

Figura 2 - Precipitação acumulada depois de 12 horas de simulação.

A Figura 2 apresenta a topografia de parte da região coberta pela grade menor, incluindo o futuro lago (área mais escura), como visto pelo modelo. As isolinhas de topografia são apresentadas a cada 50m. A precipitação acumulada após 12 horas de simulação aparece na figura 2 na forma de linhas mais espessas, espaçadas de 5mm.

Durante as cinco primeiras horas de simulação os resultados, com e sem o lago, apresentaram-se similares. As diferenças básicas começaram a surgir após este período. No caso da simulação com o lago, uma nuvem cumulus começou a desenvolver-se um pouco depois de 6 horas de simulação (3:00 horas local). Três horas mais tarde (6:00 horas da manhã local), a nuvem cumulus simulada, havia se tornado uma nuvem tipo Cb totalmente desenvolvida, tendo se deslocado para o lado oeste do lago (fig.3). Em seu estágio de desenvolvimento máximo (9 horas de simulação) a nuvem gerada apresentava valores de até 2,5 g/kg e valores de velocidade vertical de até 4m/s.

Três horas mais tarde (9:00 horas local), o sistema já havia quase que completamente dissipado deixando para trás um rastro de precipitação com valores máximos de até 10,8mm.

A simulação sem o lago, de acordo com a realidade do tempo naquele dia, apresentou apenas alguns pequenos cumulus humilis no local, sem que qualquer precipitação tenha ocorrido.

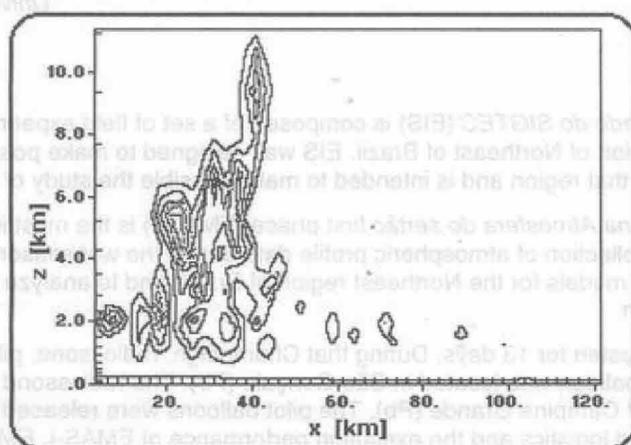


Figura 3 - Nuvem cumulus gerada na simulação com o lago.

## Conclusões

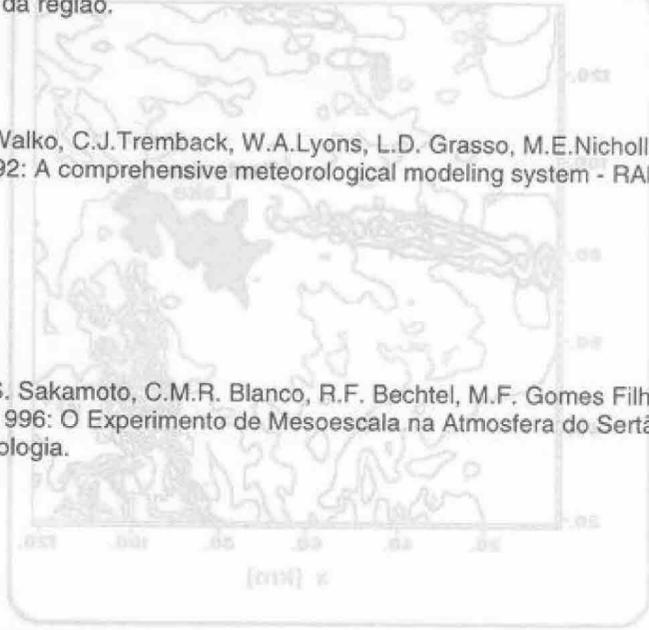
O modelo RAMS parece simular razoavelmente bem o comportamento da atmosfera sobre o NEB e particularmente, com e sem o lago, sobre a região do Castanhão, apesar de necessitar ainda da inclusão de melhores condições de contorno inferiores e de dados reais para sua inicialização. Considerando que os resultados encontrados são bons, pode-se afirmar que a construção do lago Castanhão afetará consideravelmente o microclima na direção oeste de sua posição, sobretudo no que diz respeito a um incremento em seus totais de precipitação. O aumento nos totais de precipitação desta região é devido basicamente a advecção dos efeitos do lago, pelo vento predominante. Resultados

mais realistas poderão ser obtidos através da utilização de dados mais detalhados da topografia da área e da inclusão dos dados de vegetação e solo da região.

