

# COMPARAÇÃO ENTRE O VENTO ESTIMADO VIA-SATÉLITE E AS RADIOSSONDAGENS

Meiry Sayuri Sakamoto<sup>1</sup>  
Jojhy Sakuragi<sup>2</sup>  
Luís Augusto de Toledo Machado<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME  
Av. Bezerra de Menezes, 1900 São Gerardo Fortaleza (CE) 60325-002  
tel. (085) 287-1011 (r. 219, 227) fax. (085) 287-1165  
meiry@funceme.br

<sup>2</sup>Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP / Laboratório de Meteorologia - LabMet  
jojhy@univap.br

<sup>3</sup>Centro Técnico Aeroespacial - CTA / Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE  
Departamento de Ciências Atmosféricas  
iaeaca@eu.ansp.br

## Abstract

Wind observations from satellite constitute one of the most important source of data in low latitude areas, where winds can not be inferred from mass fields. This work shows a comparison between the wind derived from the cloud motion observed by Meteosat 5 images and radiosondes of EMAS-1 (Meso-scale Experiment of the Atmosphere of Drought Area). The results indicated that the wind fields derived by satellite match very well the tendency of radiosonde data, in direction and velocity. The BIAS and Root Mean Square Error calculated are comparable to those ones obtained by others researches, and the errors are mostly decorrent of wrong assignment of wind level. The procedure of assignment of wind level is sensitive to the type of vertical profile used. The comparative results are worst in the case of climatological data instead of local radiosonde. Nevertheless, the wind fields derived by this way are a very usefull source of information in Northeast of Brazil, a typical area of sparse upper air data.

## 1. Introdução

A escassez de dados de ar superior, principalmente na região Nordeste do Brasil, tem incentivado a busca por novas metodologias para suprir essa deficiência. Nesse sentido, os campos de vento estimados através do deslocamento de nuvens observados por satélites meteorológicos geoestacionários, são extremamente úteis. Essas informações podem ser utilizadas nas análises diagnósticas, ou como entrada de dados em modelos numéricos de tempo, principalmente em baixas latitudes, onde o vento não pode ser deduzido do campo de massa.

O modelo implantado na FUNCEME, é baseado nos modelos desenvolvidos pela EUMETSAT (EUropean Organization for the Exploitation of METeorological SATellites) e pelo LMD (Laboratório de Meteorologia Dinâmica - França) (Schmetz, 1993) que é reconhecido atualmente como um dos melhores modelos operacionais (Thoss, 1992). O modelo utiliza imagens no canal infravermelho para o cálculo dos deslocamentos e uma imagem no canal de vapor d'água para a correção da altura dos vetores obtidos.

Neste estudo são comparados os ventos estimados via-satélite e os observados através das radiossondagens do EMAS-1 (Experimento de Mesoescala da Atmosfera do Sertão - 1). Esta comparação é feita através do cálculo do BIAS e do erro médio quadrático. É analisado também o impacto causado pelo uso de perfis climatológicos e radiossondagens na definição dos níveis dos ventos estimados.

## 2. Dados e Metodologia

O EMAS-1, foi realizado entre 24 de março a 05 de abril de 1995, em uma área do Nordeste do Brasil, incluindo os estados do Ceará e Paraíba. O experimento constituiu-se de 13 dias consecutivos de sondagens atmosféricas através de três bases de radiossondas (Fortaleza (CE), Barbalha (CE) e Campina Grande (PB)), duas de balão piloto e uma de balão cativo (Silva Filho et al., 1996). Foram utilizadas 132 das 171 radiossondagens do período para ancorar os níveis dos ventos estimados, e para comparação com os resultados obtidos.

O modelo utiliza três imagens do canal infravermelho, em (t-30 min.), (t) e (t+30 min.) e uma imagem do canal de vapor d'água em (t), esta última somente para a correção da semi-transparência das nuvens. Um total de 176 imagens setorizadas sobre o Nordeste do Brasil com resolução espacial plena (5x5 km no ponto subsatélite) foram utilizadas.

## 2.1 Definição dos Vetores

Os vetores de vento são determinados com a ajuda de um esquema de correlação que busca por padrões similares de nuvens entre a imagem do canal infravermelho em (t), e (t+30 min.). Os vetores são obtidos através da distância euclidiana, onde uma área básica de cálculo (de 32x32 pixels (~ 160km)) percorre em espiral uma janela de 96x96 pixels, sendo o vetor determinado pela menor distância euclidiana. Obtido o melhor deslocamento, calcula-se a correlação entre os dois segmentos ((t) e (t+30 min.)). As formulações e detalhes do método são apresentadas por Laurent e Machado (1994).

