

Universidade de São Paulo – USP  
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG  
Departamento de Ciências Atmosféricas – ACA  
Meteorologia Sinótica

## **Convecção Amazônica e Alta da Bolívia**

### **Introdução**

As regiões tropicais e subtropicais da América do Sul, África Central e Indonésia são os principais locais de intensa atividade convectiva diurna.

Numerosos estudos observacionais notaram a relação entre a variação sazonal da convecção na América do Sul e a intensidade da Alta da Bolívia (Lenters e Cook, 1996).

Existe uma **grande variabilidade da posição e intensidade** da Alta da Bolívia ao longo de todo o verão.

A **Alta da Bolívia** é um anticiclone que ocorre na alta troposfera no verão sobre a América do Sul. O padrão de circulação do verão na alta troposfera mostra a formação de um anticiclone sobre a parte central na América do Sul e um cavado no nordeste brasileiro (Gusmão de Carvalho, A.M.,1989).

Nos altos níveis, um anticiclone intenso e quase-estacionário se estende sobre quase toda a América do Sul nos meses de verão, gerando um fluxo para leste em torno de 10S e um forte fluxo cruzando o equador para norte-nordeste entre 55°W e 80°W.

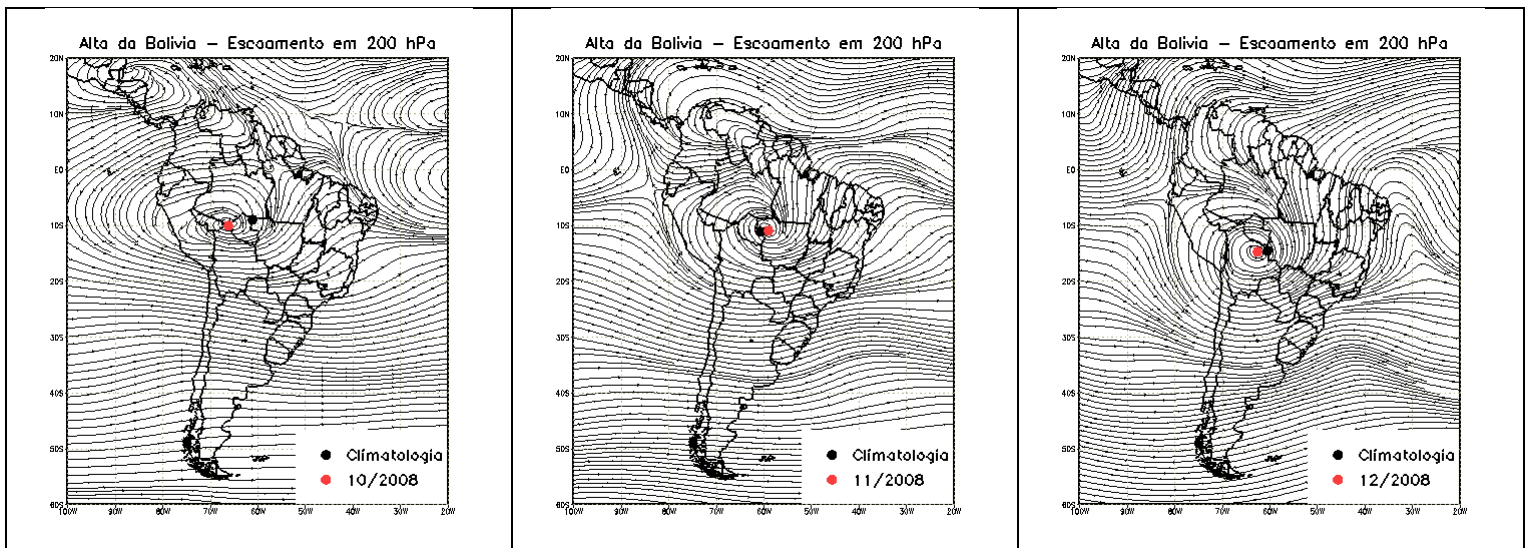
As modificações sazonais no regime da circulação da alta troposfera na América do Sul são bastante marcantes.

Entre o inverno e o verão a circulação da alta troposfera na América do Sul modifica-se de um padrão de circulação predominantemente zonal para meridional.

O anticiclone se estabelece com centro no Altiplano Boliviano apenas durante o verão, para depois se deslocar para dentro do continente. Durante o outono, o anticiclone na alta troposfera se desloca em direção ao Oceano Atlântico, desaparecendo completamente no inverno e ressurgindo na primavera com centro na Amazônia.

O conceito de radiação de onda longa emergente (Outgoing Longwave Radiation - OLR) tem sido usado como indicador de variabilidade da convecção profunda na região tropical.

### Posição climatológica da AB



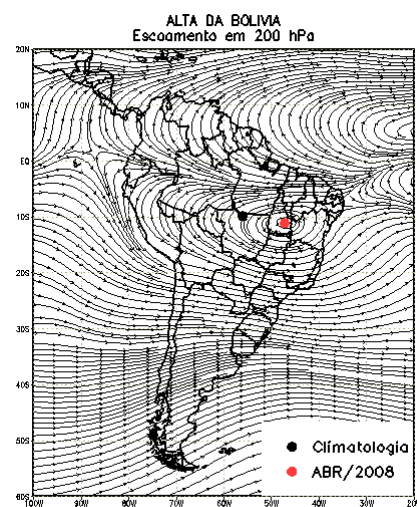
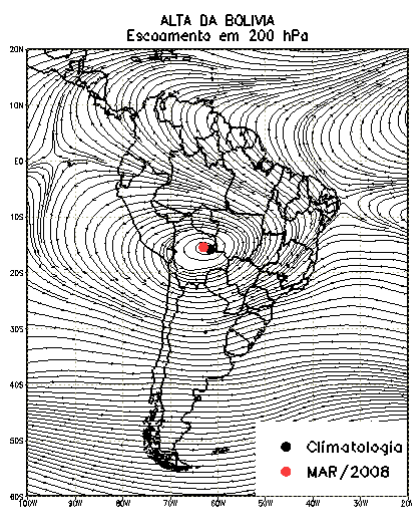
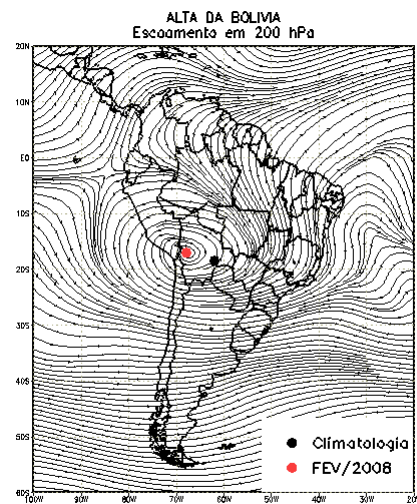
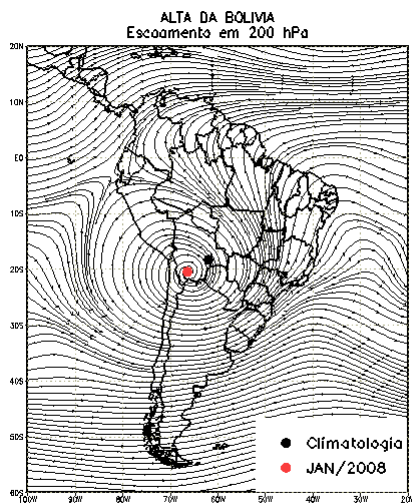


Figura 1: Posição climatológica: outubro a abril. Fonte: Climanálise.

## Estudos realizados

Estudos observacionais sugerem que o desenvolvimento da Alta da Bolívia, no verão, esteja associado ao forte aquecimento da superfície da terra sobre o Altiplano Boliviano durante esta época do ano, aquecendo a coluna troposférica e, conseqüentemente, produzindo aumento da espessura sobre o continente, gerando assim, um anticiclone em altos níveis (Gutman e Schwerdtfeger, 1965).

Gutman e Schwerdtfeger (1965), utilizando a análise do perfil vertical da estação meteorológica de Antofagasta ( $23^{\circ}\text{S}$ - $70^{\circ}\text{W}$ ),

mostraram que no verão do Hemisfério Sul a camada troposférica entre 200 e 500hPa aumentava de espessura, sugerindo que a fonte de aquecimento para gerar este aumento na espessura estava vinculada à liberação de calor associada a dois processos: calor latente devido à convecção e também calor sensível liberado pelo Altiplano Boliviano.

Gandu e Geisler (1991) fizeram experimentos no cinturão tropical utilizando três fontes de calor para representar o efeito da convecção na Amazônia, Indonésia e África. Todos os experimentos reproduzem a Alta, mas o cavado corrente abaixo da Alta não fica bem definido em termos de posicionamento quando o modelo é forçado apenas com a fonte na Amazônia. Esses resultados sugerem que a distribuição da convecção ao longo do cinturão tropical pode ser importante na determinação da posição de ambos, Alta da Bolívia e Cavado.

A seguir, serão descritos alguns trabalhos:

Segundo Virji (1982):

Em geral, o balanço de vorticidade obtido a partir de dados sinóticos avalia somente os termos de larga-escala.