### Referencias

Pielke, R.A., W.R. Cotton, R.L.Walko, C.J.Tremback, W.A.Lyons, L.D. Grasso, M.E.Nicholls, M.D. Moran, D.A. Wesley, T.J. Lee and J.H. Copeland, 1992: A comprehensive meteorological modeling system - RAMS. Meteorol. Atmos. Phys., 49, 69-91.

Silva Filho, V.P., R.R. Silva, M.S. Sakamoto, C.M.R. Blanco, R.F. Bechtel, M.F. Gomes Filho, M.M.V.B.R. Leitão, C.C. Braga, E.P. Melo A.W. Gandu, 1996: O Experimento de Mesoescala na Atmosfera do Sertão (EMAS-I). Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia.



## O Experimento de Mesoescala na Atmosfera do Sertão (EMAS-I)

Vicente de Paula Silva Filho  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Renato Ramos da Silva  
Meiry Sayuri Sakamoto  
Cinthia Maria Rodrigues Blanco  
Raul Fritz Bechtel Teixeira  
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME  
Manoel Francisco Gomes Filho  
Mario de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão  
Célia Campos Braga,  
Universidade Federal da Paraíba - UFPb  
Evandro de Paiva e Melo  
Centro Técnico Aeroespacial - CTA  
Adilson Wagner Gandu,  
Universidade de São Paulo - USP

### Abstract

The so called *Experimento Integrado do SIGTEC* (EIS) is composed of a set of field experiments of one to two weeks duration, held at the semi-arid region of Northeast of Brazil. EIS was designed to make possible the gathering of almost non existing atmospheric data for that region and is intended to make possible the study of its atmospheric behavior.

The *Experimento de Mesoescala na Atmosfera do sertão* first phase (EMAS-I) is the most important field experiment of EIS. It was planned to allow the collection of atmospheric profile data during the wet season of 1994. EMAS-I data would help to tune regional atmospheric models for the Northeast region of Brazil, and to analyze the mesoscale atmospheric systems occurring over that region.

EMAS-I started at march 24 and lasted for 13 days. During that Champaign, radiossond, pilot balloon and tethered balloon were used. The tethered balloon was located in São Gonçalo (Pb). The radiossond stations were located at Fortaleza (Ce), Barbalha (Ce) and Campina Grande (Pb). The pilot balloons were released at Patos (Pb) and Jaguaribe (Ce). This paper describes the field logistics and the execution performance of EMAS-I. EMAS-I was assumed to be a very low cost experiment and the results obtained enhances the desire for needed new field experiments.

### Introdução

A precipitação que cai sobre a porção norte da região nordeste do Brasil (NEB), embora com distribuição desuniforme, encontra-se concentrada nos meses de fevereiro, março, abril e maio. Durante estes meses, a Zona de Convergência Intertropical encontra-se na sua posição mais ao sul (Uvo, 1989), o que determina a existência da chamada *quadra chuvosa*. Um dos fenômenos que afetam a qualidade quadra chuvosa é o chamado *El Niño*. Em anos de *El Niño* a circulação geral da atmosfera apresenta um movimento vertical de subsidência sobre o NEB (Ropelewsky, 1986), que funciona como uma barreira para a formação de nuvens e precipitação. Os vórtices de grande escala atuando sobre a

região também podem ser responsabilizados por variações na quantidade de chuva que cai durante a quadra chuvosa. (Kousky e Gan, 1981).

