

**UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ
LICENCIATURA EM FÍSICA
TRABALHO FINAL DA BOLSA – 1999**

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

RUBEN ANDRÉS MÉNDEZ CUBILLOS

**TRABALHO FINAL DA BOLSA PIBIC/CNPq
Apresentado como exigência para a conclusão
da Bolsa de Iniciação Científica do CNPq**

São José dos Campos – SP

2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo estudar e compreender o regime dos ventos em São Luís do Maranhão, caracterizando as condições atmosféricas em eventos de ventos fortes e avaliando as previsões do modelo atmosférico regional.

As previsões do modelo regional do CPTEC têm sido fornecido regularmente ao público e consideradas ferramentas úteis para a elaboração da previsão de tempo pelos meteorologistas. Entretanto modelos apresentam deficiências que refletem na qualidade das previsões. Neste trabalho as previsões do modelo Eta será avaliadas em relação as variáveis básicas: temperatura, vento e umidade.

3. Justificativa

A circulação dos ventos na cidade de São Luís, Maranhão, sofre a influência dos efeitos da circulação de brisa marítima, dos ventos alísios predominantes da circulação da Zona de Convergência Intertropical, além dos distúrbios ondulatórios de leste. Condições atmosféricas adversas podem acarretar em prejuízos para as atividades nesta região, devido a isto, a identificação e previsão destas condições são de vital importância para a redução destes prejuízos.

O Modelo Regional Eta [Blach, 1994; Chou, 1996] se propõe a prever com maiores detalhes fenômenos associados a frentes, orografia, brisa marítima, tempestades severas, etc., enfim sistemas organizados em mesoescala de dimensões 10 a 500 km. As previsões se estendem até 60 horas, numa resolução de 40 km, podendo assim mostrar situações de tempo adversas em uma certa região. Neste trabalho buscou-se identificar as condições de tempo usando o Modelo Eta em conjunto com os dados de radiossondagem e avaliou-se os erros sistemáticos do modelo. O melhor conhecimento do comportamento das previsões do modelo permitem a utilização de técnicas que forneçam melhores previsões de tempo para a região.

4. Dados e Metodologia

Foram analisados os dados diários de temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho do ar e ventos, obtidos por radiossondagens da estação de São Luís, Maranhão, no ano de 1997. O regime local do vento foi caracterizado através de séries temporais e perfis verticais médios utilizando programas gráficos. Os dados de observação passaram por um controle de qualidade simples e padronizados quanto ao formato do modelo. Foi introduzido um algoritmo interpolando os dados das observações de radiossondagens, para os mesmos níveis de pressão fornecidos pelo Modelo Eta, incluindo a interpolação de temperatura e temperatura de ponto de orvalho (equação 1), podendo assim permitir comparação com o modelo.

$$T_A = \frac{T_B \cdot ((\log P_B)^2 - (\log P_A)^2) + T_X \cdot ((\log P_A)^2 - (\log P_X)^2)}{(\log P_B)^2 - (\log P_X)^2}, \text{ sendo}$$

T_A = temperatura interpolada para o nível referência
 T_B = temperatura do nível mais próximo e acima ao nível referência
 T_X = temperatura do nível mais próximo e abaixo ao nível referência (1)
 P_A = pressão do nível de referência
 P_B = pressão do nível mais próximo e acima ao nível referência
 P_X = pressão do 2º nível mais próximo e abaixo ao nível referência

Também por interpolação foram obtidos os ventos zonal e meridional (u e v) (equações 2 e 3).

u e v é a decomposição do vento em componentes zonal e meridional, respectivamente e interpolando u e v para os níveis padrões :

$$u = \frac{u_B \cdot (\log P_B - \log P_A) + u_X \cdot (\log P_A - \log P_X)}{\log P_B - \log P_X} \quad (3)$$

$$v = \frac{v_B \cdot (\log P_B - \log P_A) + v_X \cdot (\log P_A - \log P_X)}{\log P_B - \log P_X} \quad (4), \text{ sendo}$$

u e v = componente zonal e meridional do nível referência

u_B e v_B = componente zonal e meridional no nível mais próximo e acima ao nível referência

u_X e v_X = componente zonal e meridional no nível mais próximo e abaixo ao nível referência

A temperatura de ponto de orvalho não era fornecida diretamente pelo Modelo Eta, então foi necessário a obtenção a partir da equação 4 [eg., Vianello, 1991) abaixo:

$$T_d = \frac{186,4905 - 237,3 \cdot \log_{10} e}{\log_{10} e - 8,2859}, \text{ sendo} \quad (4)$$

$$f = 6,11 \times 10^{\frac{a \cdot T}{b+T}} \quad e \quad e = \frac{U \cdot f}{100}$$

, onde

$a=7,5$ e $b=237,3$ quando $T > 273,15$ K ou $a=9,5$ e $b=265,5$ quando $T \leq 273,15$ K

e = pressão real de vapor d'água

U = Umidade Relativa

T = temperatura do ar

Foram também utilizadas as previsões numéricas de tempo fornecidas pelo Modelo Eta. As previsões com antecedência de 24 horas e 48 horas, foram avaliadas através de perfis médios e comparadas com os dados atmosféricos medidos por radiossondagem.

A avaliação do Modelo é importante, pois se conhecendo suas eficiências e deficiências, pode-se corrigir as previsões com a magnitude dos erros característicos e identificar se o modelo necessita de melhorias.

5. Apresentação de Resultados

Os dados obtidos das previsões numéricas do modelo e das observações de radiossondagem foram analisados nos níveis de 1000 a 100 mb com intervalos de 50 mb no horário das 12:00 Z, do ano de 1997.

Nesta etapa os dados de observações de radiossondagens e de modelo (previsão) serão separados por estações do ano, e analisados através de perfis verticais médios de temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho do ar ($^{\circ}\text{C}$), componente zonal (U) e meridional (V) do vento (ms^{-1}).

