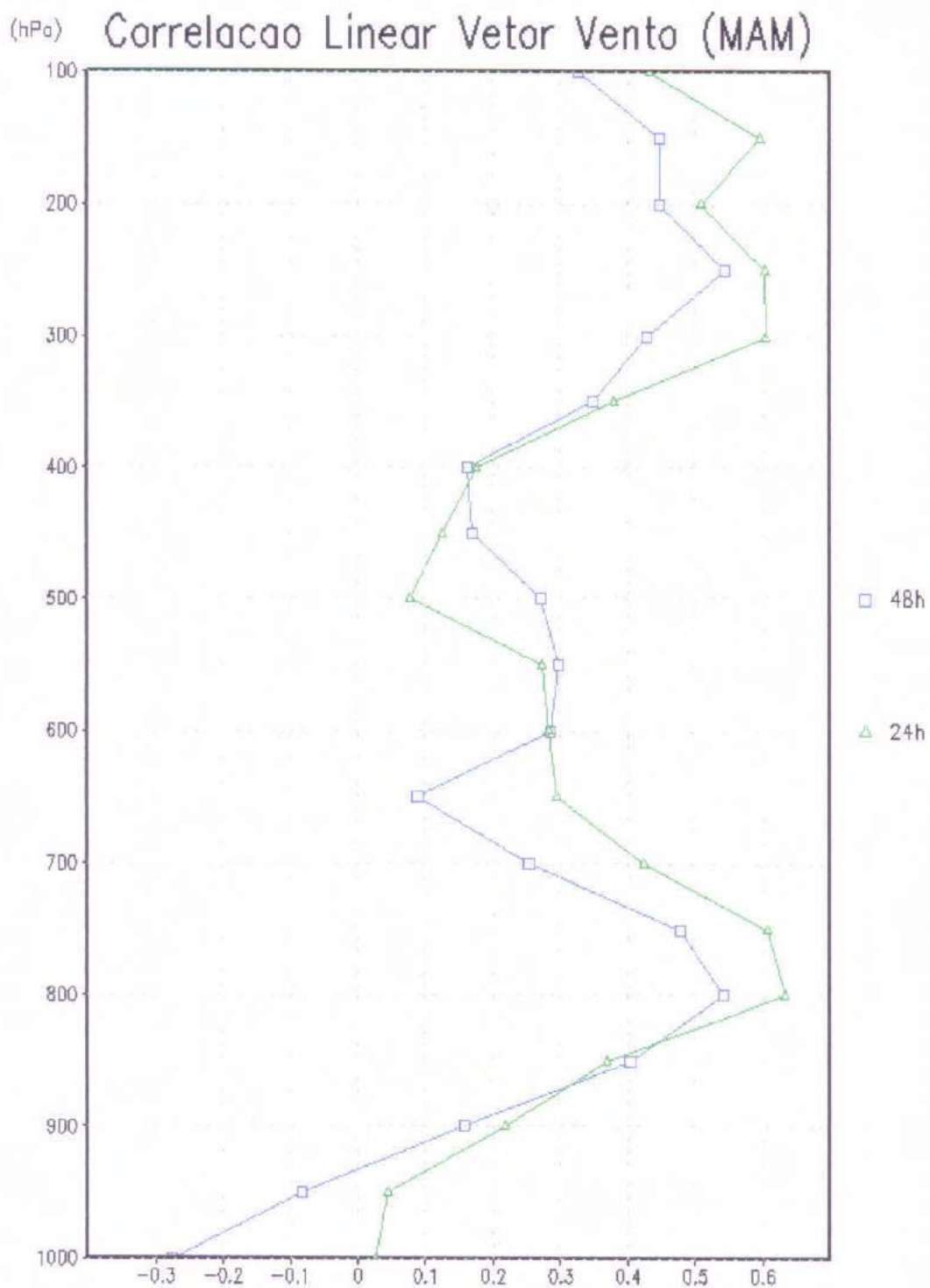


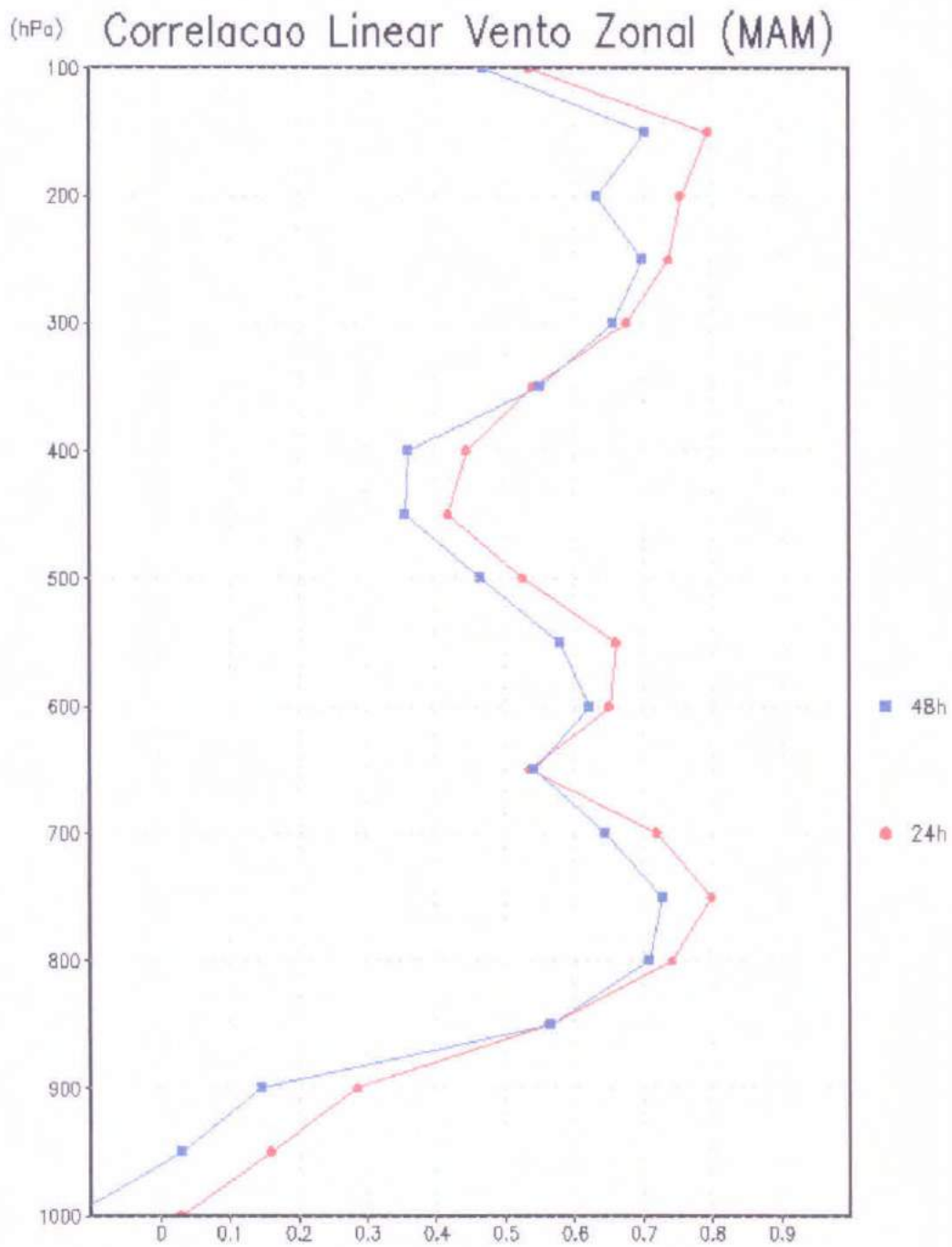
Figura 3.27: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 48h durante o período de março, abril e maio de 1997 (MAM) no nível de 700hPa.





GrADS: COLA/IGES

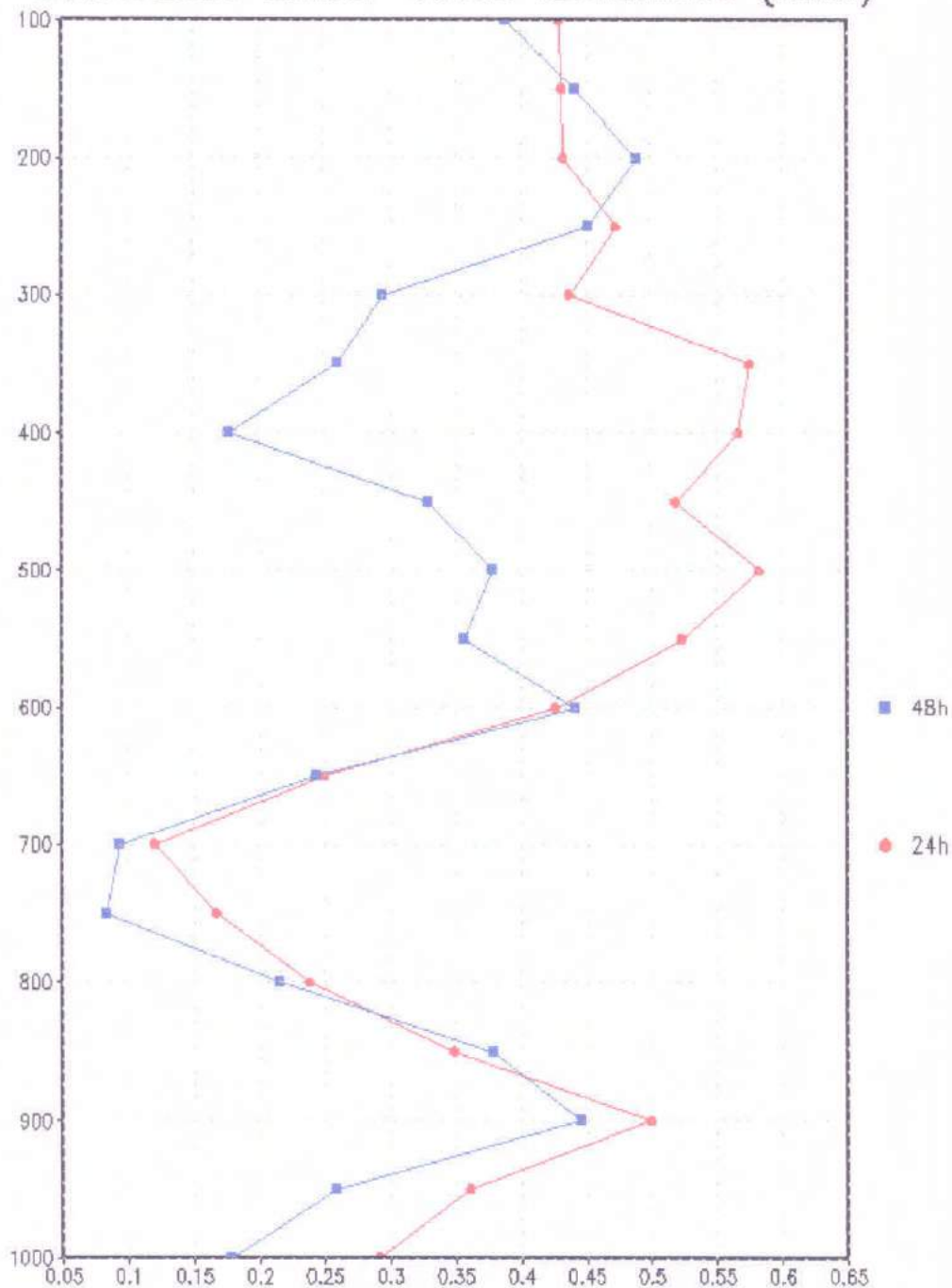
Figura 3.28: Perfil da correlação linear entre o vetor vento previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).



GrADS: COLA/IGES

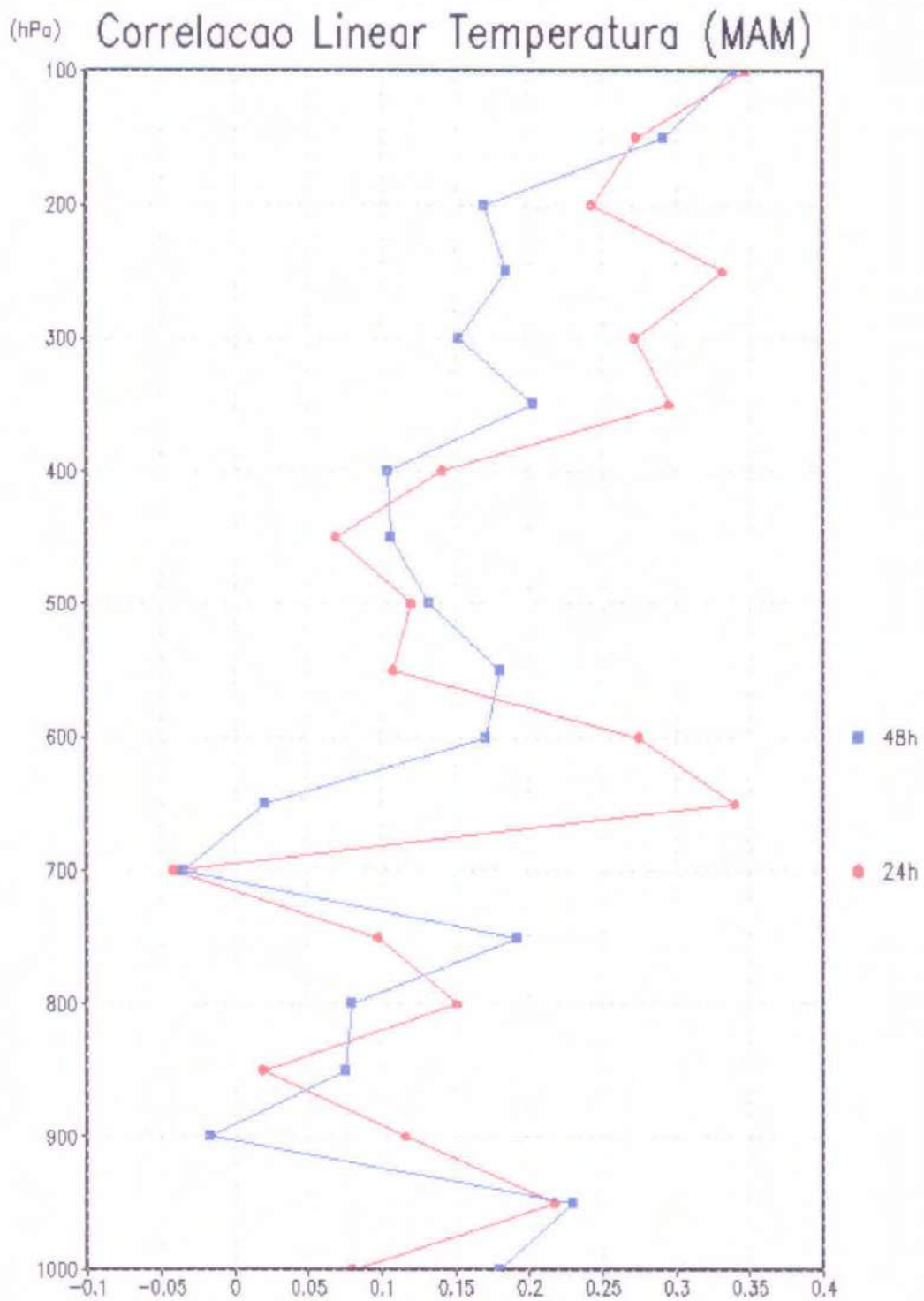
Figura 3.29: Perfil da correlação linear entre a componente zonal do vento prevista e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

### (hPa) Correlação Linear Vento Meridional (MAM)



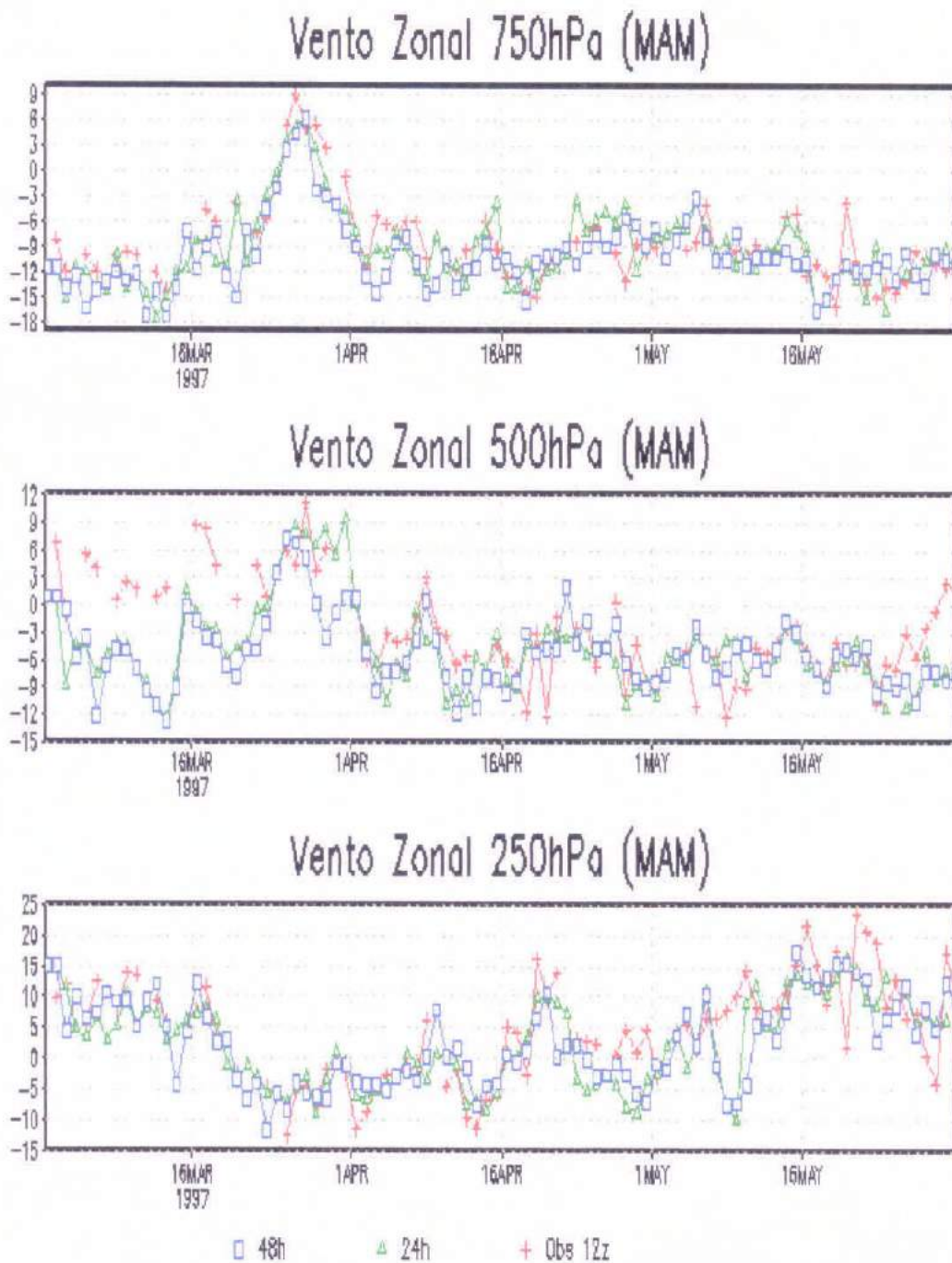
GRADS: COLA/IGES

Figura 3.30: Perfil da correlação linear entre a componente meridional do vento previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).



