

# ANÁLISE DO TIPO DE PRECIPITAÇÃO NO INÍCIO E FIM DA ESTAÇÃO CHUVOSA SOBRE A BACIA AMAZÔNICA CENTRAL EM 2007/2008

*Alan James Peixoto Calheiros*<sup>1</sup>, *Sâmia Regina Garcia*<sup>2</sup>, *Mary Toshie Kayano*<sup>3</sup>, *Luiz Augusto Toledo Machado*<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Avenida dos Astronautas 1758 – São José dos Campos, SP - Brasil  
alan.calheiros; samia.garcia; mary.kayano; luiz.machado @cptec.inpe.br

**RESUMO:** O Início e o Fim da Estação Chuvosa (IEC e FEC) de 2007 e 2008, respectivamente, são investigados na região da Bacia Amazônica Central (BAC) utilizando os dados de Radiação de Onda Longa (ROL) e dados do *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Precipitation Radar (PR)*. A determinação das datas de IEC e FEC foi baseada no campo de ROL anti-simétrico em relação ao equador ( $ROL_{ant}$ ). O campo de  $ROL_{ant}$  médio na BAC para o período de IEC de 2007 fornece uma boa indicação de quando a estação chuvosa é estabelecida na região. Entretanto, a data de FEC de 2008 estimada da série de  $ROL_{ant}$  é uma ou duas pênadas antes da data quando a precipitação é ausente na região da BAC. Com os dados do TRMM/PR foi possível analisar o tipo de precipitação associado ao IEC e FEC sobre a região e avaliar o período de transição. Notou-se, assim, que a precipitação estratiforme tem grande influência no FEC.

**ABSTRACT:** ANALYSIS OF THE PRECIPITATION TYPE ON THE ONSET AND DEMISE OF THE RAINY SEASON OVER CENTRAL AMAZON BASIN OF 2007/2008

Onset and demise of the rainy season (ONR and DER) of 2007 and 2008, respectively, are investigated over the Central Amazon Basin (CAM) using outgoing longwave radiation (OLR) data and TRMM/PR (Tropical Rainfall Measuring Mission Precipitation Radar). The determination of these dates was based on the antisymmetric in relation to the equator outgoing longwave radiation ( $AOLR$ ). The spatial average of  $AOLR$  over the CAM for the ONR of 2007 gives a reasonable indication of when the rainy season is established in the region. However, the DER date estimated from the  $AOLR$  time series for 2008 is one to two pentads before the date when rainfall is absent in the CAM region. With the TRMM/PR data, it was possible to analyze the type of precipitation associated to ONR and DER over the area and to assess the transition period. Thus, it was noted that the stratiform precipitation has influence on the FEC.

**Palavras-Chave:** Estação Chuvosa, precipitação, TRMM

## 1. INTRODUÇÃO

A determinação das datas de Início e Fim da Estação Chuvosa (IEC e FEC, respectivamente) é de grande importância para a sociedade em geral e tem sido o foco de vários estudos. Tal importância justifica-se, pois, quando se tem o conhecimento dessas datas, faz-se possível um planejamento das atividades que dependem de tal informação, tais como a agricultura, a defesa civil e a geração de energia. No que concerne à região da América tropical, esse aspecto torna-se ainda mais relevante, visto que a mesma é um dos três centros convectivos mais ativos e intensos do globo. Em adição a essa característica, pode-se observar ainda a existência do Sistema de Monção da América do Sul (SMAS), o maior componente dos regimes de precipitação de verão deste continente.

Vários trabalhos têm desenvolvido metodologias para encontrar as datas de IEC e FEC relacionadas ao SMAS (p.e., Kousky, 1988; Marengo et al., 2001; Gan et al., 2004). Garcia e Kayano (2009a) desenvolveram um novo método de detecção do IEC para a região da Bacia Amazônica Central (BAC), limitada por 2,5°S, 10°S, 62,5°W e 55°W. Como Murakami e Nakazawa (1985) observaram que os sistemas monçônicos do globo, incluindo o SMAS, podem ser encontrados no campo de ROL anti-simétrico em relação ao equador ( $ROL_{ant}$ ), Garcia e Kayano (2009a) estabeleceram como critério de IEC a mudança de sinal de positivo (ausência de convecção) para negativo (presença de convecção) do  $ROL_{ant}$  médio na região da BAC. Compostos de algumas variáveis foram feitos e os mesmos apresentaram aspectos evolutivos fisicamente consistentes para o período de IEC. Em um trabalho submetido para o III SIC, Garcia e Kayano (2009b) encontraram as datas de IEC e FEC para a região da BAC para os anos de 2006 e 2007, respectivamente, utilizando a mesma metodologia. Cabe ressaltar que, para o FEC, a mudança de sinal é de negativo para