5.1. Verão

5.1.1. Componente Zonal do Vento (U)

As séries temporais obtidos pelas radiossondagens (fig.3), mostraram que os ventos máximos se encontram nas camadas baixas, aproximadamente entre 1000 mb a 700 mb e nas camadas altas entre 300 mb a 100 mb, ambos em torno de 10 m/s. Neste mesmo período, os meses de dezembro, janeiro, fevereiro apresentam maiores coberturas de nuvens [Guido, 1997]. Estes meses têm como característica a incidência de tempestades oriundas de grandes nuvens do tipo Cumulumimbus (CB).

Os ventos se orientam, conforme a fig.4, no sentido leste-oeste entre 1000 mb a 550mb e oeste-leste entre 500 mb a 100 mb, verificando-se que os picos de velocidades foram apresentados aproximadamente em 750 mb e 150 mb. Isso se deve a grande influência dos ventos alísios de sudeste (SE) que afetam a região e da ZCIT que invade o Hemisfério Sul no verão.

Verifica-se que os perfis médios da componente zonal do vento (U) comportam-se de maneira semelhante tanto nos dados de radiossondagem, como das previsões numéricas do modelo (fig.5), entretanto os perfis são mais suavizados nas previsões do que nas radiossondagens. O modelo possui uma difusão numérica que minimiza as variações mais bruscas, além disso, os campos sofrem interpolações em uma grade regular lat/lon e em coordenadas de pressão.

As previsões representam bem os sinais positivos e negativos das radiossondagens, portanto a mudança da direção do vento, mostrando que o modelo consegue representar tais variações. Observou-se nas previsões um pico de velocidade acima do valor da radiossondagem. Isto aconteceu no nível de 850 mb, tanto na previsão de 24 horas quanto na de 48 horas, com velocidade em torno de 12 m/s, no sentido leste-oeste. É importante salientar que o modelo Eta, tem sua maior resolução nos níveis mais baixos e diminuindo com a altura. Observando a fig.5, verificou-se que nas previsões o vento mudou de sentido (oeste-leste) no nível de 350 mb, enquanto que na radiossondagem isto ocorre no nível de 500 mb.

Nas camadas altas, observa-se que os jatos de vento ocorreram tanto para as previsões como para a radiossondagem no nível de 150 mb, onde na previsão de 24 horas este jato alcança seu valor máximo com 9 m/s, enquanto que na previsão de 48 horas alcança 12 m/s. Observando a fig.6, nota-se que a previsão de 24 horas ressaltam em erros menores, isto é, mais próximos de 0 (zero), nos níveis intermediários e próximos a superfície, do que a previsão de 48 horas com relação à observação.

5.1.2. Componente Meridional do Vento (V)

De acordo com a fig.7, as séries temporais descritas pelas radiossondagens, mostram uma camada rasa de ventos meridionais fracos, próximo de 0 m/s até aproximadamente 550 mb. Isto ocorre porque os ventos alísios são menos intensos na componente meridional do que na zonal.

Nas camadas rasas entre 1000 mb a 850 mb e 650 mb a 500 mb, os ventos meridionais se orientam no sentido norte-sul (fig.8). Em 800 mb a 700 mb, os ventos são de sul-norte. Nos níveis altos, entre 400 mb a 100 mb, os ventos são de sul para norte. Os picos apresentados pelas radiossondagens se encontram em altos níveis, atingindo o máximo em 200 mb com velocidade de aproximadamente 8m/s.

Observa-se que os perfis médios da previsão (fig.9) acompanham as curvas dos perfis dos dados de radiossondagem, mostrando que os dados das previsões estão bem correlacionados com os dados da radiossondagem. Observa-se que no nível de 200 mb, os dados de previsão subestimaram a intensidade dos ventos observados pelas radiossondagens, onde a observação apresenta máxima intensidade. Observa-se da mesma forma que os perfis das previsões são mais suavizados do que nas radiossondagens.

Nesta componente de vento, observa-se que a previsão de 48 horas apresenta erros menores, aproximando-se mais dos resultados de observação, que a previsão de 24 horas. Os erros (fig.10) são maiores em altos níveis, chegando a quase 8 m/s, e em níveis médios, os erros foram menores.

5.1.3. Temperatura do ar e Temperatura do ponto de orvalho do ar

Analisando série temporal da temperatura do ar e da temperatura do ponto de orvalho (figs.11 e 12), verificou-se que os máximos tanto zonal quanto meridional estão correlacionados com o decaimento da temperatura do ponto de orvalho, por exemplo entre os dias : 6 – 11 janeiro e 11 – 16 fevereiro.

As figs.13 e 14 mostram os perfis verticais médios dos meses de verão para temperatura e temperatura do ponto de orvalho, respectivamente. Verificou-se que a temperatura do ar (fig.15) das previsões superestimaram os valores observados em altos níveis em aproximadamente 1°C e subestimaram em 1,5°C em baixos níveis. Na previsão de 48 horas, apresentou melhores resultados em altos níveis, enquanto a previsão de 24 horas em baixos níveis.

Na fig.14, os perfis verticais obtidos pelas previsões, mostraram valores maiores, apresentando um suave decaimento com a altura, superestimando os valores das radiossondagens e portanto mais úmidos do que os obtidos pelas radiossondagens.

Analisando o perfil das diferenças entre as observações e os dados de previsão (fig.15), verificou-se que os erros das observações são maiores em altos níveis tanto para a previsão de 24 horas como para a previsão de 48 horas. Neste níveis evita-se avaliar os erros da previsão, pois há grandes erros de observação devido a deficiências dos sensores em baixas temperaturas. Em baixos níveis os dados de observação são mais confiáveis. Observa-se que a previsão de 24 horas em quase todo os níveis, apresenta menores erros do que a previsão de 48 horas, aproximando-se mais dos resultados de observação.

