

# CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA E A RELAÇÃO COM O TIPO DE CONVECÇÃO PRESENTE NA CIDADE DE BELÉM – PA

SILVA, F. M.<sup>1</sup>, SOUSA, A. M. L.<sup>2</sup>, TORRES, C. S. C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Meteorologista, Bolsista DTI 3, UFRA, Belém-PA, Fone (0 xx 91) 8205-3314, [Fabricio.08@hotmail.com](mailto:Fabricio.08@hotmail.com),<sup>2</sup> Meteorologista, Prof. Doutor, Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – UFRA, Belém-PA,<sup>3</sup>Engenheira Agrônoma, UFRA, Belém – PA

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011  
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**RESUMO:** Utilizando dados de radiossondagens obtidos no Experimento Balanço Atmosférico Regional de Carbono na Amazônia (BARCA) realizado no ano de 2008, verificou-se a partir da pesquisa a classificação termodinâmica das radiossondagens e sua relação com o tipo de convecção presente na cidade de Belém – PA. Os dados são referentes a dois períodos do Experimento: 09 a 30 de junho (mini-BARCA, período longo) e de 23 de novembro a 08 de dezembro (BARCA, período curto), com lançamentos na UFPA e no DTCEA-BE. As fortes chuvas que ocorreram durante o experimento BARCA não estão exclusivamente ligadas a fatores termodinâmicos, mas também a fatores dinâmicos. A influência dessas forçantes dinâmicas de mesoescala é referente aos efeitos de brisas e Linhas Instabilidades, enquanto que as de grande escala estão ligadas a Zona de Convergência Intertropical, onde foram determinantes para ocorrência de precipitações maiores que 8 mm.

**PALAVRAS-CHAVES:** dinâmica, precipitação

**ABSTRACT:** Using radiosonde data from the Regional Experiment Balance Atmospheric Carbon in the Amazon (BARCA) conducted in 2008, we verified the importance of thermodynamic factors and their relationship to the type of cloud present in the city of Belem - PA. Radiosonde data are for the period 09-30 June (mini-BARCA) and November 23 to December 8 (BARCA), with releases UFPA and DTCEA-BE, respectively. The heavy rains that occurred during the experiment BARCA are not exclusively linked to thermodynamic factors but also by the interaction between the dynamic and thermodynamic forcings. The influence of these forcings mesoscale dynamics is related to the effects of winds and instabilities lines, while the large scale are linked to the Intertropical Convergence Zone, which were crucial for the occurrence of rainfall greater than 8 mm.

