

# Variação da Energia Potencial Disponível para Convecção e do Índice de Levantamento para o Centro de Lançamento de Alcântara em Relação ao Nível Inicial de Ascensão

*Fernando Pereira de Oliveira<sup>1,\*</sup>, Marcos Daisuke Oyama<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

<sup>2</sup> Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE

\* fernando.oliveira@cptec.inpe.br

## **ABSTRACT: Variation of Convective Available Potential Energy and Lifted Index over the Alcântara Launch Center with respect to the Initial Level of Parcel Ascent**

In this work the variation of Convective Available Potential Energy (CAPE) and Lifted Index (ILEV) over the Alcântara Launch Center, located at the northern coast of Brazil, with respect to the initial level of parcel ascent were evaluated in order to verify whether a different level of ascent would become the parameters' cycle more consistent to the precipitation cycle. Radiosounding data from 1989 to 2008 at 1200 UTC were used. The saturated pseudo-adiabatic ascent was based on the equivalent potential temperature conservation. The results show that the change of the initial level of parcel ascent does not make CAPE annual cycle similar to the precipitation cycle. ILEV annual cycle became more consistent to the precipitation cycle for a parcel that ascended from a level between 950 and 800 hPa.

**Palavras-chave/Keywords:** Parâmetros Convectivos; Instabilidade Atmosférica; CAPE; ILEV; Convective Parameters; Atmospheric Instability.

## **1. INTRODUÇÃO**

Parâmetros convectivos (ou índices de instabilidade) são largamente utilizados na previsão operacional. Além de expressarem condições físicas importantes, tal como a instabilidade convectiva, os parâmetros convectivos podem ser comparados a limiares para facilitar sua interpretação (Cf. Nascimento, 2005). Neste trabalho, enfocam-se dois parâmetros convectivos muito populares: Energia Potencial Disponível para Convecção (CAPE) e Índice de Levantamento (ILEV).

Para uma dada parcela, a CAPE avalia a energia necessária para ascendê-la vertical e (pseudo-)adiabaticamente do *level of free convection* (LFC) até o *level of neutral bouyancy* (LNB) (Willians & Renno, 1993). O ILEV realiza a ascensão (pseudo-)adiabática da parcela até 500 hPa, onde a temperatura da parcela é comparada à do ambiente (Galway, 1956). Sob condições muito instáveis, espera-se que os valores de CAPE sejam elevados e de ILEV, muito negativos.

Tanto a CAPE quanto o ILEV não possuem, em sua formulação, o nível exato para iniciar a ascensão da parcela, diferentemente de outros índices, como o Índice de Showalter (que define a ascensão a partir de 850 hPa). Para a CAPE e o ILEV, há diversas formas de definir o nível ou a parcela inicial: superfície, nível mais instável nos primeiros 300 hPa, média de temperatura e temperatura do ponto de orvalho nos primeiros 500 m, média nos primeiros 50 hPa, média nos primeiros 100 hPa, etc. (Craven, 2002).

Segundo Oliveira e Oyama (2009), para o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), CAPE e ILEV calculados a partir da ascensão de uma parcela média nos primeiros 500 m não mostram variação sazonal coerente com o ciclo de precipitação. Porém, outros índices, como o Índice de Showalter e o Índice K mostraram comportamento coerente com o

ciclo de precipitação. Qual seria uma explicação para a diferença de comportamento entre os vários parâmetros? Uma hipótese é que uma escolha diferente para o nível de ascensão da parcela (em vez da média nos primeiros 500 m) poderia tornar o ciclo anual da CAPE e ILEV coerente ao da precipitação, pois o Índice de Showalter pode ser entendido como um caso particular do ILEV.

O objetivo deste trabalho é testar a validade desta hipótese. Para tal, caracteriza-se a variação sazonal da CAPE e ILEV, para cada um dos níveis, desde a superfície até o nível de 700 hPa, sobre a região do CLA.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados referem-se ao período de 1989 a 2008 e provêm de radiossondagens realizadas no CLA diariamente às 12 UTC (09 HL). A série possui lacunas (radiossondagens não-realizadas), mas nenhum procedimento de preenchimento é realizado para evitar eventuais distorções nos resultados.

