

## Uso de sensoriamento remoto para análise de uma linha de instabilidade: Estudo de caso ocorrido no Rio Grande do Sul

Bruno Zanetti Ribeiro<sup>1</sup>  
André Becker Nunes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Meteorologia – UFPel  
Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET/MEC/SESu)  
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Pelotas - RS, Brasil  
bruno\_z\_r@hotmail.com.br

<sup>2</sup> Faculdade de Meteorologia – UFPel  
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Pelotas - RS, Brasil  
andre.nunes@ufpel.edu.br

**Abstract.** In the day 21 of March of 2010, several cities in the state of Rio Grande do Sul had been affected by a high winds and precipitation associated with a squall line (or instability line). The squall lines are sets of aligned convective clouds with potential to causing thunderstorms. This work analyses the conditions that favored the atmosphere to be instable and employs remote sensing tools to monitor this phenomenon. Here, it will be studied the case of a squall line associated to a baroclinic system – in this case, an extratropical cyclone – and, thus, its identification is difficult, mainly when compared to squall lines that occurs in north of Amazon Basin. A set of images of meteorological satellite GOES-12 enhanced in the infrared channel, deriving of the CPTEC/INPE and images of the Doppler Radar located in the city of Santiago – RS, available for the REDEMETS, were used, as well as hodograph data from soundings in Porto Alegre. Added to this were used data derived from the Fortracc, an applicative centered on the determination of trajectories and life cycle of a convective system. This data showed that the moment of higher intensity of the squall line was coincident with a reduction in the speed of propagation of the system, as well as a reduction in the cloud tops temperature. Remote sensing tools were essential to identify and monitor the phenomenon.

**Palavras-chave:** baroclinic system, meteorology, infrared channel, sistema baroclínico, meteorologia, canal infravermelho.

### 1. Introdução

As linhas de instabilidade (ou, genericamente, bandas de precipitação), consistem de, basicamente, um conjunto de cumulonimbus alinhados que se deslocam de maneira uniforme, mantendo uma certa identidade durante seu tempo de vida (Silva Dias, 1987), que varia entre poucas horas até um dia. As linhas de instabilidade que se formam nos trópicos, no caso da América do Sul, devem-se à ação conjunta da Zona de Convergência Intertropical e da brisa marítima. Já em latitudes médias, estão normalmente associadas a sistemas baroclínicos, como os sistemas frontais, e tendem a se formar paralelamente (e muitas vezes à frente) das frentes frias (Ahrens, 2000). Tais fenômenos podem ser responsáveis por condições meteorológicas severas – tempestades, inundações – tornando seu estudo de grande importância científica e social.

Aqui é feito um breve estudo de caso ocorrido no Rio Grande do Sul, no dia 21 de Março de 2010, cuja linha de instabilidade associada a um sistema baroclínico provocou tempestades severas. Foram registradas rajadas de vento de mais de 100 km/h, que causaram destelhamentos e quedas de árvores em várias localidades do Estado, de acordo com a Defesa Civil.

Serão utilizadas neste estudo ferramentas de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e radar, radiossondagens, cartas sinóticas de superfície e dados gerados pelo aplicativo Fortracc.

## 2. Metodologia de Trabalho

A análise deste evento foi realizada com a utilização de imagens do satélite meteorológico GOES-12, obtidas através do site do CPTEC-INPE <<http://satelite.cptec.inpe.br/home/>>. Essas imagens são do canal infravermelho, realçadas de acordo com a temperatura de brilho do topo das nuvens relacionando uma determinada faixa de temperaturas a uma cor. Também foram utilizados dados do Fortracc, que é um aplicativo centrado na determinação de trajetórias e ciclo de vida dos sistemas convectivos, propondo a utilização de imagens GOES como base fundamental de dados. O processo de rastreamento é aplicado para dois limiares de temperatura de brilho, sendo 235K para sistemas convectivos de mesoescala (SCM) e 210K para células convectivas (Machado et al, 1998). Através desse aplicativo é possível obter informações sobre o sistema como velocidade de deslocamento, taxa de expansão e evolução da temperatura mínima de topo.

Além disso, foram utilizadas de imagens obtidas do radar meteorológico de Santiago (RS), pertencente à Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET). Essas imagens são do tipo *Maxcappi* (400 km), e mostram a máxima refletividade em uma varredura volumétrica, projetando as imagens em um plano vertical.

