

## CLIMATOLOGIA DA ESTRUTURA VERTICAL DA ATMOSFERA EM NOVEMBRO PARA BELÉM-PA

DANIELA DOS SANTOS ANANIAS, EVERALDO BARREIROS DE SOUZA, PAULO FERNANDO S. SOUZA, ADRIANO MARLISOM LEÃO DE SOUZA, MARIA ISABEL VITORINO, GLEYCIANO MENDES TEIXEIRA, DOUGLAS BATISTA DA SILVA FERREIRA

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Meteorologia (UFPA/FAMET), Belém, PA

dany\_ananias@yahoo.com.br

Recebido Fevereiro 2009 - Aceito Setembro 2009

### RESUMO

Usando um conjunto de dados para um período de 26 anos (1982 a 2007), este trabalho apresentou um estudo diagnóstico sobre a estrutura vertical da temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa sobre a região de Belém-PA, durante o mês de novembro. As análises foram conduzidas para duas composições contrastantes no que se refere ao regime de precipitação: a composição dos anos chuvosos e a composição dos anos secos, as quais foram estabelecidas objetivamente pelo método dos percentis. Os resultados apresentados permitiram concluir que a principal diferença observada nos perfis de temperatura e umidade atmosférica, comparando-se os perfis dos anos chuvosos e secos, ocorre na camada atmosférica entre os médios e altos níveis da troposfera (entre os níveis padrões de 700 hPa e 400 hPa). Nesta camada, a diferença entre as temperaturas do ar e do ponto de orvalho é significativamente maior e o contraste de umidade associado à convecção também apresenta os maiores valores. Em geral, as composições demonstraram que os perfis de temperatura anormalmente mais quente (frio) e os de umidade anormalmente mais úmido (seco) associam-se aos anos com registro de chuva acima (abaixo) do normal na região de Belém.

**Palavras-chave:** Perfis de temperatura, Precipitação, Percentis, Belém-PA

### ABSTRACT: CLIMATOLOGY OF THE ATMOSPHERIC VERTICAL STRUCTURE OVER THE BELÉM-PA CITY DURING NOVEMBER

The present work reports a diagnostic study on the vertical structure of air temperature, dew point temperature and relative humidity over the region of Belém-PA (eastern Amazon), based on monthly dataset for a period of 26 years (1982 to 2007). The focus is on the transition period from dry to wet season in the eastern Amazon, i.e., the month of November. Two contrasting composites in relation to the rainfall regime were considered: the wet and the dry year's composites, which were established objectively by the percentiles method. The results showed that the main difference observed in the temperature and humidity profiles, comparing dry and wet years, occurs in the atmospheric layer between the middle and upper levels of the troposphere (between the patterns level from 700 hPa to 400 hPa). In this layer, the difference between air temperatures and dew point is significantly higher and the contrast of moisture associated with convection also shows the highest values. In general, the compositions showed that the temperature profiles anomalously warmer (cold) and the moisture profiles anomalously wetter (dry) are associate to the years of rainfall above (below) of normal in the region of Belém-PA.

**Keywords:** Temperature profiles, Precipitation, Percentiles, Belém-PA

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Riehl (1973), a região tropical engloba a maior porção da superfície da Terra e ocupa uma localização privilegiada na dinâmica do clima global. Nos trópicos ocorrem as principais trocas de energia que condicionam o clima da Terra. A importância destas regiões no clima terrestre justifica o grande número de estudos e experimentos meteorológicos. A Amazônia é uma fonte importante de calor e vapor d'água para a atmosfera e tendo um papel significativo na circulação geral da mesma (Mota et al., 2000).

Em particular, a Amazônia, além de se localizar inteiramente dentro dos trópicos da América do Sul, apresenta a maior floresta tropical úmida do planeta e sua influência no clima terrestre é comprovada em diversas simulações climáticas (Machado, 2000). Na região tropical, a umidade atmosférica apresenta variações acentuadas entre locais com forte atividade convectiva, devido movimentos ascendentes do ar que resfriam e umedecem a atmosfera, e situações com pouca atividade convectiva, natural de movimentos descendentes que aquecem e secam a atmosfera. Em geral, a atmosfera se apresenta mais fria em dias chuvosos do que em dias secos (Riehl, 1973).

