

# INÍCIO E FIM DA ESTAÇÃO CHUVOSA NA BACIA AMAZÔNICA CENTRAL: MONITORAMENTO COM DADOS DE PRECIPITAÇÃO ESTIMADA PELO SATÉLITE TRMM

*Sâmia Regina Garcia<sup>1</sup>, Mary Toshie Kayano<sup>2</sup>*

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

**RESUMO:** O Início da Estação Chuvosa (IEC) de 2006 e o Fim da Estação Chuvosa (FEC) de 2007 são investigados na região da Bacia Amazônica Central (BAC). A análise é feita utilizando estimativas de precipitação baseadas no satélite “Tropical Rainfall Measuring Mission” (TRMM). Em um trabalho anterior, os autores determinaram as datas de IEC na BAC para o período de 1979-2005. A determinação dessas datas foi baseada no campo de Radiação de Onda Longa anti-simétrico em relação ao equador ( $ROL_{ant}$ ). O campo de  $ROL_{ant}$  médio na BAC para o período de IEC de 2006 fornece uma boa indicação de quando a estação chuvosa é estabelecida na região. Entretanto, a data de FEC de 2007 estimada da série de  $ROL_{ant}$  é uma ou duas pênadas antes da data quando a precipitação é ausente na região da BAC. Logo, o método parece ser mais apropriado para determinar as datas de IEC que de FEC.

**ABSTRACT:** ONSET AND DEMISE OF THE RAINY SEASON OVER CENTRAL AMAZON BASIN: MONITORING WITH TRMM-BASED PRECIPITATION DATA

Onset of the rainy season (ONR) of 2006 and the demise of the rainy season (DER) of 2007 are investigated over the Central Amazon Basin (CAM). Analysis is done using the TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)-based precipitation. In a previous paper, the authors determined the ONR dates in the CAM for the 1979-2005 period. 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 2006 gives a reasonable indication of when a rainy season is established in the region. However, the DER date estimated from the  $AOLR$  time series is one to two pentads before the date when rainfall is absent in the CAM region. It seems that the method is more appropriated to determine the ONR than the DER dates.

**Palavras-Chave:** Monção na América do Sul, Estação Chuvosa, precipitação

## 1. INTRODUÇÃO

A América tropical é conhecida como um dos três centros convectivos mais ativos e intensos do globo e, em adição a essa característica, pode-se observar ainda a existência de sistemas monçônicos nas Américas que, juntamente com a Ásia, formam as principais regiões do globo com variações sazonais de precipitação. Logo, como o Sistema de Monção da América do Sul (SMAS) configura-se o maior componente dos regimes de precipitação de verão deste continente, o conhecimento do Início e Fim da Estação Chuvosa (IEC e FEC, respectivamente) para a região é de grande importância para a sociedade em geral e tem sido o foco de vários estudos.

Kousky (1988) determinou o IEC e o FEC climatológico na América do Sul usando dados de Radiação de Onda Longa (ROL) para o período de 1979 a 1987. O IEC (FEC) era dado quando o valor climatológico de ROL estivesse abaixo (acima) de  $240 \text{ W/m}^2$  em uma pênada e desde que 10 das 12 pênadas anteriores apresentassem valores acima (abaixo) de  $240 \text{ W/m}^2$  e 10 das 12 pênadas subsequentes continuassem com valores abaixo (acima) de  $240 \text{ W/m}^2$ . Ele determinou que, geralmente, o início desenvolve-se de noroeste a sudeste e, o fim, ocorre na direção noroeste. Marengo et al. (2001) analisaram o IEC e o FEC na Bacia Amazônica brasileira para o período de 1979 a 1996 definindo as datas através de um critério semelhante ao de Kousky (1988), mas usando valores limítrofes de precipitação. Eles também encontraram que o início progride na direção sudeste e, o fim, na direção norte, sendo este mais lento que o primeiro. Utilizando um índice combinado de precipitação e vento, Gan et al. (2004) identificaram as pênadas de IEC e FEC para a região Centro-Oeste do Brasil no período de 1979 a 2000. Eles confirmaram os resultados obtidos por Kousky (1988), Horel et al. (1989) e Marengo et al. (2001) no que concerne à direção noroeste-sudeste de propagação da convecção associada ao SMAS. Cabe ressaltar que todos esses métodos de detecção de IEC e