Foram analisadas ainda: hodógrafas das sondagens aerológicas na estação 83971(SBPA) da cidade de Porto Alegre, das 12 UTC do dia 21/03/10 e 00 UTC do dia 22/03/10; e cartas sinóticas elaboradas pelo Centro de Hidrografia da Marinha (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/index.htm>) destes mesmos horários, as quais possibilitaram a identificação dos padrões de grande escala relacionados ao fenômeno estudado.

## 3. Resultados e Discussão

A carta sinótica de superfície do dia 22 de Março, às 00 UTC (Figura 1), evidencia a presença de um ciclone extratropical formado na costa leste da Argentina (Lat. 40°S; Lon. 52°O) , com núcleo isobárico de 992 hPa. A este ciclone está associada uma frente fria no continente, próxima à fronteira entre Uruguai e Argentina. Esta frente fria favorece a presença de instabilidade na região e, com a intensificação do ciclone, tende a avançar para nordeste. Além disso, nota-se a presença de uma área de baixa pressão na região do Chaco, resultado do aquecimento superficial. O vento direcionado para sul, de acordo com a hodógrafa de Porto Alegre (Figura 4), transporta ar quente desta região de baixa pressão para o estado do Rio Grande do Sul e Uruguai, instabilizando a atmosfera. A análise das hodógrafas relativas às radiossondagens em Porto Alegre permitiu ainda concluir que havia cisalhamento vertical do vento nos baixos níveis (aproximadamente no nível de 850 hPa). Segundo Silva Dias (1987), as tempestades mais severas em termos de produção de ventanias e granizo ocorrem em condições de grande cisalhamento vertical do vento. Quando o cisalhamento do vento é forte, a tempestade é mais intensa, organizada e persistente.