Para cada radiossondagem, realiza-se a ascensão adiabática das parcelas de ar desde os níveis mais baixos até o LCL e, acima do LCL, a ascensão pseudo-adiabática saturada, de forma a gerar um perfil para cada parcela de ar. O programa para realizar a ascensão encontra-se codificado em FORTRAN 77 e a ascensão pseudo-adiabática saturada baseia-se na conservação de temperatura potencial equivalente (conforme definido por Bolton, 1980). Para uma dada elevação da parcela, consideram-se duas ascensões limites: adiabático seco e isotérmico, e utiliza-se um método iterativo (método da secante) para obter a temperatura do novo nível considerando conservação de temperatura potencial equivalente (Oliveira e Oyama, 2008).

Obtêm-se o perfil vertical para todas as parcelas de ar desde a superfície até o nível de 700 hPa. Os níveis utilizados foram superfície, e 1000 hPa até 700 hPa espaçados de 25 hPa, e não foram utilizadas médias entre camadas. A definição de CAPE e ILEV é dada por,

$$CAPE = g \times \int_{LFC}^{LNB} \frac{T_p - T_a}{T_a} dz$$

$$ILEV = T_{500} - T_{i \rightarrow 500}$$

onde: -  $g$  é a aceleração da gravidade;

$T_p$ , a temperatura da parcela;

$T_a$ , a temperatura do ambiente;

$T_{500}$ , a temperatura do ambiente no nível de 500 hPa; e

$T_{i \rightarrow 500}$ , a temperatura da parcela que ascende (pseudo-)adiabaticamente do nível  $i$  a 500 hPa.

Para o cálculo da integral da CAPE utiliza-se o método do trapézio.

A CAPE [ILEV] é representada por CAPE\_ [ILEV\_] (nível inicial da ascensão da parcela), e.g., para uma parcela que ascende a partir do nível de 775 hPa a CAPE será representada por CAPE\_775 e ILEV por ILEV\_775.

Para análise dos resultados, compara-se com o ciclo de precipitação anual (Fig. 1). O ciclo de precipitação anual do CLA possui seu máximo em abril e mínimo em outubro, dividindo o ano em estação seca (julho a dezembro) e estação chuvosa (janeiro a junho) (Barros, 2008).

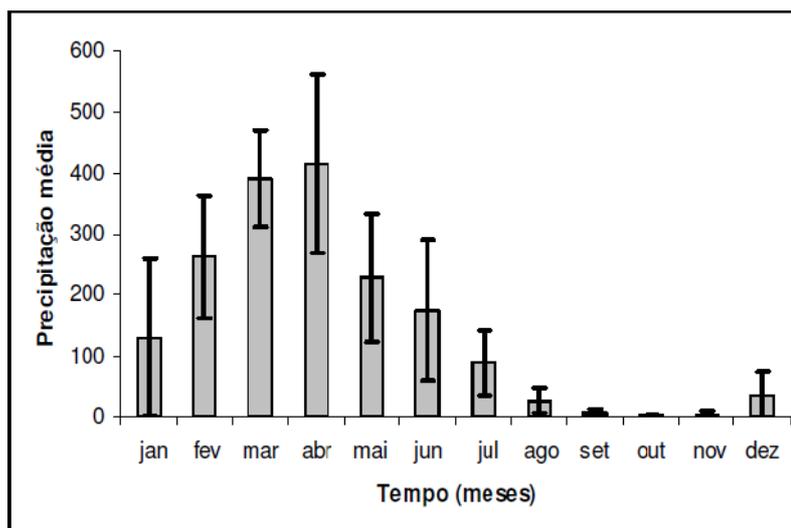


Figura 1 - Precipitação média mensal em Alcântara e seu desvio padrão para o período de setembro de 1993 a março de 2007. Fonte: Barros (2008).

### 3. RESULTADOS

Para a CAPE [Fig. 2a], uma parcela que ascende da superfície (1000 hPa) tem sua magnitude máxima no mês de maio,  $947 \text{ J kg}^{-1}$  ( $1044 \text{ J kg}^{-1}$ ), e mínima no mês de agosto,  $314 \text{ J kg}^{-1}$  ( $490 \text{ J kg}^{-1}$ ). A ascensão de uma parcela de ar do nível de 1000 hPa apresenta maior potencial para convecção do que uma que ascende da superfície. **A CAPE indica variação sazonal incoerente com o ciclo de precipitação para todos os níveis de ascensão da parcela**, ou seja, não possui sua magnitude máxima em março-abril e mínima em setembro-outubro. Para uma ascensão feita a partir de um nível de pressão menor que 900 hPa, a magnitude máxima da CAPE é muito pequena, menor que  $55 \text{ J kg}^{-1}$  (não mostrado).