5.2. Inverno

5.2.1. Componente Zonal do Vento (U)

As séries temporais obtidas pela radiossondagem (fig.16), mostram os ventos máximos localizados camadas baixas, aproximadamente entre 1000 mb a 700 mb e nas camadas altas entre 300 mb a 100 mb. Esta série se assemelha a série de verão. Verifica-se no inverno (período seco) que a ZCIT está posicionada ao norte comparada com os meses do verão (período de chuvas). Neste período há uma grande área de nebulosidade concentrada no Atlântico Tropical Norte. Em altos níveis, os ventos são mais fortes que no verão atingindo 25 m/s, por exemplo em torno dos dias 20 – 21 de julho, enquanto que nos baixos níveis não houve grande variação do vento em relação ao verão.

Os ventos zonais médios das radiossondagens (fig.17), se orientam de leste-oeste entre 1000 mb e 350 mb e de oeste-leste entre 300 mb a 100 mb atingindo valores máximos em 150 mb com velocidade aproximadamente de 15 m/s.

Verifica-se que os perfis médios da componente zonal do vento das previsões, comportam-se de forma similar aos dados da radiossondagem (fig.18), representando assim bem os sinais positivos e negativos, a mudança da direção do vento. Observa-se, como nos outros casos, que os perfis das previsões são mais suavizados do que nas radiossondagens, sendo que os erros do modelo para este caso apresentaram-se menores do que no verão.

Nas camadas baixas, verificou-se um jato de vento nas previsões, que não é observado pelas radiossondagens. Nas previsões de 48 horas, o pico de velocidade atingiu aproximadamente 15 m/s, e nas 24 horas atingiu aproximadamente 12 m/s, enquanto que em altos níveis, as previsões de 48 horas, o pico chegou a aproximadamente 6 m/s, o de 24 horas aproximadamente 9 m/s, sendo que as radiossondagens eram de 15 m/s, portanto os dados de radiossondagens superestimaram os dados de previsão em altos níveis e foram subestimados nos níveis mais baixos.

Analisando o perfil das diferenças entre observação e previsão (fig.19), observou-se que a previsão de 24 horas de um modo geral produz menores erros do que a previsão de 48 horas. No nível de 200 mb foi encontrado o maior erro, tanto para previsões de 24 horas com aproximadamente 7 m/s, como para previsões de 48 horas com aproximadamente 10 m/s.

5.2.2. Componente Meridional do Vento (V)

As séries temporais descritas pelas radiossondagens (fig.20), mostram que entre os níveis de 750 mb a 950 mb, os ventos de sul se intensificam chegando aproximadamente a 5 m/s, enquanto que em altos níveis há alternância de valores positivos e negativos, isto é, sendo de sul e de norte. Essa alternância indica a propagação das ondas de leste no escoamento.

Conforme a fig.21, os ventos se orientam entre 1000 mb a 950 mb no sentido norte-sul, entre 900 mb a 750 mb orientam-se de sul-norte, atingindo o máximo em 800 mb com velocidade de aproximadamente 5 m/s, indicando uma célula circulação da brisa marítima. Em 700 mb a 550 mb os ventos se orientam de norte-sul atingindo o máximo em 600 mb com velocidade de aproximadamente 3,5 m/s. Acima de 500 mb o vento é aproximadamente zero. Verifica-se que a intensidade dos ventos são menores que no verão.

Comparando o perfil médio das observações das radiossondagens (fig.22), observa-se que as previsões acompanham a curva dos dados de radiossondagem, captando a mudança da direção dos ventos e os sinais positivos e negativos. Verifica-se no perfil das diferenças (fig.23), que os erros das previsões são maiores em altos níveis, em aproximadamente 5 m/s. De um modo geral, as duas previsões acompanham os dados da observação.

5.2.3. Temperatura do ar e Temperatura do ponto de orvalho do ar

Nas séries temporais de temperatura e temperatura do ponto de orvalho (figs.24 e 25), observa-se que a temperatura do ar permanece semelhante com relação ao verão e a temperatura do ponto de orvalho decai suavemente entre os níveis de 200 mb a 750 mb, comparado com a temperatura do ponto de orvalho do verão. Isto indica que nesta camada no inverno a atmosfera da região se torna mais seco que em relação ao verão.

Os perfis médios da temperatura e temperatura do ponto de orvalho (figs.26 e 27), mostram que as curvas dos dados das previsões e de observações das radiossondagens são muito semelhantes. Na fig.27, os perfis verticais obtidos pela radiossondagem, mostrou-se mais secos nos níveis entre 350 mb a 200 mb do que os obtidos pelas previsões.

Verificou-se que a temperatura do ar (fig.28) das previsões superestimaram os valores observados em altos níveis em aproximadamente 1°C entre 450 mb a 150 mb, aproximadamente 5°C em 100 mb e foram subestimados as previsões em baixos níveis.

Analisando o perfil das diferenças entre as observações e os dados de previsão com relação a temperatura do ponto de orvalho (fig.29), verificou-se que os erros das observações são maiores em altos níveis tanto para a previsão de 24 horas como para a previsão de 48 horas devido a deficiências dos sensores em baixas temperaturas e em baixos níveis e em níveis intermediários para a previsão de 48 horas. Observa-se que a previsão de 24 horas em quase todo os níveis, apresenta menores erros do que a previsão de 48 horas, aproximando-se mais dos resultados de observação.

6. Conclusão

Neste trabalho foram utilizadas observações de radiossondagens da cidade de São Luís, Maranhão, durante o ano de 1997. Séries temporais destas observações foram construídas para as variáveis, componente zonal (u) e meridional (v) do vento, temperatura do ar (T) e temperatura do ponto de orvalho (Td) para as estações do verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e inverno (junho, julho e agosto). Em ambas as estações as componentes zonais do vento são mais intensas nos baixos níveis, indicando a presença dos ventos alíseos. A temperatura apresenta pouca variação durante o ano.

Estas observações foram comparadas com as previsões do modelo regional Eta, através de perfis médios de cada estação do ano. Estas avaliações mostraram que o modelo representa bem a estrutura média do vento e da temperatura sobre a cidade de São Luís, tanto nas previsões de 24 horas de antecedência quanto nas de 48 horas. O jato em baixos níveis na componente zonal do vento foi bem capturado pelas previsões. Em altos níveis, entretanto, o modelo subestima a intensidade dos ventos.