GRAB: COLA/IGES

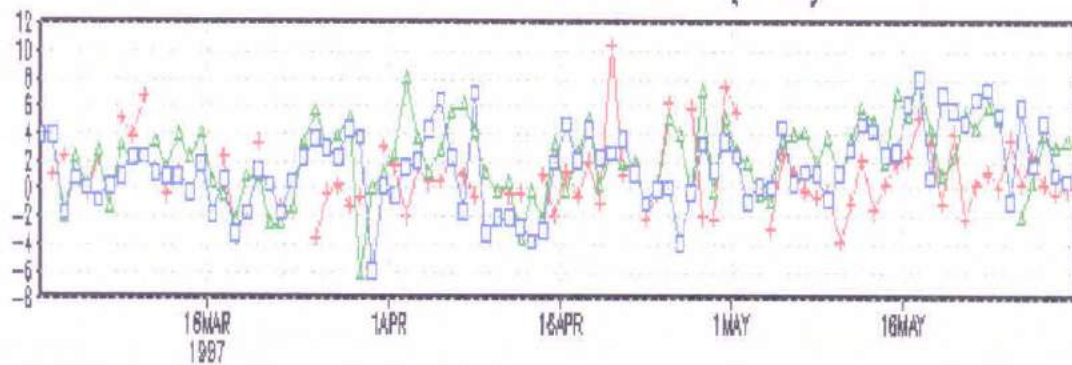
Figura 3.31: Perfil da correlação linear entre a temperatura do ar prevista e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).



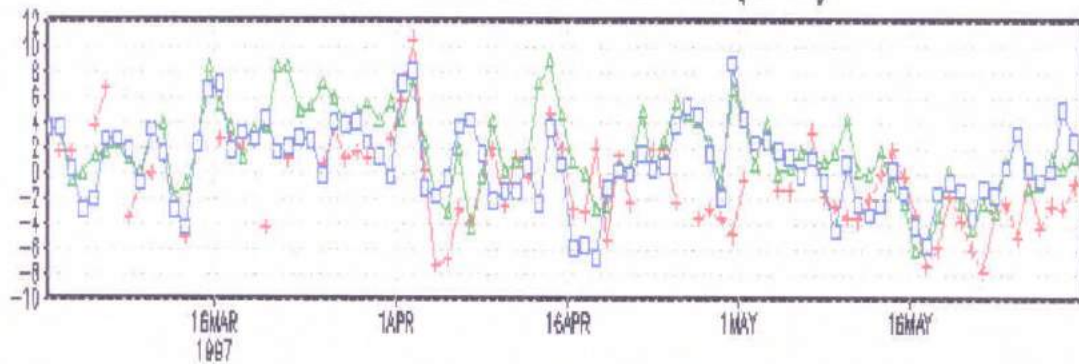
GRADS: COLA/IGES

Figura 3.32: Series temporais da componente zonal do vento para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

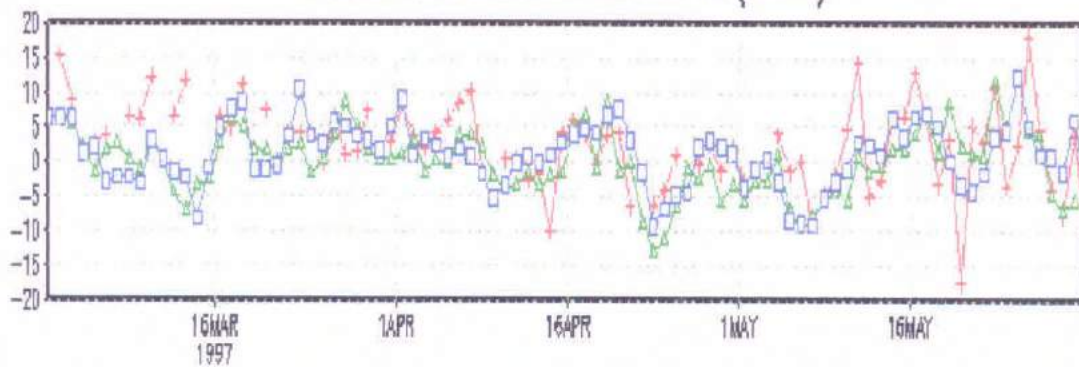
### Vento Meridional 750hPa (MAM)



### Vento Meridional 500hPa (MAM)



### Vento Meridional 250hPa (MAM)

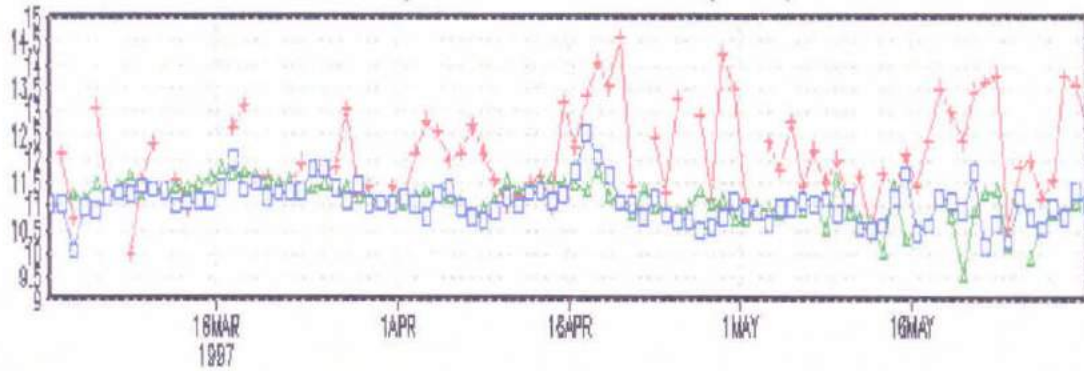


□ 48h    △ 24h    + Obs 12z

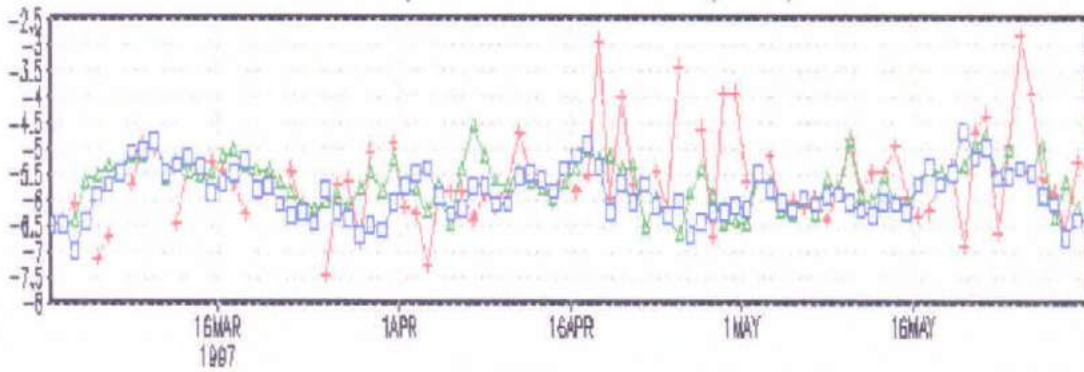
GNDS: COLA/GES

Figura 3.33: Series temporais da componente meridional do vento para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

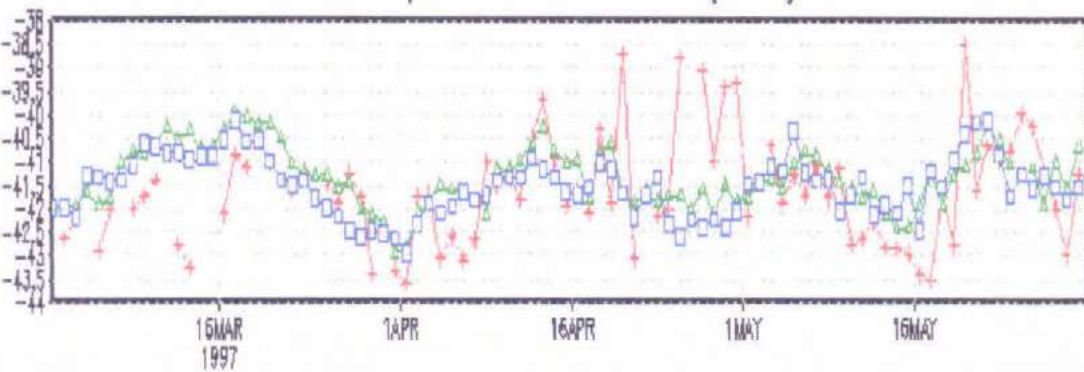
### Temperatura 750hPa (MAM)



### Temperatura 500hPa (MAM)



### Temperatura 250hPa (MAM)

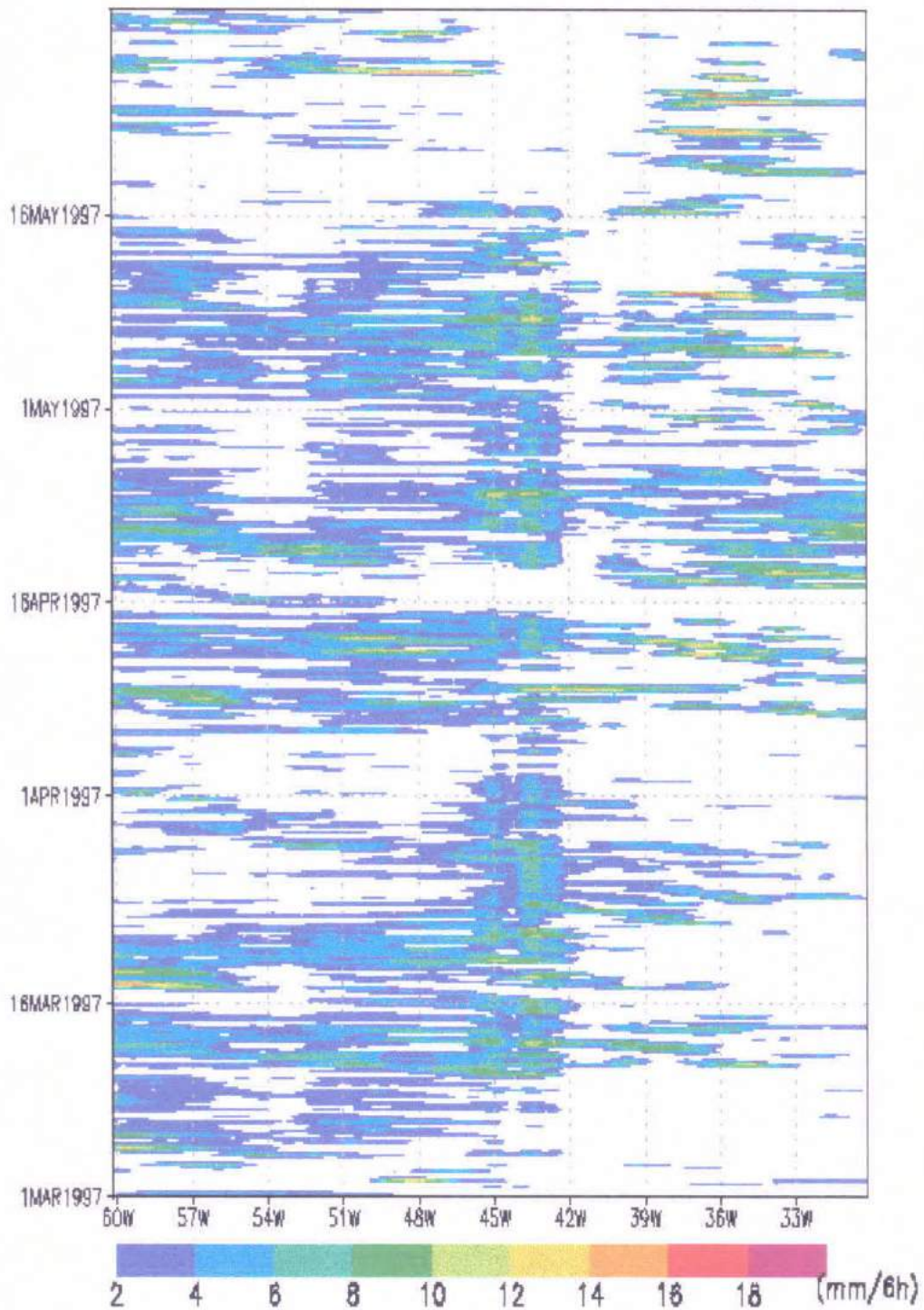


□ 48h    △ 24h    + Obs 12z

GRADE: COLA/IGES

Figura 3.34: Series temporais da temperatura do ar para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

### Precipitacao lat.: -2.5 (MAM)



JS: COLA/IGES

Figura 3.35: Série temporal da precipitação prevista com mais de 48h de antecedência para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).



### Imagens Goes Ch.8 (MAM)

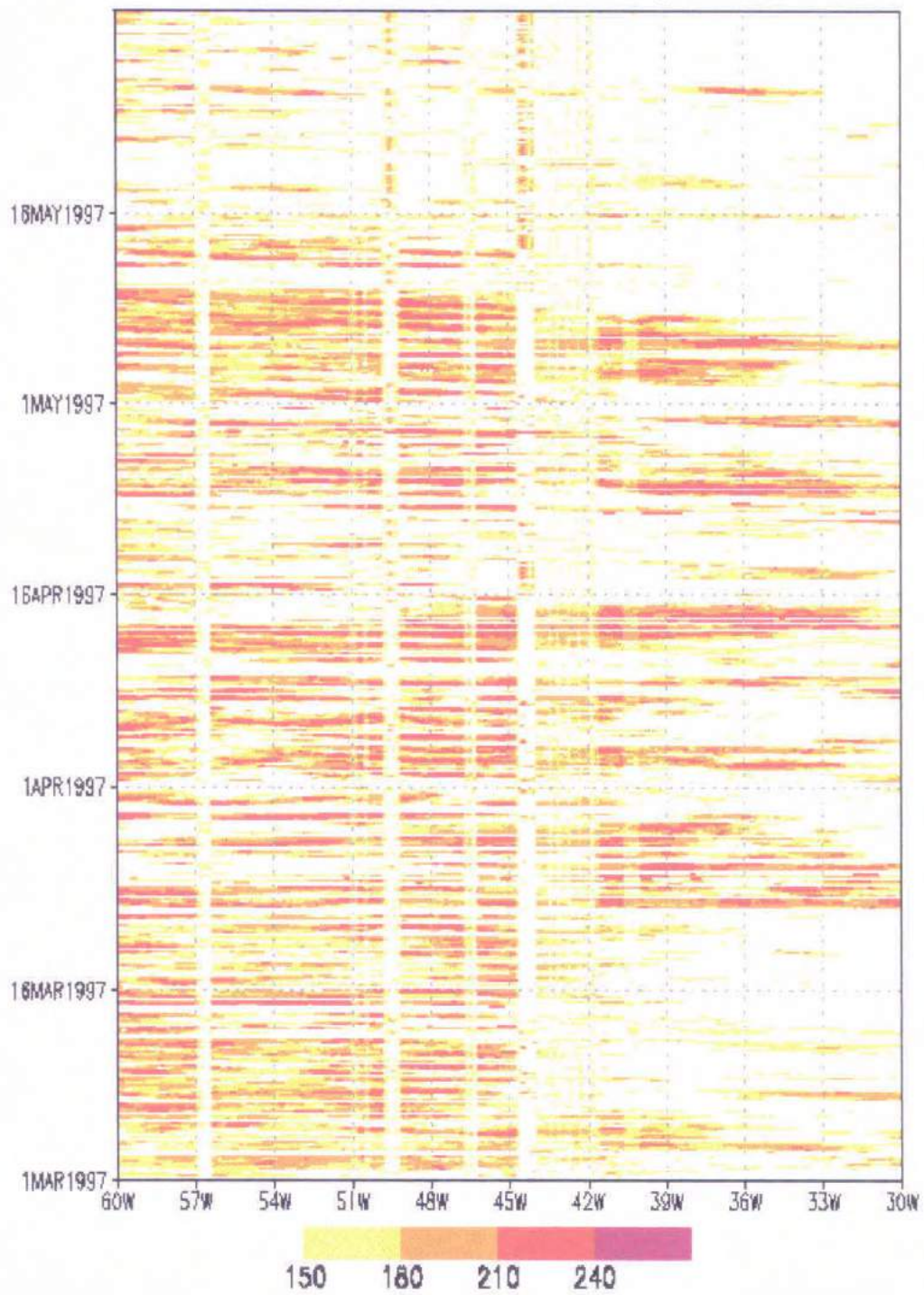


Figura 3.36 Serie temporal das imagens do Satélite Goes no canal infravermelho para o período de março, abril e maio de 1997 (MAM).

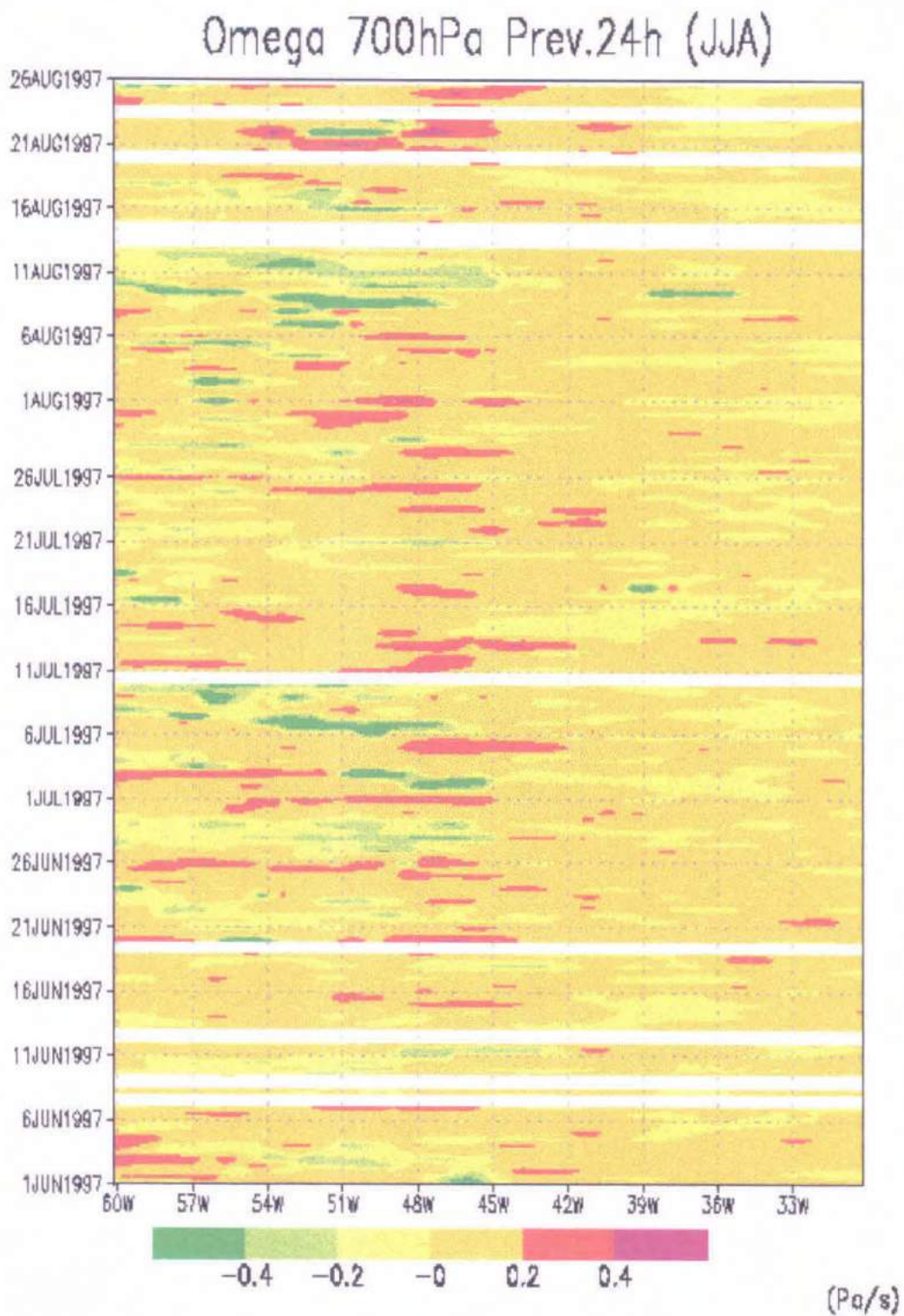


Figura 3.37: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 24h durante o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA) no nível de 700hPa.