A região Amazônica é caracterizada por um clima quente e úmido, onde os gradientes de temperaturas são muito pequenos, muita nebulosidade e bastante precipitação convectiva, ocorrendo durante todo ano uma grande incidência dos raios solares. A umidade presente, embora com valores altos, sofre variações acentuadas. Estas condições são moduladas por sistemas meteorológicos que se processam desde a escala local, meso até a grande escala, tais como os cumulonimbus isolados, linhas de instabilidade, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), entre outros (Oliveira e Fitzjarrald, 1994; Mota e Souza, 1996).

O conceito de estações do ano para a Amazônia é diferente das demais regiões do Brasil. Em geral, tem-se o "período seco" (de julho a outubro) e o "período chuvoso" (de dezembro a maio), sendo os meses de junho e novembro, os períodos de transição. Durante o período chuvoso, a maior parte dos estados da Amazônia apresenta média de chuva acumulada entre 600 mm e 2100 mm, com máximos principais sobre uma grande região que engloba a porção oeste, centro e sul (Amazonas, Acre, Rondônia, Mato Grosso, Tocantins e sul do Pará) e a porção oriental (sul do Amapá, leste do Pará e norte do Maranhão) (Figueira e Nobre, 1990). O período seco em grande parte da Amazônia caracteriza-se pela baixa pluviosidade e longos períodos de estiagem, as quais atingem principalmente o Acre, Rondônia, Mato Grosso, Tocantins, centro sul do Maranhão, e sul do Amazonas e do Pará. A chuva neste período ocorre em forma de pancadas isoladas e em áreas esparsas (Souza e Ambrizzi, 2003).

Em particular, a região nordeste do Estado do Pará, localizada próxima da faixa litorânea, apresenta seu período seco entre os meses de julho a outubro. O foco deste trabalho é o mês de novembro, devido ser considerado o mês de transição entre o período seco e o chuvoso na região. Este período também marca a época de queimadas na região, iniciando-se assim o preparo do solo para o desenvolvimento da Agricultura Familiar, pois esta representa o sistema de Uso da Terra mais importante da região Norte com grandes implicações sócio-econômicas no âmbito regional (Hurtienne, 2005).

Assim sendo, com base em uma série de dados de ar superior do período de 1982 a 2007, o objetivo deste trabalho é investigar alguns aspectos diagnósticos relacionados com a estrutura vertical da atmosfera sobre a região de Belém-PA, durante o mês de novembro, associadas aos anos de contraste classificados como secos e chuvosos no que se refere ao regime de precipitação.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

### 2.1. Dados

No desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados dados de radiossondagens obtidas no Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de Wyoming (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>) para o período de 1982 a 2007. Esses dados foram coletados na estação meteorológica de ar superior do Aeroporto Internacional Val de Cans na cidade de Belém-PA. As radiossondagens foram lançadas em intervalo de 24 horas, sempre às 1200 UTC. As variáveis usadas foram pressão, temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa, as quais encontram-se disponíveis nos 10 níveis padrões atmosféricos: 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 e 100 hPa. Além disso, utilizaram-se também, os totais mensais de precipitação observada na cidade de Belém-PA, que está situada na latitude de 01°23'S e longitude de 49°29' W, proveniente da estação meteorológica convencional pertencente ao 2° Distrito (2° DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no período de 1982 a 2007. Com a finalidade de verificar a presença/ausência de nebulosidade convectiva tropical na região de estudo, usa-se a variável radiação de onda longa (ROL), proveniente do NCEP (Liebmann e Smith, 1996).

### 2.2. Técnicas Estatísticas de Análise

Neste trabalho utiliza-se a Técnica dos Quantis proposta por Pinkayan (1966), amplamente utilizada por Xavier (2001) em diversos estudos, para estabelecer a classificação e monitoramento de períodos secos e chuvosos das estações

pluviométricas do Estado do Ceará. A técnica de quantis baseia-se na distribuição da frequência acumulada, e quanto maior o número de observações disponíveis, melhor é a aproximação da função densidade de probabilidade que descreve o fenômeno. A seguir, descreve-se resumidamente a sua formulação, conforme Xavier e Xavier (1987). Seja uma variável  $X$  que representa os valores mensais de precipitação de Belém. Define-se  $Q_p$  como o limite do intervalo do quantil para a variável  $X$ , sendo  $p$  a probabilidade de ocorrência, tal que  $X$  seja menor que  $Q_p$ . Logo, a escolha do intervalo associado a um quantil deve satisfazer a seguinte relação: **Prob. ( $X \leq Q_p$ )**, sendo ( $0 < 1$ ). Os quantis utilizados referem-se aos valores para  $p$ : 0,15; 0,35; 0,65 e 0,85, correspondentes a cinco categorias e por isso denominados de **percentis**. Os intervalos de cada percentil, listados na Tabela 1, representam as probabilidades ou frequências esperadas para cada um dos eventos que podem ocorrer na seqüência da série temporal da variável  $X$ . A metodologia dos percentis também é ilustrada graficamente na Figura 1, permitindo a visualização para cada uma das cinco classes ou categorias de precipitação: muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso. Ressalta-se que a categoria normal refere-se a normal ou média climatológica.