O trabalho está sendo estendido para as estações de transição do ano: outono (março, abril e maio) e primavera (setembro, outubro e novembro). Observações horárias de superfície também serão analisadas para compreender o ciclo diurno sobre a cidade de São Luís e comparação com as previsões produzidas pelo modelo regional.

7. Referências :

Vianello: *Meteorologia Básica*, 1991. 1ª Edição.

Guido, M.: *Análise Climatológica do Vento na Presença ou Ausência de Precipitação Sobre a Região de São Luís (MA)*, 1997, Trabalho Final de Curso. São José dos Campos - SP.

Black, T. L., 1994: *The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples*. *Wea. And Forecasting*, 9, 265-278.

Chou, S. C. : *Climanálise*, 1996. Edição Comemorativa de 10 anos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista, SP, Brasil.

Lista de Figuras

Figura 1 - Média da temperatura de brilho (em Kelvin) observada por satélite durante o inverno do Hemisfério Sul. Observa-se uma grande área de nebulosidade concentrando-se no atlântico tropical, caracterizando a ZCIT. Extraído de Guedes e Machado (1997).

Figura 2 - Média da temperatura de brilho (em Kelvin) observada por satélite durante o verão do Hemisfério Sul. Observa-se algumas áreas de grande nebulosidade, especialmente na região amazônica e na costa norte-nordeste do estado do Pára. Extraído de Guedes e Machado (1997).

Figura 3 - Série Temporal da Componente Zonal (U) do vento (m/s) da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

Figura 4 - Perfil Médio da Componente Zonal do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997).

Figura 5 - Perfis Médios das Componentes Zonais do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

Figura 6 - Perfis das Diferenças das Componentes Zonais do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

Figura 7 - Série Temporal da Componente Meridional (V) do vento (m/s) da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

Figura 8 - Perfil Médio da Componente Meridional do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997).

Figura 9 - Perfis Médios das Componentes Meridionais do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

Figura 10 - Perfis das Diferenças das Componentes Meridionais do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

Figura 11 - Série Temporal da Temperatura do ar (oC) da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

Figura 12 - Série Temporal da Temperatura do Ponto de Orvalho do ar (oC) da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

Figura 13 - Perfis Médios das Temperaturas do ar (oC) obtidas por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

Figura 14 - Perfis Médios das Temperaturas do Ponto de Orvalho do ar (oC) obtidas por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

Figura 15 - Perfis das Diferenças da Temperatura do ar e da Temperatura do Ponto de orvalho (oC) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

Figura 16 - Série Temporal da Componente Zonal (U) do vento (m/s) da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

Figura 17 - Perfil Médio da Componente Zonal do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997).

Figura 18 - Perfis Médios das Componentes Zonais do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

Figura 19 - Perfis das Diferenças das Componentes Zonais do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

Figura 20 - Série Temporal da Componente Meridional (V) do vento (m/s) da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

Figura 21 - Perfil Médio da Componente Meridional do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997).

Figura 22 - Perfis Médios das Componentes Meridionais do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

Figura 23 - Perfis das Diferenças das Componentes Meridionais do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

Figura 24 - Série Temporal da Temperatura do ar (oC) da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

Figura 25 - Série Temporal da Temperatura do Ponto de Orvalho do ar (oC) da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

Figura 26 - Perfis Médios das Temperaturas do ar (oC) obtidas por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

Figura 27 - Perfis Médios das Temperaturas do Ponto de Orvalho do ar (oC) obtidas por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

Figura 28 - Perfis das Diferenças da Temperatura do ar (oC) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

Figura 29 - Perfis das Diferenças da Temperatura do Ponto de orvalho do ar(oC) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

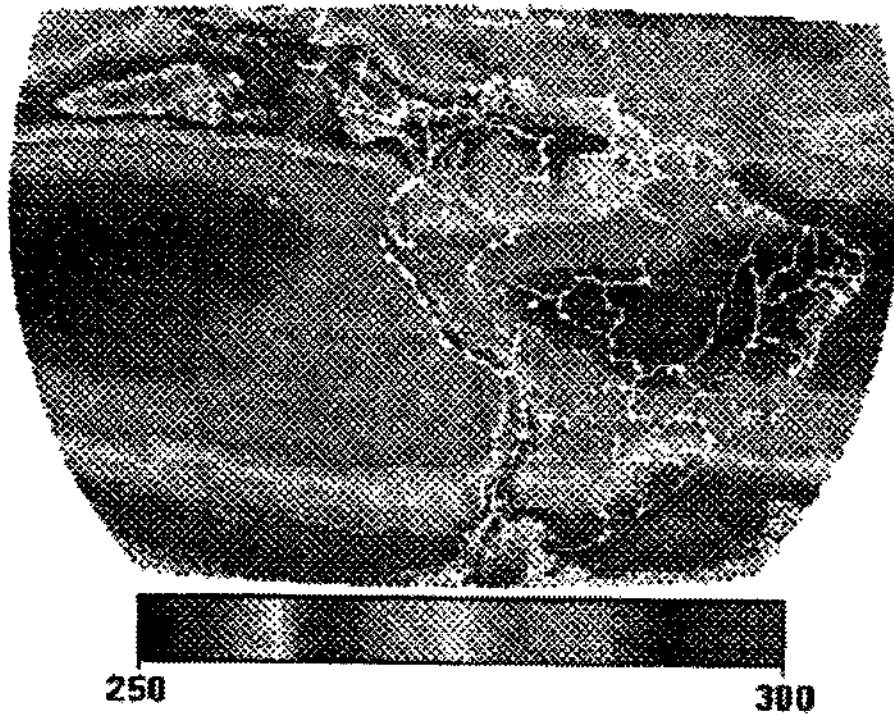


Figura 1 - Média da temperatura de brilho (em Kelvin) observada por satélite durante o inverno do Hemisfério Sul. Observa-se uma grande área de nebulosidade concentrando-se no atlântico tropical, caracterizando a ZCIT. Extraído de Guedes e Machado (1997).