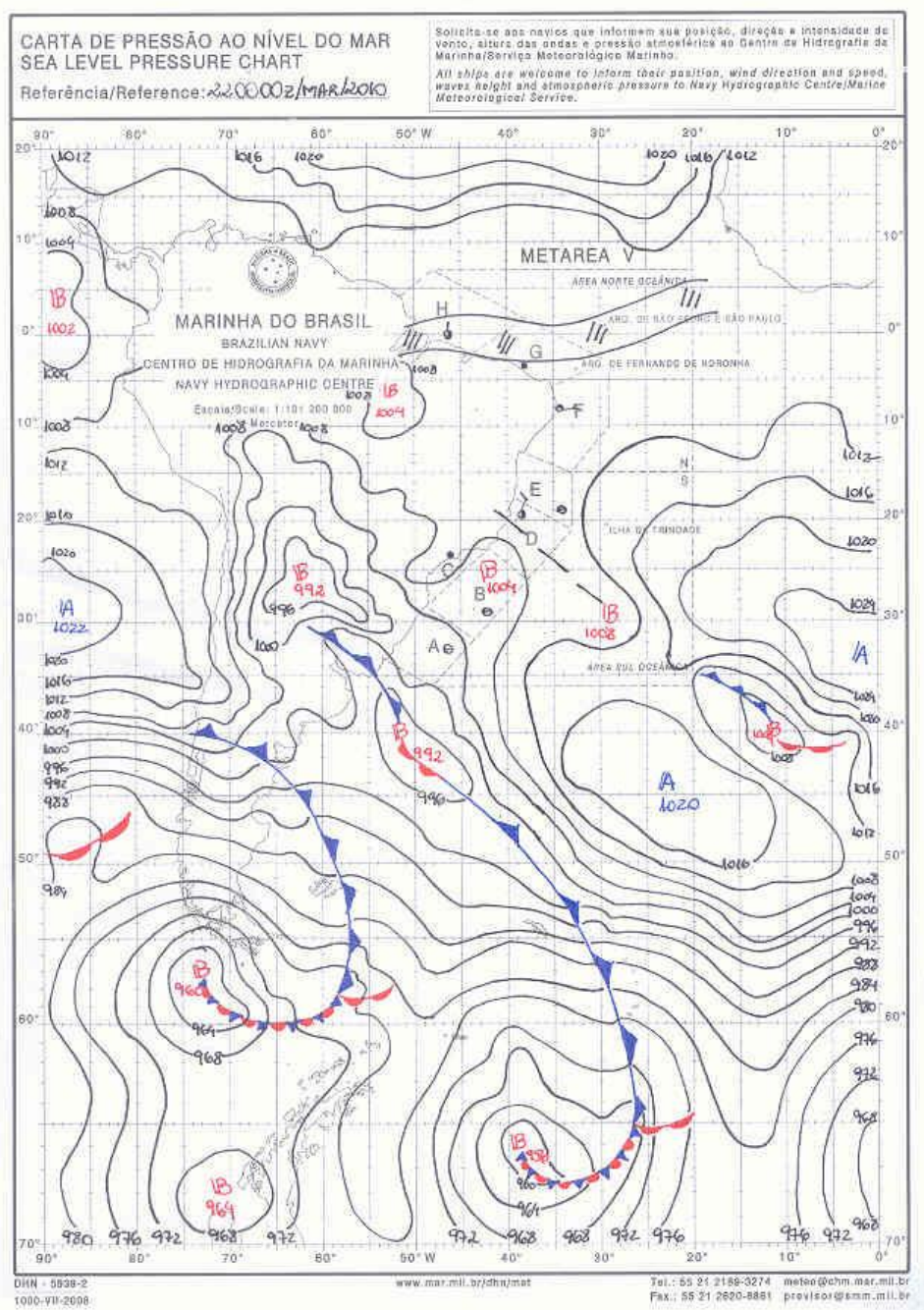


Figura 1: Carta sinótica referente às 00 UTC do dia 22 de Março.

Durante a tarde do dia 21 de Março, a frente fria organizou-se próxima ao Rio da Prata e avançou pelo Uruguai (Figura 2), alcançando a fronteira do Rio Grande do Sul no início da noite.

A Figura 2 permite uma visualização da evolução do sistema, com imagens do canal infravermelho do satélite GOES-12, realçadas de acordo com a temperatura do topo das nuvens. É possível notar que no início da tarde a temperatura do topo das nuvens esteve próxima a  $-60^{\circ}\text{C}$ . Essa temperatura é muito baixa, e indica nuvens de grande desenvolvimento vertical que alcançaram altos níveis da troposfera. A partir das 17:30 UTC (Figura 1.d) nota-se que o sistema atinge uma forma de curva, pois está associado à intensificação do ciclone extratropical no oceano, próximo à costa argentina.