Utiliza-se também a técnica de composições que é conhecidamente eficiente em identificar os padrões médios

e características principais associadas a um determinado fenômeno. A composição é uma média aritmética de todos os eventos selecionados por algum critério objetivo. Neste trabalho, utiliza-se a técnica de composições para investigar as principais diferenças entre os perfis verticais dos dados de ar superior entre os anos extremos de precipitação (secos e chuvosos) e a média climatológica (padrão normal).

### 2.3. Estrutura Vertical da Amosfera em Anos de Contraste (Secos e Chuvosos)

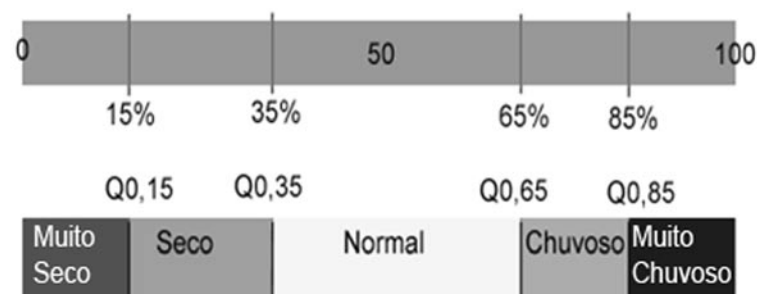
Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, adotaram-se os seguintes procedimentos metodológicos:

a) Foram calculadas as médias mensais para cada variável das radiossondagens de Belém (TT, Td e UR), nos respectivos 10 níveis de pressão na vertical. Tais médias mensais, considerando o período de 26 anos (1982-2007), foram definidas como a média climatológica;

b) O critério objetivo de seleção dos anos de contraste (secos e chuvosos) na região de Belém (nordeste do Pará) é baseado nos resultados da técnica dos percentis. Foram selecionados os anos que apresentaram precipitação nas categorias MS e S (anos secos) e C e MC (anos chuvosos), com a finalidade de se investigar a estrutura vertical da atmosfera nestes anos contrastantes;

**Tabela 1** - Classes ou categorias de precipitação usando a técnica dos percentis.

Muito Seco (MS)	$X_i \leq Q_{0,15}$
Seco (Seco)	$Q_{0,15} < X_i \leq Q_{0,35}$
Normal (N)	$Q_{0,35} < X_i < Q_{0,65}$
Chuvoso (C)	$Q_{0,65} \leq X_i < Q_{0,85}$
Muito Chuvoso (MC)	$X_i \geq Q_{0,85}$



**Figura 1** - Esquematização gráfica das classes ou categorias de chuva usando a técnica dos percentis aplicada aos dados de precipitação.

c) Foram calculadas as composições de TT, Td e UR nos seus respectivos níveis de pressão, considerando separadamente os anos extremos contrastantes classificados como seco e chuvoso (obtidos pelo critério mencionado no item b);

d) Foram calculadas as diferenças de TT, Td e UR nos seus respectivos níveis de pressão entre as composições dos anos extremos (obtidas no item c) e a média climatológica (obtida no item a). Esta diferença representa os perfis anômalos observados em anos de precipitação extrema em Belém;

e) Por fim, foram plotados e analisados os perfis verticais de TT, Td e UR considerando a média climatológica e os perfis anômalos. Além disso, foi plotado o diagrama Skew-T Log-

P para cada composição de TT, TD e UR, bem como foram calculados alguns índices termodinâmicos (CAPE, TT e K), conforme metodologia descrita em Tavares (2009).