Se não houver balanço, é necessário interpretar o resíduo de vorticidade em termos dos processos físicos em escala de subgrade, como por exemplo, a convecção (a qual não pode ser extraída de dados em larga escala), que pode ter suma importância no transporte de vorticidade em escala de subgrade.

Estudos anteriores mostram que os cúmulos modificam a vorticidade em larga escala através de:

- Advecção vertical de vorticidade média pelo fluxo vertical de massa associada à convecção.
- A torção de vorticidade horizontal para a direção vertical devido à distribuição não homogênea de nuvens.

As regiões tropicais e subtropicais como América do Sul, África Central e Indonésia são os principais locais de intensa atividade convectiva diurna.

Ao redor do Himalaia, por exemplo, foi encontrado que a produção de vorticidade pelo campo de vento divergente na Alta do Tibet é balanceada não só pela advecção vertical de vorticidade e pelos outros termos da equação, mas também por um mecanismo de subgrade que remove vorticidade anticiclônica da região numa taxa de  $4 \times 10^{-10} \text{ s}^{-2}$ .

A precipitação intensa e persistente sobre a região tropical da AS e a correspondente liberação de calor latente (que é cerca de duas vezes maior do que o fluxo ascendente de calor sensível) é o mecanismo que mantém anticiclones de altos níveis de “núcleo quente” em larga escala durante o verão.

- Ou seja: a convecção é a responsável pela manutenção da *Alta da Bolívia* e da *Alta do Tibet*.

Portanto, existe interesse em determinar a magnitude da contribuição deste termo para o balanço de vorticidade na AS. Como dados convencionais de altitude são esparsos na AS dados de vento derivados de movimentos de nuvens foram usados no estudo.

A idéia é avaliar todos os demais termos de grande escala (advecção horizontal e vertical de vorticidade relativa, advecção de vorticidade planetária, o termo divergente e o termo de inclinação) e

atribuir o resíduo do balanço ao efeito integrado das “torres quentes” de subgrade.

A advecção vertical de vorticidade ciclônica da camada limite em direção aos altos níveis pelas células convectivas do tipo “torres quentes” é provavelmente a maior contribuição para o resíduo que mantém o balanço.

A região de estudo: 15°N a 35°S e 030° e 090°W, com dois conjuntos de dados:

- O primeiro conjunto de dados consiste em ventos de altos níveis (300-100 hPa) extraídos de nuvens, em vários horários do dia, para janeiro-fevereiro de 1975, 1976 e 1977, fornecidos pela National Environmental Satellite Service (NESS);
- O segundo consiste em ventos de altos níveis (300-100 hPa) e baixos níveis (900-700 hPa), ambos extraídos de nuvens, para o período 24Jan-7Fev 1975, produzidos pelo autor no Man-computer Interactive Data Access System (McIDAS);
- Uma análise prévia destes dados permite uma boa descrição da circulação de verão sobre a AS tropical e subtropical.

Nos altos níveis, um anticiclone intenso e quase estacionário se estendendo sobre quase toda a AS, um fluxo para leste em torno de 10°S e um forte fluxo cruzando o equador para norte-nordeste entre 55° e 80°W.

Nos níveis baixos, o jato norte-noroeste flui ao longo das encostas leste dos Andes e existe um fluxo de nordeste em quase toda a porção leste e norte da região continental.

As diferenças foram avaliadas em uma grade de  $5^\circ \times 5^\circ$  (lembrando que o NESS só tem altos níveis e o McIDAS tem altos e baixos) e para todos os pontos de cálculo os valores da derivada local eram duas ordens de grandeza menores do que os demais e portanto foram desprezados.

Obs: é feita a ressalva de que existem alguns problemas com as estimativas dos termos de advecção vertical de vorticidade e de inclinação; isto se deve ao fato de que dados de vento extraídos de nuvens possuem pobre resolução vertical, limitando as estimativas citadas.

A seguir serão apresentadas as figuras das estimativas de cada termo; lembrar que os aspectos essenciais da interpretação destas figuras não estão no valor numérico exato e sim nas localizações e ordens de grandeza dos termos devidos aos efeitos de grande escala e as conseqüentes configurações do resíduo.

Os resultados do NESS encontram-se na figura 3 A-D abaixo:

- O termo de advecção horizontal (3A): valores pequenos por toda a região; predominam as advecções de vorticidade relativa referentes à curvatura do escoamento na retaguarda e adiante do cavado em altos níveis; a nordeste da Alta da Bolívia, por outro lado, predomina a advecção de vorticidade de cisalhamento do escoamento e não da curvatura do escoamento.
- O termo beta (3B): representa a advecção de vorticidade planetária, sendo positiva onde o escoamento é para norte, e negativa quando é para sul.
- O termo divergente (3C): negativo sobre toda a região, implicando em tendência de vorticidade anticiclônica.

- O resíduo (3D): ao norte de 10°S, as contribuições dos termos de advecção horizontal e divergência são compensados pelo termo beta; em contraste a isso, ao sul de 10°S não existe este balanço.
  - Isto implica na necessidade de existência de uma fonte de vorticidade ciclônica para compensar o excesso de tendência anticiclônica produzida pela divergência do escoamento em altos níveis na região ao sul de 10°S.

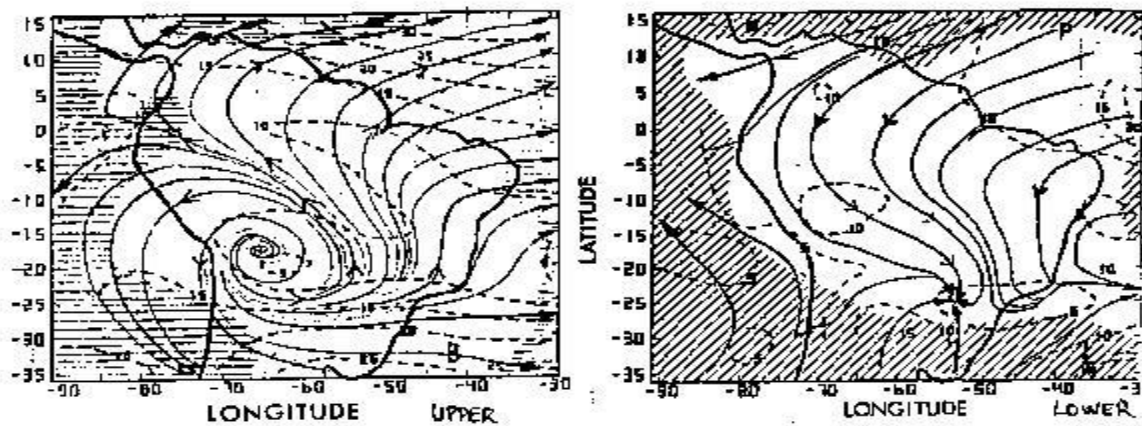


FIG. 2. Time-averaged upper layer, 300-100 mb (top) and lower layer, 900-700 mb (bottom) motion fields over South America derived from NESS and MeLDAS cloud wind data respectively. Solid lines are streamlines and dashed lines are isocachs in  $\text{m s}^{-1}$ . Regions of unreliable data are hatched (after Virji, 1981).

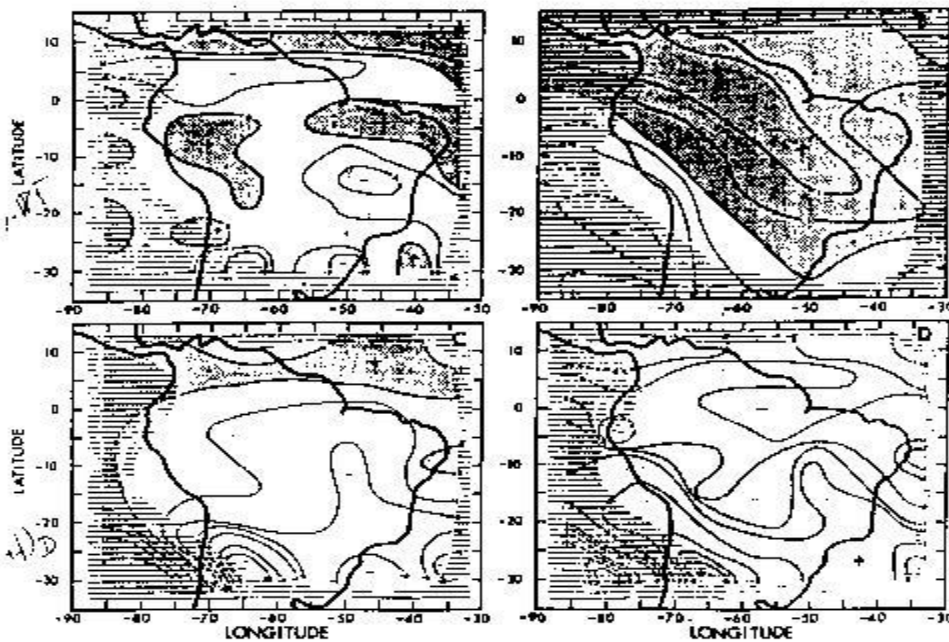


FIG. 3. Components of the vorticity budget at the upper level calculated from time-averaged NESS cloud winds (units:  $10^{-10} \text{ s}^{-2}$ ). Regions of unreliable data are hatched. (A) Horizontal advection term. (B) Beta term. (C) Divergence term. (D) Residual term.