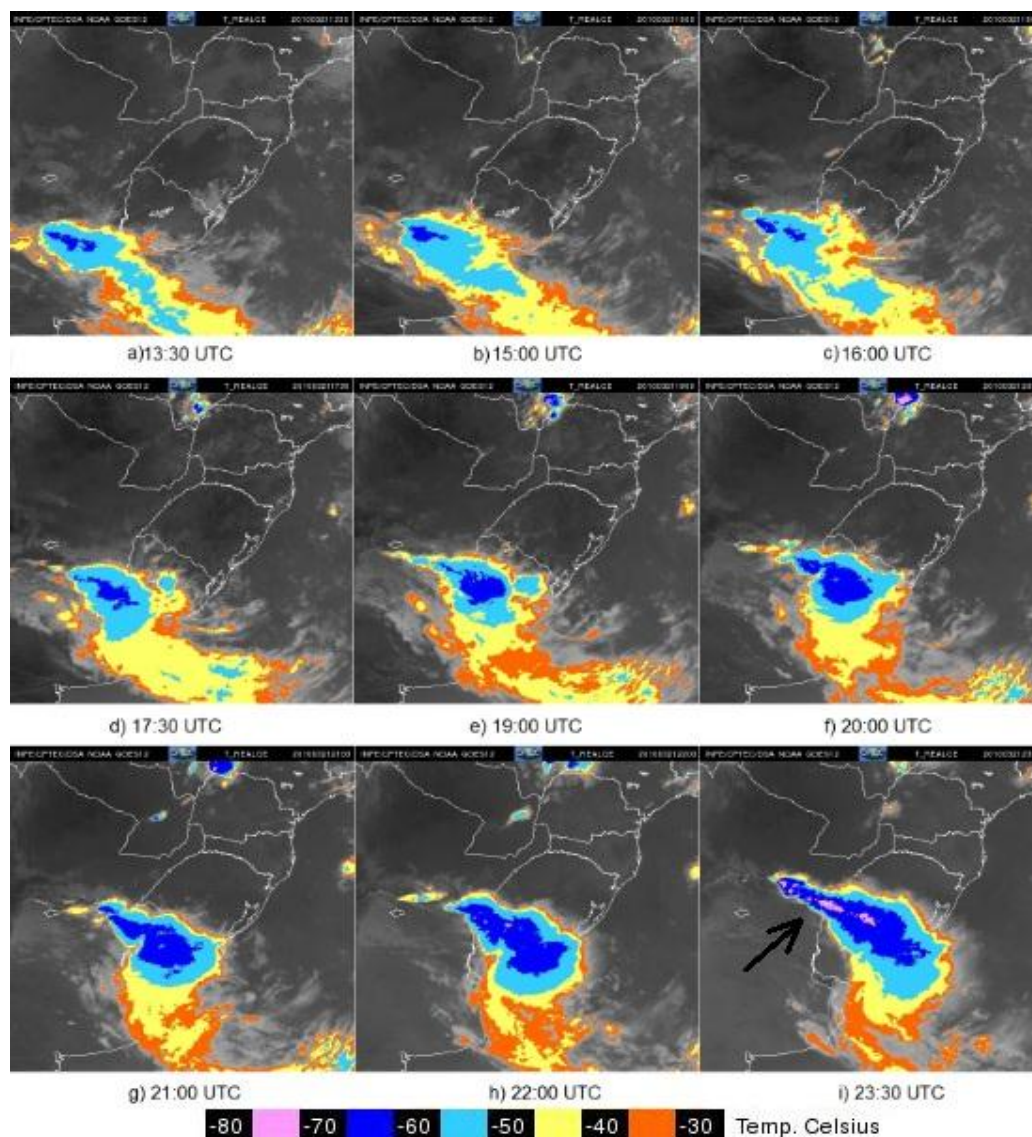


Figura 2: Imagens do satélite GOES-12, no canal Infravermelho realçado, do dia 21/03/2010.

As imagens de satélite realçadas não permitem identificar com precisão a presença de uma linha de instabilidade ao longo da frente fria, o que é normal em se tratando de linhas de instabilidade associadas a sistemas baroclínicos. Somente quando o sistema entra na área de varredura do radar de Santiago é que é possível identificá-lo como uma linha de instabilidade, devido à disposição das nuvens cumulunimbus, as quais se deslocavam alinhadas, de maneira uniforme (Silva Dias, 1987).

Os dados do aplicativo Fortracc mostram que a velocidade de deslocamento do sistema mantém-se oscilando entre 11 m/s e 17 m/s, até que cai para 7 m/s às 23:00 UTC. Neste momento a área do sistema diminui consideravelmente, e a temperatura de brilho do topo das nuvens também (Figura 3). A linha de instabilidade atingiu o máximo desenvolvimento logo depois, quando o radar de Santiago (Figura 5) indicava a maior refletividade.

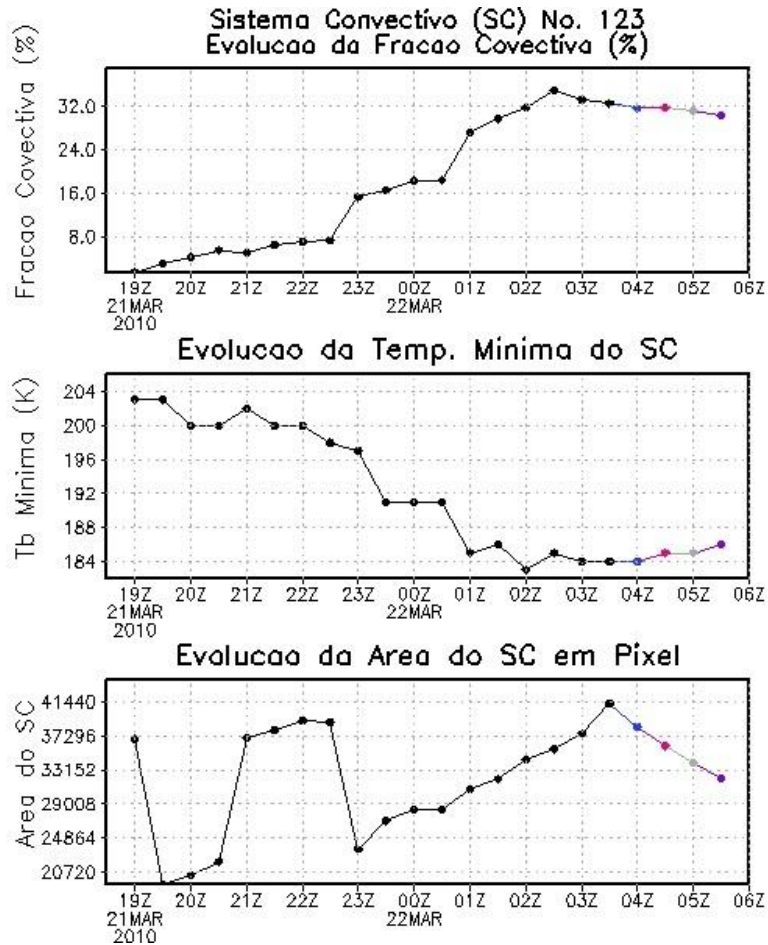
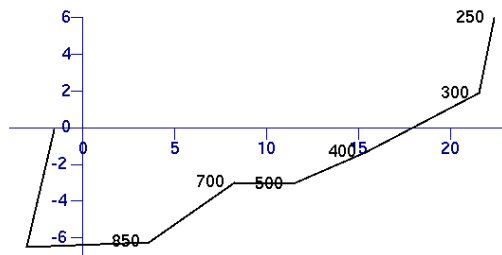