FEC são baseados em valores limítrofes de precipitação ou ROL. Entretanto, Marengo et al. (2001) mostraram que as datas de IEC são bastante sensíveis ao valor limítrofe escolhido, já que o sentido de propagação da convecção para sudeste, característica do SMAS, se inverte quando tal valor é duplicado.

Assim, sem a utilização de valores limítrofes, Garcia e Kayano (2008), referenciado a partir de agora como GK (08), desenvolveram uma nova metodologia de detecção do IEC para regiões do SMAS. 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 ( $ROL_{ant}$ ), GK (08) 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 Bacia Amazônica Central (BAC), limitada por 2,5°S, 10°S, 62,5°W e 55°W. Compostos de algumas variáveis foram feitos e os mesmos apresentaram aspectos evolutivos fisicamente consistentes para o período de IEC. Logo, o presente trabalho propõe analisar, para fins de monitoramento, dados de precipitação nas datas de IEC e FEC encontradas por esse novo método na região da BAC para a estação chuvosa de 2006-2007.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Foram utilizados dados diários de ROL obtidos de um satélite de órbita polar da “National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA), os quais foram interpolados (Liebmann e Smith, 1996). Os dados de ROL encontram-se disponíveis em uma grade com espaçamento de 2,5° de latitude por longitude, estão disponíveis no site <http://www.cdc.noaa.gov> e foram selecionados para o período de 25 de julho a 26 de novembro de 2006 e de 6 de abril e 8 de agosto de 2007. Inicialmente, foram calculadas pântadas com o intuito de se evitar efeitos de transientes de mais alta frequência nas análises, que correspondem às pântadas de 42 a 66 de 2006 e 20 a 44 de 2007.

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  $ROL_{ant}$  foram obtidas para a região da BAC utilizada por GK (08) para cada pântada dos dois anos selecionados.

Precipitação estimada pelo satélite “Tropical Rainfall Measuring Mission” (TRMM; Kummerow *et al.*, 2000) a cada 3 horas também são utilizadas para os mesmos períodos selecionados de ROL. Esses dados estão disponíveis em uma grade com espaçamento de 0,25° de longitude e latitude no site <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/data/datapool/TRMM/>. O produto utilizado é o 3B42. Os mapas são obtidos acumulando-se os valores a cada 5 dias não-sobrepostos.

## 3. RESULTADOS

A série temporal do  $\overline{ROL_{ant}}$ (2006) para o período de IEC de 2006, mostrado na Figura 1a, indica que a data de IEC é a pântada 53. Para fins de comparação, mapas de precipitação estimada pelo satélite TRMM foram obtidos para o período compreendido entre as pântadas 49 e 58 (Figura 2a). Na pântada 49, valores de precipitação acima de 6 mm/pântada são notados no noroeste da Amazônia, ao longo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Pacífico leste e o Atlântico, na América Central e no sudeste da América do Sul, quando pequenos valores negativos de  $\overline{ROL_{ant}}$ (2006) indicam fracas condições de convecção na região da BAC. A precipitação intensifica-se na Bacia Amazônica, incluindo a região da BAC na pântada 50, o que é consistente com o aumento na magnitude do valor negativo de  $\overline{ROL_{ant}}$ (2006). Nas próximas duas pântadas, a configuração permanece quase inalterada, com exceção do fato da precipitação estar reduzida na América Central e quase ausente na BAC. Consistentemente, o valor de  $\overline{ROL_{ant}}$ (2006)

