

CLASSIFICAÇÃO DA ESTRUTURA TERMODINÂMICA DA ATMOSFERA DURANTE O EXPERIMENTO COBRA-PA

Dayana Castilho de Souza¹, Maria Aurora Santos da Mota², Júlia Clarinda Paiva Cohen³

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. E-mail castilho@cptec.inpe.br

²Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. E-mail aurora@ufpa.br

³Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. E-mail jcpcohen@ufpa.br

RESUMO: Utilizando dados de radiossondagens obtidos durante a campanha do Experimento COBRA em Caxiuanã-PA, foi feita a classificação termodinâmica de acordo com o esquema proposto por Betts (1974), o qual baseia-se na chuva local e nos perfis termodinâmico das temperaturas potenciais equivalente e equivalente saturada. A intensidade da convecção foi classificada segundo os quatro regimes variando de seco até distúrbio. Os resultados revelam que a estrutura termodinâmica da atmosfera varia de acordo com o tipo de convecção presente, onde a maioria das radiossondagens da estação seca foram classificadas no regime seco, mostrando que a convecção foi extremamente desfavorecida.

ABSTRACT: Using rawinsonde soundings data obtained during the campaign of COBRA Experiment in Caxiuanã-PA. It was made the classification according to the scheme proposed by Betts (1974), which is based on local rainfall and thermodynamic profiles of equivalent potential temperature and saturated equivalent potential temperature. The intensity of convection was classified according to four regimes ranging from dry to disturbed. The results show that the structure thermodynamics of the atmosphere varies according to the kind of present convection, where most of rawinsonde soundings of the dry season were classified in the dry regime, showing that the convection was extremely depressed, during these days.

Palavras-Chave: termodinâmica, precipitação, Amazônia.

1. INTRODUÇÃO

O leste da Amazônia é caracterizado por duas estações bem distintas: a estação seca (de junho a novembro) com precipitação em torno de 50 mm/mês e a estação chuvosa (dezembro a maio), com precipitações maiores que 250 mm mensais, causado principalmente pela presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A presença da ZCIT na região propicia a formação de linhas de instabilidade convectiva (LI), que são responsáveis por aproximadamente 45 % da precipitação do leste paraense, com máxima frequência entre os meses de abril e agosto (COHEN, 1989; COHEN et al., 1995).

Então pode ser verificado que a atividade convectiva característica da Bacia Amazônica tem um papel importante na determinação do tempo e clima da região. Ou seja, a convecção influencia os sistemas meteorológicos que atuam na região, da mesma maneira que os sistemas meteorológicos atuam para fortalecer e/ou enfraquecer as atividades convectivas (MOTA, 2004; MOTA et al. 1994).

A necessidade de melhorar a classificação dos dados meteorológicos na região Amazônica é evidente, principalmente devido à escassez de informações. Então, a interpretação, avaliação e análise dos dados devem ser simplificadas de forma a fornecer as características básicas da atmosfera. Desta maneira, é interessante pensar em um esquema que selecione uma variável importante, comum a todos os dados que serão classificados. Então, para a Amazônia, é lógico pensar na convecção úmida como a variável para esta classificação, desde que ela tem uma relação, muito próxima, com a estrutura cinemática e termodinâmica da troposfera, como também com todas outras quantidades normalmente medidas na atmosfera.

Embora seja impraticável obter medidas diretas de convecção, sobre uma determinada área ou em um certo intervalo de tempo, tais medidas podem ser obtidas indiretamente pela análise das radiossondagens. Pois, de acordo com Betts (1974) e Aspliden (1976), a estrutura termodinâmica da atmosfera pode ser determinada pela análise da variação vertical da temperatura potencial equivalente e da análise da precipitação ocorrida e o tipo de nebulosidade presente.