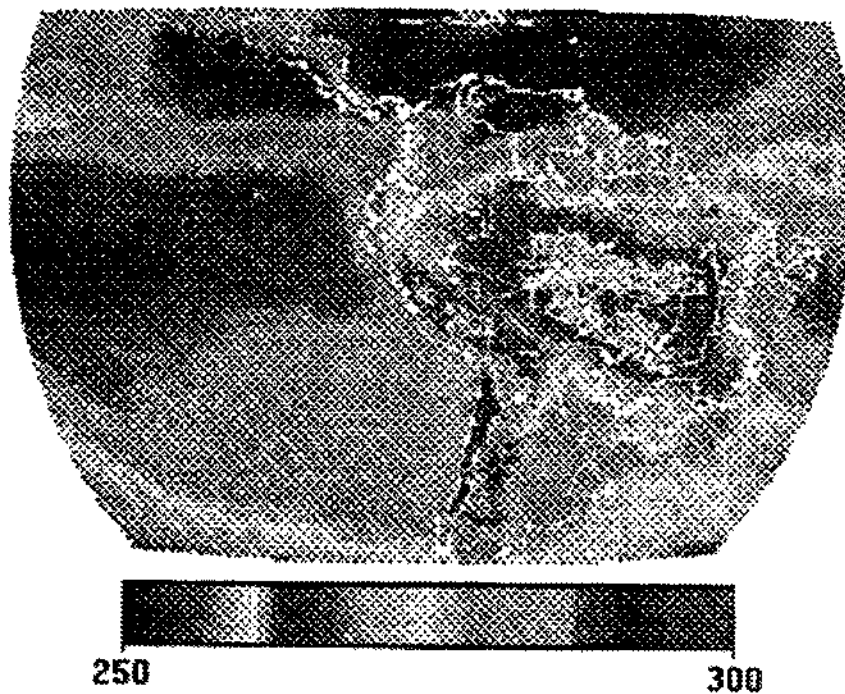


Figura 2 - Média da temperatura de brilho (em Kelvin) observada por satélite durante o verão do Hemisfério Sul. Observa-se algumas áreas de grande nebulosidade, especialmente na região amazônica e na costa norte-nordeste do estado do Pára. Extraído de Guedes e Machado (1997).

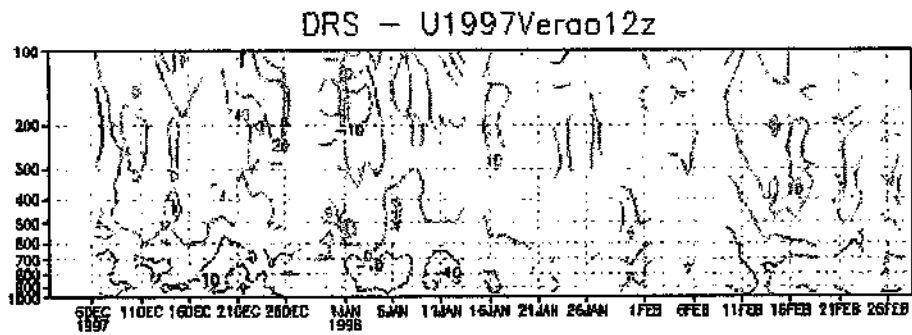


Figura 3 - Série Temporal da Componente Zonal (U) do vento (m/s) da estação de São Luis, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

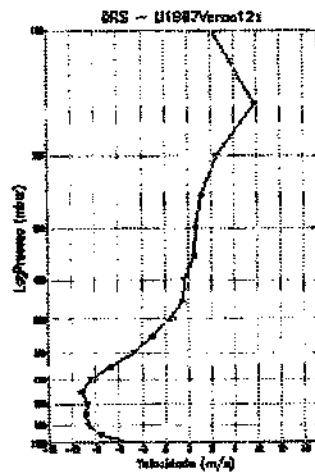


Figura 4 - Perfil Médio da Componente Zonal do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luis, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997).

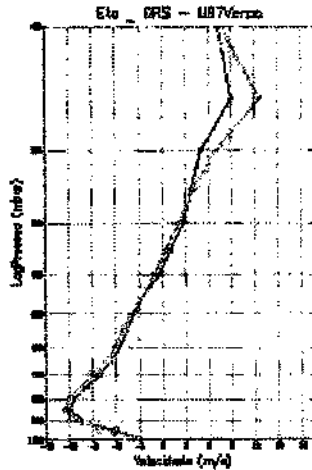


Figura 5 - Perfis Médios das Componentes Zonais do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

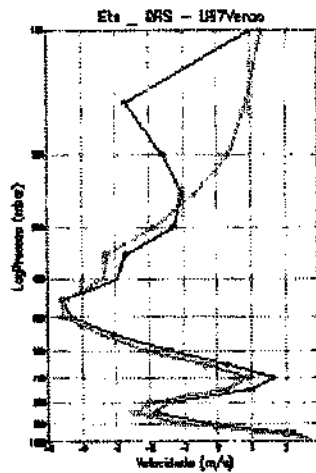


Figura 6 - Perfis das Diferenças das Componentes Zonais do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

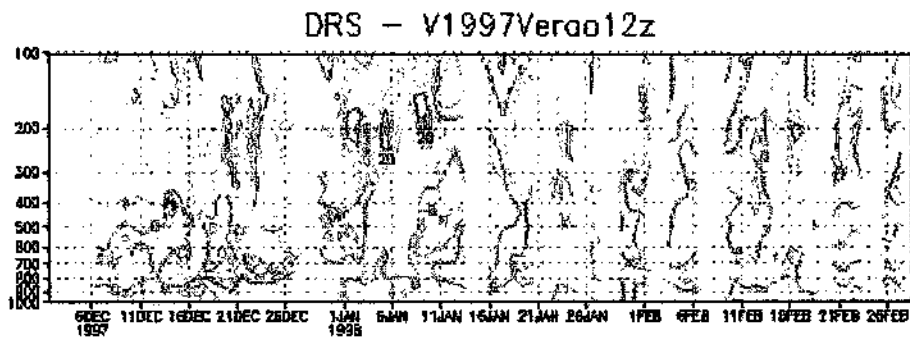


Figura 7 - Série Temporal da Componente Meridional (V) do vento (m/s) da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

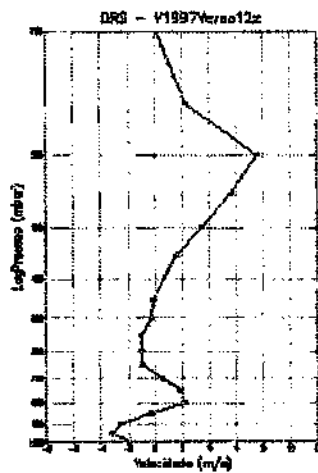


Figura 8 - Perfil Médio da Componente Meridional do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997).