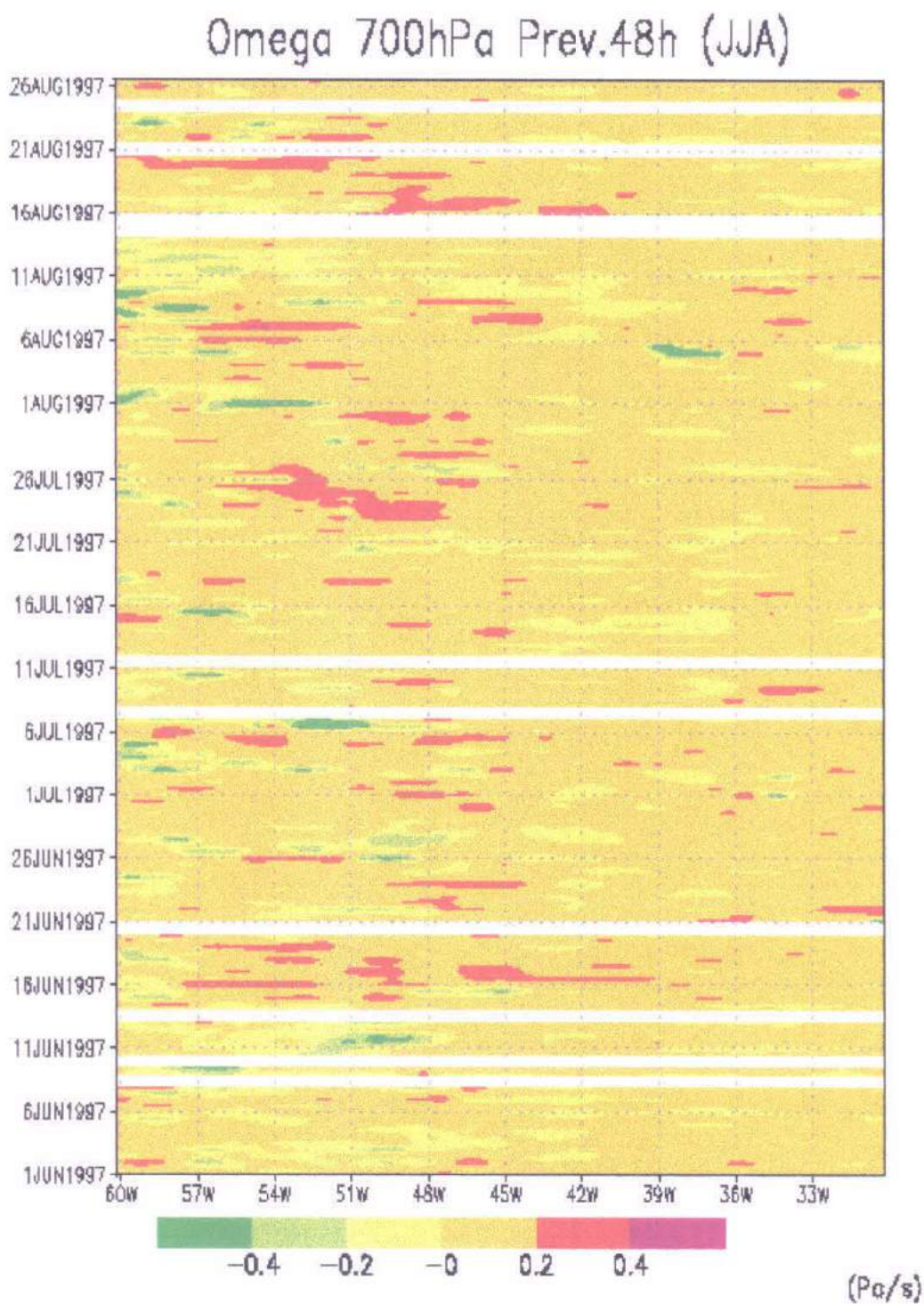
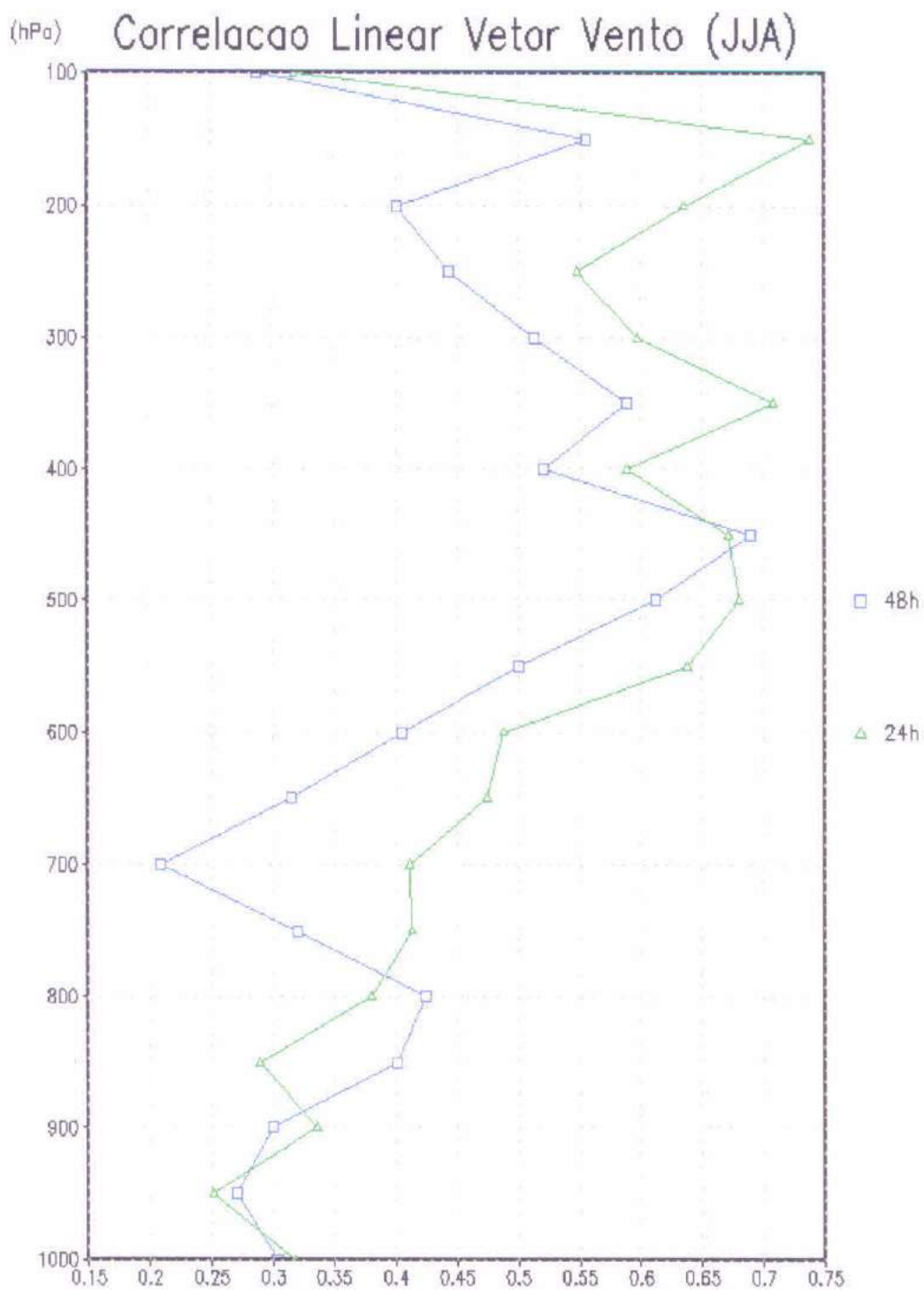


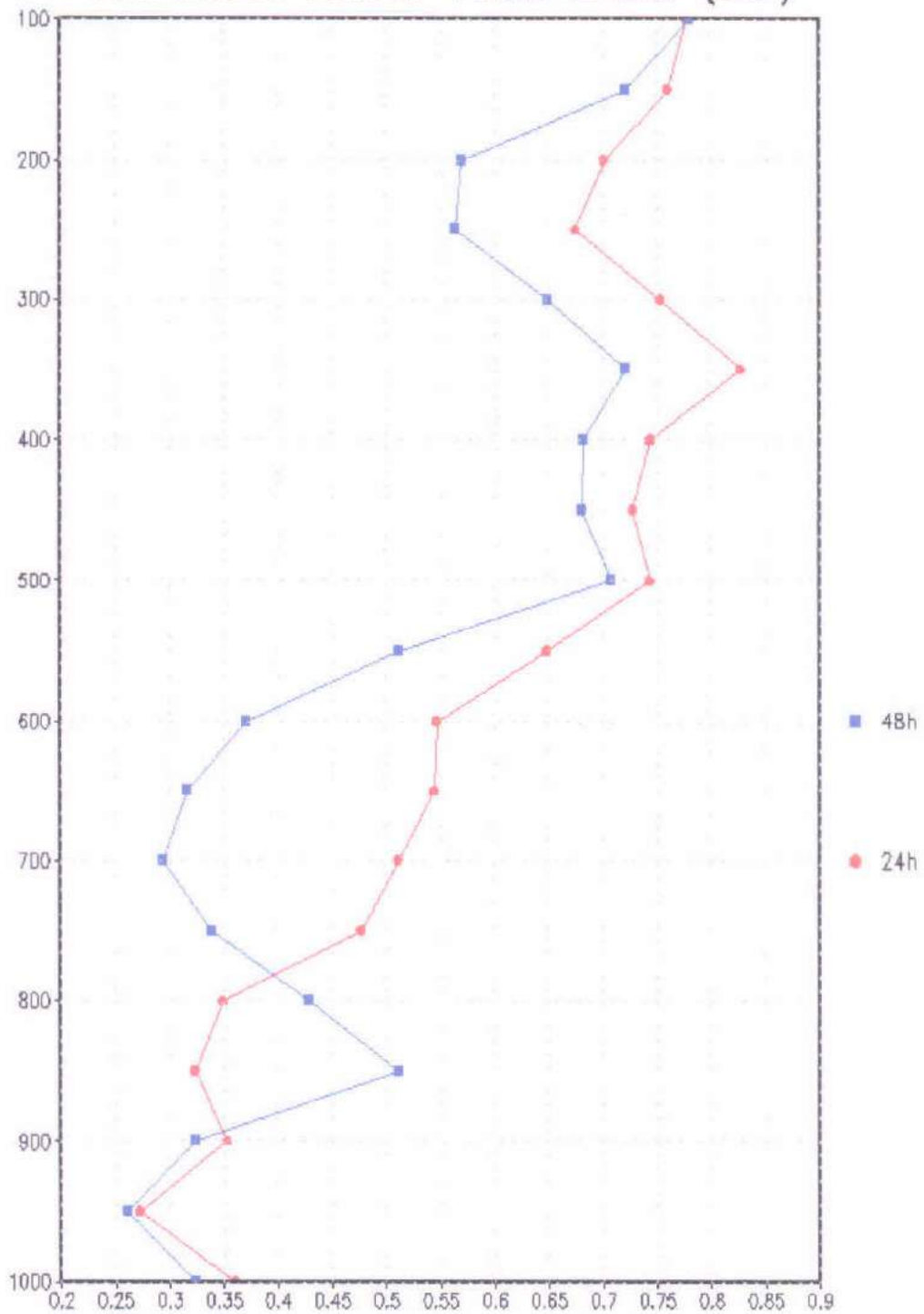
Figura 3.38: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 48h durante o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA) no nível de 700hPa.



GrADS: COLA/IGES

Figura 3.39: Perfil da correlação linear entre o vetor vento previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

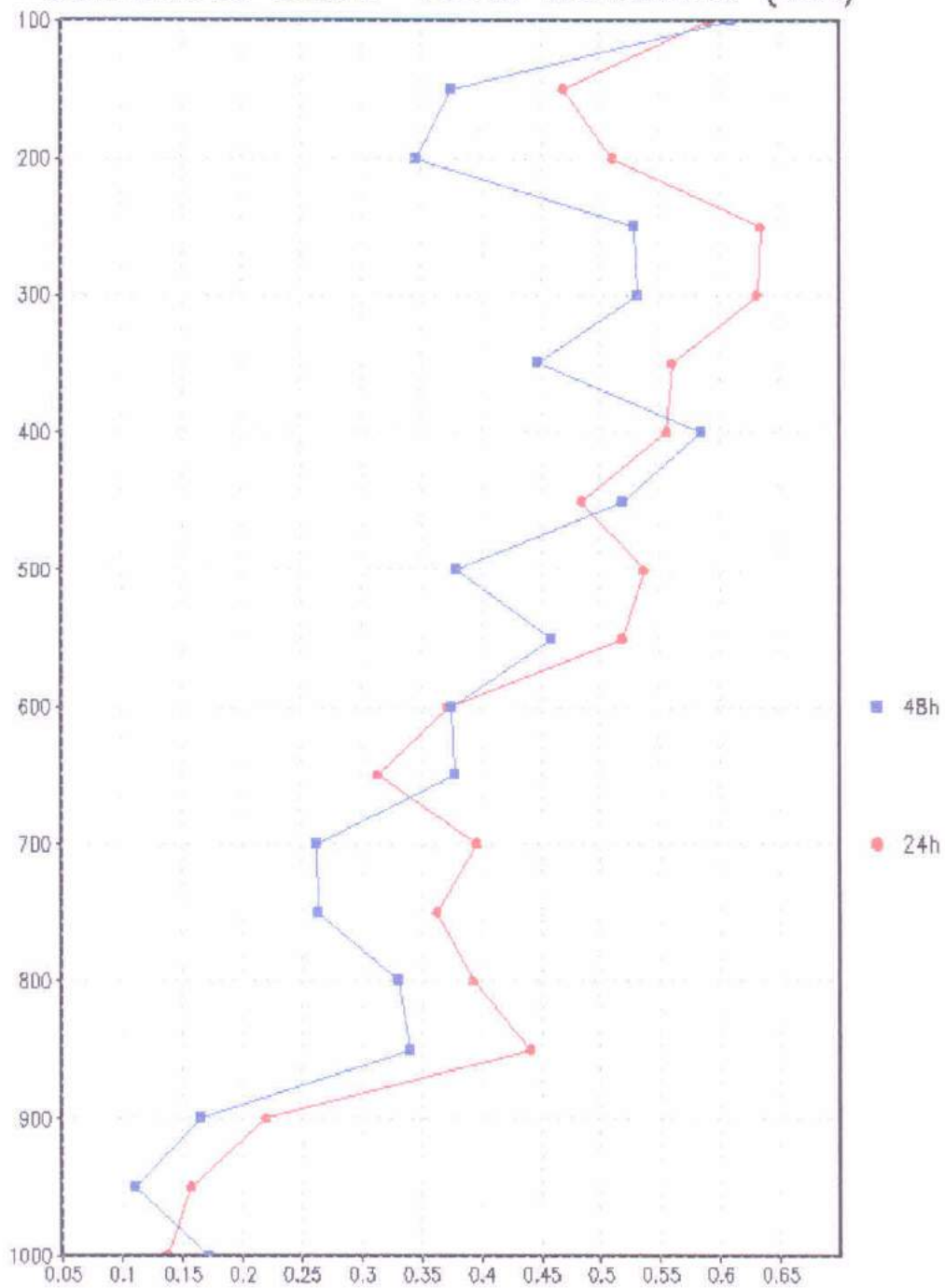
### (hPa) Correlacao Linear Vento Zonal (JJA)



GRADS: COLA/IGES

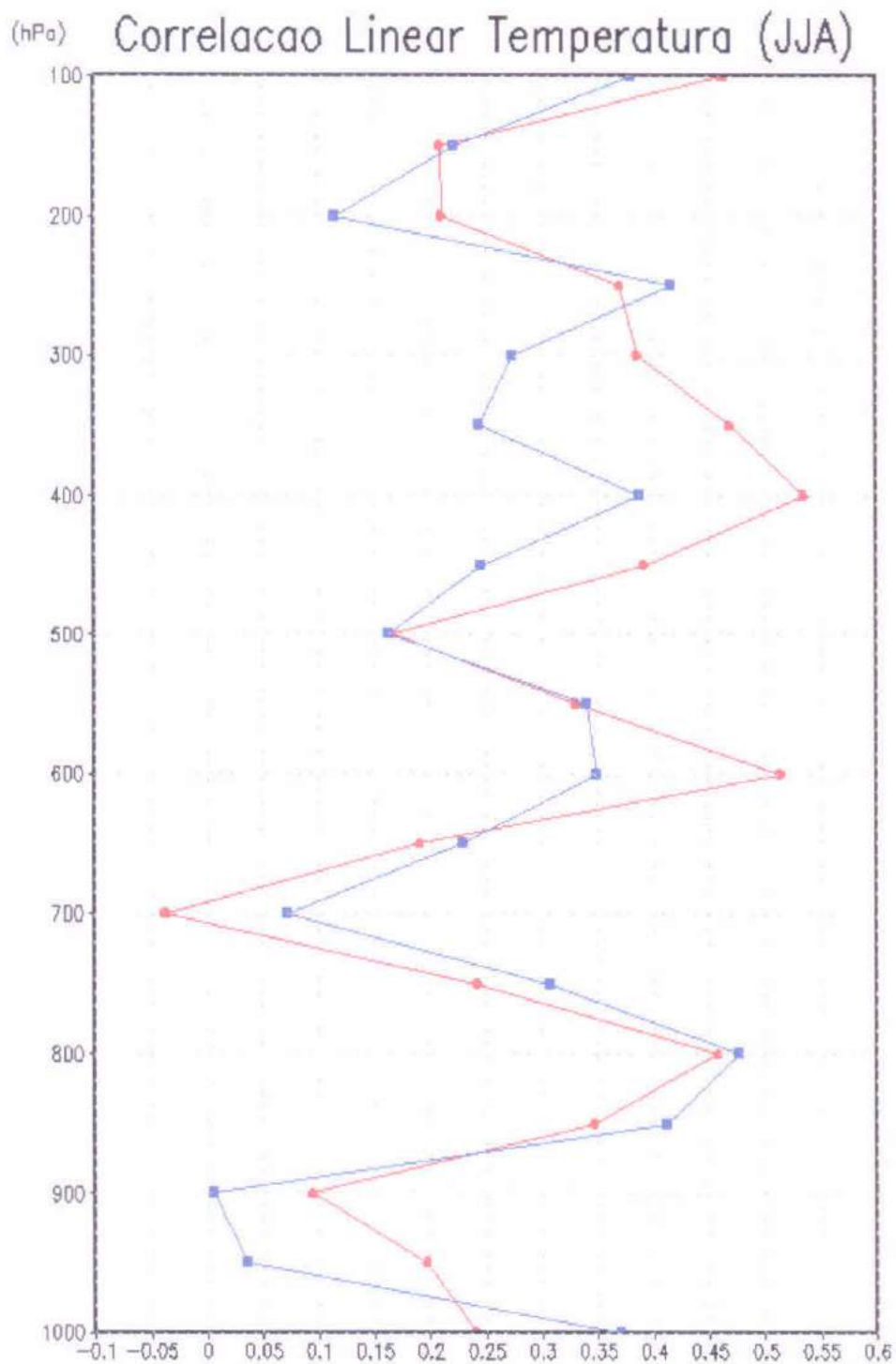
Figura 3.40: Perfil da correlação linear entre a componente zonal previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

### (hPa) Correlação Linear Vento Meridional (JJA)



GrADS: COLA/IGES

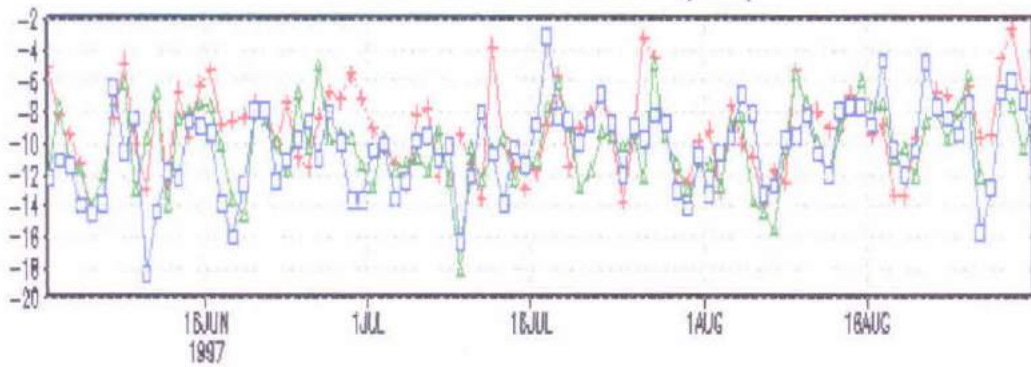
Figura 3.41: Perfil da correlação linear entre componente meridional do vento previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).