## 2.2 Definição do Nível do Vetor

Considera-se que o nível de pressão de um dado vetor é igual ao nível de pressão onde a temperatura da atmosfera é igual à temperatura de brilho infravermelha das nuvens. No entanto, como a emissividade das nuvens é normalmente inferior a 1, aplica-se uma correção para nuvens semi-transparentes. São colocados os dados radiométricos de um segmento em ordem crescente; calcula-se a média entre os 10% dos pixels mais quentes e mais frios nas imagens do infravermelho (IR) e do vapor d'água (WV). Em paralelo, um modelo radiativo (Schmetz, 1986) utiliza como dado de entrada os perfis de temperatura e umidade, e os valores obtidos entre os 10% mais quentes e mais frios, calculando uma correção para nuvens semi-transparentes, supondo uma relação constante entre as emissividades no IV e WV.

## 2.3 Controle de Qualidade Inserido no Modelo de Estimativa de Vento

Alguns testes são aplicados automaticamente para verificar a qualidade do vento estimado. O teste mais importante é o teste simétrico. O teste calcula o vento entre (t) e (t-30 min.), o vetor obtido não pode ser muito diferente daquele calculado entre (t) e (t+30 min.). Se o módulo do vetor diferença for maior do que 5m/s + 20% (velocidade entre (t) e (t+30 min.)), o vetor é rejeitado.

## 2.4 Monitoramento da Qualidade dos Vetores Estimados em Relação às Radiossondas

Os vetores estimados foram comparados às radiossondas considerando-se uma área de 2°x2° em torno de cada uma das três estações de radiossondagem do EMAS-1, sempre levando-se em conta intervalos de no máximo 1 hora entre a radiossondagem e o horário da estimativa. Para verificar a tendência média da velocidade dos ventos estimados, foi calculada a diferença média na velocidade:

$$\text{BIAS} = \langle V_e \rangle - \langle V_r \rangle$$

$\langle \rangle$ : denota a média do período

V: corresponde ao vento estimado (e) e observado pela radiossonda (r)

O Erro Médio Quadrático Total do vento estimado em relação à radiossonda, é dada por:

$$\text{RMSE}_{\text{total}}^2 = \text{RMSE}^2 - \text{RMSE}_t^2 - \text{RMSE}_d^2$$

$\text{RMSE} = \langle (Du)^2 + (Dv)^2 \rangle^{1/2}$  (erro médio quadrático médio do período), onde:

$$(Du)^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_i^e - u_i^r)^2$$

$$(Dv)^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i^e - v_i^r)^2$$

N é o número das amostras

u e v, são as componentes zonal e meridional do vetor vento, estimado (e) e da radiossonda (r).

RMSE<sub>t</sub><sup>2</sup> e RMSE<sub>d</sub><sup>2</sup> são os erros devido à diferença de tempo (t) e distância (d) entre a radiossonda e o vetor estimado. Segundo Kitchen (1989), para a camada alta, os erros são de aproximadamente:

$$RMSE_t^2 = 4 \text{ m/s}$$

$$RMSE_d^2 = 7 \text{ m/s}$$

### 3. Resultados e Conclusões

Foram gerados campos de vento estimados para todo o período do experimento, totalizando 378, nas três camadas. A Figura 1, traz um exemplo. Note-se que a maioria dos vetores obtidos referem-se à camada alta. A análise mostrou que os campos obtidos de uma forma geral, descrevem a circulação de grande escala.

As Figuras 2 e 3, mostram as componentes zonal e meridional estimadas, comparadas com as radiossondagens de Barbalha (CE). Note-se que as componentes estimadas representam muito bem a tendência do vento observado. No entanto, nas curvas correspondentes à componente zonal, a partir de um certo instante, observa-se que a estimativa e a observação não apresentam concordância. A análise das imagens de satélite mostra que nesse período (noite do dia 28 e madrugada do dia 29 de março), um sistema de mesoescala se desenvolve no Vale do Jaguaribe, entre a Chapada do Apodi e a Serra do Pereiro, deslocando-se para oeste. Nesta situação os erros associados à distância e o tempo entre os vetores comparados pode atingir altos valores.

Para realizar a comparação com as radiossondas, foram selecionados os vetores observados dentro de uma área de 2°x2° em torno de cada estação. Para estes vetores foram calculados os parâmetros estatísticos. A Tabela-1 a seguir, mostra os resultados obtidos utilizando-se radiossondas na definição dos níveis, e traz também àqueles correspondentes aos testes realizados com a atmosfera padrão na definição desses níveis. Para Barbalha, os valores entre parênteses correspondem aos cálculos realizados para período anterior à noite de 28 de março. Note-se que a exclusão desse período reduz consideravelmente os erros. Comparativamente, os erros tendem a diminuir quando se utiliza radiossondagens na definição dos níveis dos vetores. Os valores de BIAS e RMSE total são comparáveis aos obtidos por Schmetz et al. (1993), em seu estudo sobre o impacto da evolução do modelo de vento. Observe que os resultados hora analisados são gerados pelo modelo em sua formulação original sem qualquer ajuste.