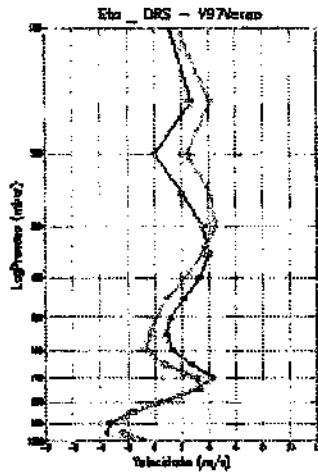


Figura 9 - Perfis Médios das Componentes Meridionais do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997, janeiro, 1997, fevereiro, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

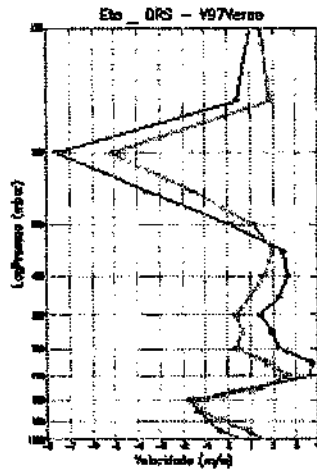


Figura 10 - Perfis das Diferenças das Componentes Meridionais do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

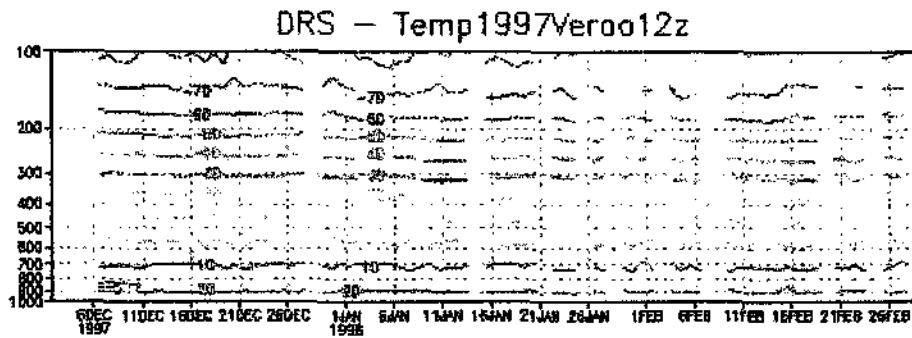


Figura 11 - Série Temporal da Temperatura do ar (oC) da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

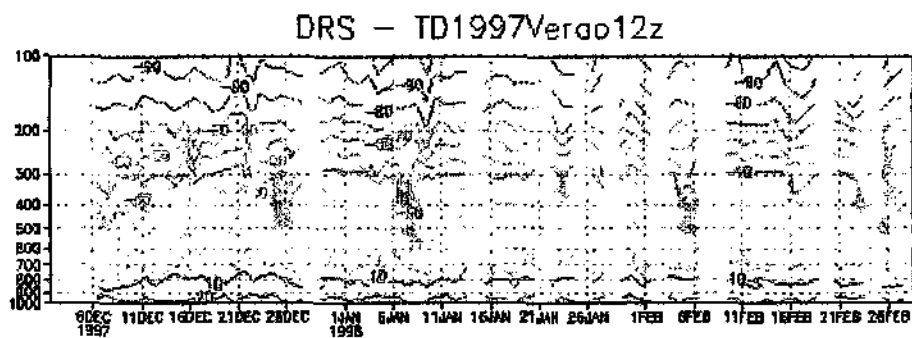


Figura 12 - Série Temporal da Temperatura do Ponto de Orvalho do ar (oC) da estação de São Luís, Maranhão, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

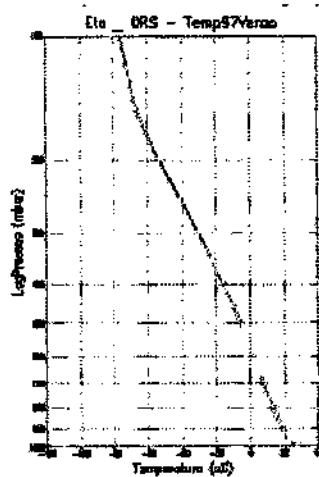


Figura 13 - Perfis Médios das Temperaturas do ar (oC) obtidas por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997, janeiro, 1997, fevereiro, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

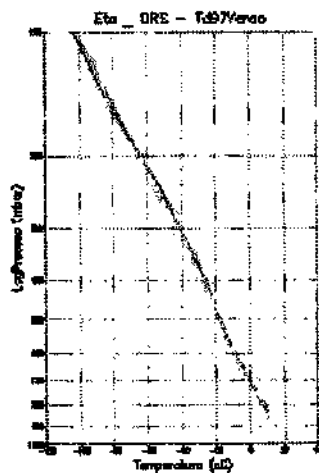


Figura 14 - Perfis Médios das Temperaturas do Ponto de Orvalho do ar (oC) obtidas por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