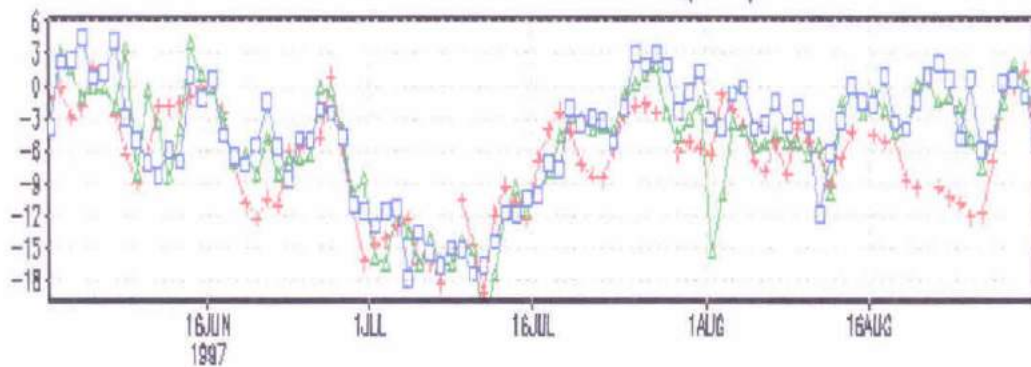
GrADS: COLA/IGES

Figura 3.42: Perfil da correlação linear entre a temperatura do ar prevista e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

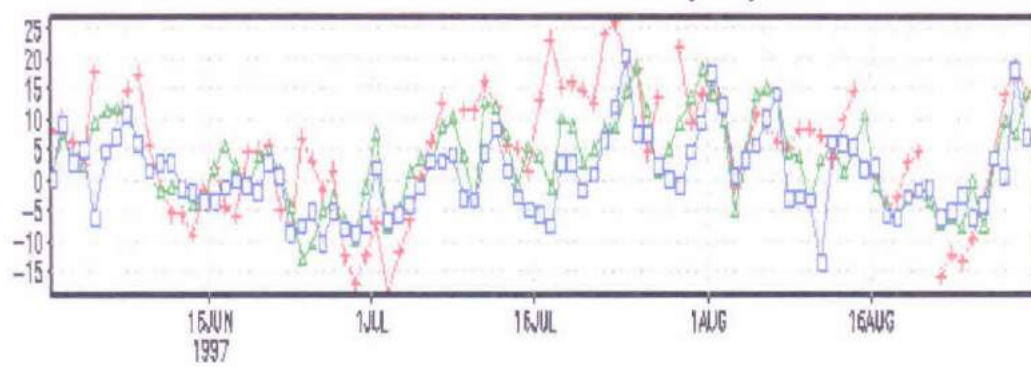
### Vento Zonal 750hPa (JJA)



### Vento Zonal 500hPa (JJA)



### Vento Zonal 250hPa (JJA)



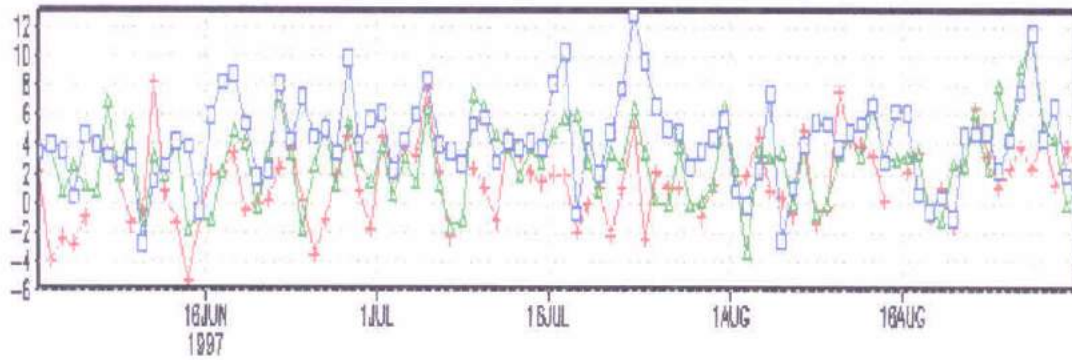
□ 48h    △ 24h    + Obs 12z

GADE: COLA/GES

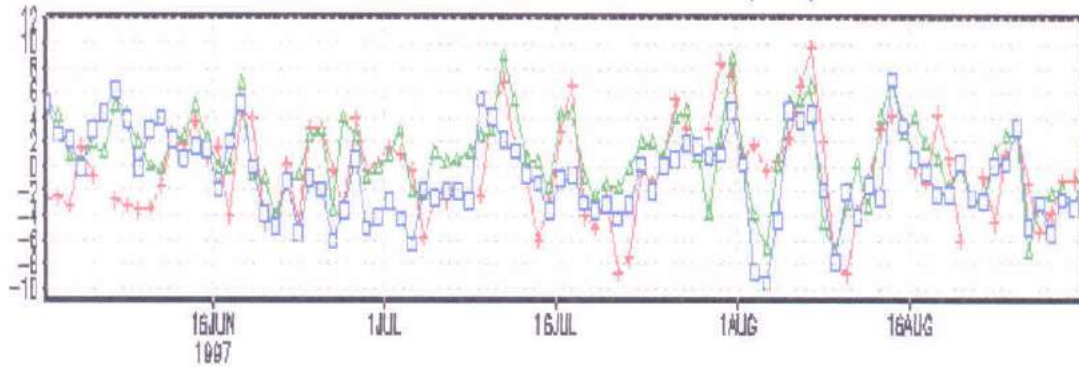
Figura 3.43: Series temporais da componente zonal do vento para o período de junho julho e agosto de 1997 (JJA).



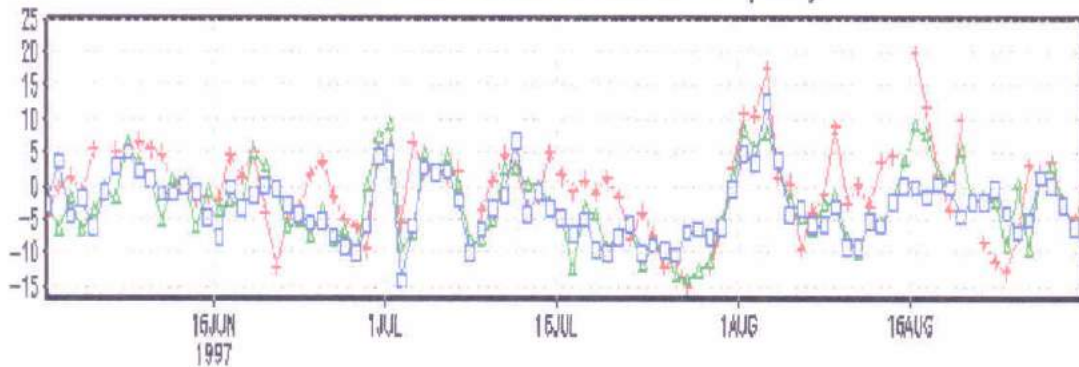
### Vento Meridional 750hPa (JJA)



### Vento Meridional 500hPa (JJA)



### Vento Meridional 250hPa (JJA)

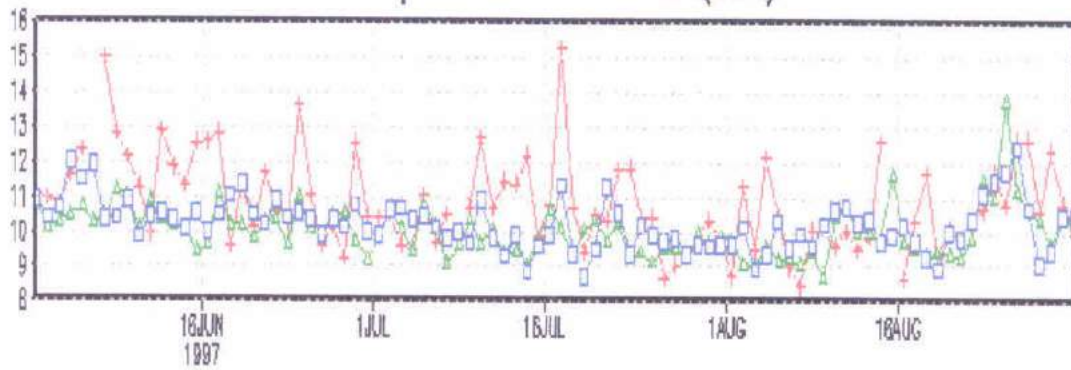


□ 48h    △ 24h    + Obs 12z

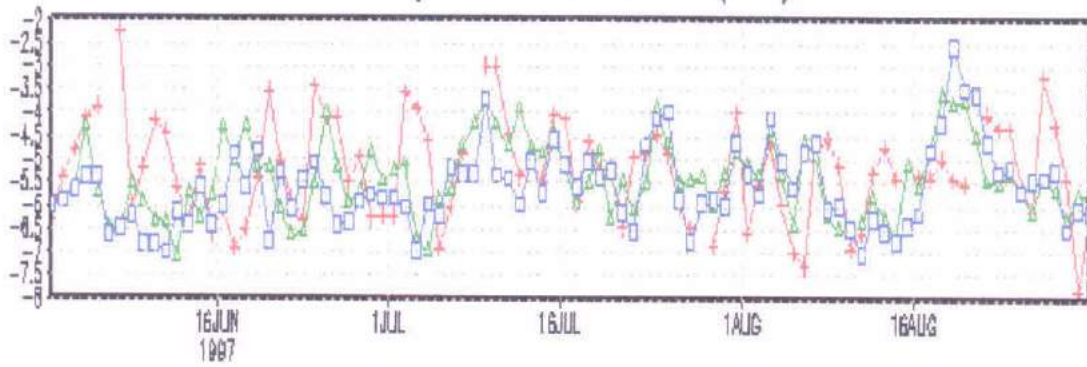
GRADS: COLA/IGES

Figura 344.: Series temporais da componente meridional do vento para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

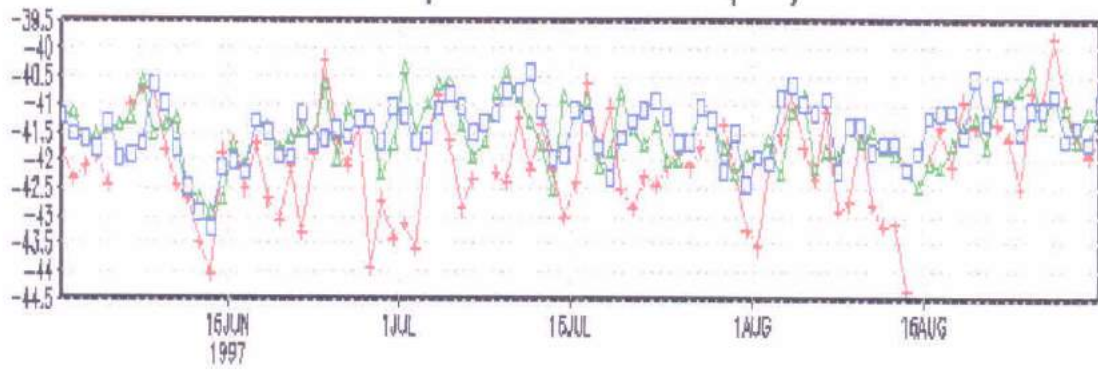
### Temperatura 750hPa (JJA)



### Temperatura 500hPa (JJA)



### Temperatura 250hPa (JJA)

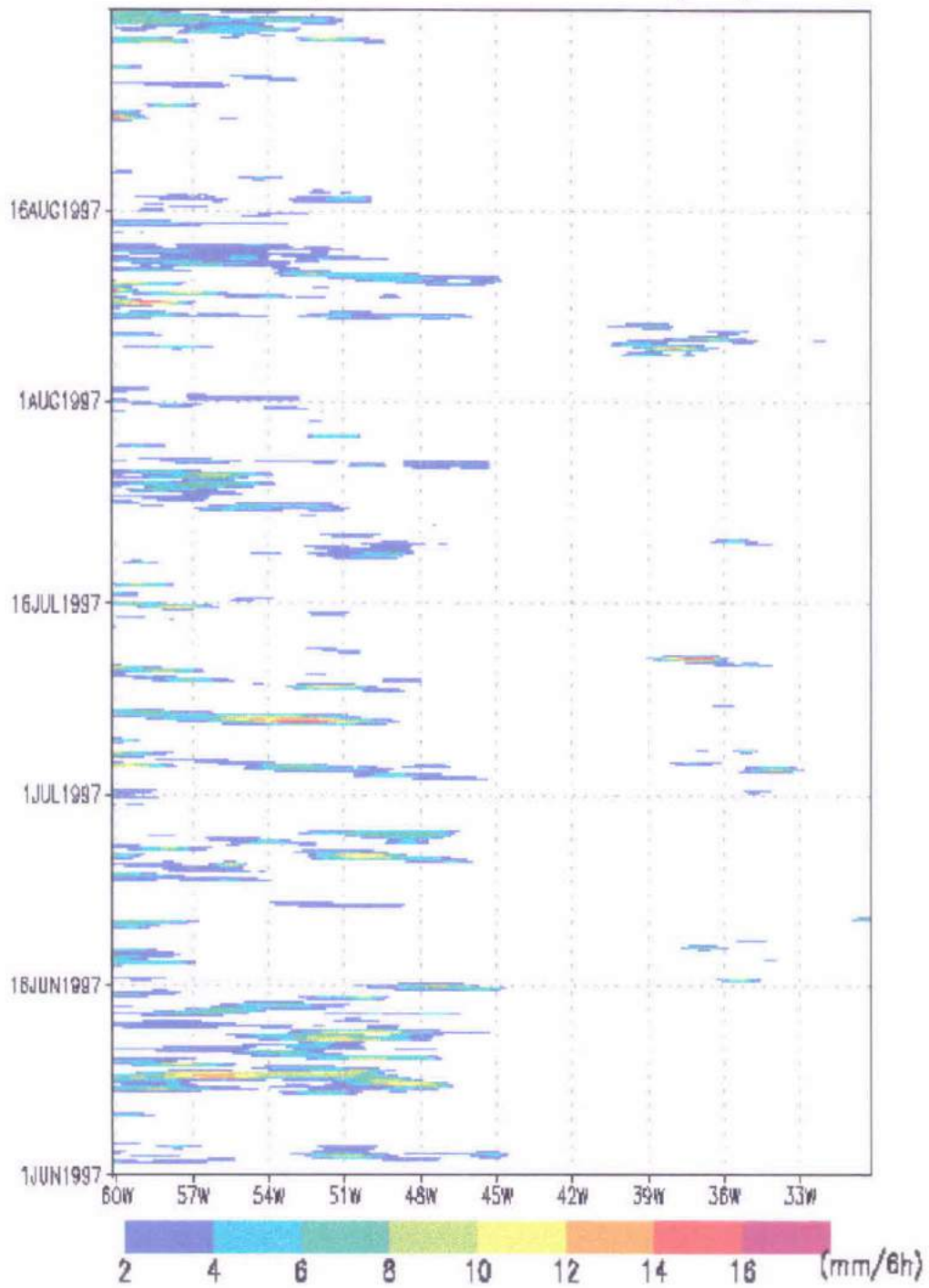


□ 48h    ▲ 24h    + Obs 12z

GrADS: COLA/IGES

Figura 3.45: Series temporais da temperatura do ar para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

### Precipitacao lat: -2.5 (JJA)



GrADS: COLA/IGES

Figura 3.46: Série temporal da precipitação prevista com mais de 48h de antecedência para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

## Imagens Goes Ch.8 (JJA)

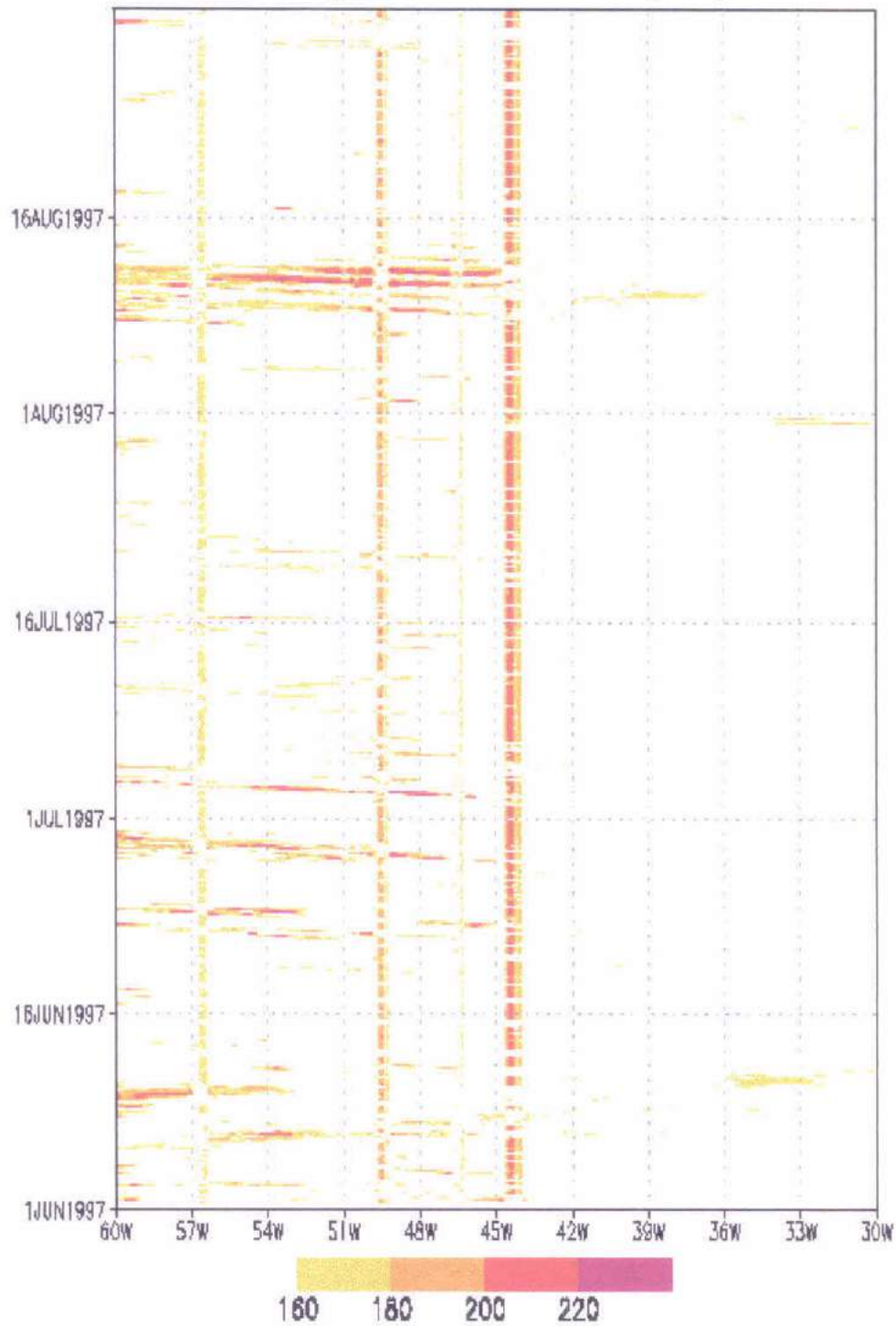


Figura 3.47 Serie temporal das imagens do Satélite Goes no canal infravermelho para o período de junho, julho e agosto de 1997 (JJA).