Apesar da qualidade da quadra chuvosa ser modulada pelo comportamento da atmosfera em grande escala, a expressiva variabilidade espacial e temporal do seu regime de precipitação, é devida ao comportamento da atmosfera em Mesoescala. Sistemas de brisa marítima e terrestre, brisa vale-montanha, brisa de lago, efeitos orográficos, circulações locais geradas por contrastes na cobertura vegetal, tipo de solo e variabilidade na umidade do solo são alguns dos responsáveis pelas significantes diferenças na quantidade de água precipitada nas várias bacias hidrográficas da região.

Em comparação com regiões de latitudes médias, pouco se conhece a respeito do comportamento da atmosfera sobre os trópicos. Desse pouco conhecimento, a maior parte diz respeito à escala maior, ou seja, a escala sinótica. Em termos de Mesoescala, e particularmente sobre o NEB, muito pouco se sabe sobre o comportamento da atmosfera e dos mecanismos responsáveis pela precipitação da região.

O Experimento Integrado do SIGTEC (Sistema de Informações Gerências em Tempo, Clima e Rec. Hídricos) - EIS, é um experimento de campo realizado particularmente na zona semi-árida do NEB, que tem como objetivo a coleta de dados atmosféricos em sub-experimentos concentrados em períodos de uma a duas semanas de observações. Este foi criado na tentativa de minimizar a carência de dados meteorológicos que pudessem ser usados no estudo do comportamento da atmosfera sobre o NEB. O EIS abrange às áreas de meteorologia e recursos hídricos e utiliza equipamentos de alta tecnologia que proporcionam uma maior confiabilidade nos resultados.

O Experimento de Mesoescala na Atmosfera do Sertão (EMAS) é o mais importante dos sub-experimentos do EIS. Representando mais de dois terços da totalidade dos esforços empreendidos no EIS, o EMAS foi elaborado com vistas à coleta de dados meteorológicos de ar superior no NEB. Os dados coletados pelo EMAS seriam utilizados, na FUNCEME, na validação de modelos numéricos de previsão regional de tempo tais como o RAMS (Regional Atmospheric Modeling System)(Pelke et al, 1992) e o ARPS (Advanced Regional Prediction System)(Xue, 1995) e juntamente com estes, no detalhamento do comportamento dos sistemas atmosféricos de Mesoescala que ocorreram sobre aquela região durante a realização do experimento. A caracterização de algum tipo de ciclo, seja diário ou sazonal, relacionado às características da camada de inversão dos alísios e qual sua relação com a qualidade da estação chuvosa da região em questão também é um dos interesses.

## O EMAS-I

O EMAS-I apresentou como objetivo específico a coleta de dados para a análise do comportamento da atmosfera em duas escalas de tempo e espaço distintas. A primeira delas visa a análise do comportamento da atmosfera do ponto de vista dos sistemas atmosféricos que ocorrem a nível da Mesoescala, enquanto a outra visa a análise da evolução da camada limite planetária sobre a região. Para cobrir uma área que possibilitasse os estudos de interesse, seis pontos de coleta de dados foram usados. Em três destes pontos foram instaladas estações PC-CORA da VAISALA para sondagens com radiossondas. Em outros dois pontos foram instalados teodolitos para sondagens com balões piloto. No último dos pontos foi instalado um balão cativo (fig. 1).

A distribuição das estações foi a seguinte:

### Estações de radiossondagem PC-CORA

	Lat	Lon	Alt
Barbalha - Ce.	(7°19'S;39°18'W)		409m
C. Grande - Pb	(7°13'S;35°52'W)		547m
Fortaleza- Ce.	(3°47'S;38°33'W)		26m

### Teodolitos (balões piloto)

	Lat	Lon	Alt
Jaguaribe - Ce.	(5°53'S;38°37'W)		213m
Patos - Pb.	(7°01'S;37°16'W)		249m