positivo. Elas observaram que a data de IEC fornece uma boa indicação de quando a estação chuvosa é estabelecida na região da BAC, enquanto a data de FEC estimada pelo método é uma ou duas pântadas antes da data quando a precipitação estimada pelo satélite TRMM é ausente na região. Logo, o intuito do trabalho é o de analisar os períodos de transição em função do tipo de precipitação sobre a BAC e examinar a influência de precipitação estratiforme na provável falha de identificação da data de FEC pelo método acima, visto que este mede a atividade convectiva. Assim, analisar a frequência de precipitação estratiforme sobre a região de monção é de suma importância. Houze (1982) estudou os movimentos verticais em grande escala e os efeitos de grandes aglomerados de nuvens, que nos trópicos representam a maior fração de precipitação observada. Ele observou que tais aglomerados de nuvens foram caracterizados pela presença de grandes torres de cumulonimbos envolvidas por uma densa e ampla camada de nuvens estratiformes (*cloud desk*) que as conectam. Dentro desta *cloud desk* existem uma suave corrente ascendente associada ao aquecimento pela liberação de calor latente de condensação e uma corrente descendente na baixa troposfera relacionada ao derretimento e evaporação da precipitação estratiforme. Ele mostrou que o aquecimento radiativo e o calor latente liberado por *cloud desks* é similar em magnitude ao aquecimento associado a torres cúmulos. Schumacher e Houze (2003a) também verificaram os efeitos da precipitação estratiforme sobre a região tropical e observaram que esta representa 73 % da área coberta de chuva e 40 % do total acumulado.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Nesse trabalho, foram utilizados dados diários de ROL obtidos de um satélite de órbita polar da “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA), os quais foram interpolados por Liebmann e Smith (1996). Os dados de ROL são encontrados no site <http://www.cdc.noaa.gov> e estão disponíveis em uma grade com espaçamento de 2,5° de latitude por longitude. Os dados foram selecionados para o período de 25 de julho a 26 de novembro de 2007 e de 6 de abril e 8 de agosto de 2008. Inicialmente, foram calculadas pântadas nos dados de ROL com o intuito de se evitar efeitos de transientes de mais alta frequência nas análises. Os períodos de análise correspondem às pântadas de 42 a 66 de 2007 e 20 a 44 de 2008.

Assim, o campo de  $ROL_{ant}$  é calculado para cada pântada, assim como proposto por Murakami e Nakazawa (1985). Tal divisão, em relação ao equador geofísico ( $y=0$ ), é feita da seguinte maneira:

$$ROL_{ant}(x, y) = \frac{ROL(x, y) - ROL(x, -y)}{2} \quad (1)$$

em que  $x$  é a longitude e  $y$  é a distância latitudinal em relação ao equador ( $y=0$ ). O  $ROL_{ant}$  se refere à diferença de ROL do Hemisfério Sul (HS) menos do Hemisfério Norte (HN). Assim valores negativos (positivos) de  $ROL_{ant}$  numa área ao sul do equador indicam presença (ausência) de convecção nesta área.

Em seguida, médias espaciais do campo de  $ROL_{ant}$  ( $\overline{ROL_{ant}}$ ) foram obtidas para a região da BAC utilizada por Garcia e Kayano (2009a, 2009b) para cada pântada dos períodos selecionados.

Os produtos 2A25 e 2A23 derivados do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) *Precipitation Radar* (PR) foram utilizados no período de IEC e FEC sobre a BAC. O produto 2A23 foi utilizado para a classificação estratiforme-convectiva da precipitação atuante sobre a região (Awaka, 1997). Baseado nos perfis verticais e horizontais produzidos pelo TRMM/PR, o algoritmo determina o tipo de precipitação em função da altura do topo do *echo*, da banda brilhante, da máxima refletividade e da variabilidade horizontal. Para analisar a precipitação próxima à superfície, foi utilizada a refletividade medida pelo TRMM/PR, usando o produto 2A25 (Iguchi et al., 2000). Contudo, a refletividade (dBZ) medida foi transformada em taxa de precipitação (mm/h) estratiforme e convectiva pela relações descritas abaixo e, em seguida, acumulada para cada pântada. Com o intuito de diminuir e/ou filtrar o erro associado à frequência de passagens do satélite, foi utilizada a média móvel.