Figura 1



Os resultados do McIDAS encontram-se na figura 4 A-D abaixo:

Padrões similares aos do NESS, o que não necessariamente deveria acontecer uma vez que o NESS é a média de 6 meses em 3 verões consecutivos e o McIDAS se refere a um período específico de 6 dias (as diferenças entre ambos se deve ao fato de que, no período específico do McIDAS, a Alta da Bolívia e o cavado em altos níveis estavam deslocados para leste, e além disso o cavado estava menos intenso).

- O termo de advecção horizontal (4A): tendência a vorticidade anticiclônica em quase toda a área (análogo ao NESS).
- O termo beta (4B): novamente positivo para fluxo para norte e negativo para fluxo para sul.
- O termo divergente (4C): negativo sobre quase toda a área, implicando em tendência anticiclônica de vorticidade.
- O termo de advecção vertical (4D): comparável ao termo de advecção horizontal mas menor do que os termos beta e divergente; implica em tendência ciclônica em boa parte da área, com exceção da porção mais ao norte.
- O termo de inclinação (4E): assim como o de advecção vertical, é comparável ao termo de advecção horizontal, mas menor do que os termos beta e divergente; porém, seu sinal é basicamente oposto ao termo de advecção vertical.
- O resíduo (4F): mesmo incluindo os dois últimos (que não foram calculados para o NESS) o resíduo ainda é grande e novamente apresenta sinais opostos ao comparar parte norte e parte sul, indicando a necessidade da existência de um mecanismo que compense a tendência de vorticidade anticiclônica ao sul de 10°S.

- Considerando ambos os conjuntos de dados, pode-se afirmar que a configuração do resíduo está de acordo com as ocorrências de excessos ou deficiências de precipitação no verão (regiões sudeste/centro-oeste e nordeste do Brasil, respectivamente).

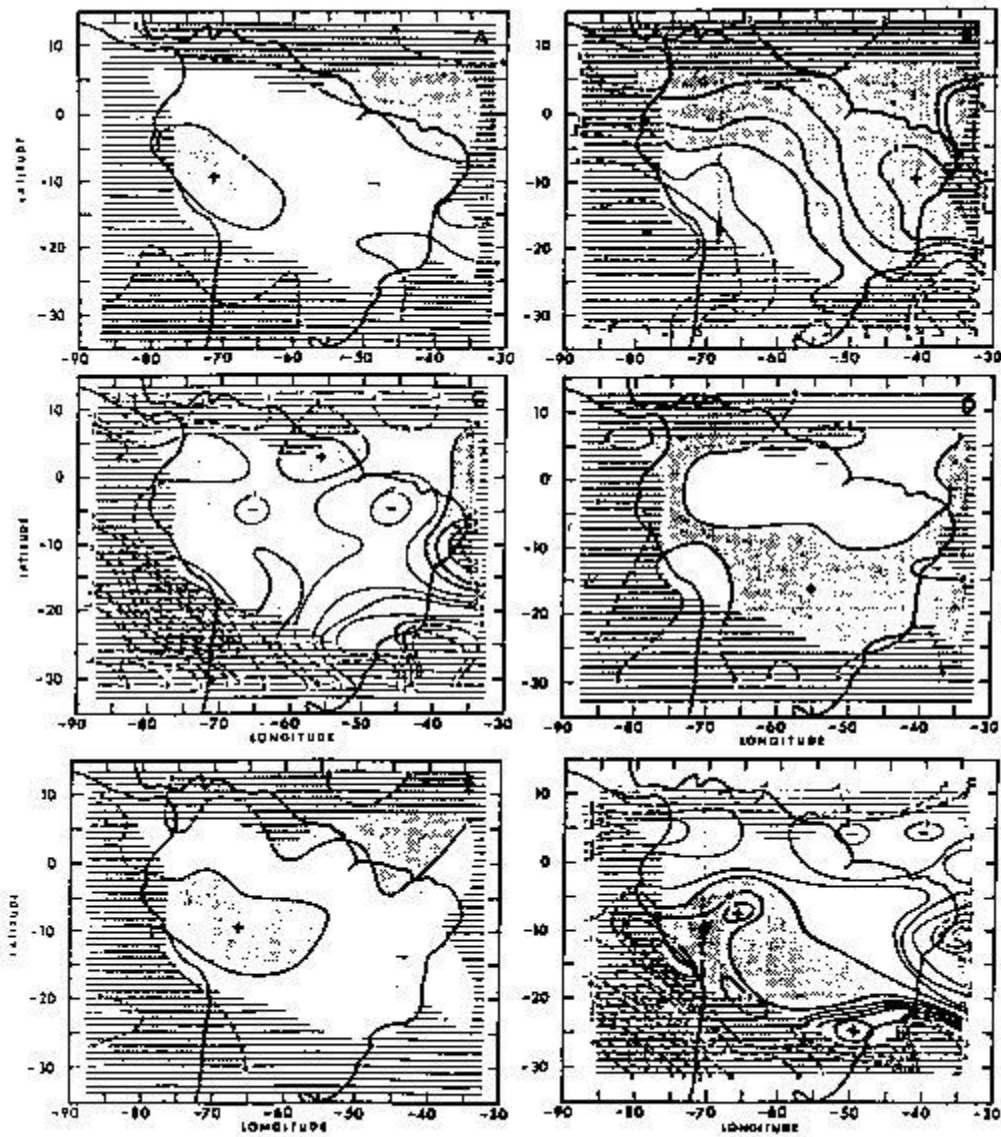


FIG. 4 As in Fig. 3, except for the components calculated from six-day averaged McIDAS cloud winds. (A) Horizontal advection term. (B) Beta term. (C) Divergence term. (D) Vertical advection term. (E) Tilting term. (F) Residual term.

*Figura 2*

Conforme Kousky (1988):

O conceito de radiação de onda longa emergente (Outgoing Longwave Radiation - OLR) tendo sido usado como indicador de variabilidade da convecção profunda na região tropical.

Sendo regularmente arquivado desde 1974 (com buraco em 1978) através dos satélites meteorológicos de órbita polar (passam 2 vezes pelo mesmo ponto em 24h), este parâmetro é geralmente usado como a média das 2 passagens diárias para reduzir os efeitos dos horários das passagens pelo equador e também as diferenças entre satélites.

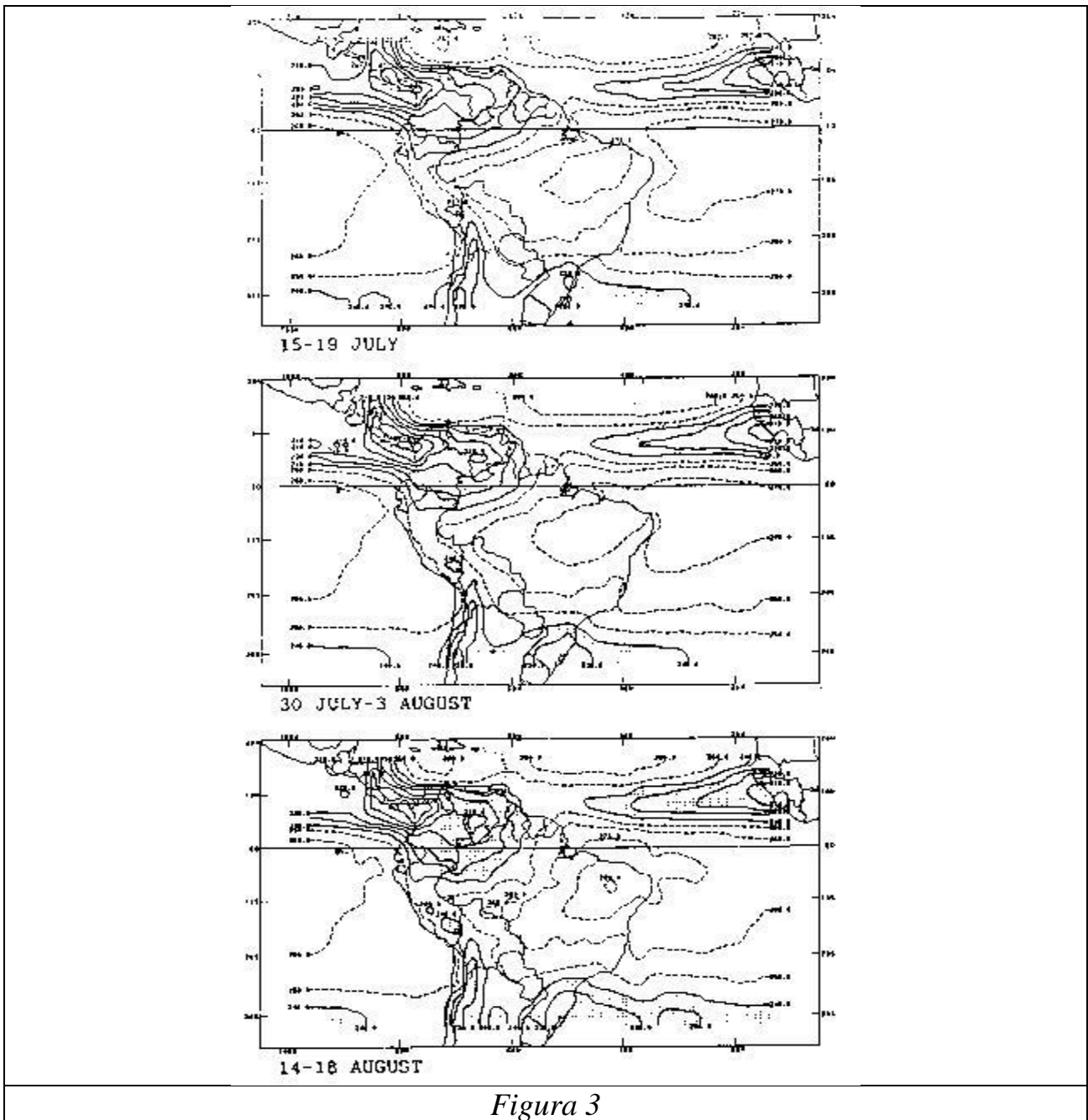
Este trabalho apresenta uma climatologia de pântadas (médias de 5 dias) da OLR durante o período de janeiro de 1979 a dezembro de 1987, considerando dados com resolução de  $2.5^\circ$  de latitude e longitude para o setor América do Sul. Determina também, o início e o final da estação chuvosa, segundo os seguintes critérios:

- Início:
  - OLR menor de  $240 \text{ W/m}^2$ ;
  - Tendo as 12 pântadas precedentes com pelo menos 10 ocorrências de valores maiores do que  $240 \text{ W/m}^2$ , e
  - Tendo as 12 pântadas seguintes com pelo menos 10 ocorrências de valores abaixo de  $240 \text{ W/m}^2$ .
  
- \* Final:
  - OLR maior de  $240 \text{ W/m}^2$ ;
  - Tendo as 12 pântadas precedentes com pelo menos 10 ocorrências de valores menores do que  $240 \text{ W/m}^2$ , e

- Tendo as 12 pênadas seguintes com pelo menos 10 ocorrências de valores acima de 240 W/m<sup>2</sup>.

*Figura 1a:*

- Duas regiões com baixos valores de OLR, uma no extremo noroeste e outra no extremo sul do Brasil.
- Estas regiões vão se alongando uma em direção a outra, de modo que no início da primavera estas regiões se mergem e formam a famosa banda de baixos valores de OLR alinhada na direção noroeste-sudeste, sendo este um padrão comum na região durante a primavera, verão e início do outono (ZCAS).



*Figura 3*

*Figura 1d:*

- À medida que a ZCAS se move para nordeste, a região sul experimenta um acréscimo nos valores de OLR (decréscimo de precipitação).
- No início de janeiro a ZCAS cobre toda a região do planalto (MG, SP, ES, RJ) e parte do Atlântico Sudoeste.

- No final de fevereiro início de março, a ZCAS diminui de intensidade e a maior parte da convecção intensa se restringe à porção mais ao norte.

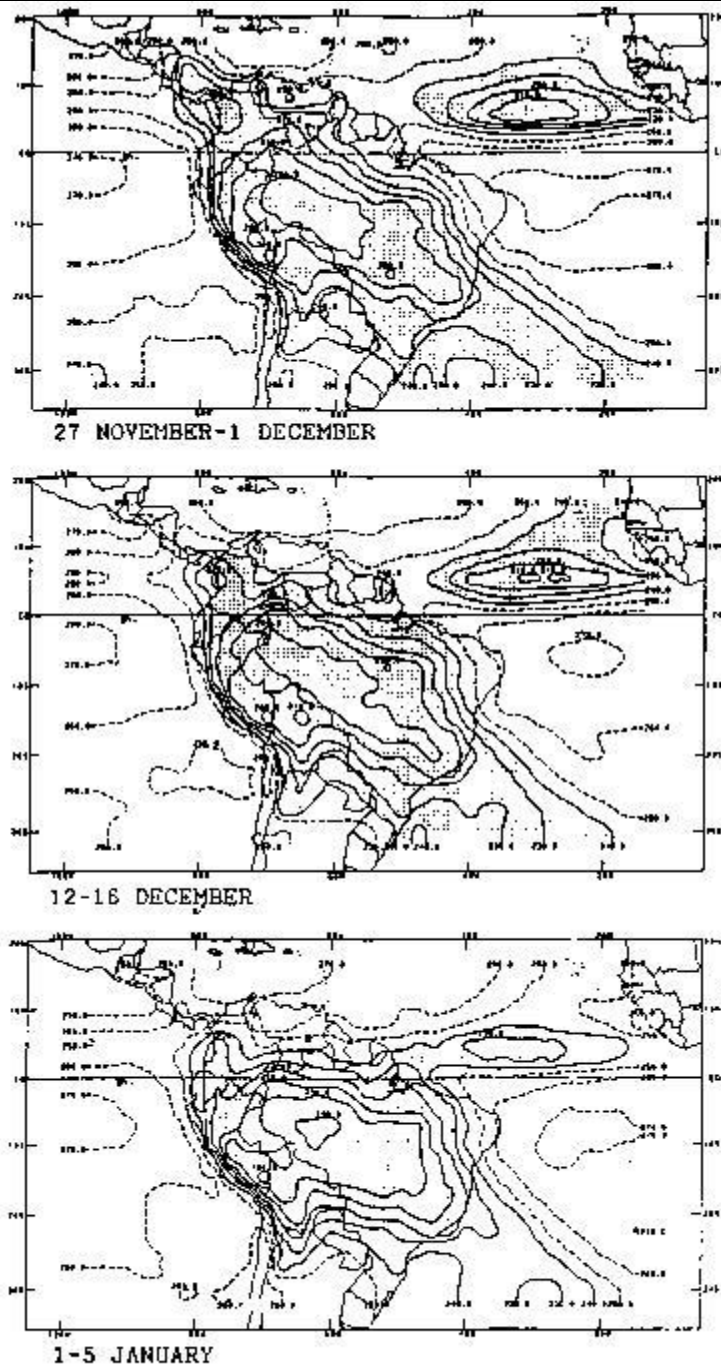


Figure 1 (e - h) - d) from November to early January. (Continue...)

Figura 4

Figura 1e:

- No final de março início de abril, voltam a surgir as duas regiões citadas no início

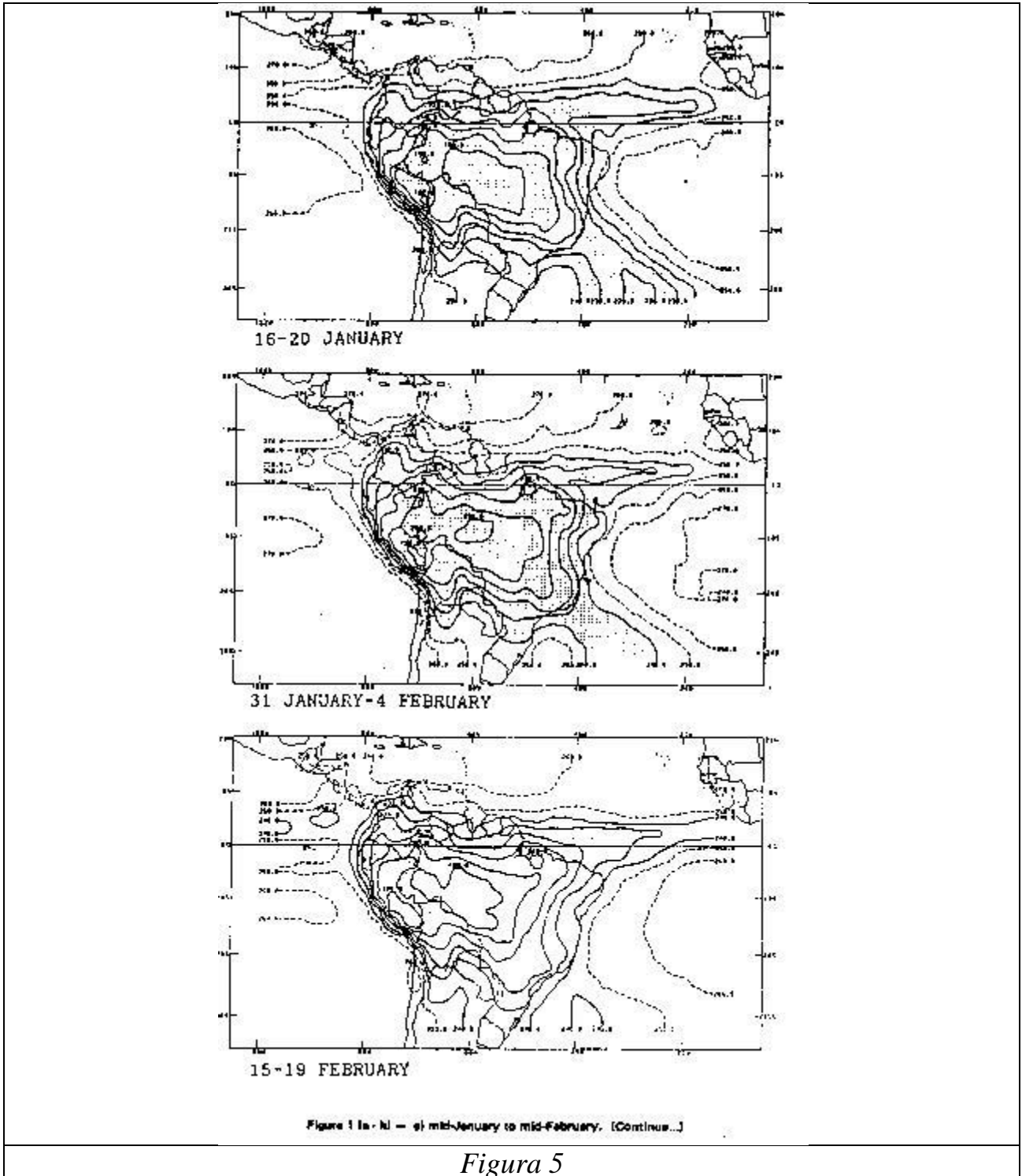


Figura 1h:

Obs1: é possível notar também o ciclo anual da ZCIT, permanecendo ao norte do equador de maio a janeiro, um pouco ao sul do equador e próxima ao nordeste do Brasil de fevereiro a abril e afastando-se em direção ao HN no período julho-dezembro.

Obs2: dentro dos critérios adotados, no Pacífico Leste e em grande parte do Atlântico Sul, não existe estação chuvosa; por outro lado, na Colômbia, no noroeste do Brasil e no sul da Venezuela não se estabelece estação seca.

Sobre o oeste do Brasil, a estação chuvosa começa em agosto, enquanto que na região que vai desde o Mato Grosso rumo sudeste até São Paulo, ela começa em setembro; áreas mais ao norte e a leste, começam a estação chuvosa mais tarde.

A porção norte do nordeste do Brasil é a última a entrar na estação chuvosa, a qual começa em janeiro nesta área; por outro lado, as áreas costeiras do nordeste do Brasil (RN até sul da BA) não apresentam estação chuvosa.

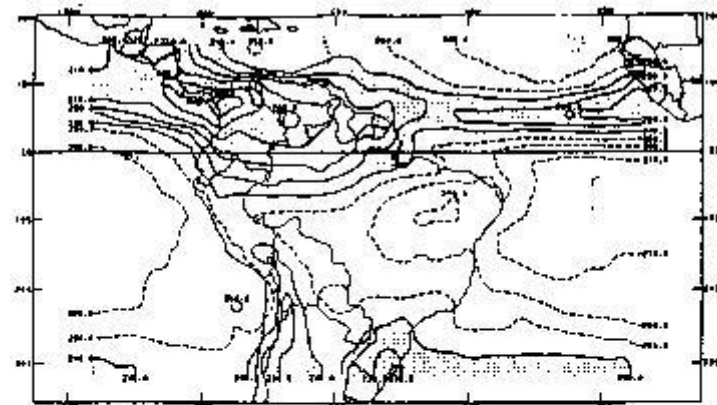
Obs3: nestes locais, a estação chuvosa ocorre durante o inverno e outono do HS, provavelmente devida a circulações diurnas locais de pequena escala, as quais não podem ser resolvidas pelo presente conjunto de dados.

O final da estação chuvosa acontece primeiro no Brasil sudeste (meio de março ao meio de abril) e progressivamente mais tarde à medida que se vai para noroeste (final de maio na bacia amazônica).

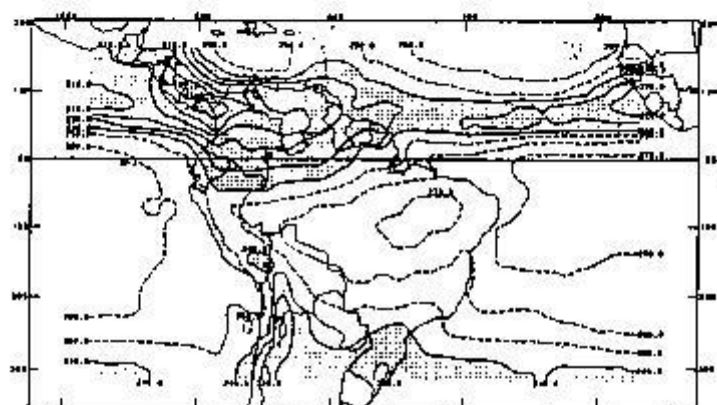


Obs4: há um progressivo aumento na duração da estação chuvosa à medida que se vai da região sudeste para a parte oeste da bacia amazônica, enquanto que as estações chuvosas mais curtas se encontram sobre o Nordeste, onde a estação chuvosa dura de 2 a 4 meses (exceto para áreas costeiras).

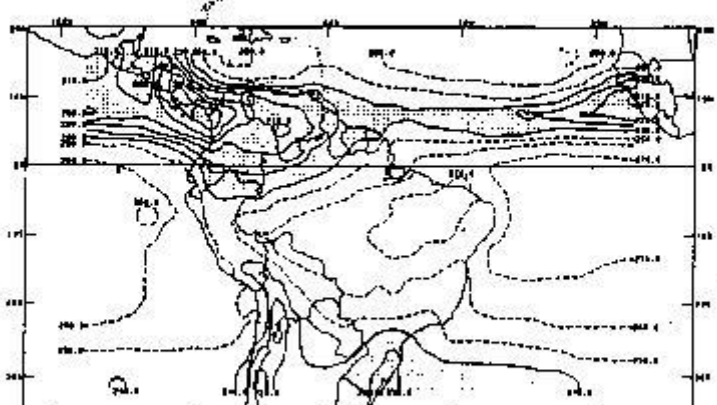
Obs5: o valor limite de  $240 \text{ W/m}^2$  talvez não seja o mais adequado para a América do Sul, ou seja, estudos climatológicos complementares na região são necessários para a determinação de um valor ótimo.



31 MAY-4 JUNE



15-19 JUNE



30 JUNE-4 JULY

Figure 1 (a - h) - (j) (a) May to early July. Values below  $240 \text{ Wm}^{-2}$  are shaded. Contour interval is  $10 \text{ Wm}^{-2}$

Figure 6

Horel, Hahmann & Geisler (1989):

Descrevem o ciclo anual de convecção que se situa sobre a Bacia Amazônica durante o verão austral e sobre a América Central no verão do HN.

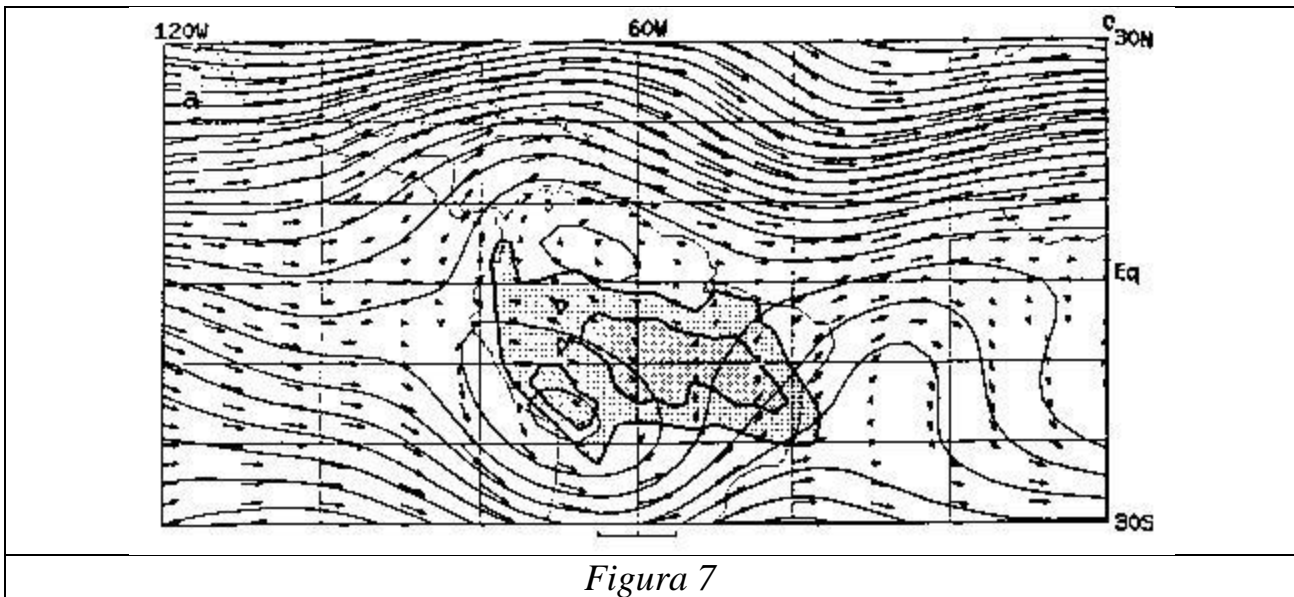
Utilizam dados de OLR e análises operacionais do ECMWF; fazem o estudo via médias representativas de pântadas para ambos, sendo que para a circulação enfoque maior é dado nos altos níveis (200 hPa).