**KEYWORDS:** dynamics, Precipitation.

**INTRODUÇÃO:** Estudar a variabilidade da precipitação é muito importante, pois ajuda no melhor entendimento sobre a dinâmica dos sistemas meteorológicos que afetam a região. A estrutura termodinâmica da atmosfera tem uma relação direta com o tipo de convecção úmida desenvolvida, pois o transporte de energia devido ao calor latente e ao calor sensível ocorre verticalmente na atmosfera, aumentando a instabilidade e ajudando no processo de formação de convecção úmida profunda (BETTS, 1974; ASPLIDEN, 1976; RIBEIRO; MOTA, 1994). Na Amazônia, em particular em Belém - PA, a maioria das precipitações é proveniente das atividades convectivas que resultam do aquecimento da superfície devido à radiação solar. Pois para que haja formação de nuvens é necessário grande quantidade de umidade, mecanismos dinâmicos para levantar a parcela de ar e uma fonte de energia (radiação solar). Esta estrutura possui um ciclo convectivo diurno, que está relacionado à quantidade de vapor de água e com a energia solar, na forma de calor latente e calor sensível. O objetivo deste trabalho foi verificar a importância dos fatores termodinâmicos e sua relação com o tipo de convecção presente em Belém-Pa, utilizando dados do experimento BARCA ocorrido no ano de 2008.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Neste trabalho foram utilizados dados de precipitação da Estação de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET-Belém), dados das radiossondagens (no período de 09 a 30 de junho de 2008 (mini-BARCA) e de 23 de novembro a 08 de dezembro de 2008 (BARCA), com lançamentos na Cidade Universitária Professor José da Silveira Neto (UFPA), e no Destacamento de Controle do Espaço Aéreo em Belém (DTCEA-BE). As radiossondagens utilizados foram do tipo: RS-80-15G e a digital RS-92. A metodologia utilizada, para classificar as radiossondagens, foi à proposta por BETTS (1974), que associou dados de radiossondagens e precipitação, estipulando intervalos dos índices de precipitação (mm) para classificação dos dias conforme o tipo de atividade convectiva presente. Para os cálculos da Temperatura Potencial Equivalente ( $\theta_e$ ) e Temperatura Potencial Equivalente Saturada ( $\theta_{es}$ ), foram utilizados as equações proposta por BETTS (1974), posteriormente modificadas por BOLTON, (1980).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** No período de 09 a 30 de junho de 2008 (mini-BARCA), foi verificado que a maioria dos valores de precipitação esteve abaixo dos 20 mm. O maior valor de chuva registrado foi de 78,4 mm, observado no dia 14 de junho, aproximadamente, 32,3 % do total de precipitação ocorrida durante o experimento (Figura 1-A). Essas fortes chuvas estiveram associadas à presença de aglomerados de nuvens convectivas sobre a região Norte (Figura 1-B). Sobre Belém se vê aglomerados de nuvens convectivas com o topo registrando valores de 30 mm a 50 mm.

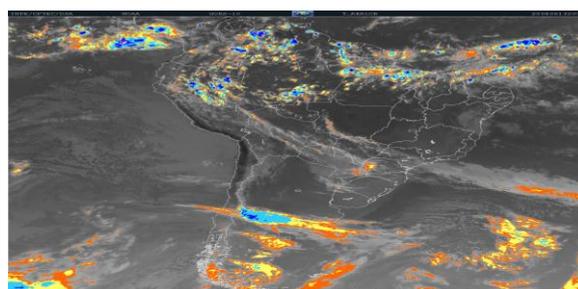
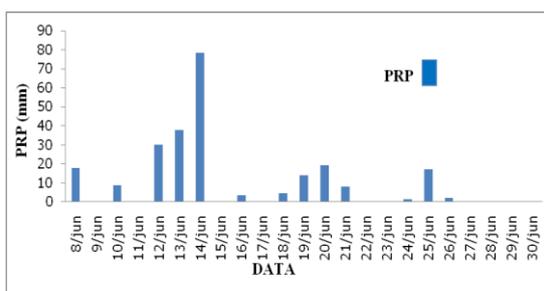


Figura 01-A: Variação Temporal da Precipitação ocorrida em Belém durante o experimento mini-BARCA.

Fonte: INMET

Figura 01-B: Imagens de Satélite - 200806142000

Fonte: INPE/CPTEC/DSA - NOAA - GOES-10 T\_REALCE

A classificação das radiossondagens está definida de acordo com os intervalos de precipitação e o número de sondagens, apresentada na (Tabela 1). Para a série de 80 sondagens, durante o Mini-BARCA, foi observado que aproximadamente 78,7% estão classificadas no Regime Convectivo I (Seco), 5% no Regime Convectivo II (Convecção Diurna), 16,2% no Regime Convectivo IV (Distúrbio). Não houve nenhuma classificada no Regime Convectivo III (Convecção Elevada).

Regime Convectivo	Intervalos de Precipitação (mm)	Números de Dias	Números de sondagens
I – Seco	< 2,0	20	63
II – Convecção Diurna	2,0 – 5,0	2	4
III – Convecção Elevada	5,0 – 8,0	0	0
IV – Distúrbio	> 8,0	8	13

Tabela 1- Classificação (adaptada) de acordo com os regimes convectivos, durante o experimento mini-BARCA, de acordo com os regimes convectivos sugeridos por Betts, 1974.