$$Z = 276R^{1.49} \text{ (Estratiforme)} \quad (2)$$

$$Z = 148R^{1.55} \text{ (Convectiva)} \quad (3)$$

### 3. RESULTADOS

A série temporal do  $\overline{ROL_{ant}}$  entre as pântadas 42 e 66 de 2007 mostra que o IEC ocorreu na pântada 57, quando a mudança do sinal positivo para negativo indica a presença de atividade convectiva na região da BAC (Figura 1a). Quanto ao FEC, o mesmo pode ser inferido da série do  $\overline{ROL_{ant}}$  entre as pântadas 20 e 44 de 2008, a qual indica que o estabelecimento das condições secas na região da BAC deu-se na pântada 29 (Figura 1b). Assim, campos de precipitação estimada pelo satélite TRMM para esses períodos de transição foram calculados, como em Garcia e Kayano (2009b). Esses mapas não são mostrados em virtude de espaço do trabalho. Para o IEC, tem-se que a pântada encontrada pelo método é consistente com o início das condições úmidas sobre a região da BAC, enquanto que, para o FEC, a pântada estimada é uma ou duas pântadas antes da ausência da precipitação na região. Esses resultados para a estação chuvosa de 2007-2008 são bastante consistentes com os de Garcia e Kayano (2009b), que fizeram os cálculos para a estação chuvosa de 2006-2007. Assim, o método é bastante eficiente no que concerne ao IEC (Garcia e Kayano, 2009a, 2009b), porém, ele antecipa a data de FEC (Garcia e Kayano, 2009b).

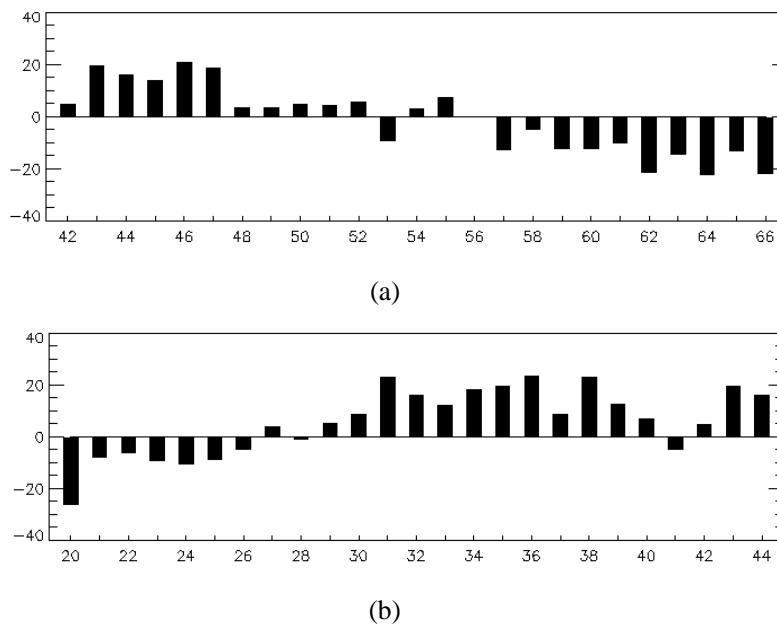


Figura 1 –  $\overline{ROL_{ant}}$  sobre a BAC para (a) IEC de 2007 e (b) FEC de 2008. As unidades do eixo das ordenadas são  $W/m^2$ .

Assim, uma análise para identificar o tipo de precipitação no período de IEC e FEC para a região da BAC foi feita com os dados do TRMM/PR. A Figura 2 mostra a frequência absoluta por pântada de precipitação convectiva e estratiforme para IEC e FEC sobre a área de análise na BAC. Pode-se notar que, até a pântada 54, os valores de ambas as frequências são similares no período de IEC (Figura 2a). A partir dessa pântada, a frequência absoluta de precipitação estratiforme aumenta, enquanto a frequência absoluta de precipitação convectiva diminui ligeiramente na pântada 55, e aumenta a partir da pântada 56. Esse comportamento de aumento da frequência absoluta de precipitação, tanto estratiforme quanto convectiva, é consistente com a data de IEC encontrada pelo método do  $\overline{ROL_{ant}}$ , que foi a 57. Esse rápido aumento das frequências da precipitação logo após IEC é esperado, além disso, o número de eventos classificados como estratiformes é superior ao convectivos o que fisicamente é coerente, visto que tanto podem ocorrer chuvas estratiformes isoladas como as associadas a sistemas convectivos (Houze, 1982; Houze, 1993). Além dessas classificações existe outro conjunto chamado de *others*, que se aplica quando nenhum dos critérios de convectiva ou estratiforme for atendido. Essa classificação também foi considerada neste estudo, contudo sua frequência foi desprezível. Nota-se ainda, que no que se refere ao período de FEC, pode-se observar uma diferença relativamente maior entre as frequências absolutas de precipitações estratiforme e convectiva quando