### Balão Cativo

	Lat	Lon	Alt
S. Gonçalo - Pb	(6°45'S;38°13'W)		233m

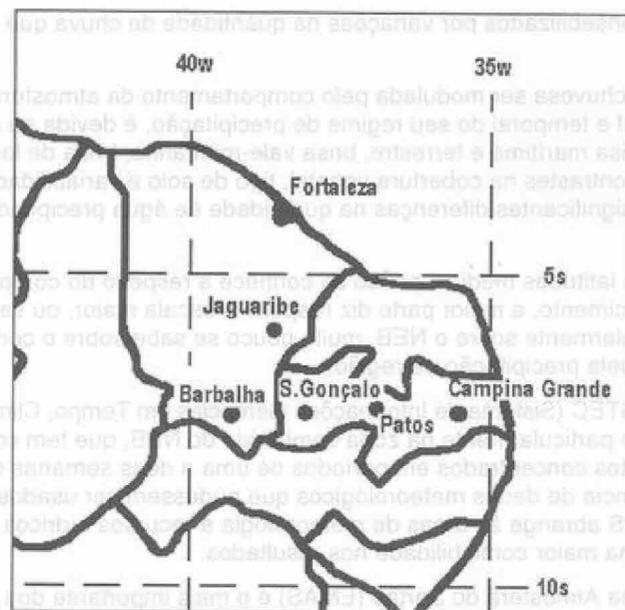


Figura 1: Localização dos pontos de coleta de dados do EMAS-I.

O período de coleta de dados no EMAS-I foi de treze dias, com início no dia 24/03/95. A primeira sondagem foi aquela das 09:00 da manhã e a última, a das 21:00hs do 13º dia. Os horários aqui especificados referem-se à hora local. A coleta de dados com o balão cativo durou 5 dias começando no dia 28/03/95. As sondagens com radiossonda e balão-piloto obedeceram a dois regimes de lançamento distintos. Durante os quatro primeiros e últimos dias, a coleta de dados ocorreu nos horários sinóticos, ou seja, 03:00, 09:00, 15:00 e 21:00hs. Do quinto ao nono dia, além dos horários acima, foram feitas também sondagens nos horários de 07:00 e 18:00hs. As sondagens com balão cativo foram realizadas nos horários de 03:00, 05:00, 06:00, 07:00, 08:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 e 21:00hs. Nas sondagens foram utilizadas sondas do tipo RS80-15N da VAISALA e balões TOTEX de 350g. Nas sondagens feitas com teodolito, foram utilizados balões TOTEX de 30g. No balão cativo foram utilizadas sondas tetheredsonde e sistema de aquisição ADAS 3A.

## Performances Obtidas na 1ª fase do EMAS

A performance obtida durante a realização do EMAS-I foi considerada satisfatória já que praticamente não houveram perdas e que os esforços empreendidos proporcionaram resultados que superaram as expectativas. Para as estações de radiossondagem havia sido previsto o lançamento de 183 sondas (61 por estação). Destas, 152 (83,1%) não apresentaram nenhum tipo de falha. Outras 17 (9,3%) não atingiram o nível considerado ótimo (100mb) ou apresentaram pequenas falhas de comunicação com a base. Três das sondas lançadas (1,6%) eram do tipo PTU apenas. Outras três (1,6%) apresentaram falhas na entrada dos dados referentes à estação de superfície ou de calibração. Apenas 8 sondagens (4,4%), por motivos diversos (chuva forte, falta de energia, etc.), deixaram de ser realizadas. A maioria das sondagens consideradas não excelentes ou não lançadas, ocorreram no início ou no final do período de coleta. Isto proporcionou a obtenção de um conjunto de dados com melhor qualidade durante o período onde o número de sondagens foi intensificado (os 5 dias centrais do experimento).

O Balão cativo, com empuxo de 2,5 kg e cabo de 900m, não permitiu a realização de sondagens muito altas. Das 50 sondagens previstas, apenas 6 (12 %) deixaram de ser realizadas. A não realização destas sondagens deveu-se, principalmente, à ocorrência de ventos fortes que não permitiam a içamento do balão sem que existisse o risco de perda do mesmo. Em 24% (12) das sondagens o balão subiu acima de 700m. Em outros 34% (17) o balão subiu entre 500m e 700m. Em 18% delas (9) o balão subiu entre 300m e 500m. No restante a subida foi abaixo de 300m. É importante observar que para o acompanhamento do crescimento da camada limite não é necessário a realização de sondagens muito altas no início do dia. A medida que o tempo vai avançando durante o dia, a camada limite pode atingir uma profundidade tal que se o balão não conseguir atingir o seu topo não haverá tanta diferença entre os níveis já que a sondagem estará sendo realizada completamente imersa na camada de mistura.