permanecendo negativo, mas diminuindo em magnitude na pênstada 51 e tornando-se positivo na pênstada 52 é indicativo de condições secas na região da BAC. Na pênstada 53, valores acima de 6 mm/pênstada de precipitação são encontrados em grande parte da região que se estende do noroeste da Amazônia ao sudeste da América do Sul, incluindo a área da BAC. Gradualmente, esses valores de precipitação estendem-se da Bacia Amazônica, onde a precipitação mais intensa permanece, ao sudeste da América do Sul, o que resulta em um padrão bem estabelecido de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) nas pênstadas 57 e 58. A precipitação é ausente na América Central na pênstada 58.

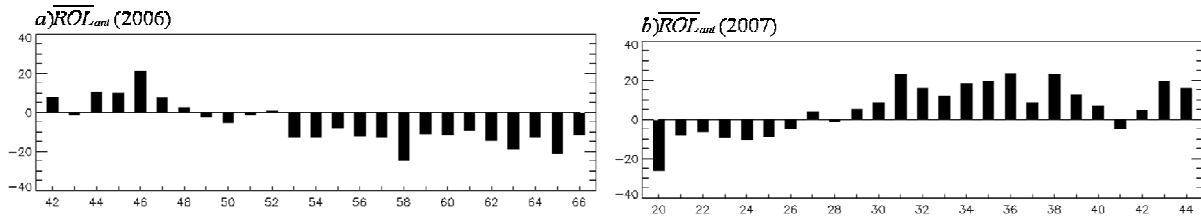


Figura 1 –  $\overline{ROL}_{int}$  sobre a BAC para: a) IEC de 2006 e b) FEC de 2007. As unidades do eixo das ordenadas são  $W / m^2$ .

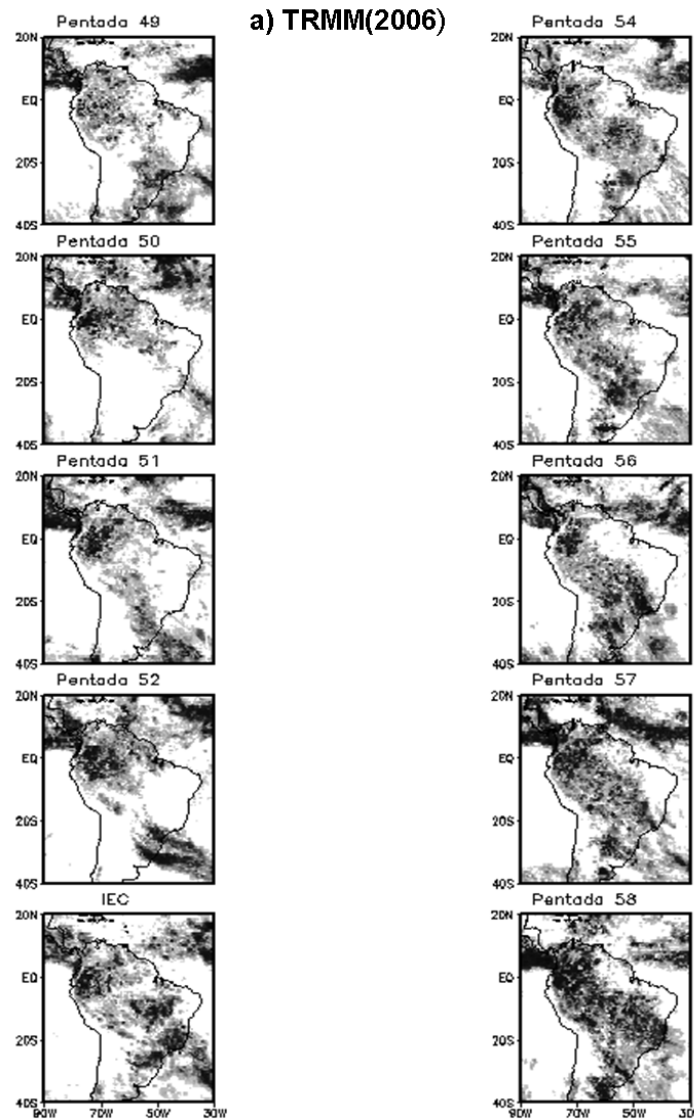


Figura 2 – Precipitação estimada pelo satélite TRMM para as pênstadas indicadas nas figuras para os anos de a) 2006 e b) 2007. Áreas hachuradas de claras a escuras indicam valores maiores que 6 mm/pênstada.