comparado ao IEC, principalmente nas pântadas anteriores à pântada de FEC, que é a 29 (Figura 2b). Cabe ressaltar a acentuada diminuição da frequência absoluta de precipitação estratiforme da pântada 26 à pântada 29, consistente com o estabelecimento de condições secas sobre a região. Assim, pode-se inferir que o atraso na data de FEC indicada pelo índice de  $\overline{ROL_{ant}}$  é justificado pela dominância de frequência absoluta de precipitação estratiforme nesse período, visto que tal índice representa, principalmente, de atividade convectiva. Contudo, deve se levar em consideração o fato da presença de subsidência sobre a região durante o FEC que pode inibir o desenvolvimento de nuvens convectivas, o que provavelmente acarretaria uma classificação errônea do tipo de precipitação, visto que precipitações de nuvens rasas são frequentemente classificadas como estratiforme (Schumacher e Houze, 2003b). O aumento relativo das frequências da precipitação sobre a região após o início da estação seca se deve possivelmente à ocorrência da penetração de sistemas transientes e convecção local. Quando analisada a precipitação média acumulada, tanto no IEC como no FEC, observa-se que os valores da precipitação convectiva são maiores quando comparada à estratiforme (Figura 3a e b). Ou seja, mesmo com uma frequência menor, a precipitação convectiva é superior à estratiforme e os valores médios no fim da estação são menores que aqueles estimados no início da estação, o que vem a ser coerente.

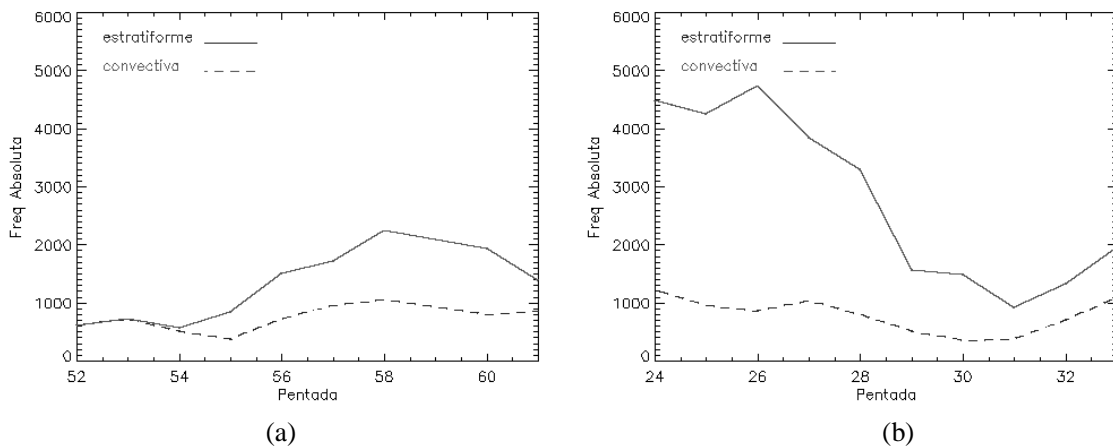


Figura 2 – Frequência absoluta do tipo de precipitação estimada pelo TRMM/PR para a) IEC de 2007 e b) FEC de 2008 sobre a BAC.