Este trabalho tem como objetivo fazer a classificação das sondagens realizadas em Caxiuanã (PA) durante o experimento COBRA-PA, realizado durante a época seca, usando a proposta de Betts (1974), posteriormente adaptada para Belém-PA por Ribeiro e Mota (1994).

2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados (radiossondagens e precipitação) foram obtidos durante a campanha do experimento Caxiuanã: Observações na Biosfera, Rios e Atmosfera no Pará (COBRA-PA) realizado no período de 31/10/2006 à 15/11/2006. Durante o período de 06 a 13/11/2006 foram lançadas radiossondas, em intervalos de aproximadamente 3 horas entre elas, nos horários de 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC, utilizando o sistema Vaisälä RS 80-15, na cidade de Caxiuanã-PA, localizada em 01°42'30''S, 051°31'45''W como mostra a Figura 1.

As equações da temperatura potencial equivalente (θ_e) e temperatura potencial equivalente saturada (θ_{es}) foram utilizadas para classificar as sondagens, e são as propostas por Betts(1973) e modificadas por Bolton (1980), conforme as equações:

$$\theta_e = \theta \exp \left[\left(\frac{3,376}{T_L} - 0,00254 \right) x r (1 + 0,81 \times 10^{-3} r) \right]$$

$$\theta_{es} = \theta \exp \left[\frac{L_v}{c_p T} q_s \right]$$

$$\text{com } T_L = \frac{2840}{3,51 \ln(T_k) - \ln(e) - 4,805} + 55$$

onde θ é a temperatura potencial, T_L é a temperatura no Nível de Condensação por Levantamento, r é a razão de mistura, T é a temperatura do ar, q_s é a umidade específica saturada, L_v é o calor latente de vaporização e c_p calor específico à pressão constante.

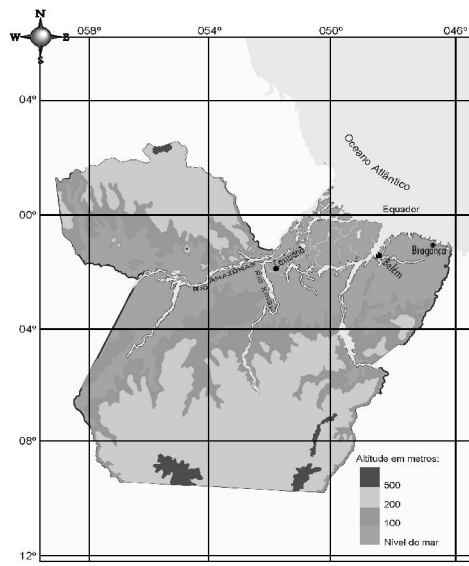


Figura 01- Mapa do estado do Pará com a localização Geográfica de Caxiuanã –PA.

As medidas de precipitação foram obtidas de estações automáticas utilizadas durante a toda a campanha. A partir dessa informação foram estipulados intervalos de índices de precipitação para classificar os dias conforme a atividade convectiva, estes intervalos de precipitação determinaram os regimes convectivos, como sugerido por Betts (1974). O critério adotado para escolha dos regimes foi à relação entre os perfis verticais das temperaturas potencial equivalente (θ_e) e equivalente saturada (θ_{es}) e a precipitação. Foi verificada a estabilidade da atmosfera e a quantidade de precipitação ocorrida, de modo que cada regime ficou, em média, associado a um intervalo de precipitação e ao grau de estabilidade da camada 800-600 hPa (diferença entre os perfis de θ_e e θ_{es}).

3. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta a variação da precipitação ocorrida em Caxiuanã durante o período seco, na qual pode ser verificada que as precipitações observadas foram classificadas de fracas a fortes, cujo maior valor

foi de aproximadamente 38 mm, ocorrendo no início da manhã (aproximadamente entre 06:00 e 08:30 HL) do dia 11/11/06. No dia 14 a precipitação foi de 21 mm, ocorrendo das 15 as 17:30 HL, sendo resultante da atuação de uma Linha de Instabilidade.