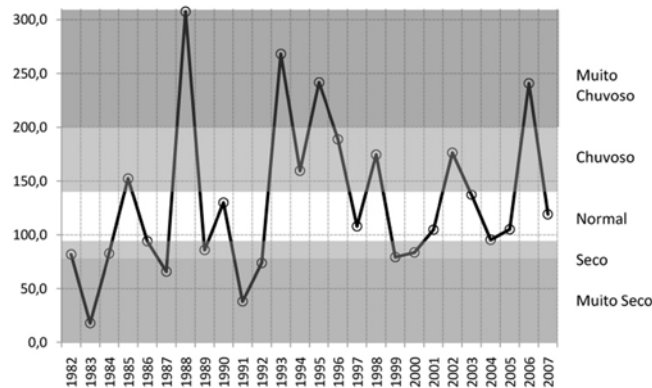
### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Categorização da Precipitação

A aplicação da técnica dos percentis, considerando os dados de precipitação mensal observada nos meses de novembro de 1982 a 2007, resultou nos valores das categorias ou classes enumerados na Tabela 2, na qual se verifica que a categoria

**Tabela 2** - Valores e intervalos das categorias da precipitação (mm) em Belém para o mês de novembro, obtidos pelo método dos percentis. Dados: 1982-2007.

<i>Categorias ou classes:</i>	<i>Limiares da precipitação em mm</i>
<b>Muito Seco</b>	$\leq 78$
<b>Seco</b>	<b>79 a 92</b>
<b>Normal</b>	<b>93 a 140</b>
<b>Chuvoso</b>	<b>141 a 201</b>
<b>Muito Chuvoso</b>	$\geq 202$



**Figura 2**- Série temporal dos totais mensais de precipitação (mm) observada em Belém-PA durante os meses de novembro de 1982 a 2007. As cores e a legenda do lado direito indica a categoria em que a precipitação encontra-se pelo método dos percentis.

**Tabela 3** - Relação dos anos usados nas composições dos anos chuvoso/muito chuvoso e seco/muito seco, baseados na caracterização da precipitação pelo método dos percentis 1982-2007.

<b>Muito seco</b>	<b>1983; 1987; 1991; 1992</b>
<b>Seco</b>	<b>1982; 1984; 1989; 1999; 2000</b>
<b>Chuvoso</b>	<b>1985; 1994; 1996; 1998; 2002</b>
<b>Muito chuvoso</b>	<b>1988; 1993; 1995; 1996; 2006</b>

normal ou média climatológica da precipitação em novembro varia entre 93 e 140 mm.

A Figura 2 mostra a série temporal dos totais mensais de precipitação nos meses de novembro do período de 1982 a 2007. Aplicando a metodologia mencionada anteriormente e com base nos intervalos dos percentis, obtidos na Tabela 2, é possível extrair a relação dos anos extremos considerados como Muito Seco (MS) e Seco (S) e Chuvoso (C) e Muito Chuvoso (MS), os quais serão usados para gerar as composições. Analisando os resultados da Figura 2 verifica-se que os anos categorizados como MC ocorreram em 1988, 1993, 1995, 1996 e 2006. Os anos categorizados como C ocorreram em 1985, 1994, 1996, 1998 e 2002. Inversamente, os anos categorizados como S foram 1982, 1984, 1989, 1999 e 2000. Os anos categorizados como MS ocorreram em 1983, 1987, 1991 e 1992 (Figura 2). Portanto, a metodologia dos percentis permitiu a seleção dos anos extremos contrastantes no que se refere à categoria da precipitação. Assim sendo, define-se a composição dos anos CHUVOSOS como a média de todos os anos considerados como MC e C e, da mesma forma, a composição dos anos SECOS refere-se à média de todos os anos considerados S e MS, conforme listagem na Tabela 3.

A Figura 3 mostra as composições das anomalias de ROL para os anos contrastantes. Para os anos chuvosos, observa-se a predominância de anomalias negativas de ROL, indicativas de nebulosidade convectiva anormalmente realçada, na região do Pará e Oceano Atlântico equatorial (Figura 3a). Inversamente, para a composição de anos secos, verifica-se a presença de uma grande área contendo anomalias positivas de ROL, que indicam a inibição anômala de nebulosidade convectiva, englobando na região do Pará e Oceano Atlântico adjacente (Figura 3b). Portanto, os dados de ROL são consistentes com a categorização da precipitação obtida pelo método dos percentis.