Já analisando os Perfis Verticais Médios da Temperatura Potencial Equivalente ( $\theta_e$ ) e Potencial Equivalente Saturada ( $\theta_{es}$ ) (Figura 2), verificou-se que no Regime Convectivo I (Seco), (figura 2a) as curvas se mostram bem afastadas indicando Estabilidade. Para o Regime Convectivo II (Convecção Diurna), (figura 2b) as curvas de  $\theta_e$  e  $\theta_{es}$ , se apresentam um pouco mais próximas em relação a anterior e o Regime Convectivo III (Convecção Elevada) não houve nenhuma radiossondagens registrada. Enquanto que o Regime Convectivo IV (Distúrbio), (figura 2c) as curvas estão bem próximas, caracterizando Instabilidade na atmosfera.

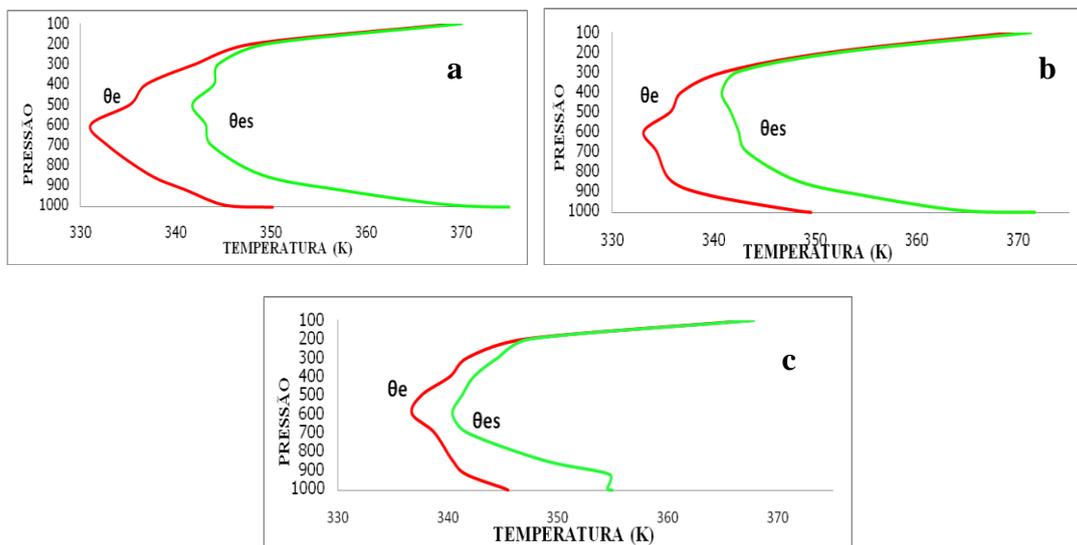


Figura 2 - Perfis Verticais Médios da Temperatura Potencial Equivalente ( $\theta_e$ ) e Potencial Equivalente Saturada ( $\theta_{es}$ ): (a) Regime Convectivo I (Seco); (b) Regime Convectivo II (Convecção Diurna); (c) Regime Convectivo IV (Distúrbio).

Observando-se o BARCA, período mais curto (23 de novembro a 08 de dezembro de 2008), foi observado que a maioria dos valores de precipitação registrados foram inferiores a 10 mm. Os maiores valores de precipitação foram observados nos dias 02, 03 e 04 de Dezembro de 2008 (Figura 3-A). A partir da imagem de Satélite (Figura 3-B), as nuvens estão mais frias (indicando de 70 a 80 mm) o que confirma os altos valores de precipitação registrados, sendo este período de transição do chuvoso para o seco. Sobre Belém se nota a grande quantidade de nuvens convectivas, além de que sobre o Brasil tem-se a passagem de uma frente fria contribuindo ainda mais para as fortes chuvas ocorridas na região.