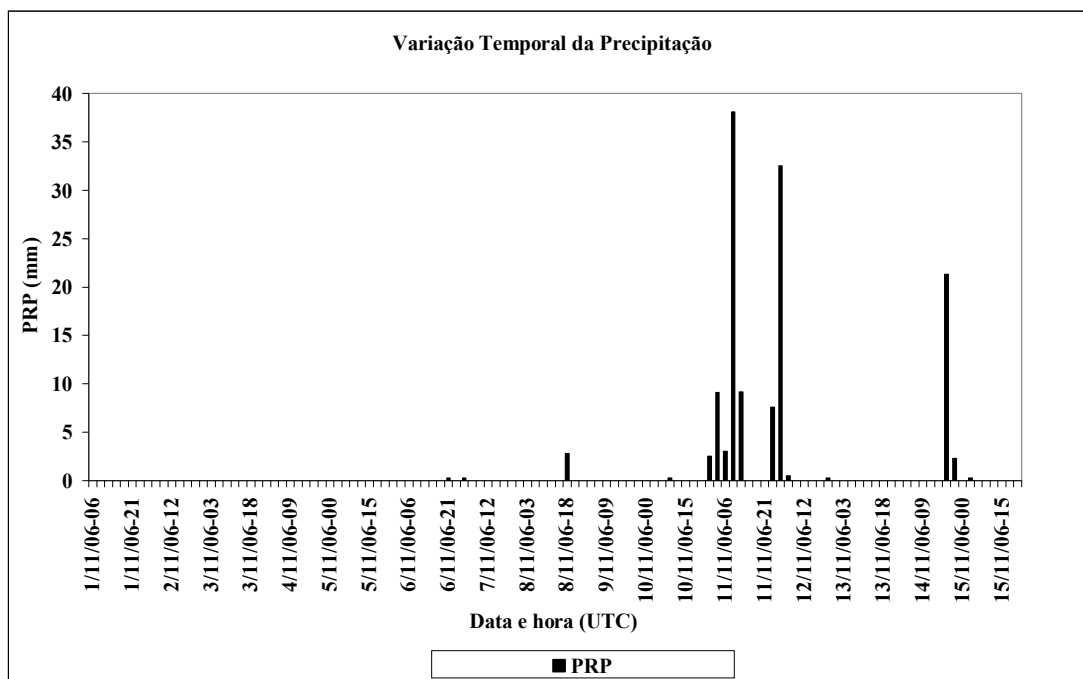


Figura 2. Variação da Precipitação ocorrida em Caxiuanã durante o experimento.

Os regimes convectivos definidos de acordo com os intervalos de precipitação e o número de sondagens encontradas para cada regime são apresentados na Tabela 1. Na análise da série de 60 sondagens abservou – se que aproximadamente 87 % das sondagens estão classificadas no Regime Convectivo I (Seco), 5 % no Regime Convectivo III (Convecção Elevada), 8 % no Regime Convectivo III (Distúrbio) e não houve nenhuma sondagem classificada no Regime Convectivo II (Convecção Diurna). O clima da área é tropical (quente e úmido) e o período do experimento foi a estação seca (outubro e novembro), o que justifica 86,6 % das sondagens estarem classificadas no regime I (seco).

Tabela 1 – Classificação das Sondagens de acordo com o Regime Convectivo para Caxiuanã-PA, durante a época seca.