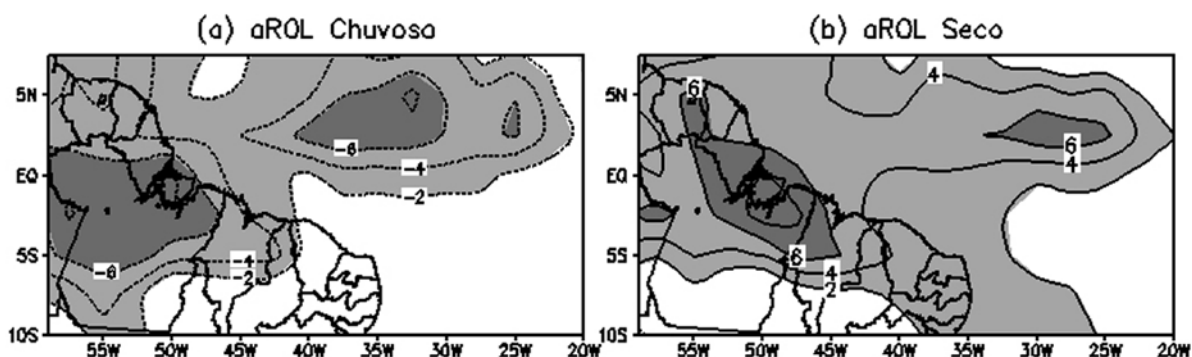
## 3.2. Estrutura Vertical da Atmosfera

### 3.2.1. Perfis Climatológicos

Nesta secção apresentam-se os perfis verticais dos dados de ar superior correspondentes a média climatológica de 1982-2007. A Figura 4 mostra o perfil vertical da temperatura do ar (TT) e da temperatura do ponto de orvalho (Td) em Belém. Em geral, observa-se o padrão típico de diminuição da temperatura com a altura. No nível próximo à superfície, verificam-se valores positivos em torno de 22°C e 26°C para Td e TT, respectivamente. O valor de Td passa a ser negativo no nível próximo a 700 hPa, e TT passa a ser negativo próximo ao nível de 600 hPa. A maior diferença entre TT e Td ocorre na média atmosfera, em torno de 500 hPa. Na alta atmosfera, entre 200 hPa e 100 hPa, os valores de Td e TT ficam mais próximos. A Figura 5 mostra o perfil vertical da umidade relativa do ar (UR) em Belém. Assim como nos perfis de temperatura, o perfil de umidade também apresenta o padrão típico de diminuição com a altura. Próximo a superfície, a UR é alta com valores em torno de 80%. Nota-se no perfil vertical que a atmosfera vai ficando mais seca, com valores de 50% em torno de 700 hPa, de aproximadamente 35% na troposfera (500 hPa) e próximo de 10% na alta troposfera entre 200 hPa e 100 hPa.

### 3.2.2. Perfis Anômalos em Composições de Anos Secos e Chuvosos

Nesta secção apresentam-se as composições dos perfis verticais dos dados de ar superior correspondentes aos anos contrastantes definidos como seco/muito seco e chuvoso/muito chuvoso. Os resultados referem-se à diferença entre a composição de tais anos contrastantes e a média climatológica mostrada nas Figuras 4 e 5.

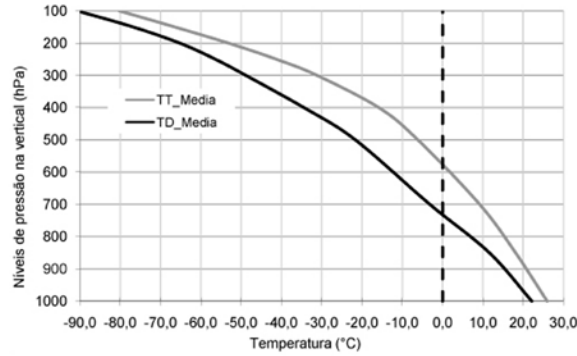


**Figura 3** - Composições das anomalias de ROL ( $W/m^2$ ) para o mês de novembro dos anos classificados como (a) chuvoso/muito chuvoso e (b) seco/muito seco, durante o período de 1982-2007 para novembro.

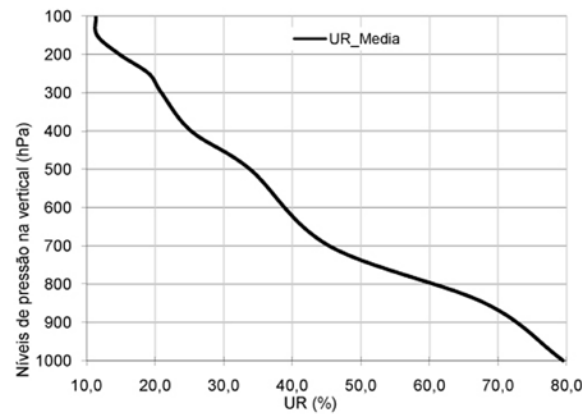
As Figuras 6, 7 e 8 mostram os perfis anômalos de TT, Td e UR, respectivamente.