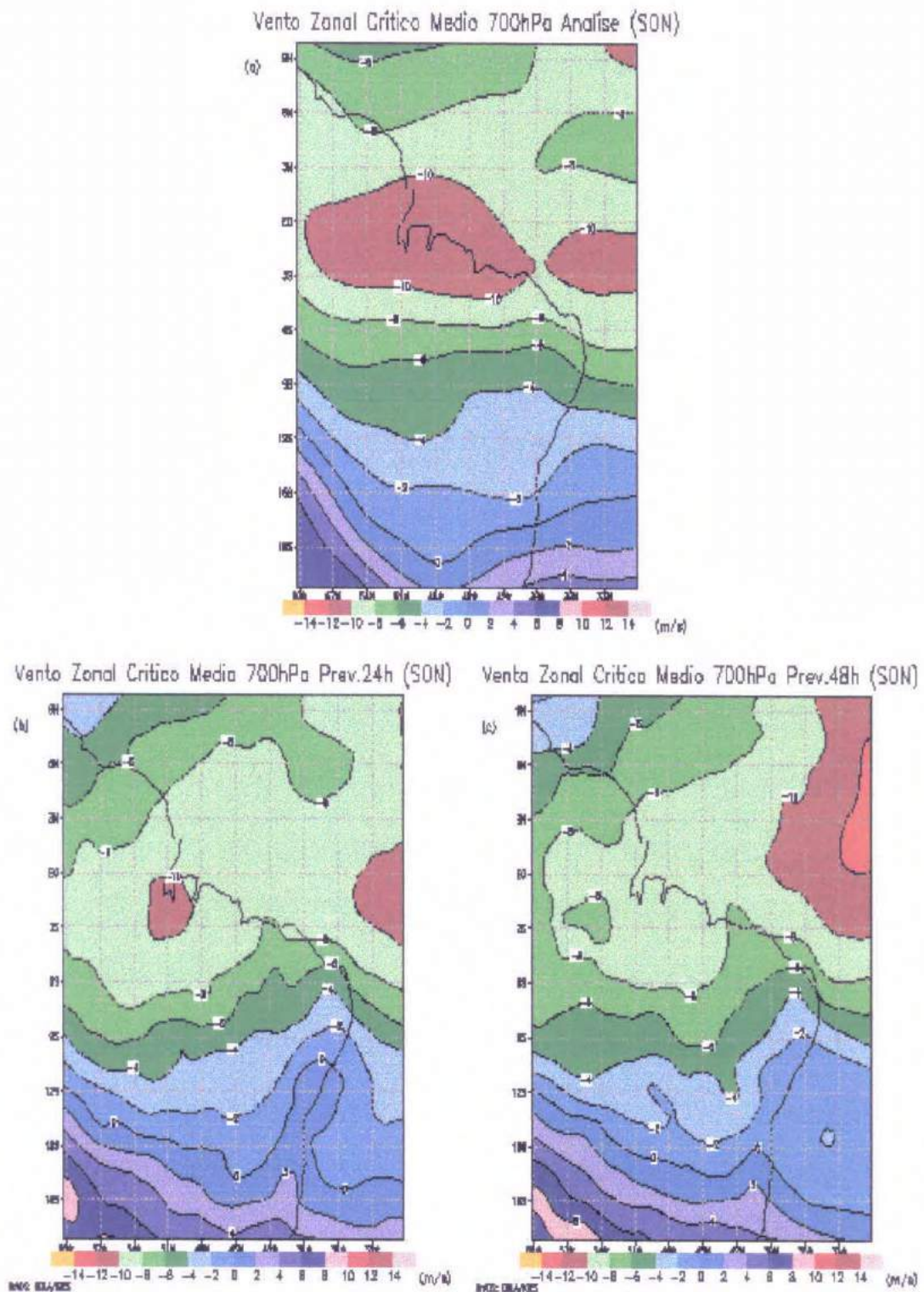


Figura 3.48: Campo médio do Nordeste da componente zonal dos ventos durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

(a) Componente zonal dos ventos das análises observadas (NCEP).

(b) Componente zonal dos ventos das previsões de 24h de antecedência do Modelo Eta.

(c) Componente zonal dos ventos das previsões de 48h de antecedência do Modelo Eta.

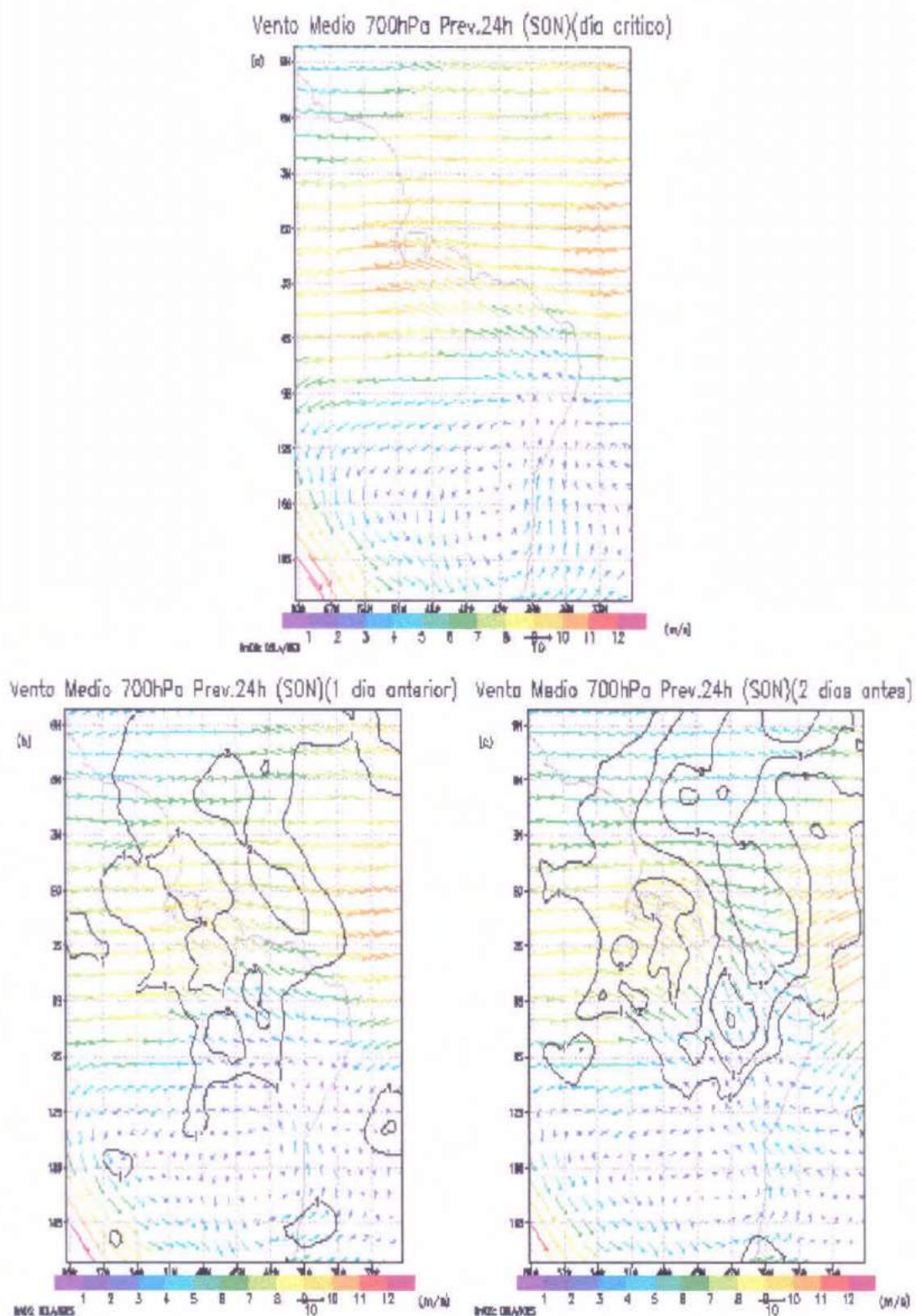


Figura 3.49: Campo médio do Nordeste dos ventos ocorridos nos dias críticos durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) das previsões de 24h no nível de 700hPa.  
 (a) Ventos críticos médios das análises observadas (NCEP).  
 (b) Ventos médios ocorridos um dia antes ao dia crítico.  
 (c) Ventos médios ocorridos dois dias antes ao dia crítico.

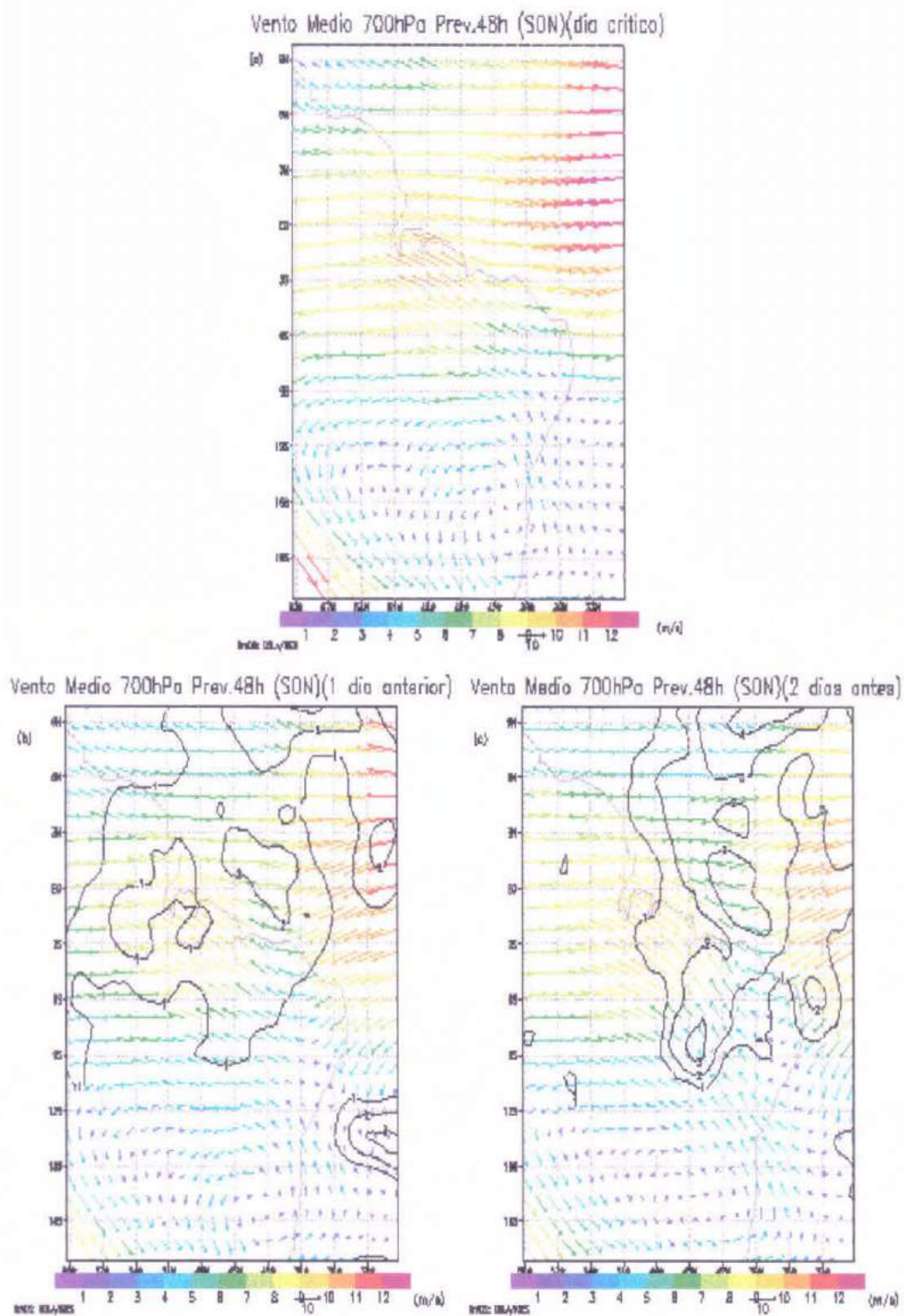


Figura 3.50: Campo médio do Nordeste dos ventos ocorridos nos dias críticos durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) das previsões de 48h no nível de 700hPa.

- (a) Ventos críticos médios das análises observadas (NCEP).
- (d) Ventos médios ocorridos um dia antes ao dia crítico.
- (e) Ventos médios ocorridos dois dias antes ao dia crítico.

## Vento Zonal 700hPa Prev.24h (SON)

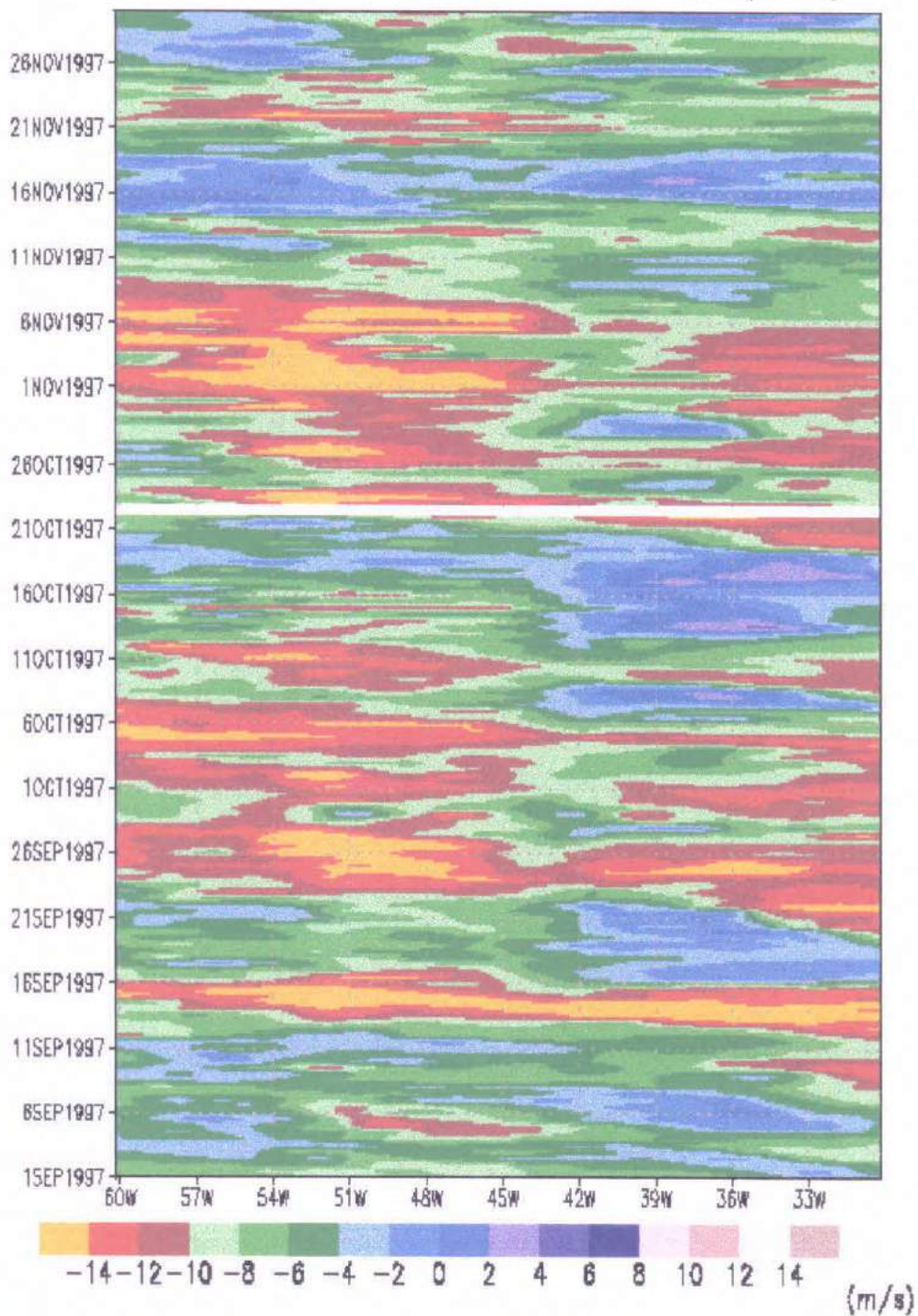


Figura 3.51: Série temporal da componente zonal do vento das previsões de 24h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.



## Vento Meridional 700hPa Prev.24h (SON)

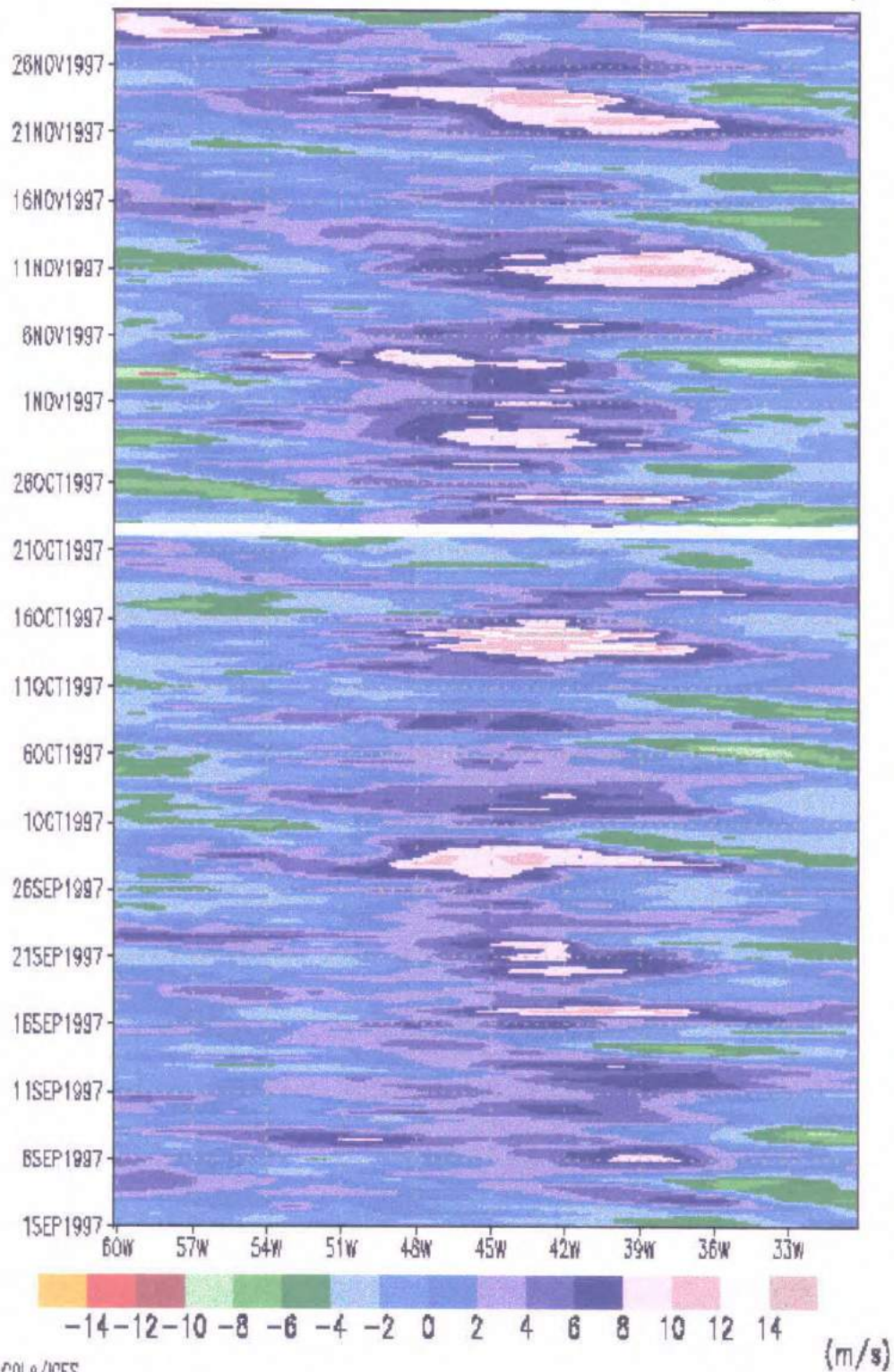


Figura 3.52: Série temporal da componente meridional do vento das previsões de 24h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