(continua)

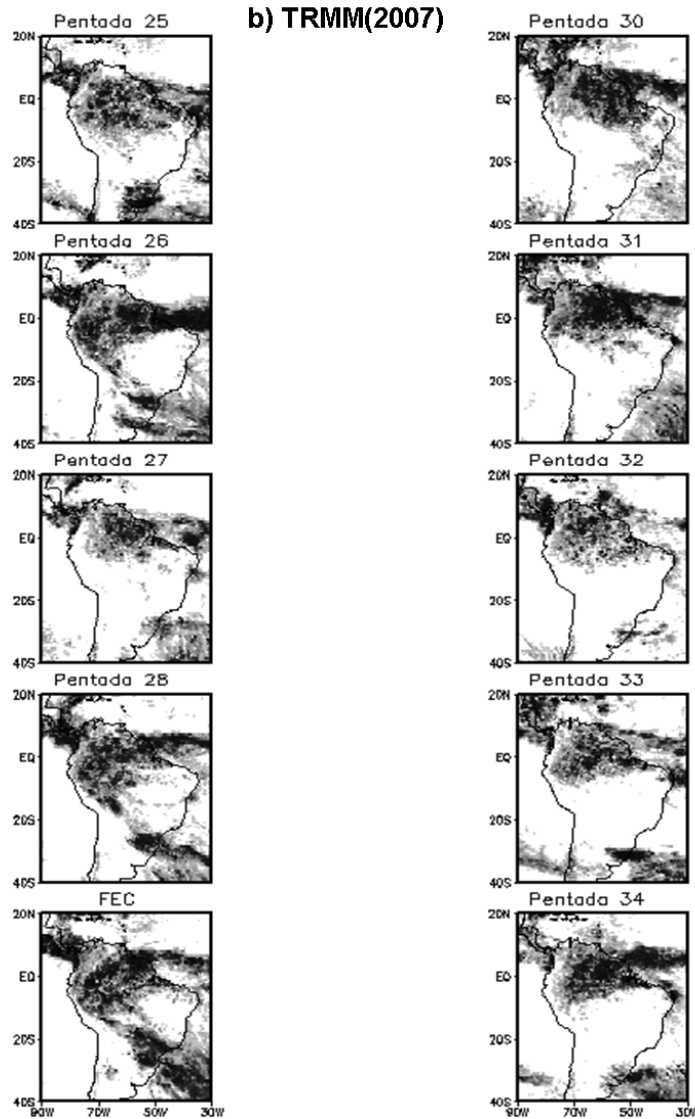


Figura 2 – Conclusão.

Consistentemente, os valores negativos de  $\overline{ROL_{ant}}(2006)$ , sendo a maioria deles menores que  $-10 W/m^2$ , são indicativos de condições úmidas na região da BAC da pântada 53 a 58. Além disso, os aspectos evolutivos da precipitação também são coerentes com as características evolutivas da convecção relacionadas à EC do SMAS descrita em trabalhos anteriores (Kousky 1988; Horel *et al.* 1989; Marengo *et al.* 2001; Gan *et al.* 2004). Assim, os valores de  $\overline{ROL_{ant}}(2006)$  para o período de IEC fornece uma boa indicação de quando as condições úmidas são estabelecidas na região da BAC.