Regime Convectivo	Precipitação (mm)	Número de Sondagens
I – Seco	<0,3	52
II – Convecção Diurna	0,3 – 1,2	0
III – Convecção Elevada	1,2 – 5,0	3
IV Distúrbio	> 5,0	5

A Figura 03 mostra o perfil vertical de θ_e e θ_{es} , médios de todas radiossondagens para cada regime, durante a estação seca. Pode ser observado no perfil que no regime convectivo seco existe uma forte estabilidade, as curvas estão bastante afastadas e a área positiva é quase nula. Analisando o perfil vertical de θ_e segundo a proposta de Aspliden (1976) a sondagem se classifica no regime III, significando que a convecção é levemente desfavorecida, com a ocorrência somente cumulus rasos (humilis), com topo geralmente abaixo de 3000 m. O período seco não apresentou regime convectivo II (convecção diurna) pela classificação de Betts (1974). Para o regime de convecção elevada, o perfil se mostrou mais úmido, apresentando a área positiva significativa, entre 770 e 260 hPa aproximadamente, e o perfil de θ_e , na classificação de Aspliden, está no modo IV, convecção levemente elevada; principalmente cumulus congestus ou mediócre. Cinco sondagens foram classificadas no regime convectivo IV (distúrbio), o que

pode ser verificado nos perfis verticais de θ_e e θ_{es} , onde a área positiva está entre 800-320 hPa aproximadamente, mostrando a forte instabilidade existente, e o perfil de θ_e , na classificação de Aspliden, assim como no regime de convecção elevada está no modo IV, significando que a convecção estava levemente elevada.

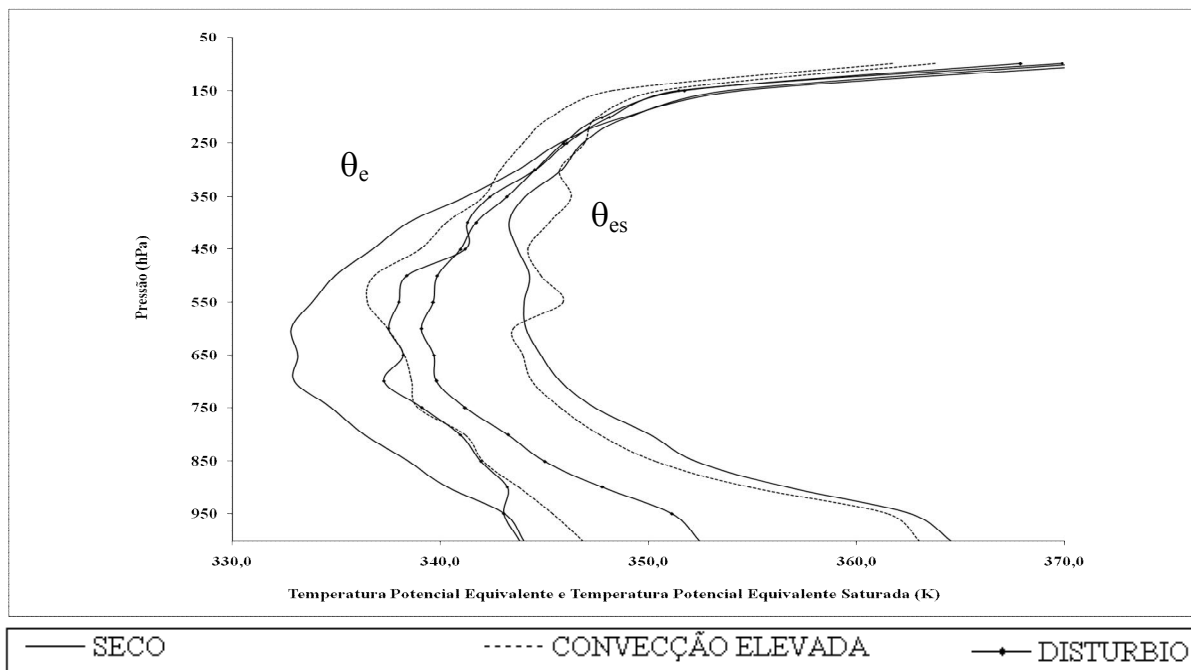


Figura 03 - Perfil vertical da temperatura potencial equivalente (θ_e) e temperatura potencial equivalente saturada (θ_{es}) para os regimes convectivos: seco, convecção elevada e distúrbio, durante a época seca.