## Vento Zonal 700hPa Prev.48h (SON)

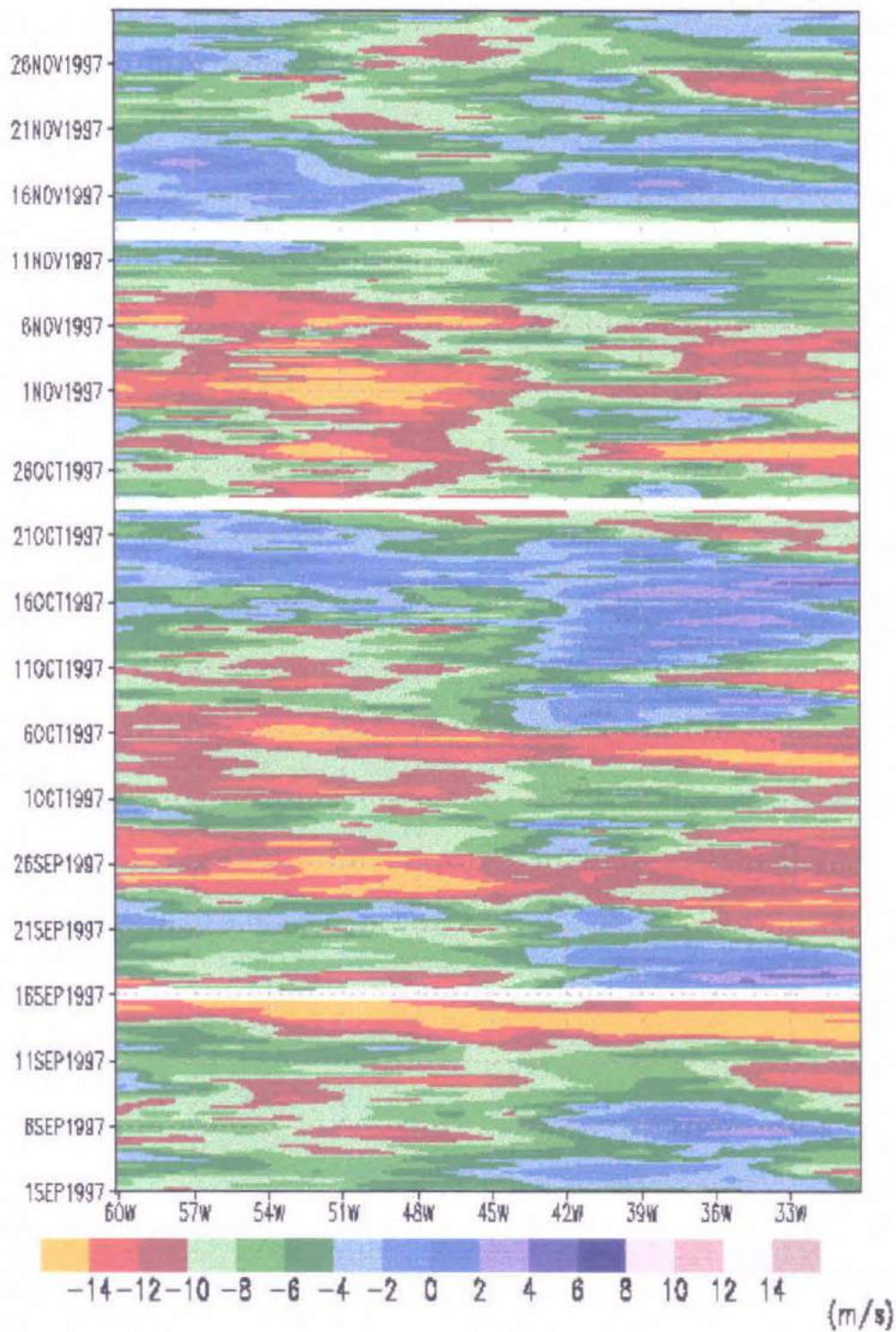


Figura 3.53: Série temporal da componente zonal do vento das previsões de 48h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

## Vento Meridional 700hPa Prev.48h (SON)

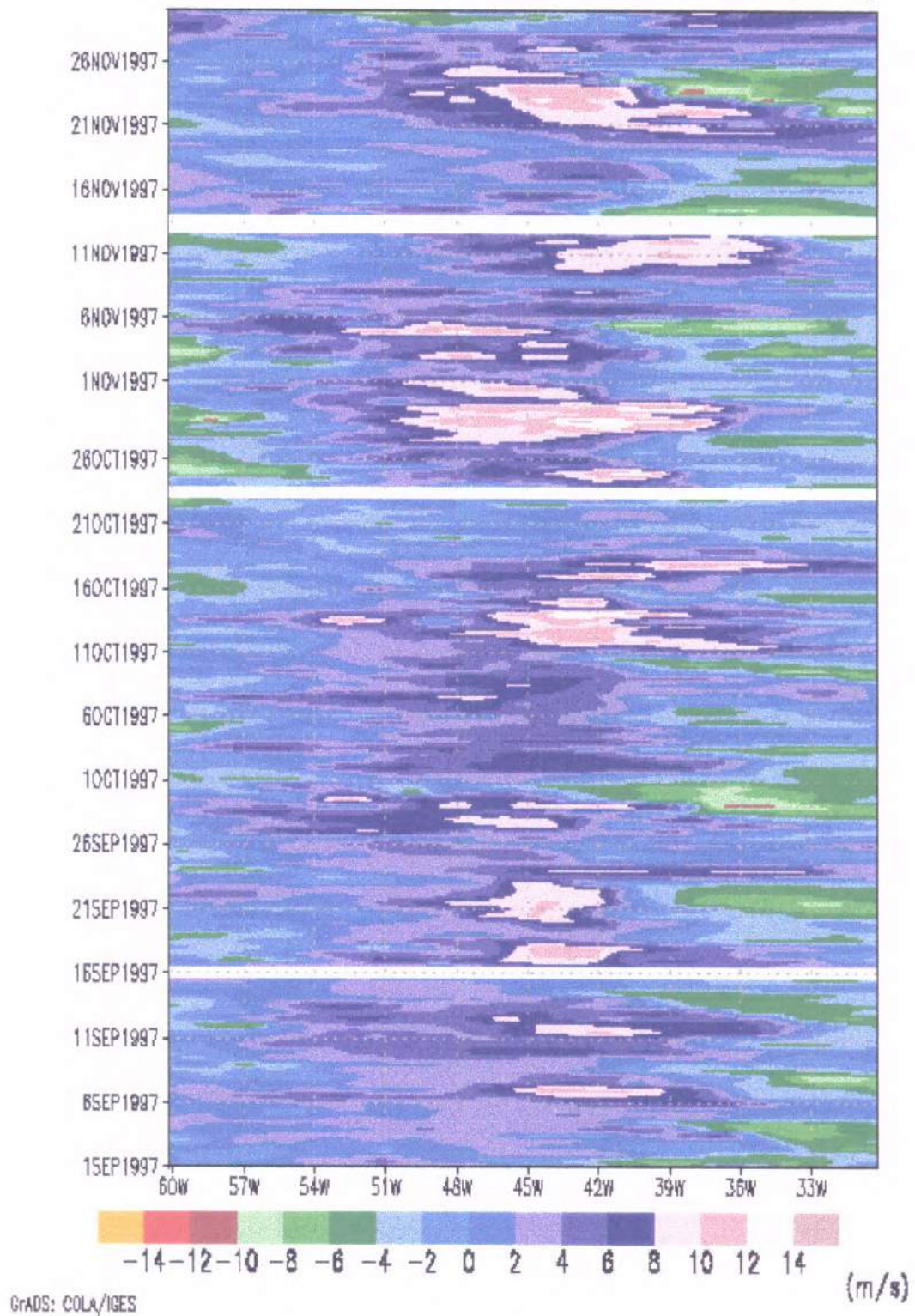


Figura 3.54: Série temporal da componente meridional do vento das previsões de 48h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

## Umidade Relativa 700hPa Prev.24h (SON)

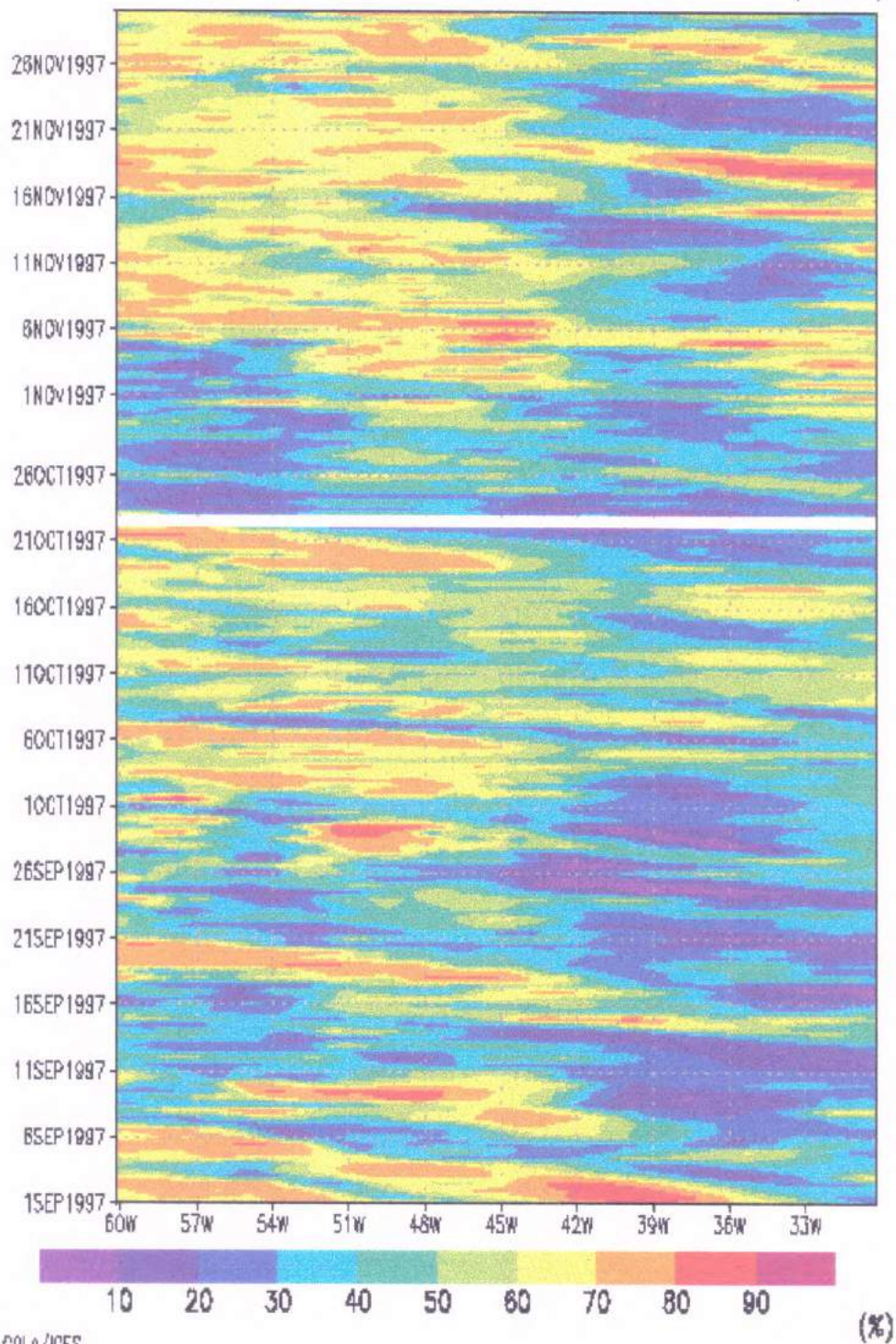


Figura 3.55: Série temporal da umidade relativa das previsões de 24h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

## Umidade Relativa 700hPa Prev.48h (SON)

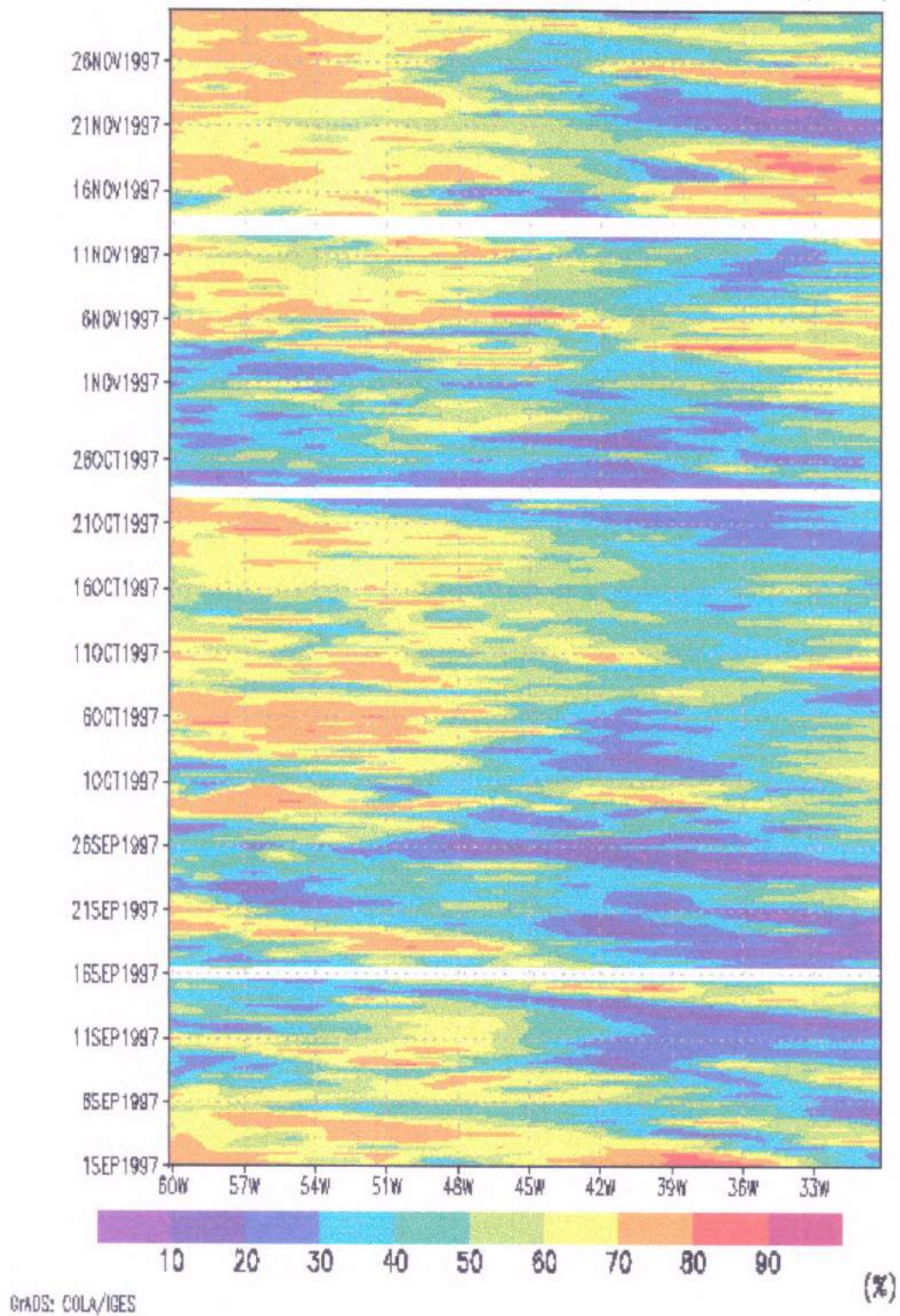


Figura 3.56: Série temporal umidade relativa das previsões de 48h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

### Omega 700hPa Prev.24h (SON)

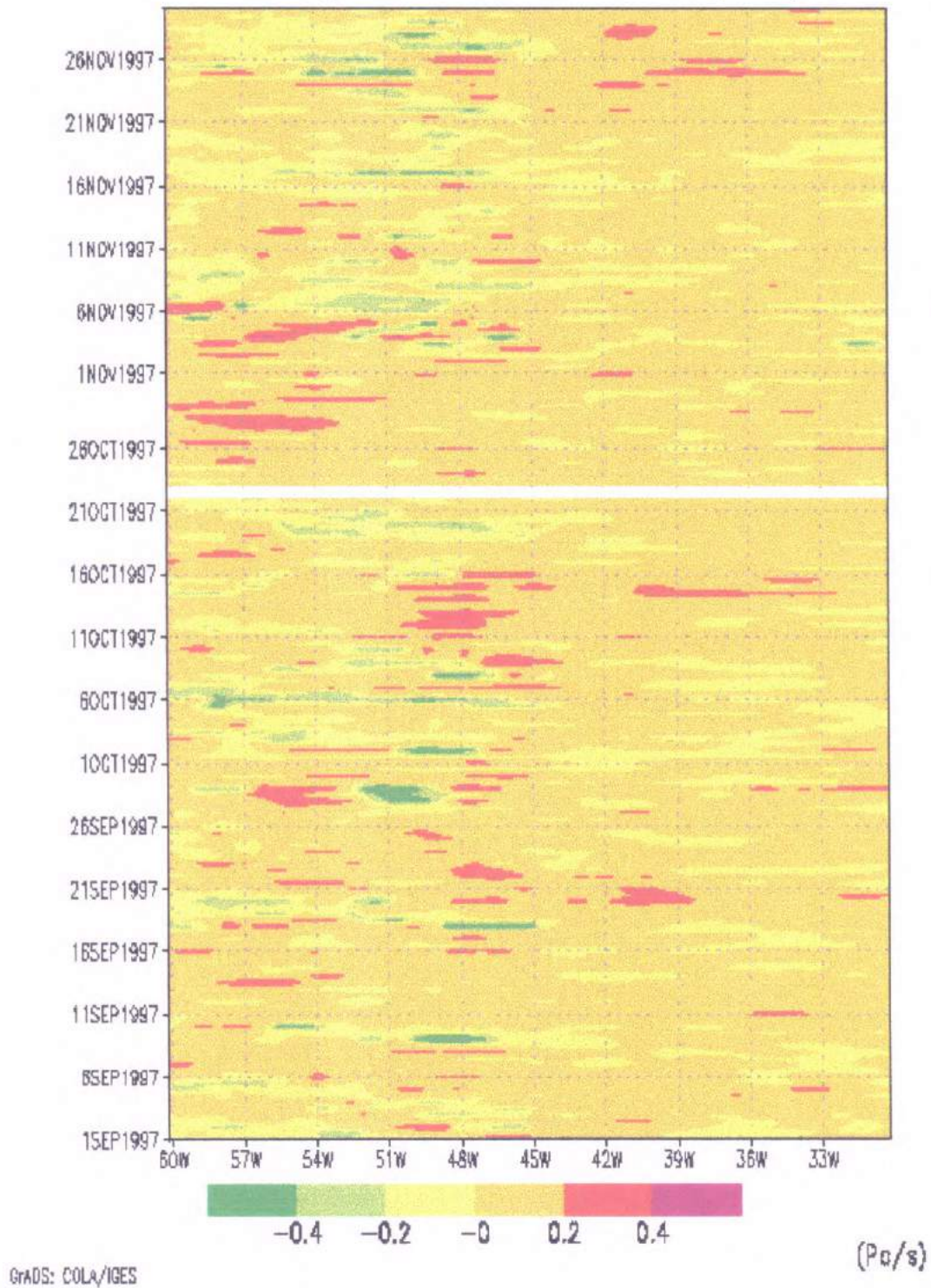


Figura 3.57: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 24h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