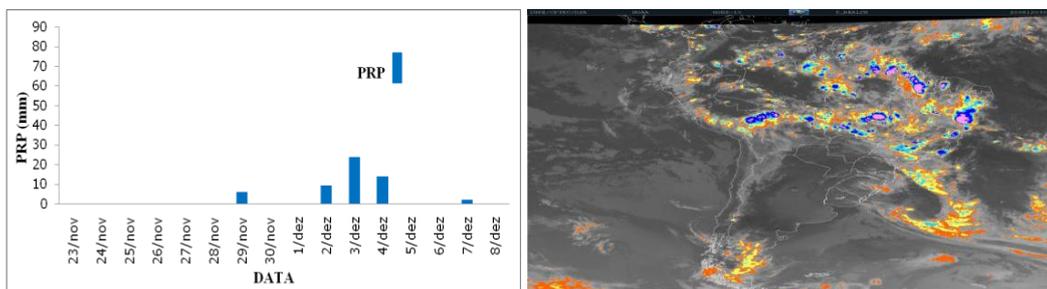


Figura 3-A: Variação Temporal da precipitação ocorrida em Belém durante o experimento BARCA  
Fonte: INMET

Figura 3-B: Imagem de Satélite -200812030030  
Fonte: INPE/CPTEC/DSA – NOAA – GOES-10

A classificação das radiossondagens de acordo com os intervalos de precipitação e o número de sondagens é apresentada na (Tabela 2). Para a série de 29 sondagens lançadas, durante o BARCA, foi observado que aproximadamente 68,9% estão classificadas no Regime Convectivo I (Seco), 3,5% no Regime Convectivo II (Convecção Diurna), 3,5% no Regime

Convectivo III (Convecção Elevada), 24,1% no Regime Convectivo IV (Distúrbio). Considerando que neste período, de transição entre a estação menos chuvosa e chuvosa, a ocorrência de 68,9% das radiossondagens estarem classificadas no regime I (seco) é bem justificada.

Regime Convectivo	Intervalos de Precipitação (mm)	Números de Dias	Números de sondagens
I – Seco	< 2,0	10	20
II – Convecção Diurna	2,0 – 5,0	1	1
III – Convecção Elevada	5,0 – 8,0	1	1
IV – Distúrbio	> 8,0	4	7

Tabela 2: Classificação (adaptada) de acordo com os regimes convectivos, durante o Experimento BARCA, de acordo com os regimes convectivos sugeridos por Betts, 1974

Os perfis verticais médios de temperatura potencial equivalente ( $\theta_e$ ) e temperatura potencial equivalente saturada ( $\theta_{es}$ ), são apresentadas abaixo (Figura 4). A análise das curvas mostrou que o Regime Convectivo I (Seco) e o Regime Convectivo II (Convecção Diurna) se mostraram semelhantes (Figura 4a e b), onde ambas estão bastante afastadas indicando Estabilidade. No Regime Convectivo III (Convecção Elevada) as curvas de  $\theta_e$  e  $\theta_{es}$  estão mais próximas (Figura 4c), significando que as radiossondagens estão mais úmidas que as anteriores. E para o Regime Convectivo IV,  $\theta_e$  e  $\theta_{es}$  (Figura 4d), estão bem próximas, o que representa forte instabilidade.