Para o ILEV [Fig. 2b], quanto menor o nível de pressão inicial de ascensão da parcela de ar maior a sua magnitude, o que indica menor instabilidade. Para o nível de superfície [950 hPa], o ILEV apresenta sua menor magnitude nos meses de junho-julho ( $-5,1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) [cinco primeiros meses  $\sim -1,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ]. Para níveis entre 950 hPa e 800 hPa, ILEV indica magnitudes menores no mês de março e maiores no mês outubro. Níveis de pressão menores que 800 hPa possuem magnitudes mínimas em março e máximas em agosto (não mostrado). Logo, **O ILEV indica variação sazonal coerente com o ciclo precipitação anual do CLA quando calculado a partir de uma parcela que ascende entre os níveis de 950 hPa e 800 hPa**, tendo sua magnitude mínima em março-abril e máxima em setembro-outubro. Trata-se de um resultado que vai ao encontro do fato de o Índice de Showalter ser coerente com o ciclo anual de precipitação (Oliveira e Oyama, 2009).

Como esperado, quanto menor o nível de pressão inicial de ascensão da parcela menor é a CAPE e maior o ILEV (Fig. 2a e 2b). Para um nível de pressão inicial de ascensão da parcela maior (menor) que 925 hPa, a CAPE e ILEV indicam maior (menor) potencial para convecção (instabilidade atmosférica).