Observa-se na Figura 6 que no nível de 1000 hPa próximo a superfície, a diferença da TT é positiva para os anos chuvosos e negativa para os anos secos, o que significa

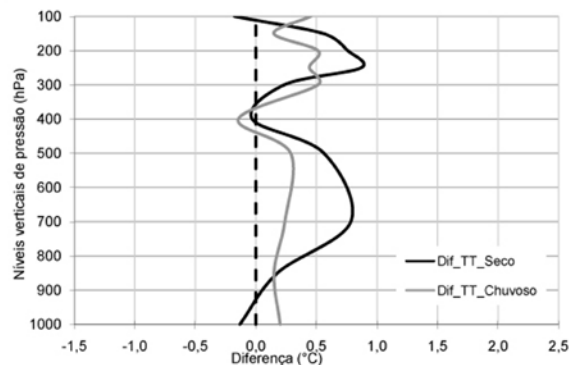
a presença de condições de temperatura anormalmente mais quente (fria) nos anos com chuva acima (abaixo) do normal. Na camada entre os níveis de 850 hPa e 500 hPa (baixos e médios níveis da atmosfera), ambas composições mostram diferença positiva. Entretanto, nota-se claramente que na composição



**Figura 4** - Perfis verticais de temperatura do ar (TT) e temperatura do ponto de orvalho (TD), ambas em °C, para Belém correspondente a média climatológica para novembro de 1982-2007.



**Figura 5** - Diferença (em °C) da composição dos anos chuvosos e secos em relação à média climatológica para o perfil da temperatura do ar (TT).



**Figura 6** - Diferença (em °C) da composição dos anos chuvosos e secos em relação à média climatológica para o perfil da temperatura do ar (TT).

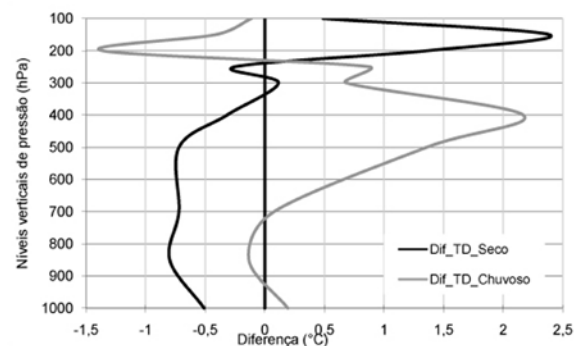
de anos secos, os valores são bem maiores comparados aos da composição de anos chuvosos, caracterizando condições de temperatura mais amena (bem mais quente) do que o normal durante os anos chuvosos (secos) na camada entre os baixos e médios níveis da atmosfera de Belém. No nível de 400 hPa, a diferença de TT é próxima de zero em ambas composições. Nos altos níveis da atmosfera, entre 300 hPa e 100 hPa, voltam as condições de diferença positiva, sendo menor nos anos chuvosos e maior nos anos secos.

Na Figura 7, a diferença de Td é positiva para os anos chuvosos e negativa para os anos secos. Entre 850 hPa e 700 hPa, notam-se valores negativos em ambas composições. Nos médios níveis da atmosfera, entre 700 hPa e 400 hPa, verifica-se que a diferença de Td é positiva para os anos chuvosos e negativa para os anos secos. Nos altos níveis da atmosfera, entre 200 hPa e 100 hPa, ocorre uma inversão, com valores negativos para os anos chuvosos e positivos para os anos secos.

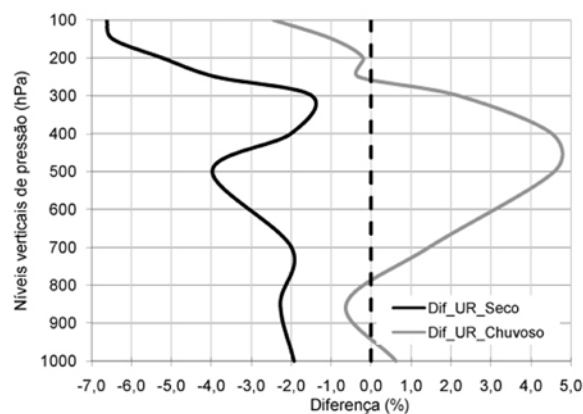
Na Figura 8, observa-se que no nível de 1000 hPa próximo à superfície, a diferença de UR é positiva para os anos chuvosos e negativa para os anos secos, caracterizando condições anormalmente mais úmidas (secas) quando se tem

precipitação acima (abaixo) do normal. Na camada entre 700 hPa e 300 hPa, que ocupa grande parte da atmosfera de ar superior, observam-se valores significativamente positivos para a composição chuvosa, o que significa condições normalmente mais úmidas associadas a formação de nebulosidade convectiva (Figura 3a) na região de Belém. Inversamente, o perfil de UR correspondente a composição seca, apresenta valores predominantemente negativos, caracterizando condições atmosféricas anormalmente secas, associadas à ausência de nuvens sobre Belém (Figura 3b).