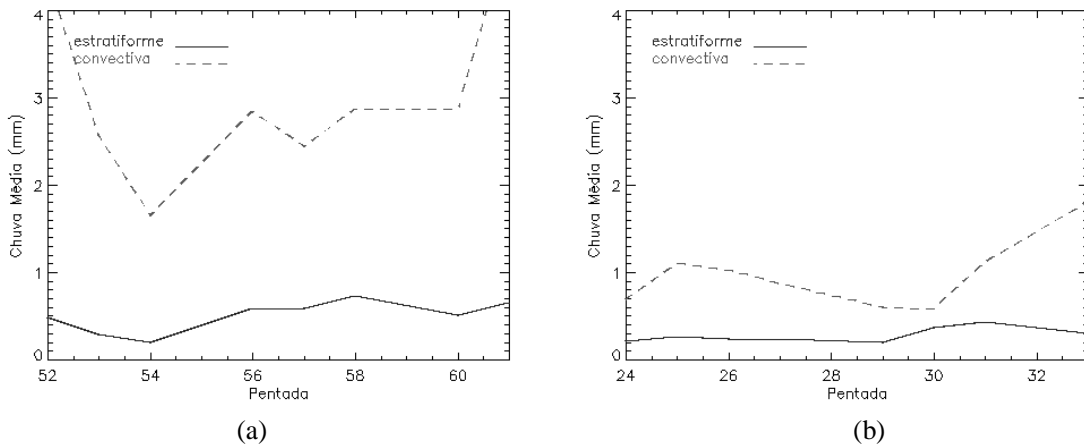


Figura 3 – Precipitação média estratiforme e convectiva estimada pelo TRMM/PR para a) IEC de 2007 e b) FEC de 2008 sobre a BAC.

#### 4. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, tem-se que o campo de  $\overline{ROL_{ant}}$  para o período de IEC é um bom indicativo de quando a EC é estabelecida na região da BAC. Entretanto, a data de FEC estimada da série de  $\overline{ROL_{ant}}$  é

uma ou duas pântadas antes da data quando a precipitação estimada pelo satélite TRMM   ausente na região da BAC. Esse fato pode ser justificado pela maior frequência absoluta de precipitação estratiforme, principalmente durante o FEC. Logo, esse trabalho vem confirmar que o método é mais apropriado para determinar o IEC que o FEC, em virtude de sua característica convectiva, e que a precipitação estratiforme   de grande importância e deve ser considerada para um melhor entendimento sobre os processos de determinação das datas de IEC e FEC sobre a região tropical.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e   Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento do auxílio financeiro.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWAKA, J., T. IGUCHI, H. KUMAGAI, and K. OKAMOTO. Rain type classification algorithm for TRMM precipitation radar. *Proc. 1997 Int. Geoscience and Remote Sensing Symp.*, Singapore, IEEE, 1633–1635, 1997.

GAN, M. A., KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. F. The South America monsoon circulation and its relationship to rainfall over West-Central Brazil. *J. Climate*, 17, 47-66, 2004.

GARCIA, S. R.; KAYANO, M. T. Determination of the onset dates of the rainy season in the Central Amazon with the equatorially antisymmetric Outgoing Longwave Radiation. *Theor. Appl. Climatol.*, 97, 361-372, 2009a.

GARCIA, S. R., KAYANO, M. T. Início e fim da esta o chuvosa na Bacia Amaz nica Central: monitoramento com dados de precipitação estimada pelo satélite TRMM. III Simp sio Internacional de Climatologia, 18-21 outubro, Canela, RS, 2009b.

HOUZE, R. A.: Cloud clusters and large-scale vertical motions in the tropics. *Journal Meteor. Soc. Japan*, 60, 396 – 410, 1982.

HOUZE, R. A., Jr. *Cloud Dynamics*. Academic Press, 573 pp, 1993.

IGUCHI, T., T. KOZU, R. MENEGHINI, J. AWAKA, and K. OKAMOTO. Rain-profiling algorithm for the TRMM Precipitation Radar. *J. Appl. Meteor.*, 39, 2038–2052, 2000.

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

LIEBMANN, B.; SMITH, C. A. Description of complete (interpolated) outgoing longwave radiation data set. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 1275-1277, 1996.

MARENGO, J.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V. E.; FILIZOLA, N.; WAINER, I. On the onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. *J. Climate*, 14, 833-852, 2001.

MURAKAMI, T.; NAKAZAWA, T. Transition from the southern to northern hemisphere summer monsoon. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 1470-1486, 1985.

SCHUMACHER, C., and HOUZE, R. A.: Stratiform Rain in the Tropics as Seen by the TRMM Precipitation Radar. *J. Climate*, 16, 1739–1756, 2003a

SCHUMACHER, C., and HOUZE, R. A.: The TRMM precipitation radar’s view of shallow, isolated rain. *J. Appl. Meteor.*, 42, 1519–1524, 2003b.