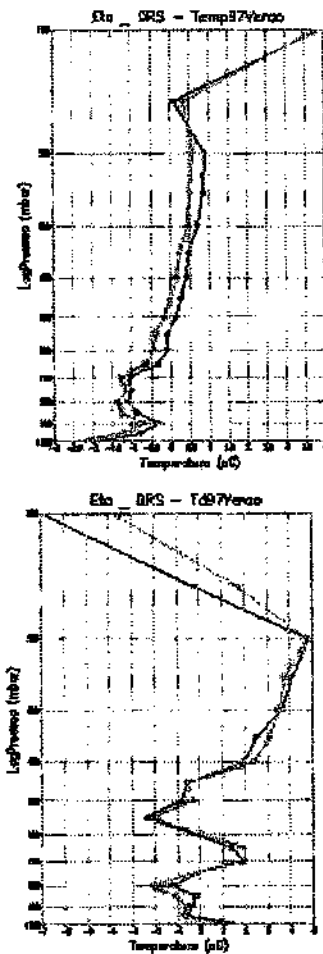


Figura 15 - Perfis das Diferenças da Temperatura do ar (Temp.) e da Temperatura do Ponto de orvalho (Td) (oC) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão (lat. , lon.) e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação verão (dezembro, 1997; janeiro, 1997; fevereiro, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

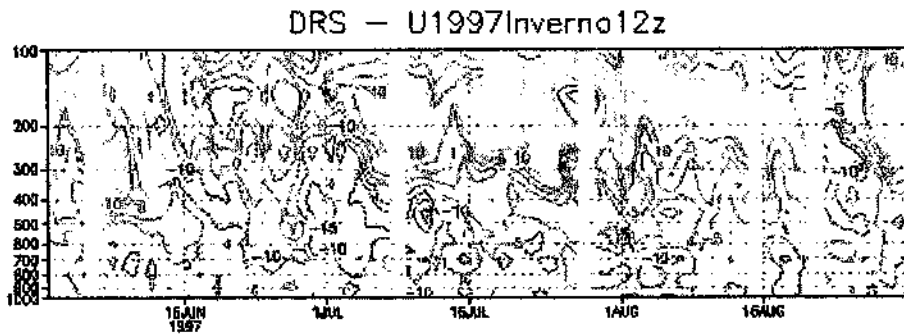


Figura 16 - Série Temporal da Componente Zonal (U) do vento (m/s) da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

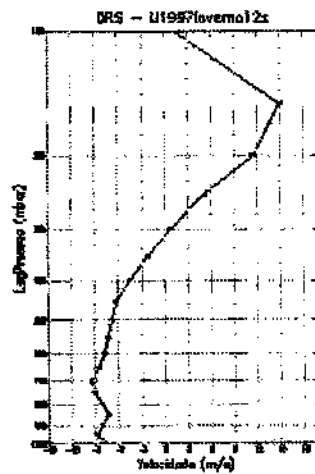


Figura 17 - Perfil Médio da Componente Zonal do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997).

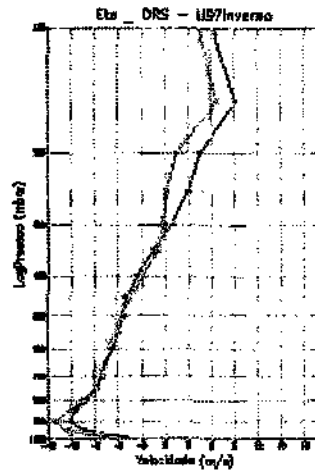


Figura 18 - Perfis Médios das Componentes Zonais do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

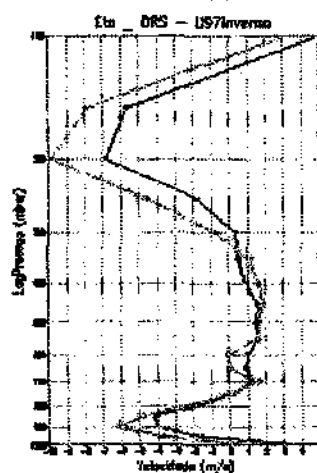


Figura 19 - Perfis das Diferenças das Componentes Zonais do vento (U) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

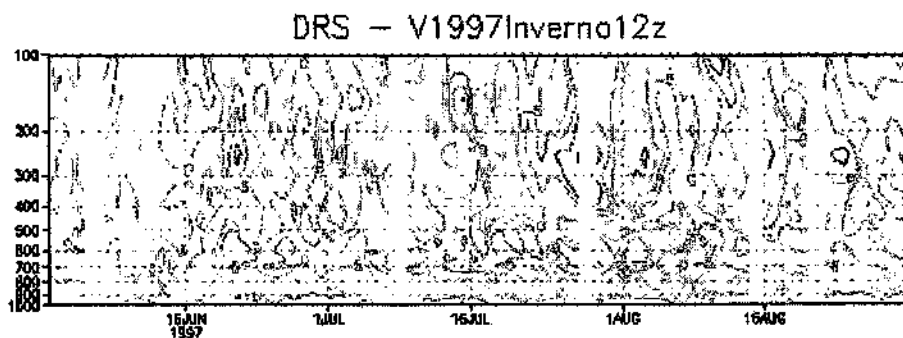


Figura 20 - Série Temporal da Componente Meridional (V) do vento (m/s) da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

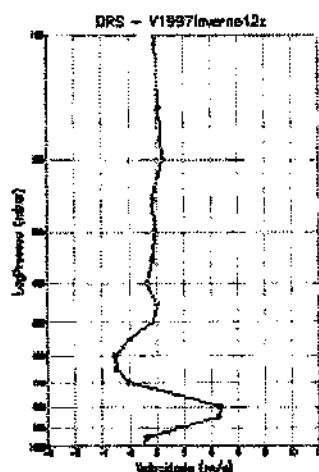


Figura 21 - Perfil Médio da Componente Meridional do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997).