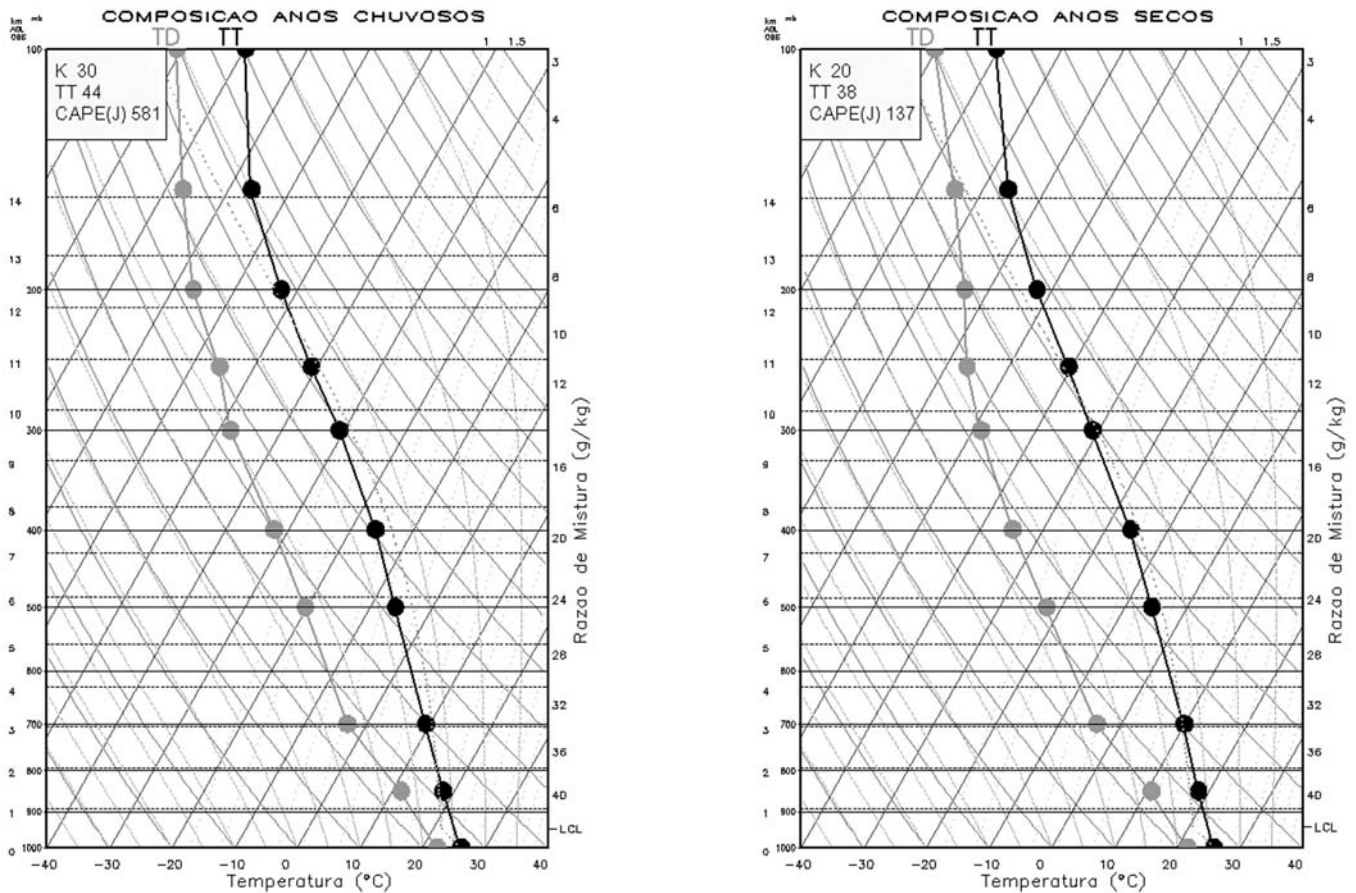
A Figura 9 mostra a plotagem do diagrama Skew-T Log-P da composição do mês de novembro dos anos chuvosos e secos. Embora, os perfis de TT e Td apresentem visivelmente pouca distinção (as diferenças foram discutidas na seção anterior), os índices termodinâmicos resultantes destas sondagens mensais mostram valores bem consistentes. Para a composição de anos chuvosos a CAPE de 581 J, índice TT de 44 e índice K alto de 30 demonstram a presença de uma estrutura termodinâmica bem típica de alta instabilidade atmosférica com formação de convecção profunda. Por outro lado, CAPE de 137 J, índice TT de 38 com o índice K baixo de 20, indicam a ocorrência



**Figura 7** - Diferença (em °C) da composição dos anos chuvosos e secos em relação à média climatológica para o perfil da temperatura do ponto de orvalho (TD).