Devido à metodologia própria de sondagens com balões piloto, os resultados obtidos desta forma foram os menos promissores. Durante este tipo de sondagem, pequenos balões inflados com gases mais leves que o ar são acompanhados em sua trajetória, através da utilização de teodolitos. A triangulação obtida a partir da razão de ascensão do balão e a angulação no teodolito determinam as direções e velocidades do vento nos diversos níveis da atmosfera. Embora pouco dispendiosa, esta metodologia não pode funcionar adequadamente quando a visibilidade é baixa. Durante o período de coleta de dados do EMAS-I, o céu permaneceu nublado (ou chuvoso), sobre as cidades de Patos e Jaguaribe, em muitos dos horários de sondagem, resultando em dificuldades na sua realização. Na cidade de Jaguaribe, todas as 51 sondagens previstas foram realizadas. Devido a problemas de visibilidade, entretanto, a grande maioria delas apresentou uma média de altura atingida na ordem de 1.5km sendo que apenas 3 sondagens subiram acima de 5.0km. Na cidade de Patos por outro lado, 33 sondagens foram realizadas representando 65% do total previsto. A altura média aproximada atingida pelos balões em Patos foi da ordem de 4.5km, sendo que 11 sondagens passaram dos 5.0km e 5 delas passaram dos 10.0km.

## Conclusões

A carência de dados atmosféricos que permitam a realização de estudo dos sistemas meteorológicos de Mesoescala no NEB é notória. A realização de experimentos de campo tais como o EMAS vem de encontro à satisfação das necessidades nesta área. Os resultados obtidos com o EMAS-I superou as expectativas e, tendo sido considerado de baixo custo (quando comparado com experimentos de campo da mesma envergadura), sugere que, dentro das necessidades reais, outros experimentos de mesmo porte sejam planejados e executados. Os dados coletados no EMAS-I encontram-se em processo de utilização plena e muitos frutos deverão ser colhidos como resultado final.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização e execução do EMAS-I, sobretudo aos membros das equipes que incansável e entusiasticamente foram os reais responsáveis pela coleta de dados no campo.

## Bibliografia

- Kousky, V.E. e M.A. Gan, 1981: Upper tropospheric cyclone vortice in the tropical South Atlantic. *Tellus*, 33, 538-551.
- Pielke, R.A., W.R. Cotton, R.L. Walko, C.J. Tremback, W.A. Lyons, L.D. Grasso, M.E. Nicholls, M.D. Moran, D.A. Wesley, T.J. Lee and J.H. Copeland, 1992: A comprehensive meteorological modeling system - RAMS. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 49, 69-91.
- Ropelewsky, C.F. e M.S. Halpert, 1983: North American precipitation and temperature patterns associated with the El Niño Soutern-Oscillation (ENSO). *Mon. Wea. Rev.*, 114, 2352-2362.
- Xue, M., K.K Droegemeier, V. Wong, A. Shapiro e K. Brewster, 1995: ARPS Version 4.0 User's Guide. Disponível no *Center for Analysis and Prediction of Storms*, University of Oklahoma, Norman OK 73072. 380pp.
- Uvo, C.R.B., 1989: The intertropical convergence zone and its relationship with the precipitation over north-northeast region of Brazil. INPE - 4887 - TDL/378. Disponível no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 12200 - S.J. dos Campos - SP - Brasil.

# Simulação da Circulação de Brisa em Fortaleza Utilizando o Modelo Atmosférico de Mesoescala Rams

<sup>1</sup>Renato Ramos da Silva  
Vinícius da Nóbrega Ubarana  
FUNCEME-Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos  
Adilson Wagner Gandú  
DCA-IAG-Universidade de São Paulo

## Abstract

A sea-land breeze study at Fortaleza city is done. The performance of mesoscale model RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) in simulate this local circulation is compared with soundings of the experiment field EMAS-I (Experimento de Mesoescala na Atmosfera do Sertão). The results show us the importance of the interaction of the meteorological large scale and local scale aspects of the atmosphere. The beginning of the morning g is the most favorable time to rain in the Fortaleza city.