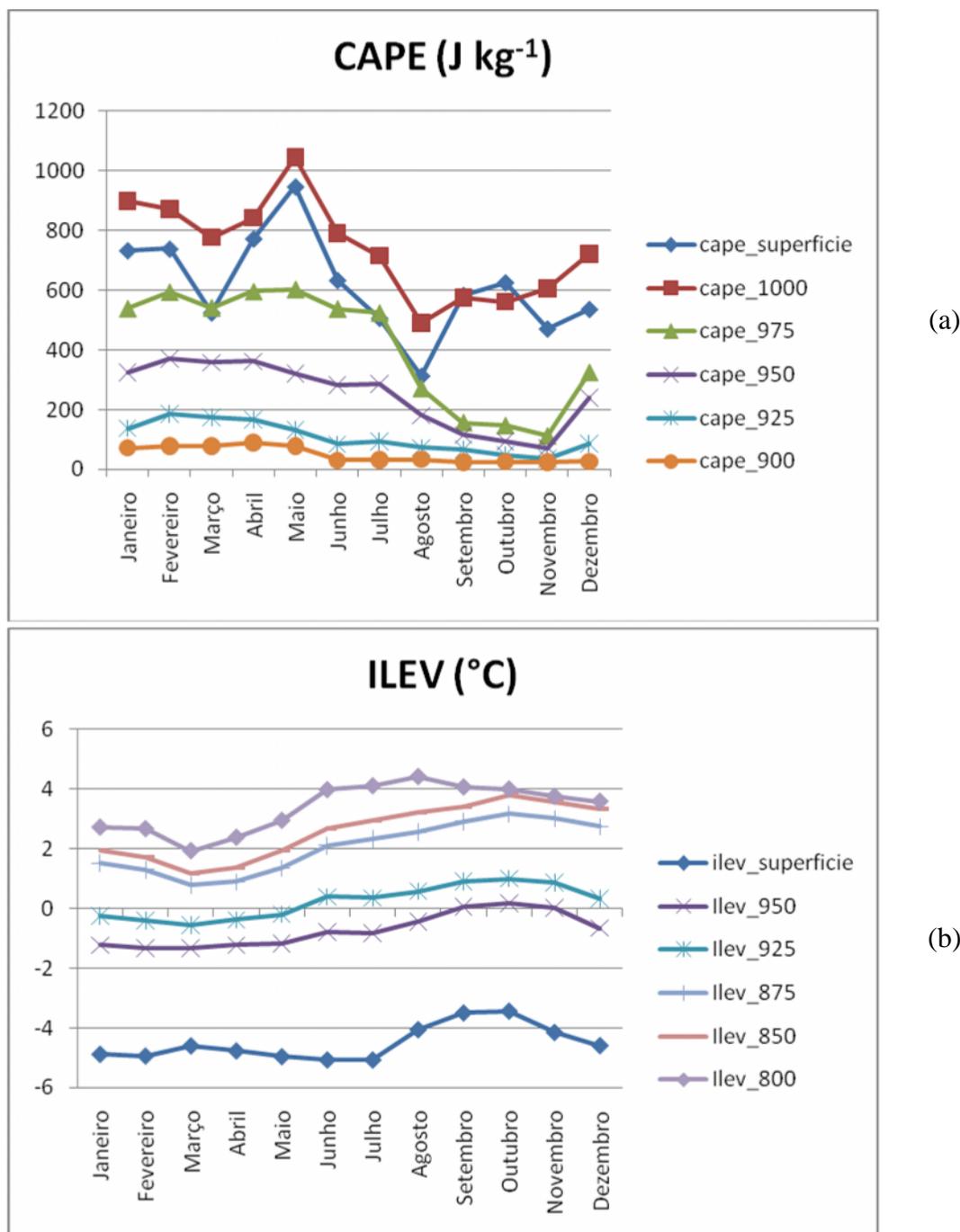


Figura 2 – Variação mensal média da (a) CAPE, (b) ILEV, para diferentes níveis isobáricos.

#### 4. DISCUSSÃO E COMENTÁRIOS FINAIS

Para a região do Centro de Lançamento de Alcântara, uma parcela de ar que ascende de um nível entre 900 hPa e 700 hPa terá pequena magnitude CAPE, uma vez que magnitudes menores do que  $500 \text{ J kg}^{-1}$  não indicam condições favoráveis à ocorrência de precipitação. Por outro lado, uma parcela que ascende a partir da superfície ou, 1000 hPa ou 975 hPa, indica condições favoráveis a ocorrência de precipitação, uma vez que na estação chuvosa possuem magnitudes maiores que  $500 \text{ J kg}^{-1}$ .

Os três níveis que indicam maiores magnitudes de CAPE mostram magnitudes maiores no primeiro semestre (estação chuvosa) do que no segundo semestre (estação seca), como esperado. Porém, não fazem uma caracterização sazonal semelhante ao ciclo de

precipitação no CLA, pois não possuem magnitudes máximas (mínimas) nos meses de março-abril (setembro-outubro). Logo, a mudança do nível inicial de ascensão da parcela não seria suficiente para tornar o ciclo anual de CAPE coerente com o de precipitação. As razões disso precisariam ser abordadas em trabalhos futuros.

O ILEV faz uma caracterização sazonal semelhante ao da precipitação, quando calculado para uma parcela que ascende a partir de um nível entre 950 hPa e 800 hPa. Os níveis mais próximos a superfície (até 950 hPa) que indicam maior instabilidade não fazem caracterização semelhante ao ciclo de precipitação. Assim, do ponto de vista operacional, recomenda-se que, para ILEV, seja utilizado o nível de 925 hPa como nível inicial para a ascensão da parcela, pois é o nível que indicou maior instabilidade dentre os que fazem caracterização semelhante ao da precipitação. O nível de 925 hPa é próximo ao recomendado por Carrêa (2007) para o índice K. Do ponto de vista conceitual, essa recomendação concorda com a visão de que, para o cálculo dos parâmetros convectivos, é melhor evitar a camada limite superficial, que apresenta variações intradiárias muito grandes.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barros, S.S. “Precipitação no Centro de Lançamento de Alcântara: Aspectos Observacionais e de Modelagem”, Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, S.P., Brazil, 115 p., 2008, (INPE-15319-TDI/1362).

Bolton, D. The Computation of Equivalent Potential Temperature. **Monthly Weather Review**, v.108, p.1046-1053, 1980.

Corrêa, C.S. A Ocorrência de Fluxos no Perfil Vertical do Vento na Baixa Atmosfera e seu Efeito na Intensidade do Índice K. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 129-133, 2007.

Craven, J.P.; Jewell, R.E.; Brooks, H.E.. Comparison Between Observed Convective Cloud-Based Heights and Lifting Condensation Level for Two Different Lifted Parcels. **Wea. Forecasting.**, v.17, p.885-890, 2002.

Galway, J. G. The lifted index as a predictor of latent instability. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 43, p. 528-529, 1956.

Nascimento, E.L. Previsão de Tempestades Severas Utilizando-se Parâmetros Convectivos e Modelos de Mesoescala: Uma Estratégia Operacional Adotável no Brasil? **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.1, p.121-140, 2005.

Oliveira, F.P.; Oyama, M.D. Parâmetros convectivos sobre o Centro de Lançamento de Alcântara: caracterização observacional preliminar. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, São Paulo/SP, em mídia digital, 2008.

Oliveira, F.P.; Oyama, M.D. Radiosounding-derived convective parameters for the Alcântara Launch Center. **Journal of Aerospace Technology and Management**. v. 2, p. 211-216, 2009.

Williams, E.; Renno, N. An analysis of the conditional instability of the tropical atmosphere. **Monthly Weather Review**, v.121, p.21-36, 1993.