A data de FEC é a pântada na qual acontece a mudança de sinal do  $\overline{ROL_{ant}}$  de negativo (presença de convecção) para positivo (ausência de convecção), contrário ao IEC. Assim, a série temporal do  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  entre as pântadas 20 e 44 de 2007 indica que o FEC deu-se na pântada 29 (Figura 1b). Assim, campos de precipitação estimada pelo satélite TRMM para o período compreendido entre as pântadas 25 e 34 são ilustrados na Figura 2b. Valores de precipitação acima de 6 mm/pântada podem ser notados no norte da Bacia Amazônica, região da BAC, ao longo da ZCIT no Pacífico leste e Atlântico na pântada 25, quando o valor negativo de  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  indica condições úmidas na BAC. Enquanto a precipitação é quase ausente no sudeste da Bacia Amazônica e intensifica-se na região da ZCIT do Atlântico, valores acima de 6 mm/pântada permanecem na região da BAC na pântada 26. Consistentemente, o valor negativo de  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  na pântada 26 indicam condições úmidas na região da BAC. A precipitação reduz-se

consideravelmente na pântada 27, com valores acima de 6 mm/pântada confinados no nordeste da Amazônia. Esse padrão é consistente com o valor pequeno, mas positivo do  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  na pântada 27. Precipitação acima de 6 mm/pântada é encontrada sobre grande parte da Bacia Amazônica, na região da BAC e ao longo da ZCIT no Pacífico leste e no Atlântico na pântada 28. O aumento da precipitação na pântada 28 é consistente com o  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  pequeno, mas negativo nessa pântada. O padrão de precipitação intensifica-se, em particular sobre o noroeste da Amazônia, ao longo da ZCIT no Pacífico leste e Atlântico e sobre a área incluindo o Suriname e a Guiana Francesa na pântada 29. Além disso, valores de precipitação acima de 6 mm/pântada são notados na região da BAC nessa pântada. O valor de  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  é positivo na pântada 29, o que não é consistente com a presença de precipitação acima de 6 mm/pântada na BAC. Entretanto, esse valor negativo de  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  é possivelmente devido à presença de precipitação intensificada sobre a área incluindo o Suriname e a Guiana Francesa, que é a região anti-simétrica à BAC no HN. Nas próximas pântadas, valores de precipitação acima de 6 mm/pântada são notados no norte da América do Sul e na América Central, quando os valores de  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  são positivos, que é indicativo de condições secas na região da BAC. A data estimada de FEC da série de  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  é uma ou duas pântadas antes da data quando a precipitação é ausente na região da BAC. Isso é devido ao fato de que o método proposto leva em consideração os aspectos convectivos inter-hemisféricos e, assim, o mesmo detecta a região com maior atividade convectiva entre duas regiões equatorialmente anti-simétricas.

#### 4. CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, tem-se que o campo de  $\overline{ROL_{ant}}(2006)$  para o período de IEC fornece uma boa indicação de quando a EC é estabelecida na região da BAC. Entretanto, a data de FEC estimada da série de  $\overline{ROL_{ant}}(2007)$  é uma ou duas pântadas antes da data quando a precipitação é ausente na região da BAC. Isso acontece provavelmente porque a convecção na área anti-simétrica à região da BAC no HN (Suriname e Guiana Francesa) é bem estabelecida nesse período devido à influência da ZCIT do Atlântico, enquanto precipitação ainda pode ser observada na BAC. Logo, o método parece ser mais apropriado para determinar o IEC que o FEC em ambos os hemisférios. Logo, a aplicação desse método pode ser estendida para as outras regiões tropicais monçônicas.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fornecimento do auxílio financeiro.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.*, 2008. DOI: 10.1007/s00704-008-0080-y.

HOREL, J. D.; HAHMANN A. N.; GEISLER J. E. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *J. Climate*, 2, 1388-1403, 1989.

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

KUMMEROW, C.; e co-autores. The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit. *J. Appl. Meteorol.*, 39, 1965-1982, 2000.

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.