**Figura 8** - Diferença (em %) da composição dos anos chuvosos e secos em relação à média climatológica para o perfil de umidade relativa (UR) em Belém.



**Figura 9** - Diagrama Skew-T Log-P da composição de novembro dos anos chuvosos (painel à esquerda) e secos (painel à direita) em Belém. Nas caixas, destacam-se os índices termodinâmicos calculados com base em cada sondagem.

de atmosfera não muito instável e com baixo potencial para convecção (Tavares, 2009).

#### 4. CONCLUSÕES

Usando um conjunto de dados para um período de 26 anos (1982 a 2007), este trabalho apresentou um estudo diagnóstico sobre a estrutura vertical da atmosfera, particularmente os perfis verticais de temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa do ar sobre a região de Belém-PA, durante o mês de novembro. As análises foram conduzidas para duas composições contrastantes no que se refere ao regime de precipitação: a composição dos anos chuvosos e a composição dos anos secos, as quais foram estabelecidas objetivamente pelo método dos percentis. As composições demonstraram que os perfis de temperatura e de umidade apresentam condições anormalmente mais quentes (frias) e mais úmidas (secas) em associação aos anos com registro de chuva acima (abaixo) do normal na região.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará (RPCH), financiado pela FINEP/MCT, pela estrutura disponibilizada na elaboração deste trabalho.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C. Precipitation distribution over central and western tropical South America. *Climanálise*, v.5, n.6, p. 36-48, 1990.
- HURTIENNE, P. T. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. *Novos Cadernos NAEA*, v. 8, n. 1, p. 019-071, 2005.
- LIEBMANN, B., and C. A. SMITH, 1996: Description of complete (interpolated) outgoing longwave radiation data set. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 1275–1277.



- MACHADO, L. A. T. The Amazon energy Budget Using the ABLE – 2b and FluAmazon Data. **Journal of the Atmospheric Sciences**. v. 57, n.18, p. 3131-3144, 2000.
- MOTA, J.; FISCH, G.; OLIVEIRA, P.J.; GARSTANG, M.; HEITZ, R.; SIGLER, J. Análise da Variabilidade diária da Precipitação em Área de Pastagem Para a Época Chuvosa de 1999-Projeto TRMM-LBA, **Acta Amazonica**, v. 30, n. 4, p. 629-639, 2000.
- MOTA, M.A.S.; SOUZA, P.F.S. Influência da precipitação nas características termodinâmicas da atmosfera durante um mês seco. In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão-SP, 1996. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia**, p. 1136-1138, 1996.
- OLIVEIRA, A.P.; FITZJARRALD D.R. **The Amazon River Breeze And The Local Boundary- Layer: 2. Linear Analysis And Modeling**. Bound-Layer Meteorology. N.67, p.75- 96, 1994.
- PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. Colorado: State University, Boulder-Co, 1966.p. (Hidrology Papers, 12).
- RIEHL, H. **Climate and weather in the tropics**. Academic Press Inc. New York, 1973.
- SOUZA, E. B.; AMBRIZZI, T. Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. **Climanálise**. 2003. Disponível em: <http://cptec.inpe.br/products/cliamanalise/artigos/artcien2.shtml/>. Acesso em: 15 Dez 2008.
- TAVARES, J. P. N. **Tempestades severas na região metropolitana de Belém: avaliação das condições termodinâmicas e impactos sócio-econômicos**. 2009. 101f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal do Pará, Pará, 2009.
- XAVIER, T. de Ma. B.S. **Tempo de Chuva – Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. ABC Editora, Fortaleza-Ceará, 478 pp. (2001).
- XAVIER, T. de Ma.B.S. & XAVIER, A.F.S. **Classificação e Monitoração de Períodos Secos ou Chuvosos e Cálculo de Índices Pluviométricos para a Região Nordeste do Brasil**, Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Recursos Hídricos, Vol. 5, No. 2, páginas 7-31, 1987.