	B I A S		R M S E total	
	radiossonda	perfil padrão	radiossonda	perfil padrão
Barbalha (CE)	<b>1.53 / 1.44</b>	<b>1.03</b>	<b>6.49 / 4.45</b>	<b>7.61</b>
Fortaleza (CE)	<b>-0.93</b>	<b>-1.64</b>	<b>4.40</b>	<b>5.88</b>
Campina Gde. (PB)	<b>2.28</b>	<b>2.82</b>	<b>7.80</b>	<b>9.63</b>

Tabela 1 - Parâmetros estatísticos calculados para comparação entre o vento estimado e radiossondagem.

As análises mostraram que as maiores diferenças entre o vento estimado e o observado eram decorrentes da má definição dos níveis do vetor estimado. A Figura 4 mostra as curvas comparativas entre a componente zonal estimada e observada, neste caso, buscou-se nos perfis das radiossondagens os ventos mais próximos daqueles estimados. A média da diferença entre o nível do vento estimado e observado neste caso, foi de -46.2 hPa, ou seja, o nível do vento estimado estava quase sempre abaixo do observado. Os cálculos dos parâmetros estatísticos para esta situação ótima, mostram que os erros se tornam obviamente, nulos. Os mesmo cálculos considerando ventos

observados 10 hPa abaixo (-10 hPa) dos níveis estimados mostram que no caso de Barbalha o BIAS se reduz a 1.42, e o RMSEtotal cai para 6.11.

Os resultados apontam para a necessidade de realizar ajustes no modelo, principalmente no que se refere à questão da semi-transparência das nuvens, que deve ser alterado para corrigir a subestimação do nível do vetor estimado. Testes com o uso de perfis derivados pelo TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder) dos satélites da série NOAA, e também análises de modelo numérico, devem ser realizados. Embora, quantitativamente os resultados obtidos tenham apresentado erros, não se pode deixar de destacar a boa performance na detecção da tendência dos ventos observados, o que por si só torna os campos de vento derivados via-satélite, uma preciosa fonte de informações para regiões desprovidas de uma rede de ar superior.

#### Referências Bibliográficas

- Kitchen, M., 1989. Representativeness errors for radiosonde observations. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 115, 673-700.
- Laurent, H. e Machado, L.A., 1994. Extração de vento através de imagens de satélite meteorológicos. *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Belo Horizonte (MG), 18 a 25 de outubro de 1994, vol. 1, 410-413.
- Schmetz, J.; Holmlund, K.; Hoffman, J.; Strauss, B.; Mason, B.; Gaertner, V.; Koch, A. e Van De Berg, L., 1993. Operational Cloud-Motion Winds from Meteosat Infrared Images. *J. Appl. Meteor.*, 32, 1206-1225.
- Silva Filho, V., Silva, R.R., Sakamoto, M.S., Blanco, C.M.R., Teixeira, R.F.B., Braga, C.C., Melo, E.P. and Gandu, A.W., 1996. O Experimento de Mesoescala da Atmosfera do Sertão (EMAS-I). *Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Campos do Jordão (SP), 06 a 13 de novembro de 1996.
- Thoss, A., 1992. Cloud motion winds, validation and impact on numerical weather forecast. *Proc. Workshop on Wind Extraction from Operational Meteorological Satellite Data*, Washington DC, Eumetsat, EUM P 10, 105-112.

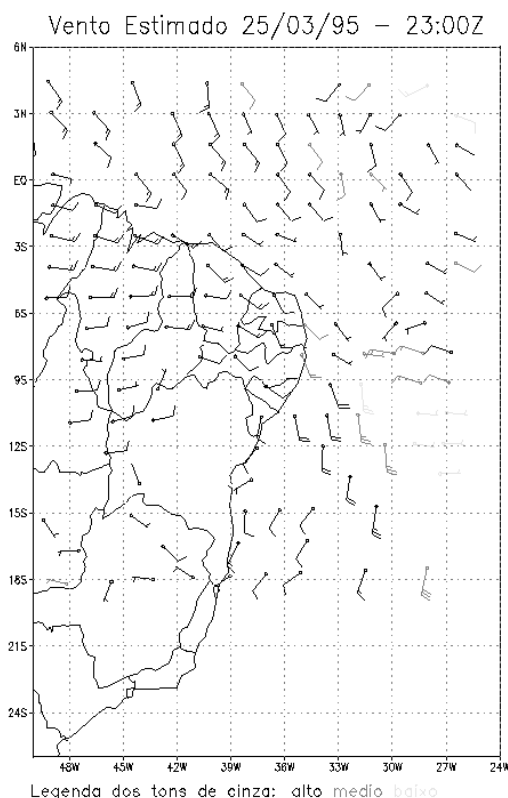


Figura 1 - Vento estimado nas três camadas para o dia 25/03/95, 23:00Z.