Figura 3: Gráficos da evolução do sistema obtidos do Fortracc.

A hodógrafa das 00UTC (22/03) da sondagem de Porto Alegre (Figura 4) apresentava um padrão de giro do vetor cisalhamento do vento com a altura nos primeiros quilômetros. Este giro foi no sentido anti-horário, e de acordo com Weisman e Klemp (1986), haveria favorecimento de convecção no flanco esquerdo de tempestades já formadas e inibição no flanco direito das mesmas. As imagens de satélite confirmam esta característica, principalmente após as 22:00 UTC (Figura 1.h), quando já existem nuvens com temperatura de topo menores que  $-80^{\circ}\text{C}$  no sistema.

83971 SBPA Porto Alegre (Aero)



00Z 22 Mar 2010

University of Wyoming

Figura 4: Hodógrafa relativa à radiossondagem no aeroporto de Porto Alegre (os valores em preto indicam o nível de pressão em hPa).

A imagem do radar de Santiago (Figura 5) mostra o momento de maior refletividade da linha de instabilidade, apresentando refletividade predominante entre 40 dBZ e 45 dBZ, com pontos isolados de até 60 dBZ, relacionados a tempestades severas. Neste momento nota-se que o sistema possuía apenas uma linha de convecção forte, sem a presença de uma região com precipitação estratiforme em sua retaguarda. Essa é uma característica de linhas de instabilidade com cisalhamento vertical do vento de moderado a forte, o que condiz com as observações aerológicas da região.