Comparam a variabilidade espacial e temporal da atividade convectiva sobre as Américas com os demais locais do cinturão tropical.

Dados:

- A OLR proveniente de satélites de órbita polar, no período de junho de 1974 a maio 1988 (com 10 meses de furo em 1977-78 e um menor em 1987); valor de 200 W/m<sup>2</sup> como limite para a identificação de atividade convectiva;
- As análises do ECMWF (00Z e 12Z) com 6 variáveis (geopotencial, temperatura, umidade relativa e 3 comp. vento) em 7 níveis (1000, 850, 700, 500, 300, 200, 100hPa) de janeiro de 1980 a dezembro de 1987.

Os padrões climatológicos de OLR e circulação em 200 hPa para a pântada 1-5 de janeiro e 16-20 de julho:



Nota-se na figura acima o par de anticiclones dos quais o mais ao sul é mais intenso (Alta da Bolívia) e um cavado à leste da Alta da Bolívia e região de convecção sobre a Amazônia.

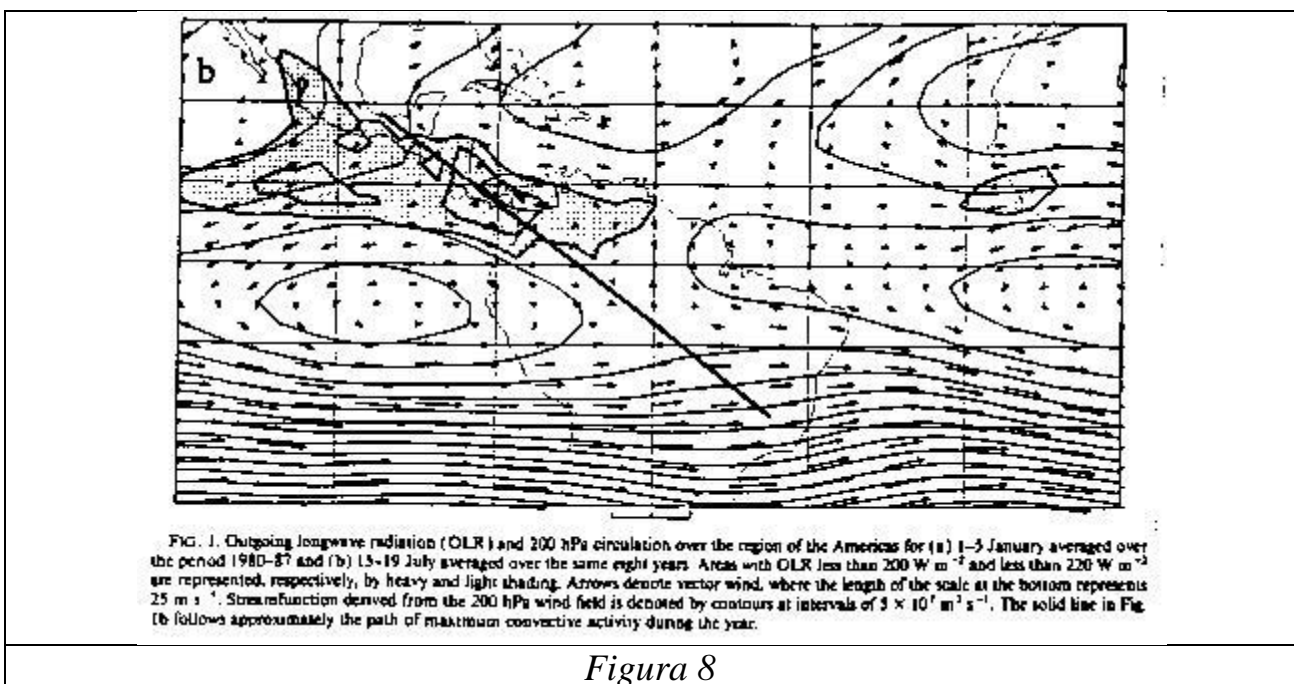


FIG. 1. Outgoing longwave radiation (OLR) and 200 hPa circulation over the region of the Americas for (a) 1-5 January averaged over the period 1980-87 and (b) 13-19 July averaged over the same eight years. Areas with OLR less than  $200 \text{ W m}^{-2}$  and less than  $220 \text{ W m}^{-2}$  are represented, respectively, by heavy and light shading. Arrows denote vector wind, where the length of the scale at the bottom represents  $25 \text{ m s}^{-1}$ . Streamfunction derived from the 200 hPa wind field is denoted by contours at intervals of  $5 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . The solid line in Fig. 1b follows approximately the path of maximum convective activity during the year.

- A região de convecção ativa migra para noroeste, se estendendo do norte da Colômbia e sobre o Panamá até parte do Pacífico.

- Não há analogia para a Alta da Bolívia durante este período, isto é, a circulação anticiclônica em cerca de 20°N e 115°W é mais fraca e localizada mais a oeste do centro de convecção.
- O mesmo pode ser dito sobre o cavado corrente abaixo da Alta da Bolívia.

O ciclo da atividade convectiva sobre a linha grossa da *Fig.1b*:

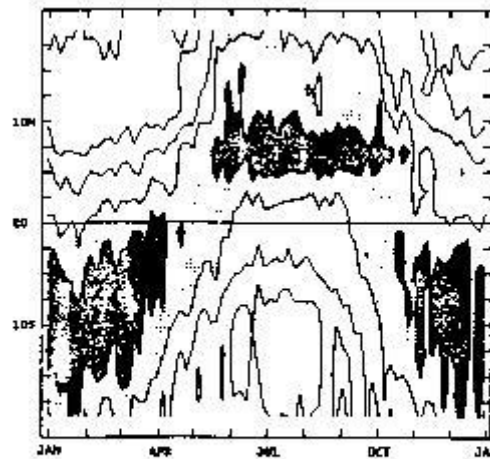


FIG. 2. Time-latitude diagram showing the 8-year (1980-87) climatology of 3-day average OLR averaged across a 10° longitudinal strip centered on the heavy solid line in Fig. 1b. Shading of the OLR as in Fig. 1, while the contour interval is 20 W m<sup>-2</sup>.

*Figura 9*

- O ciclo anual da convecção em função do tempo e da latitude mostra valores de OLR abaixo de 200 W/m<sup>2</sup> por cerca de 5 meses em ambos os hemisférios.
- A mudança entre estes regimes se dá em períodos de transição relativamente curtos; no caso, observa-se que a transição dura menos para o estabelecimento de condições convectivas sobre a Bacia Amazônica.

Comparação com outros lugares:

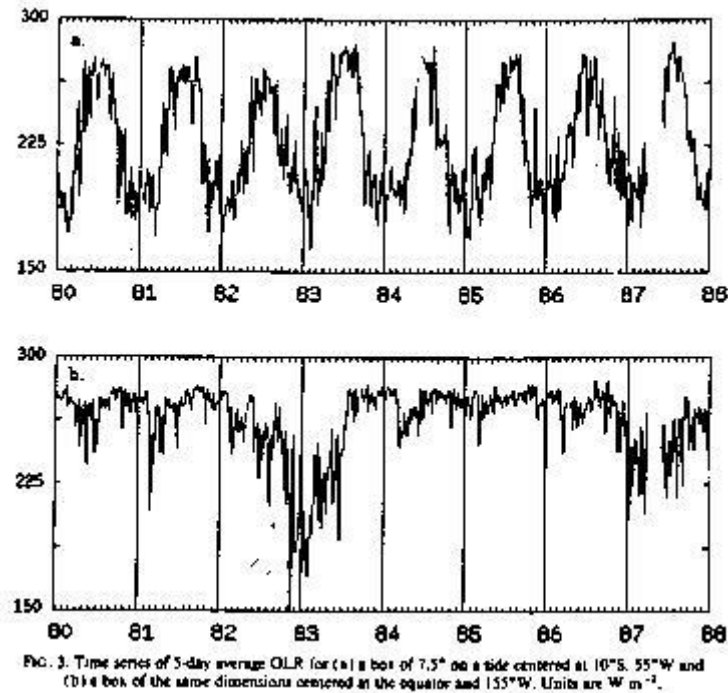


Figura 10

- A dominância do ciclo anual é evidente ao ser comparada com outras regiões equatoriais (sobre o Pacífico, por exemplo).
- O fenômeno do El-Niño de 1982-83 é notável.