### Omega 700hPa Prev.48h (SON)

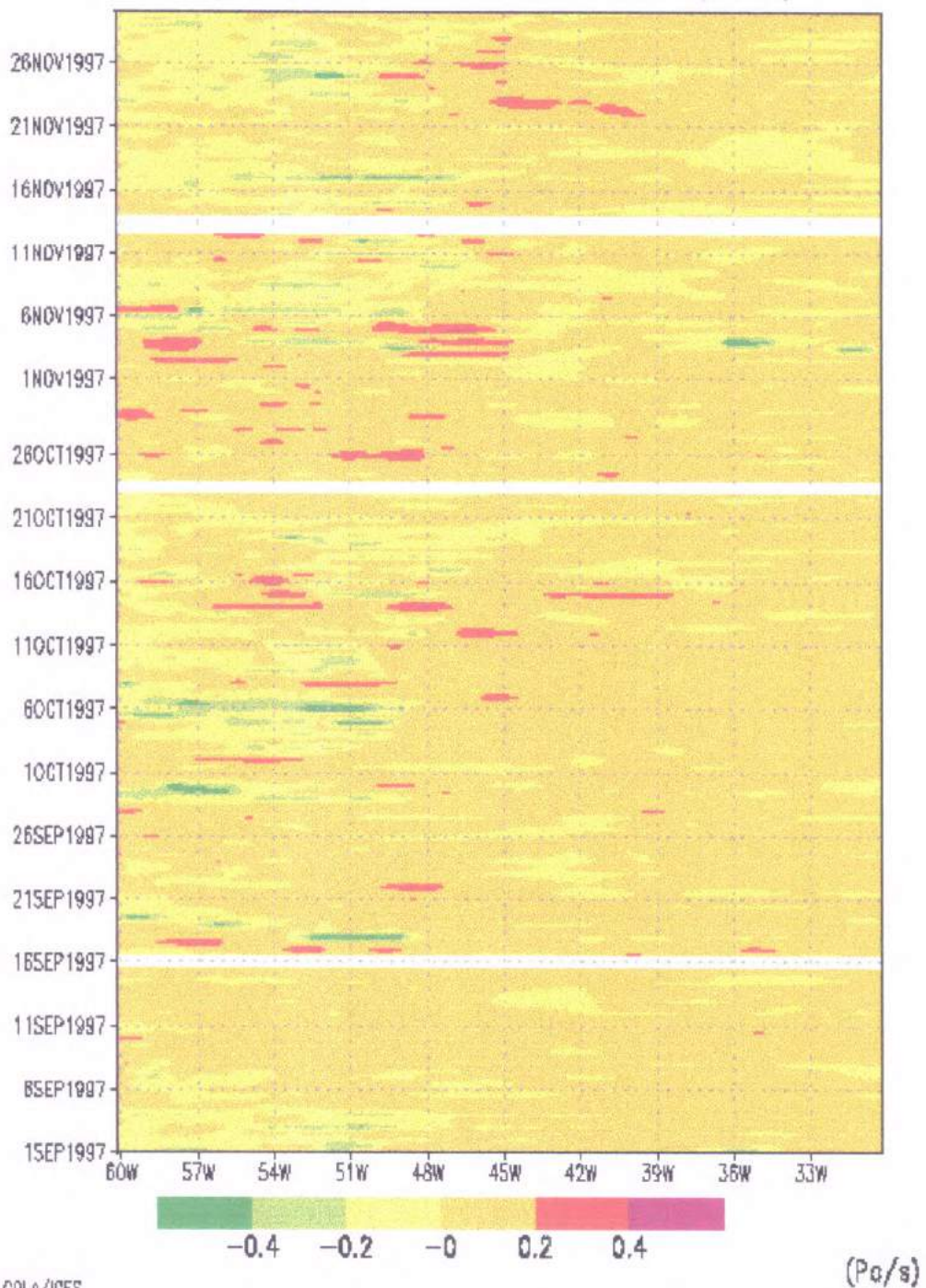
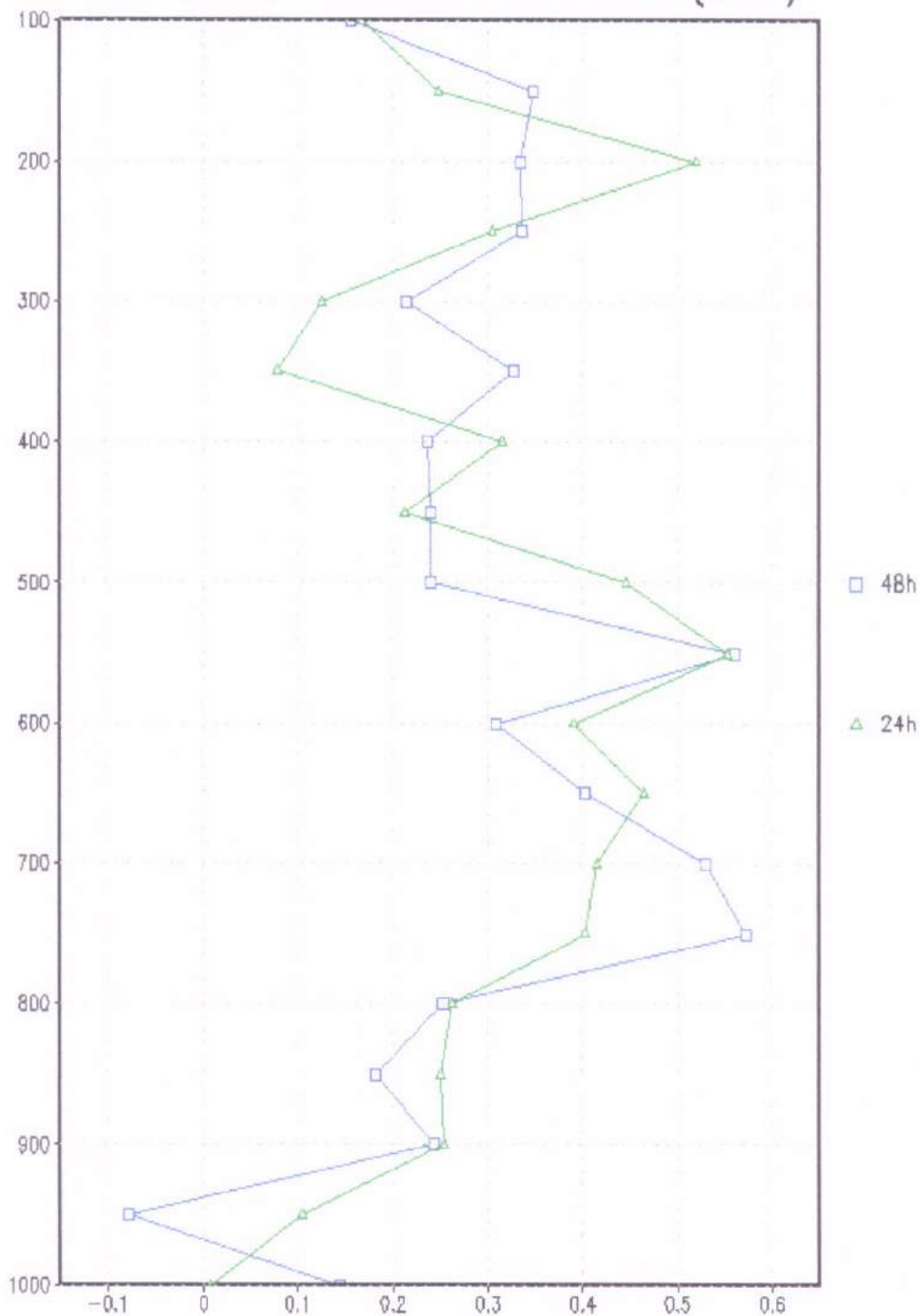


Figura 3.58: Série temporal da componente vertical do vento das previsões de 48h durante o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON) no nível de 700hPa.

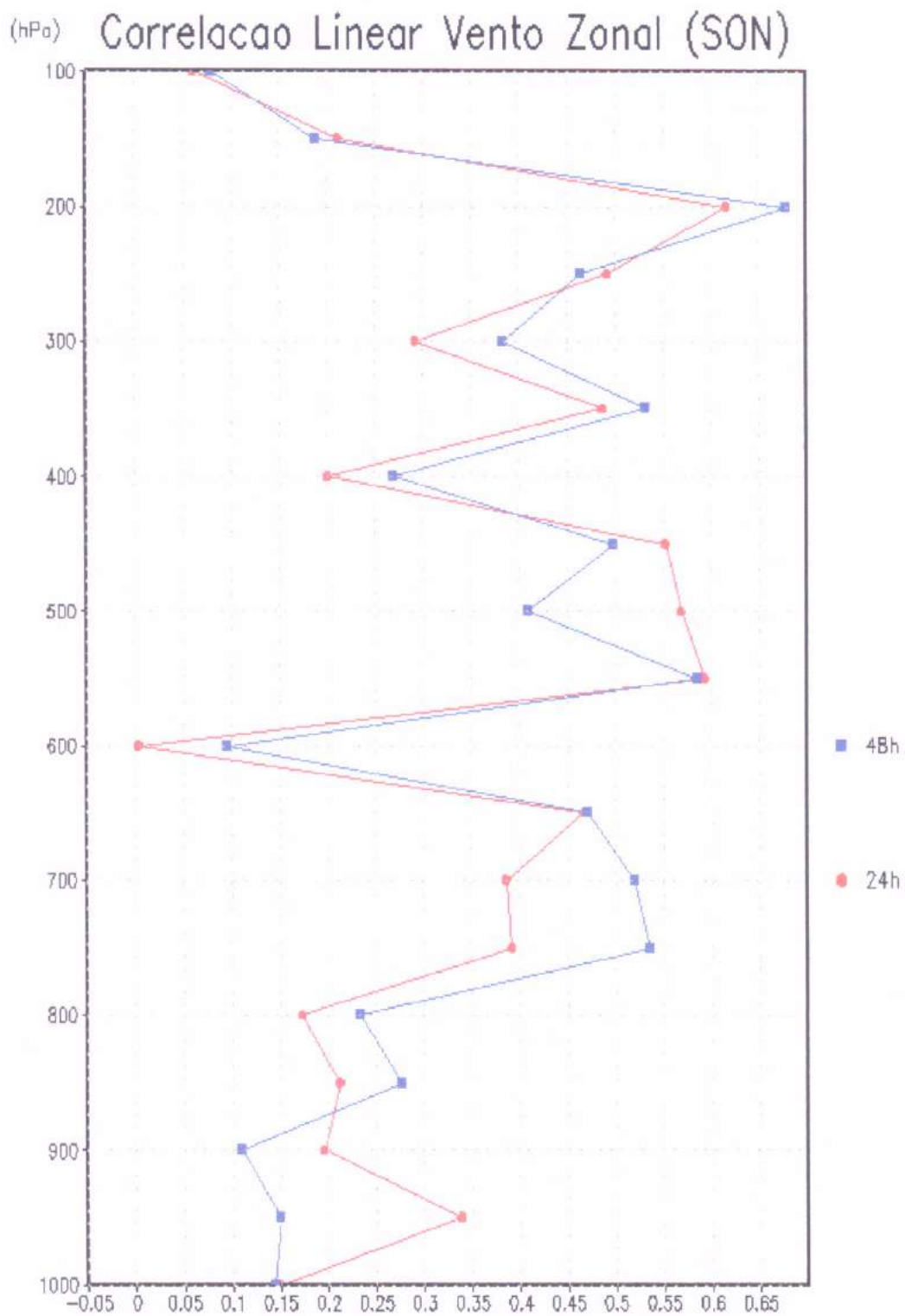
(hPa) Correlacao Linear Vetor Vento (SON)



GrADS: COLA/IGES

Figura 3.59: Perfil da correlação linear entre o vetor vento previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

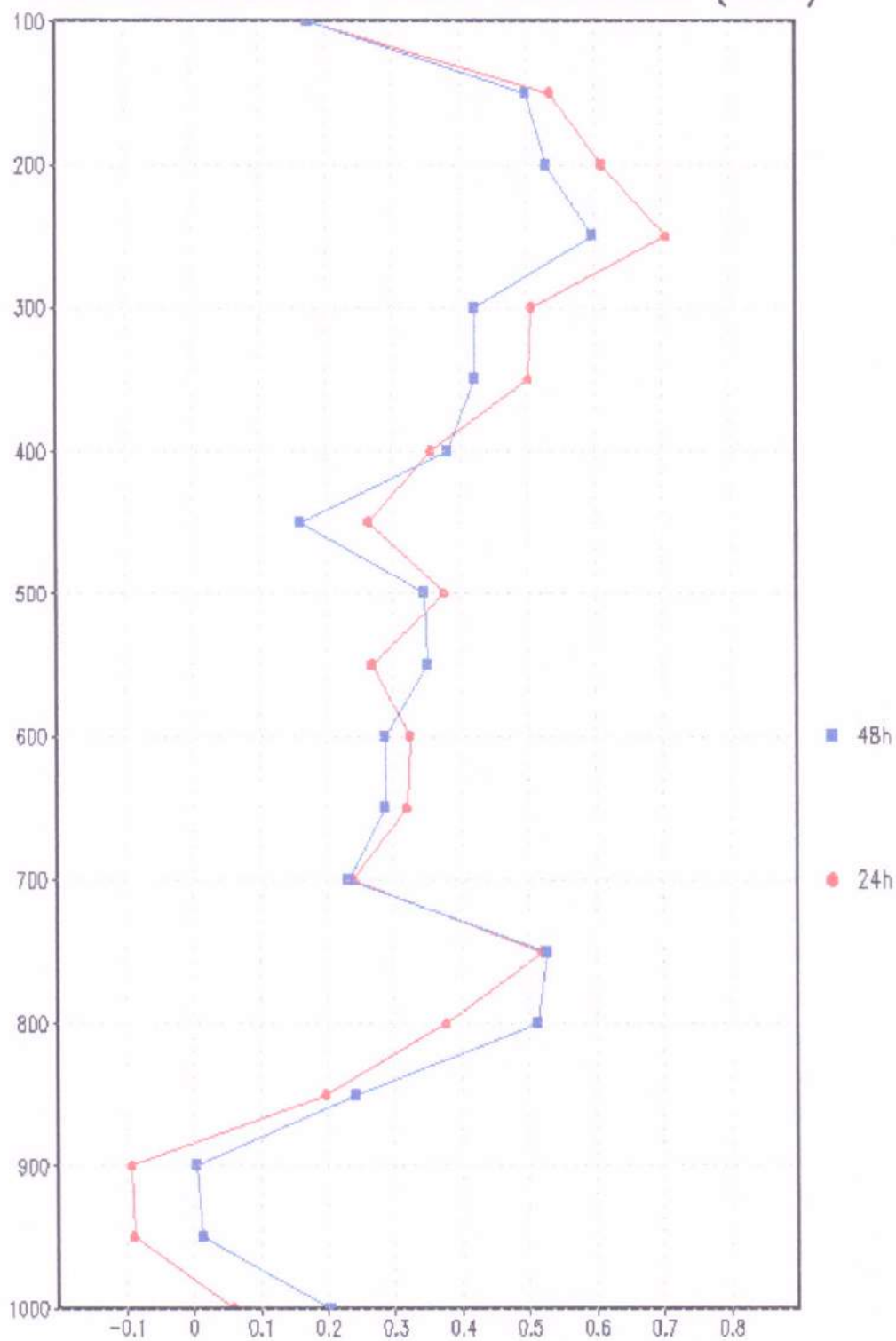




GRADS: COLA/IGES

Figura 3.60: Perfil da correlação linear entre a componente zonal previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

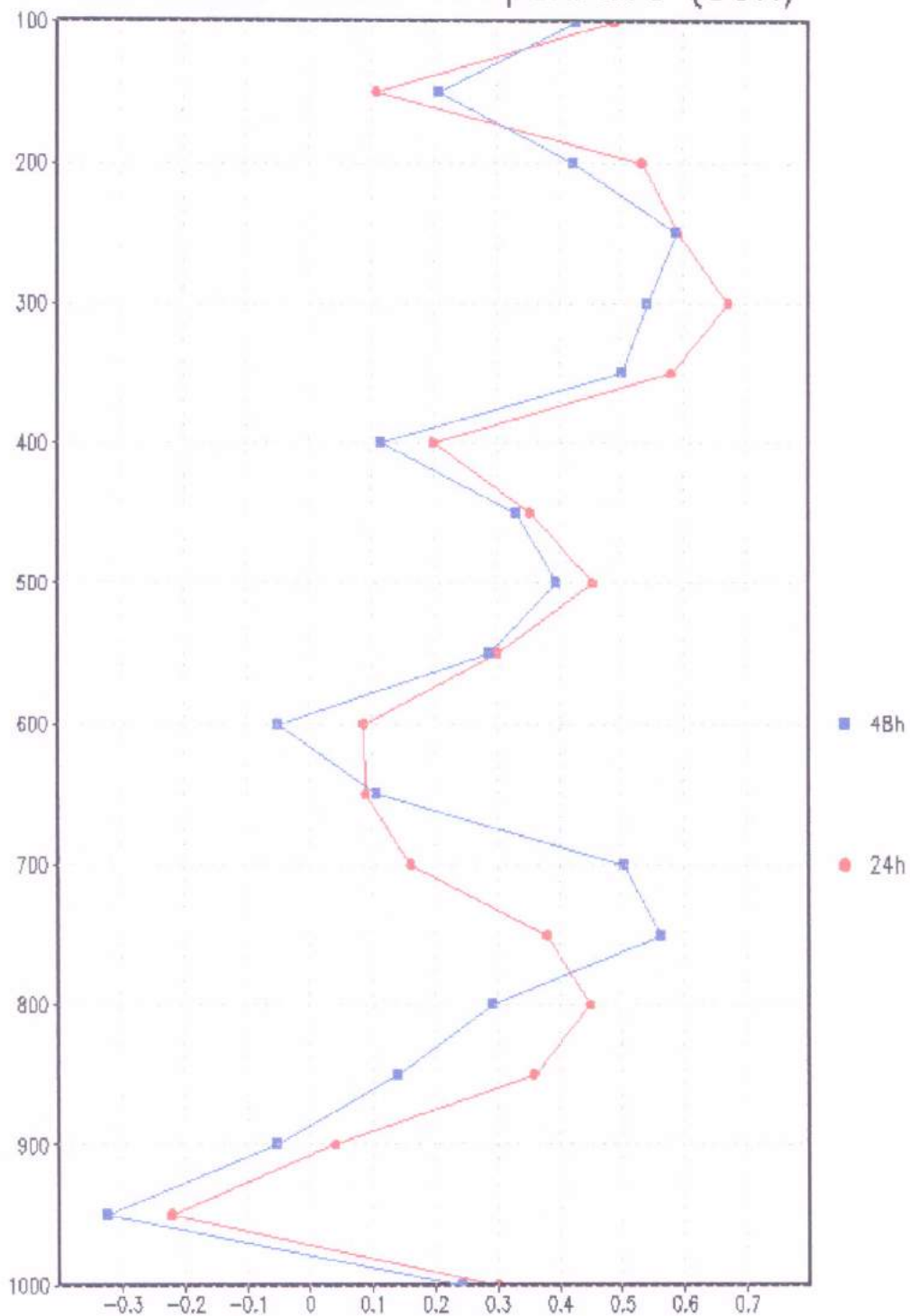
### (hPa) Correlação Linear Vento Meridional (SON)



GrADS: COLA/IGES

Figura 3.61: Perfil da correlação linear entre a componente meridional previsto e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de junho, julho e agosto de 1997 (SON).