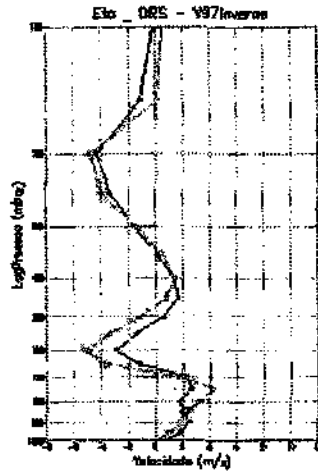


Figura 22 - Perfis Médios das Componentes Meridionais do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

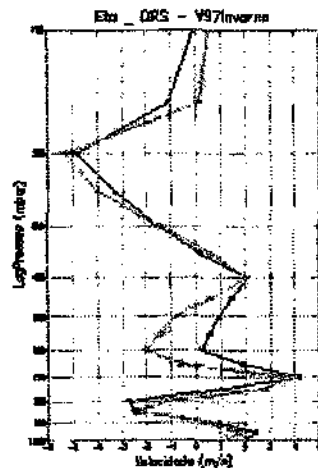


Figura 23 - Perfis das Diferenças das Componentes Meridionais do vento (V) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

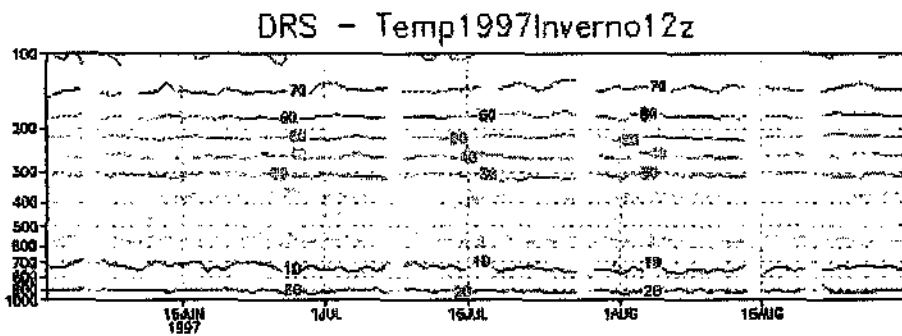


Figura 24 - Série Temporal da Temperatura do ar (oC) da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

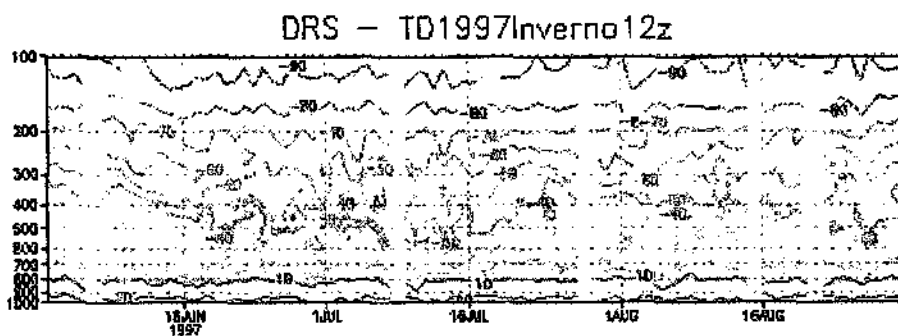


Figura 25 - Série Temporal da Temperatura do Ponto de Orvalho do ar (oC) da estação de São Luís, Maranhão, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Dados faltosos estão ausentes.

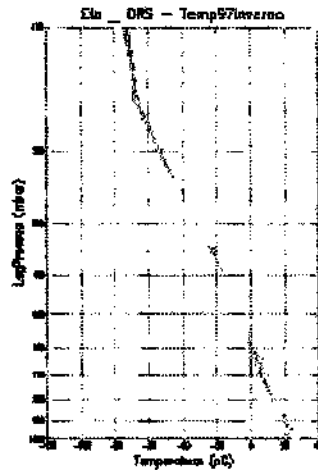


Figura 26 - Perfis Médios das Temperaturas do ar (oC) obtidas por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

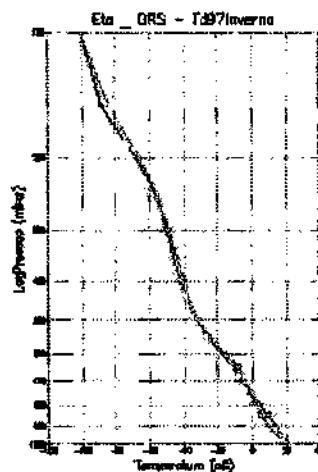


Figura 27 - Perfis Médios das Temperaturas do Ponto de Orvalho do ar (oC) obtidas por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em amarelo (dados de radiossondagens), verde (dados da previsão de 48 horas) e preto (dados da previsão de 24 horas).

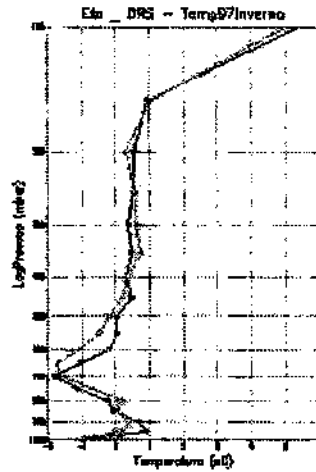


Figura 28 - Perfis das Diferenças da Temperatura do ar (oC) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).

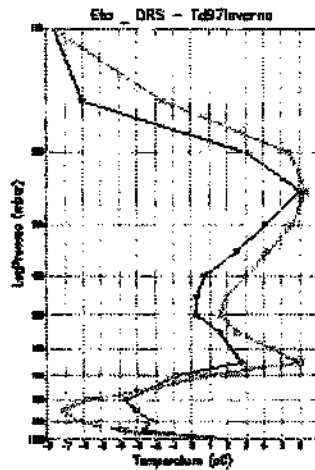


Figura 29 - Perfis das Diferenças da Temperatura do Ponto de orvalho do ar(oC) obtida por radiossondagens das 12Z da estação de São Luís, Maranhão e das previsões de 24 horas e 48 horas, da estação inverno (junho, 1997; julho, 1997; agosto, 1997). Em verde (dados da previsão de 48 horas - obs. radiossondagens) e preto (dados da previsão de 24 horas - obs. radiossondagens).