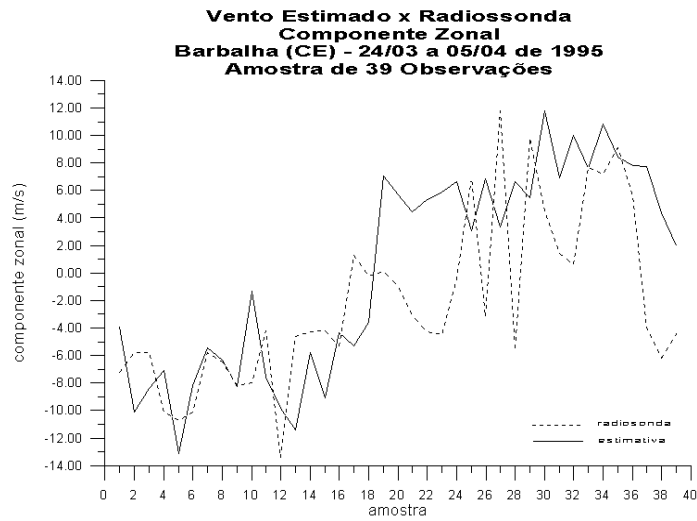


Figura 2 - Comparação da componente zonal estimada e observada em Barbalha (CE)

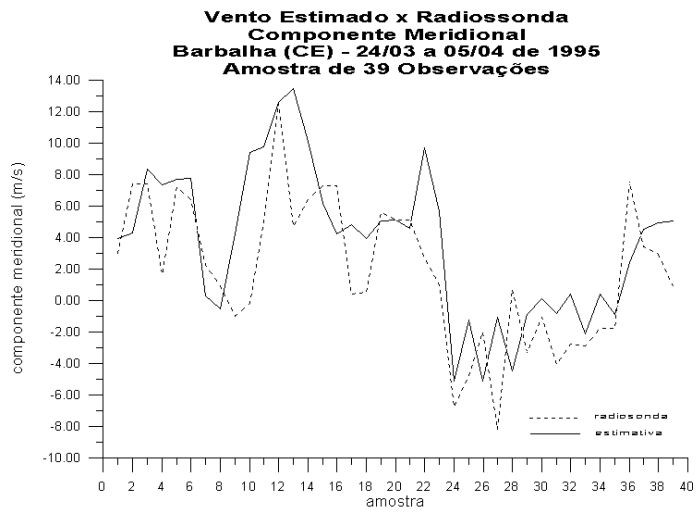


Figura 3 - Comparação da componente meridional estimada e observada em Barbalha (CE).

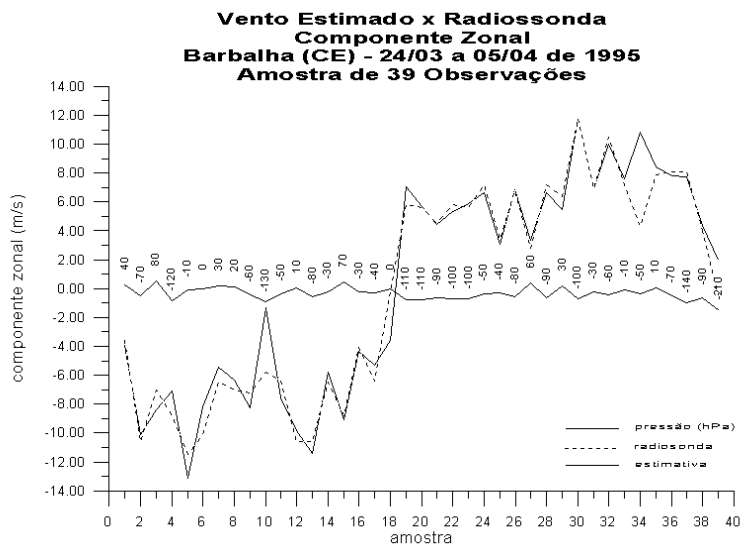


Figura 4 - Comparação da componente zonal estimada e observada em Barbalha (CE), situação ideal