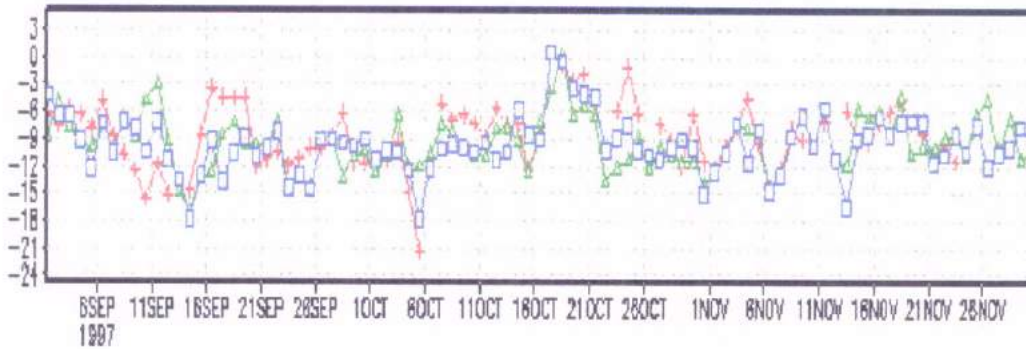
### (hPa) Correlação Linear Temperatura (SON)



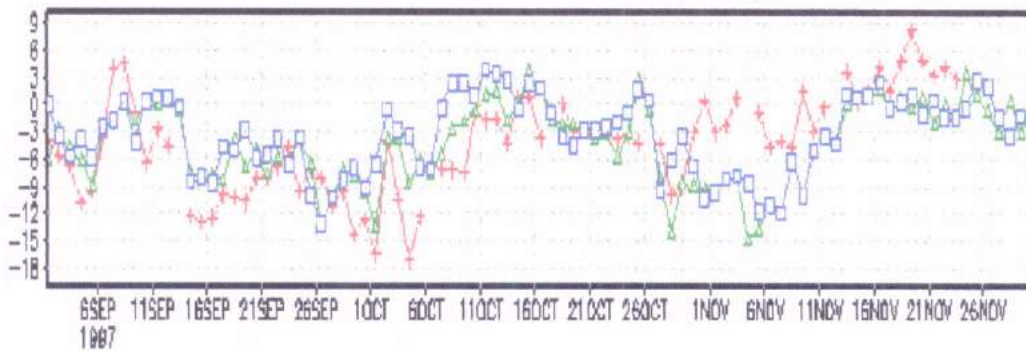
GRADS: COLA/IGES

Figura 3.62: Perfil da correlação linear entre a temperatura do ar prevista e as observações da cidade de Alcântara, MA, para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

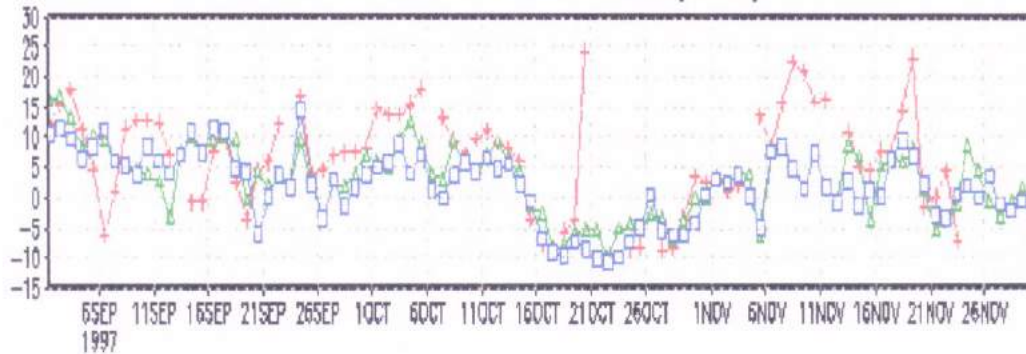
### Vento Zonal 750hPa (SON)



### Vento Zonal 500hPa (SON)



### Vento Zonal 250hPa (SON)

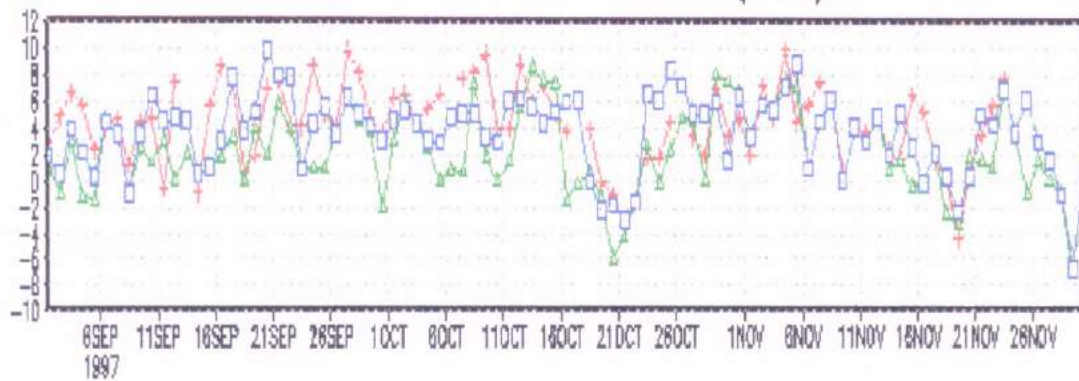


□ 48h    ▲ 24h    + Obs 12z

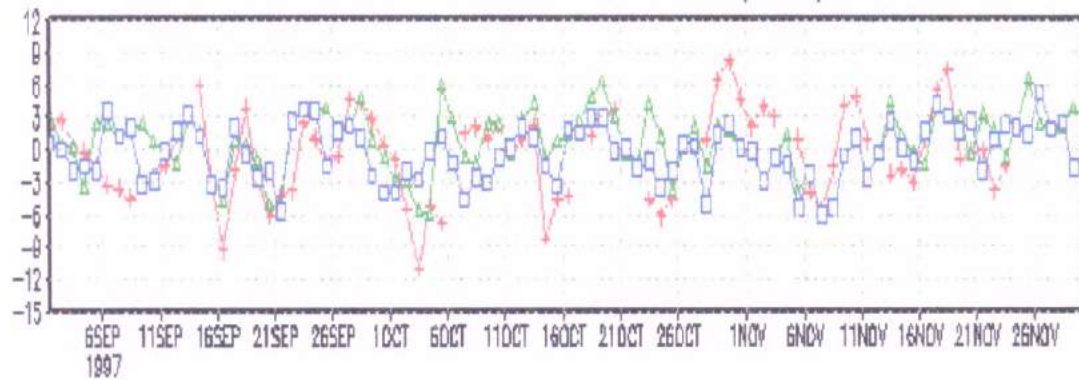
GrADS: COLA/IGES

Figura 3.63: Series temporais da componente zonal do vento para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

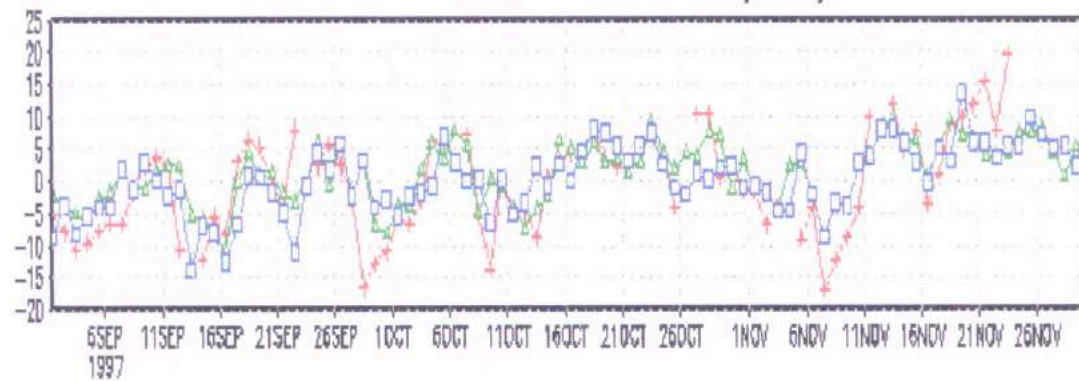
### Vento Meridional 750hPa (SON)



### Vento Meridional 500hPa (SON)



### Vento Meridional 250hPa (SON)

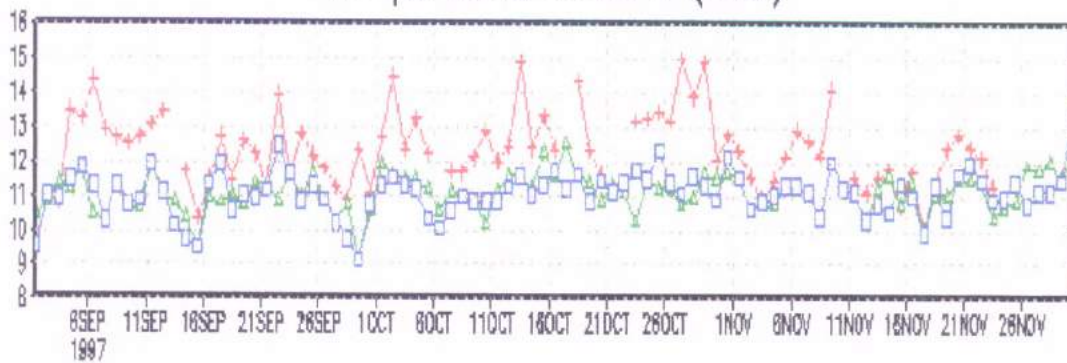


□ 48h    △ 24h    + Obs 12z

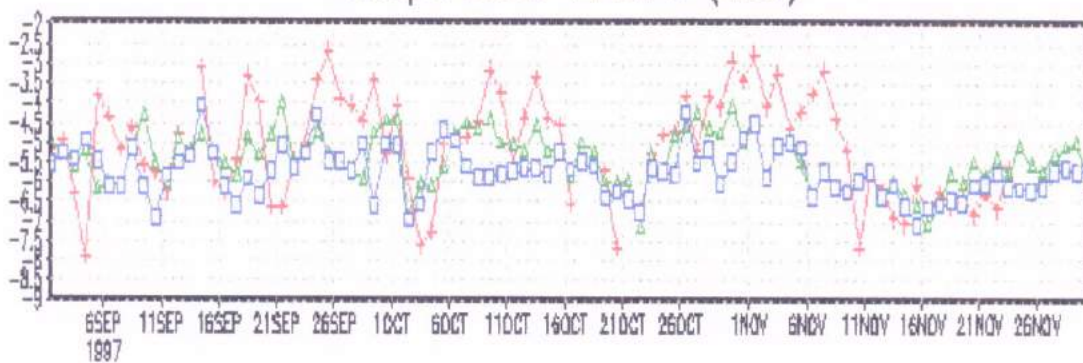
GrADS: COLA/IGES

Figura 3.64: Series temporais da componente meridional do vento para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

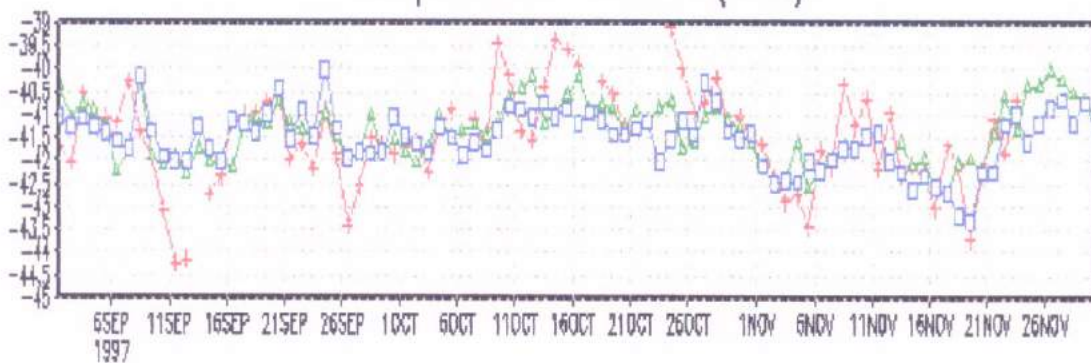
### Temperatura 750hPa (SON)



### Temperatura 500hPa (SON)



### Temperatura 250hPa (SON)

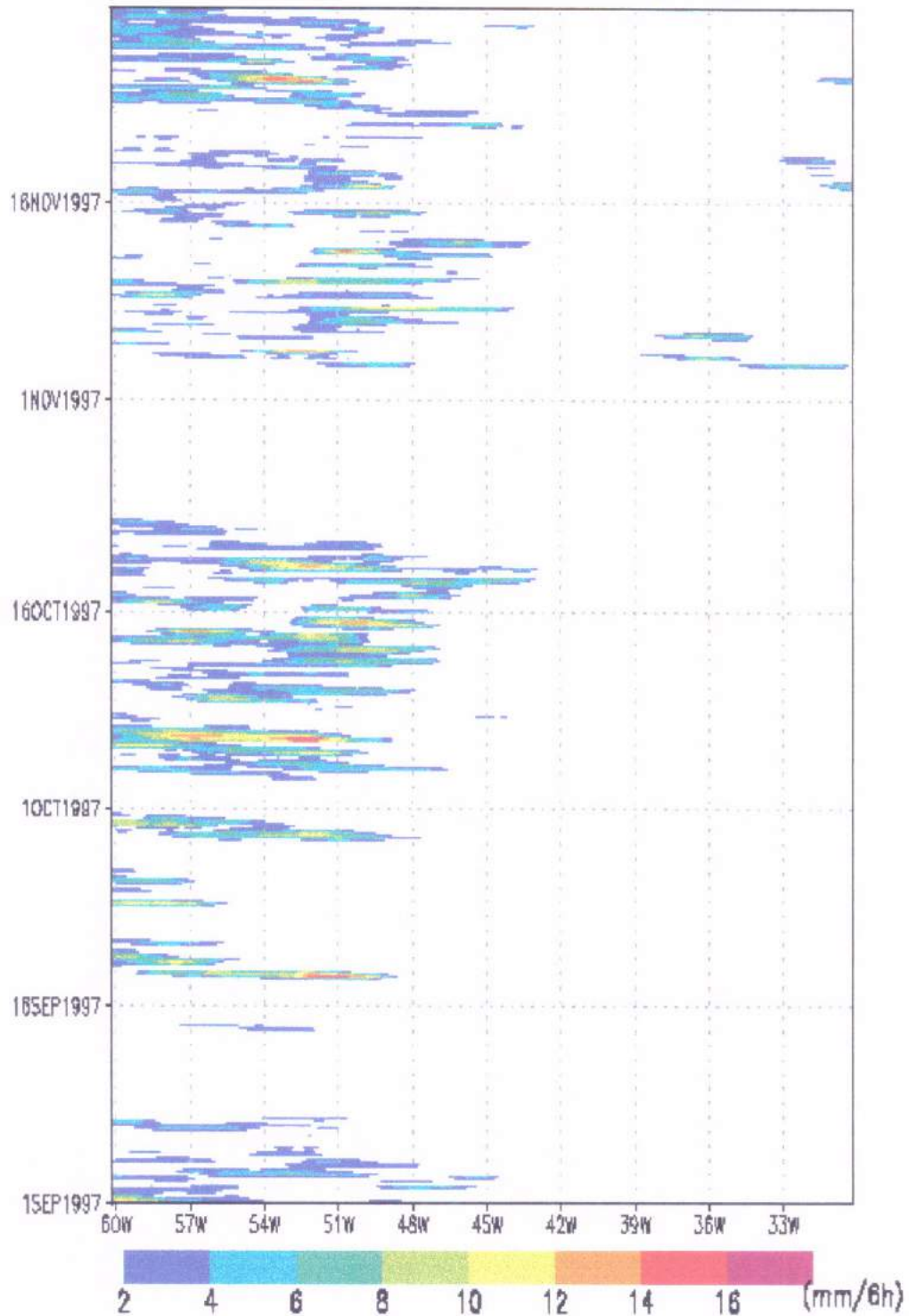


□ 48h    ▲ 24h    + Obs 12z

GRADS: COLA/IGES

Figura 3.65: Series temporais da temperatura do ar para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (JJA).

# Precipitacao lat.: -2.5 (SON)



GrADS: COLA/IGES

Figura 366: Série temporal da precipitação prevista com mais de 48h de antecedência para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).

### Imagens Goes Ch.8 (SON)

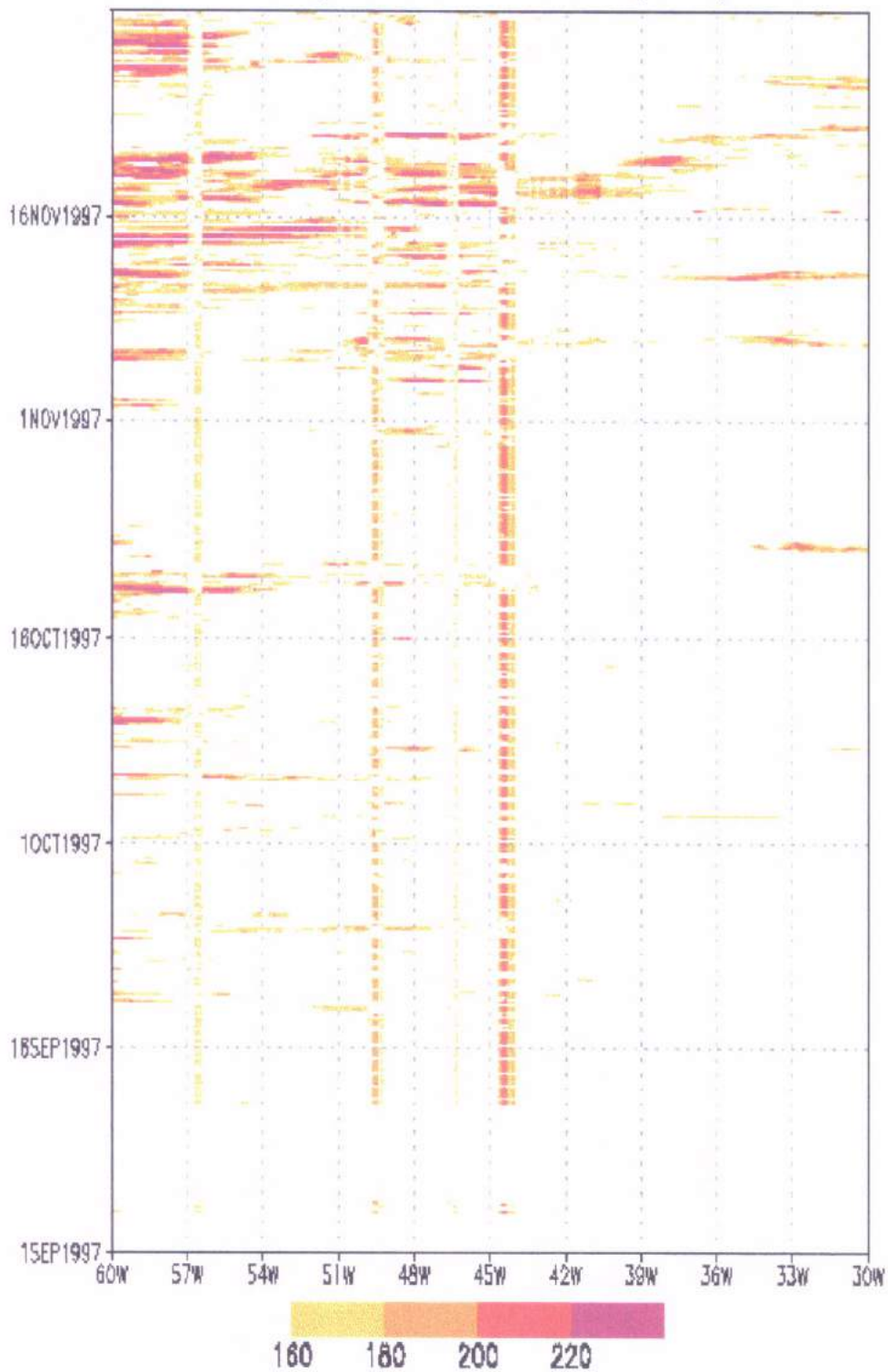


Figura 3.67: Serie temporal das imagens do Satélite Goes no canal infravermelho para o período de setembro, outubro e novembro de 1997 (SON).