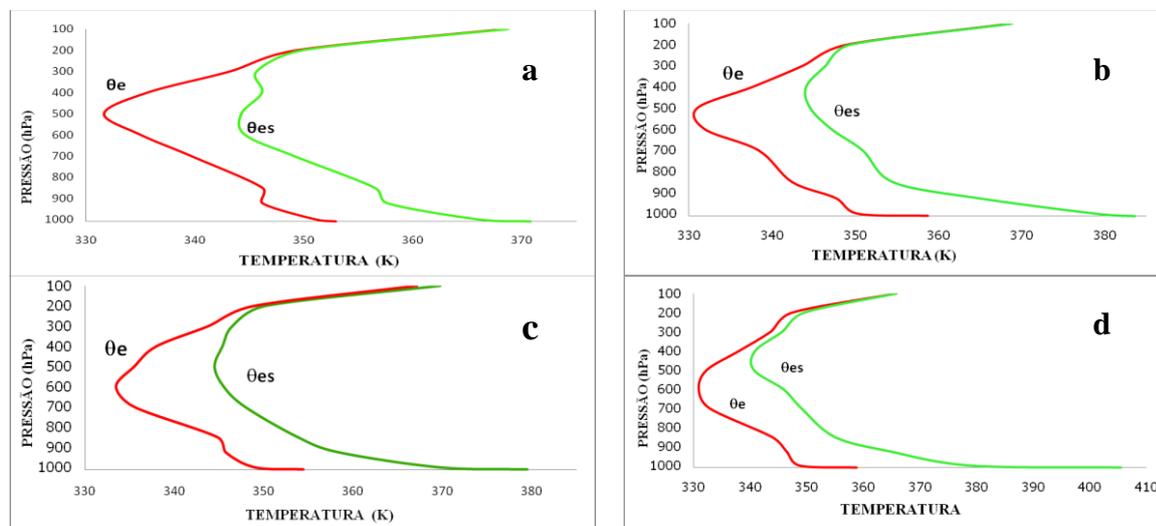


Figura 4 - Perfis Verticais Médios da Temperatura Potencial Equivalente ( $\theta_e$ ) e Potencial Equivalente Saturada ( $\theta_{es}$ ): (a) Regime Convectivo I (Seco); (b) Regime Convectivo II (Convecção Diurna); Regime Convectivo III (Convecção Elevada); (d) Regime Convectivo IV (Distúrbio).

**CONCLUSÃO:** A classificação Termodinâmica das radiossondagens, juntamente como o tipo de convecção presente durante todo o Experimento realizado na cidade de Belém-PA, mostrou a atmosfera com um comportamento Estável. A maioria das radiossondas lançadas foi classificada no Regime Convectivo I (Seco), totalizando 83 das radiossondagens (aproximadamente, 76%), mostrando que o desenvolvimento da convecção úmida foi extremamente desfavorecido. A ocorrência das fortes chuvas, 78,4 mm (Mini-BARCA) e 23,8 mm (BARCA) em Belém não está intimamente ligada somente a fatores termodinâmicos, mas também a fatores dinâmicos, existindo entre eles uma interação na ocorrência de precipitações

na região. É importante ressaltar que as condições no Oceano Atlântico favoreceram para a ocorrência das chuvas observadas durante todo o experimento.

**AGRADECIMENTOS:** O primeiro autor agradece ao CNPq pela bolsa concedida através do Projeto CENÁRIOS - PPBIO. Os autores agradecem ao INMET e ao Experimento BARCA pelos dados cedidos, a Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Escritório Central do LBA que proporcionaram todas as instalações e facilidades para o bom andamento das atividades.

## **REFERÊNCIAS**

ASPLIDEN, CI. A CLASSIFICATION OF THE STRUCTURE OF THE TROPICAL ATMOSPHERE AND RELATED ENERGY FLUXES. **JOURNAL OF APPLIED METEOROLOGY**, V. 15, P. 692-697, 1976.

BETTS, A.K. THERMODYNAMIC CLASSIFICATION OF TROPICAL CONVECTIVE SOUNDING. **MONTHLY WEATHER REVIEW**, V. 108, N. 1, P. 760-764, 1974.

BOLTON, D. THE COMPUTATION OF EQUIVALENT POTENTIAL TEMPERATURE. **MON. WEA. REV.**, V. 108, P. 1046 – 1053, 1980.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **IMAGENS DE SATÉLITE**. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://SATELITE.CPTEC.INPE.BR](http://satelite.cptec.inpe.br)>. ACESSO EM: 15 MAR. 2011.

[WWW.INMET.GOV.BR/SIM/SONABRA/CONVENCIONAIS](http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/convencionais).

RIBEIRO, J. B. M., CLASSIFICAÇÃO TERMODINÂMICA DAS SONDAGENS DE BELÉM: COMPARADO ENTRE A ÉPOCA CHUVOSA E SECA. **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO UFPA**, 1990.