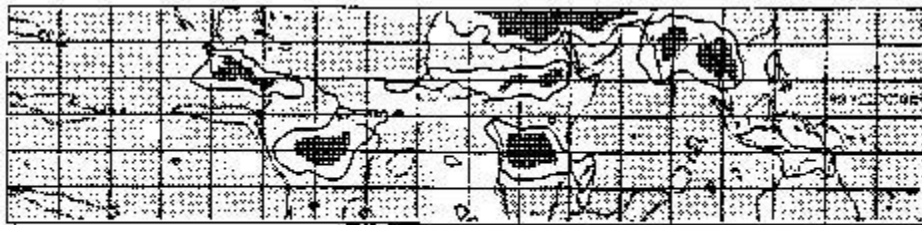


FIG. 4. The ratio of variances  $\sigma_{i+1}^2/\sigma_i^2$  of 3-day average OLR for the period 1974-88. Here  $\sigma_i^2$  is the variance attributable to interannual and intraseasonal variability and  $\sigma_{i+1}^2$  is the variance attributable to the annual cycle. Areas where the annual cycle dominates (ratio less than 1) are enclosed by the solid contours. Areas where the ratio is less than 0.5 are represented by cross-hatching, while areas where the ratio is greater than 1 are represented by shading. A dashed contour encloses areas where the ratio exceeds 10.

Figura 11

- A importância relativa do ciclo anual comparada à variabilidade intrasazonal e interanual evidencia determinadas regiões do cinturão tropical com características de intensa atividade convectiva em ciclo anual.

- Pode-se distinguir 3 padrões do tipo dipolo nos quais o ciclo anual domina a variabilidade de baixa frequência: Américas, África e Ásia/Austrália.
- Observa-se que o ciclo anual sobre a África não apresenta a mesma simetria em relação ao equador como nas Américas: o do HN é menos intenso do que o do HS.
- O oposto acontece sobre a Ásia/Austrália, onde a atividade convectiva sobre o HN é mais intensa do que sobre o HS.

O estabelecimento da estação chuvosa na Bacia Amazônica é relativamente rápido, durando menos do que 1 mês e por vezes acontecendo em apenas alguns dias; este rápido estabelecimento se deve a causas dinâmicas e não apenas à variação anual do ângulo de incidência solar.

Por outro lado, o término da estação chuvosa é mais lento, em geral maior do que 1 mês.

## Estudo de caso: 01 a 04 de janeiro de 1999 - Anete dos Santos

- Dentro deste período, foi selecionado os horários de 06:00 Z e 18:00 Z. O primeiro por apresentar a melhor visualização para o centro anticiclônico sobre o continente, e o segundo para haver configuração após 12 horas.
- Observa-se a existência de uma região de convergência próxima a localização do núcleo em 200 hPa.
- O campo de vorticidade em 200 hPa apresenta valores mais intensos no horário de 18:00 Z, o que pode se justificar pelo ciclo diurno.
- A vorticidade em 925 hPa é pouco expressiva para a região.
- No campo de omega são mostradas as regiões de movimento ascendente (alta) e descendente (cavado).
- O evento foi muito bem representado na análise e permitiu uma visualização das considerações elementares para a caracterização da Alta da Bolívia.
- Para realmente fazer um estudo do evento, é necessário se fazer a análise via equação do balanço de vorticidade mencionado anteriormente.



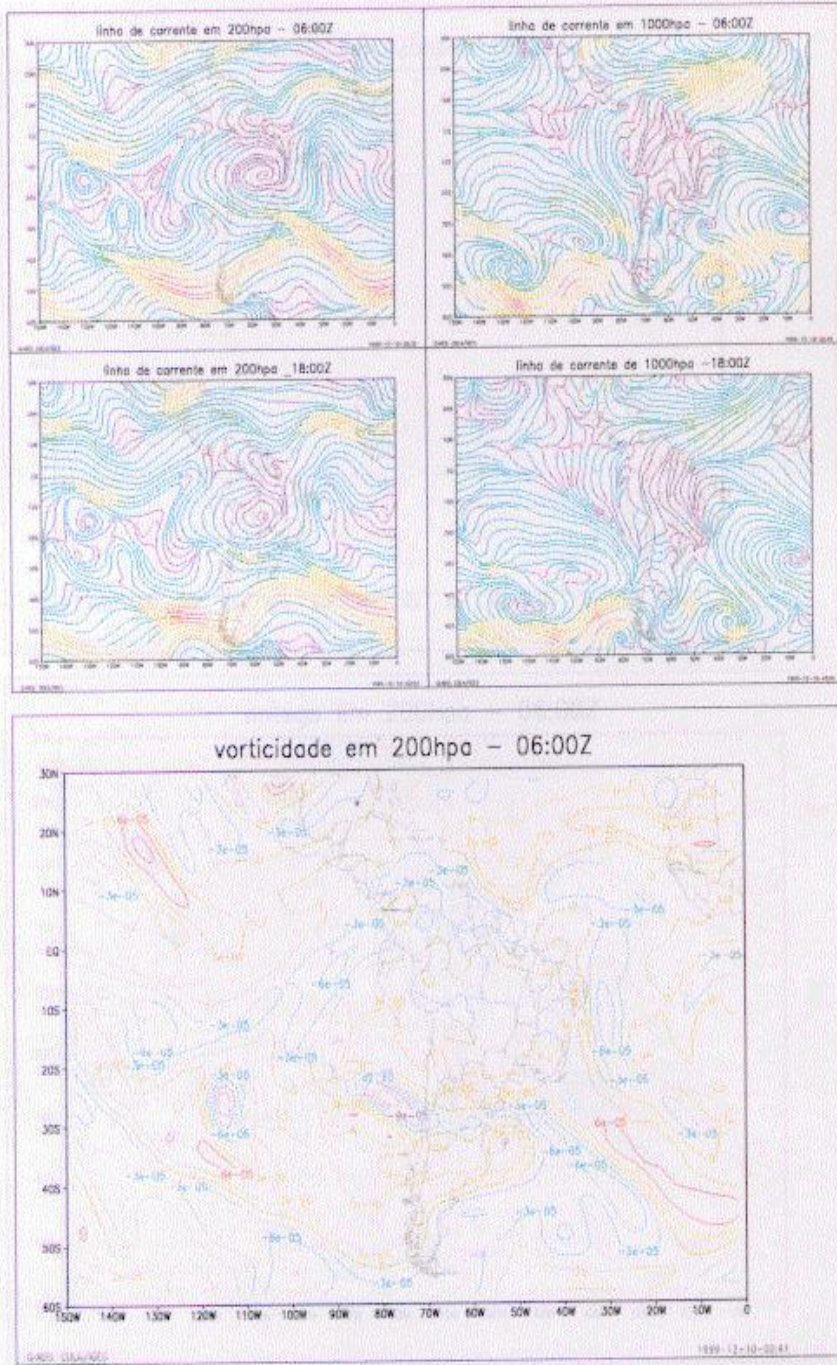


Figura 12

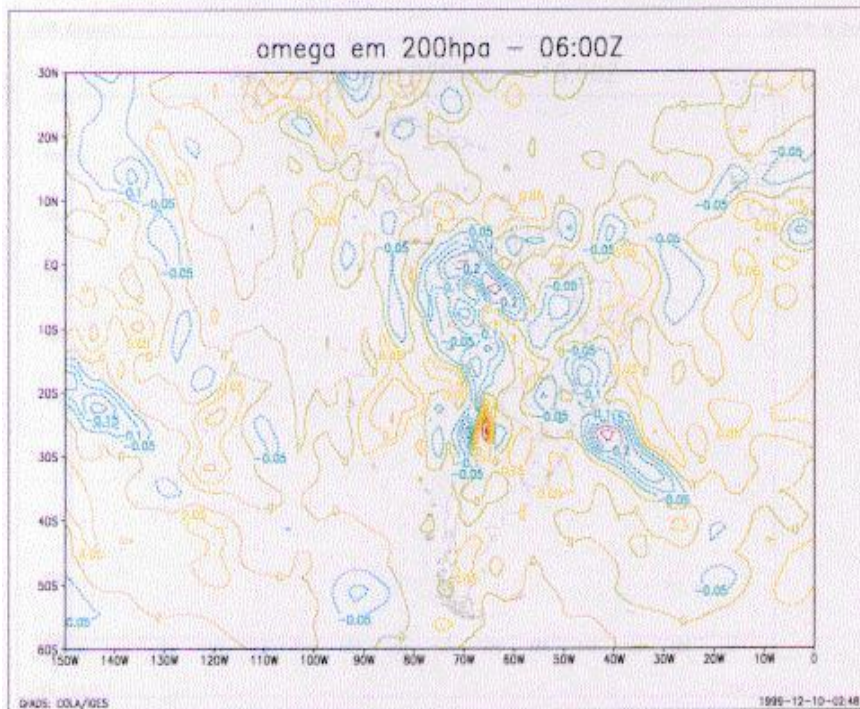
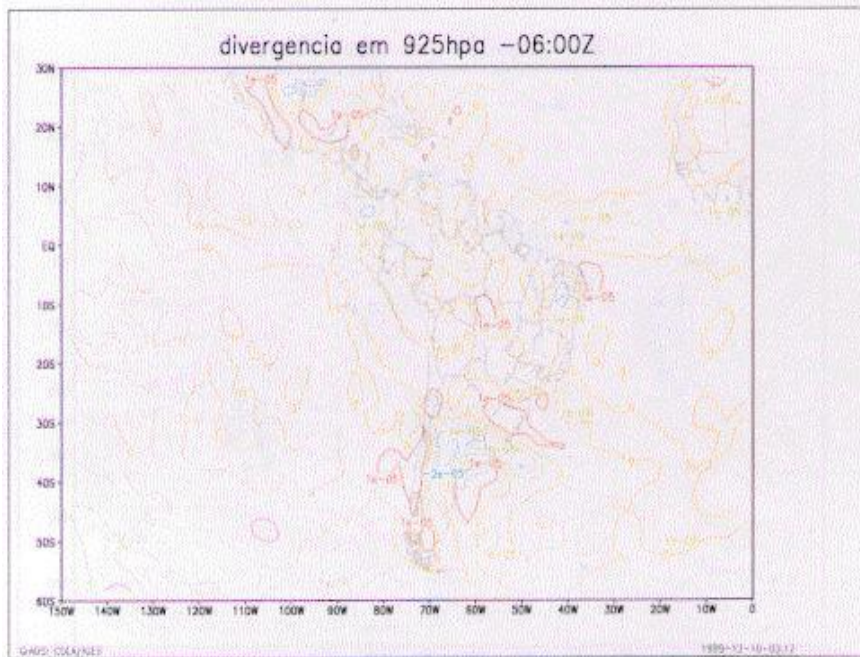
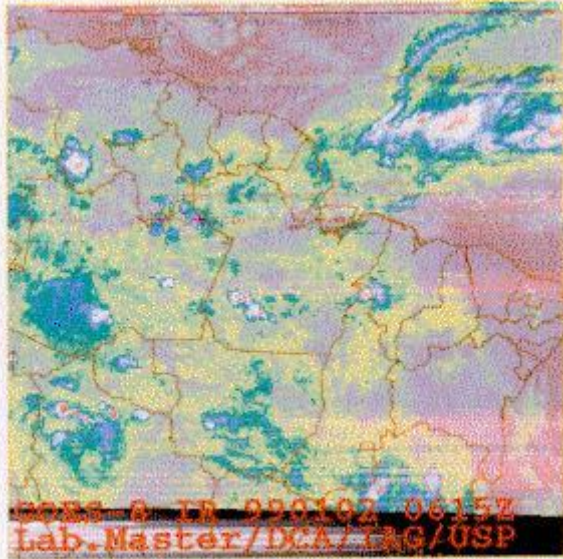