4. CONCLUSÃO

Souza et al. (2006) utilizando os dados do experimento Circulações de Mesoescala do Leste da Amazônia (CiMeLA) realizado durante o período de 28/10/03 à 15/11/03, obtiveram resultados similares aos que foram encontrados neste trabalho, onde a maioria das radiossondagens da estação seca foram classificadas no regime seco, mostrando que a convecção foi extremamente desfavorecida. Durante o experimento CiMeLA na maioria dos horários não ocorreram precipitação, entretanto quando ocorreram os valores de precipitação foram muito baixos, totalizando 2,8 mm. Similar ocorreu durante experimento COBRA-PA, porém nos poucos horários em que ocorreram precipitação foi totalizado aproximadamente 106,4 mm.

Na análise dos parâmetros termodinâmicos θ_e e θ_{es} , para Caxiuanã – PA durante experimento COBRA-PA foi observado que na maioria do período do experimento a atmosfera esteve estável e seca. Com 87 % das sondagens classificadas no Regime Convectivo I (Seco), 5 % no Regime Convectivo III (Convecção Elevada) e 8 % no Regime Convectivo IV (Distúrbio) e não houve nenhuma sondagem classificada no Regime Convectivo II (Convecção Diurna), o que é justificável, pois o período estudado é a época seca na região estudada.

AGRADECIMENTOS: Esta pesquisa foi feita utilizando os dados do experimento Cobra-PA, o qual foi parcialmente financiada pelo MCT e CNPq/PADCT, através do Instituto do Milênio, com os Projetos nº 62.0056/01-0, e nº 620065/01-0 e pela FAPESP/SECTAM/PRONEX, contrato nº 1082. Dayana Castilho de Souza agradece a CAPES pela bolsa de pós-graduação. Os autores agradecem ao Museu Paraense Emílio Goeldi e ao IBAMA que proporcionaram todas as facilidades para o bom andamento da coleta de dados, ao Escritório Central do LBA, ao LIM-CPTEC-INPE e a Faculdade de Meteorologia da UFPA pelo apoio às atividades experimentais em Caxiuanã.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASPLIDEN, CI. A classification of the structure of the tropical atmosphere and related energy fluxes. **Journal of Applied Meteorology**, v. 15, p. 692-697, July 1976.

BETTS, A. K. Non-precipitation cumulus convection and its parameterization. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 99, n. 419, p. 178-196, 1973a.

BETTS, A.K. Thermodynamic classification of tropical convective sounding. **Monthly Weather Review**, v. 108, n. 1, p. 760-764, 1974.

COHEN, J.C.P. **Um estudo observacional de linhas de instabilidades na Amazônia**. Dissertação de mestrado em Meteorologia. São José dos Campos, INPE, maio de 1989. (INPE-4865 TDL/376).

COHEN, J.C.P, SILVA DIAS, M.A.; NOBRE, C. Environmental Conditions Associated with Amazonian Squall Lines: A Case Study. **American Meteorological Society**, v.123, n.11, 1995, p.3129-3143.

MOTA, M.A.S., ROCHA, E. J. P., NUNES, H. S. M. **Evolução termodinâmica da atmosfera de uma situação perturbada associada a um sistema frontal durante o RBLE- 2**. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, 1994, p. 230-275.

RIBEIRO, J.B.M. E MOTA, M.A.S. **Classificação termodinâmica para atmosfera de Belém-PA para o ano de 1987**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, 8., 1994. **Anais**. Belo Horizonte: Soc. Bras. de Met., CETEC, 1994, p. 272-275.

SOUZA, D. C. ; MOTA, M. A. S. ; COHEN, J. C. P. **Thermodynamic Classification of Caxiuanã during the Dry Season**. In: 8th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography., 2006, Foz do Iguaçu. 8th Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography., 2006. p. 2045-2047.