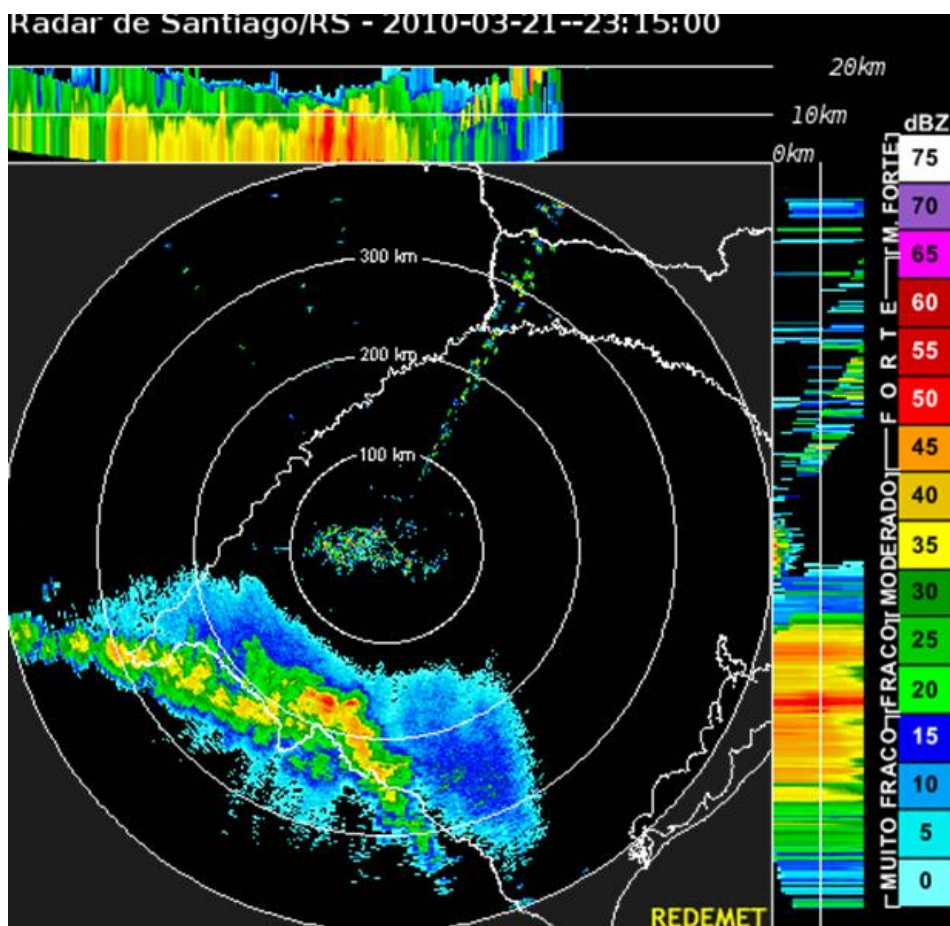


Figura 5: Imagem do Radar de Santiago (RS), às 23:15 UTC do dia 21/03/2010.

A partir deste momento o sistema perdeu intensidade, e houve a formação de uma região com chuva estratiforme que cobriu grande parte do estado do Rio Grande do Sul, no qual ainda se observaram tempestades isoladas. Logo, não se tratava mais de uma linha de instabilidade, e o ambiente já não era tão favorável à formação de convecção localizada.

#### 4. Conclusões

A análise dos dados de estações meteorológicas e radiossondagens permitiu concluir que a linha de instabilidade se formou pela interação de um fenômeno de escala sinótica (ciclone extratropical), com uma atmosfera instável, com forte cisalhamento vertical do vento. As ferramentas de monitoramento (radar e satélite meteorológicos) mostraram-se muito úteis neste caso, pois permitiram a identificação do tipo de sistema atuante e suas principais características.

O radar meteorológico apresentou a maior refletividade justamente após uma desaceleração da linha de instabilidade e redução da sua temperatura de brilho mínima

(observados através do método Fortracc). A linha de instabilidade reduziu a velocidade porque no momento a convecção era profunda, e as correntes que alimentavam o sistema com ar quente e úmido, vindos da direção oposta à de propagação – o que acarreta em forte convergência de massa na superfície –, estavam fortes. Isto permitiu às nuvens alcançarem altitudes mais elevadas, devido à forte convecção, e passarem a apresentar menores temperaturas de brilho no topo.

As duas ferramentas de sensoriamento remoto, quando utilizadas em conjunto, descreveram de forma satisfatória o grau de atividade do sistema, tanto na escala espacial quanto temporal.

## Referências Bibliográficas

Ahrens, C. D. **Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere**. Belmont: Brooks/Cole, 2000. 464 p.

Centro de Hidrografia da Marinha. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/index.htm>>. Acesso em: 23.out.2010.

Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (CPTEC/INPE). Disponível em <<http://satellite.cptec.inpe.br/home/>>. Acesso em: 21.out.2010.

Machado, L. A. T; Rossow, W. B; Guedes R. L; Walker, A. Life cycle variations of convective systems over the Americas. **Monthly Weather Review**, v.126, n.1, pp.1630-1654, 1998.

Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET). Disponível em: <<http://www.redemet.aer.mil.br/>>. Acesso em: 22.Mar.2010.

Silva Dias, M. A. F. Sistemas de Mesoescala e Previsão de Tempo a Curto Prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, n. 1, p. 133 – 150, 1987.

Weisman, M. L.; J. B. Klemp. Characteristics of Isolated Convective Storms. In: Ray, P. S., **Mesoscale Meteorology and Forecasting**. Boston, American Meteorological Society, 1986. p. 331 – 358.

Wyoming Weather Web. Disponível em: <<http://weather.uwyo.edu/upperair/>>. Acesso em: 20.out.2010.