Figura 13

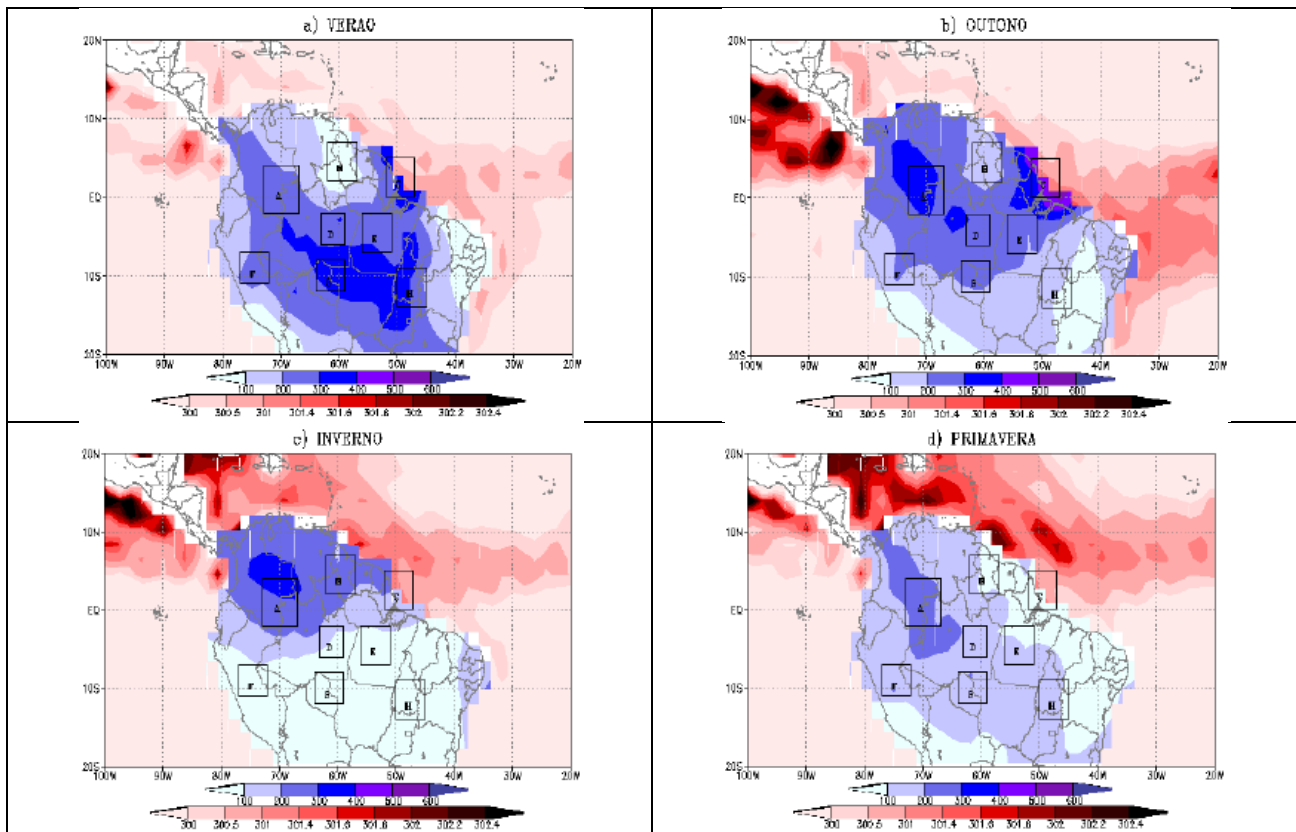


*Figura 14*

Da Rocha e Nobre (2001):

- **Verão:** máximo de precipitação no sul da Amazônia orientado de noroeste para sudeste, centrado em 10S, resultado da maior organização e atuação da ZCAS nesta época do ano.
- **Outono:** no litoral leste da Amazônia, observa-se os maiores índices de chuva associados à ZCIT.
- **Inverno:** estação mais seca em grande parte da Amazônia situada ao sul do Equador, pois a ZCIT posiciona-se mais para o norte, deslocando as fortes atividades convectivas e intensificando a precipitação no noroeste e no norte da Amazônia. No litoral do Nordeste diminuem as chuvas e o leste e sul da região encontra-se no período seco. Não se observa o eixo de máxima precipitação noroeste-sudeste.
- **Primavera:** o litoral do Nordeste enfrenta o seu período de estiagem, pois a ZCIT está mais ao norte e a região está sob influência dos alísios de sudeste. Um dos aspectos mais notáveis da marcha sazonal das precipitações na América do Sul tropical é o brusco estabelecimento das chuvas ao sul do equador na primavera, isto é, a quebra da situação de estiagem de inverno do Hemisfério Sul é abrupta em setembro e as chuvas se restabelecem na região da ZCAS.
- O estabelecimento da estação chuvosa na Bacia Amazônica é relativamente rápido, durando menos do que 1 mês e por vezes acontecendo em apenas alguns dias; este rápido estabelecimento se deve a causas dinâmicas e não apenas à variação anual do ângulo de incidência solar.

- O término da estação chuvosa na Bacia Amazônica é mais lento, em geral maior do que 1 mês.



*Figura 11: Médias sazonais da precipitação observada (mm/mês) em tons de azul e TSM (K) em tons avermelhados para o (a) verão, (b) outono, (c) inverno e (d) primavera. Fonte: Da Rocha e Nobre, 2001.*

## Questionário

- 1) Qual a contribuição de Kousky (1988) para a convecção Amazônica?
- 2) O que são pentadas de OLR? Quais os valores de OLR representativos para convecção Amazônica? Discuta fisicamente sua resposta.
- 3) O que acontece com os núcleos de convecção a medida que se aproxima do verão? (linhas pontilhadas)

- 4) Selecione um campo de OLR às 12:00 Z (o mais atual possível) e verifique as semelhanças com relação as figuras médias de Kousky (1988). Avalie as anomalias de OLR. Quais as regiões secas/chuvosas do Brasil?
- 5) Quais os cuidados que devem ser tomados ao avaliar a convecção (estações chuvosas) para as regiões do Brasil com esses dados de OLR?
- 6) Quais as contribuições de Horel et al? Enfatize as diferenças entre verão e inverno.

### **Referências**

Virji, H., 1981: A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from clouds winds. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 599-610.

Virji, H., 1982: An estimate of the summertime tropospheric vorticity budget over South America. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 217-224.

Kousky, V. E., 1988: Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. *Rev. Bras. Meteor.*, 3, 217-231.

Horel, J. D., A. N. Hahmann e J. E. Geisler, 1989: An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *J. Climate*, 2, 1388-1403.

Santos, A. F., 1999: Estudo de caso de Alta da Bolívia. Seminário de Laboratório de Sinótica.IAG/USP.

*Sites:*

[http://www.dca.iag.usp.br/www/material/ritaynoue/aca-0422/2009\\_aulas%20amanda/](http://www.dca.iag.usp.br/www/material/ritaynoue/aca-0422/2009_aulas%20amanda/) (acessado em 15/08/10)