## 1 Introdução

Observando o movimento das nuvens sobre a cidade de Fortaleza, pode-se aferir que os ventos sopram predominantemente de leste. Estando localizada em 3,5 graus de latitude sul, a cidade sofre constantemente a influência dos ventos alísios. Por outro lado o fato de estar posicionada na costa, na interface entre o continente sul-americano e o Oceano Atlântico, sofre também a influência diária da brisa devido ao aquecimento diferencial entre terra e água.

<sup>1</sup>Endereço para Correspondência:

Av. Bezerra de Menezes, 1900 Fortaleza-CE - Brasil cep: 60325-002  
e-mail: ramos@zeus.funceme.br

Estudos climatológicos, sugerem que o fato da chuva ocorrer principalmente no período da madrugada, pode estar relacionado com a confluência entre os ventos alíseos e a brisa continental (Kousky, 1980)

Durante o experimento meteorológico EMAS-I (Experimento de mesoescala na atmosfera do sertão), ocorrido no período de 24/03/95 a 05/04/95 (Silva Filho et al. 1996) foram obtidos dados de radiosondagem atmosférica em Fortaleza permitindo estudar a estrutura atmosférica sobre a cidade.

A disponibilidade do modelo de Mesoescala RAMS (Regional Atmospheric Modelling System), junto à Funceme permitiu um estudo numérico mais detalhado da evolução do comportamento da atmosfera.

Neste trabalho o modelo de mesoescala RAMS é utilizado para estudar a circulação local sobre a cidade de Fortaleza nos dias 29 e 30 de março de 1995, sendo os resultados do modelo comparados com as observações e extrapolados para as regiões adjacentes.

## 2 Análise Meteorológica

Devido à proximidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a região norte do nordeste brasileiro, onde se localiza a cidade de Fortaleza, esteve coberta com nuvens em boa parte do tempo durante o experimento meteorológico EMAS-I. As imagens do satélite meteorológico Meteosat dos dias 29 e 30 de março de 1995, apresentam regiões de forte nebulosidade na região costeira sobre o continente e sobre o Oceano Atlântico. A equipe de meteorologistas do EMAS-I, da base de observação de Fortaleza, registraram céu totalmente encoberto com nuvens estratocumulus, cumulus e altostratus nos horários de 07, 09, 15 e 18 (h.local), do dia 29/03/95 e 03, 07, 09, 15 e 18 do dia 30/03. A excessão ocorreu no horário de 21 hs que apresentou tempo parcialmente nublado no dia 29 e céu estrelado no dia 30. Na tabela 1 é apresentada a precipitação acumulada, em três postos de coleta na cidade de Fortaleza, mostrando que ocorreram fortes chuvas na cidade, principalmente no dia 29.

Tabela 1-Precipitação acumulada em Fortaleza

Localidade	29/03	30/03
CAMPUS DO PICI	137.3	0
FUNCEME	115.6	7.3
CASTELAO (INEMET)	88.0	9.4

As análises do modelo de circulação geral do CPTEC para o nível de 1000 hPa apresentaram ventos fracos de leste (abaixo de 2,5 m/s) na região costeira do estado do Ceará, no horário de 0 UTC para os dias 29, 30 e 31/03/95.

## 3 Modelo Numérico

Neste trabalho foi utilizado o modelo atmosférico RAMS (Pielke et al., 1992), centrado na cidade de Fortaleza-CE, em sua versão não hidrostática. Como condição inicial foram utilizadas as análises do modelo de grande escala do CPTEC, juntamente com as sondagens coletadas durante o EMAS-I, e os dados da estação meteorológica de superfície de Fortaleza. Como condição de contorno na superfície é considerada a topografia da região com resolução de 30 segundos de arco (aprox. 900 metros) (fig.1).