

Análise do comportamento da precipitação estimada por satélite sobre áreas de intenso desmatamento na Amazônia Legal

Rômulo Augusto Jucá Oliveira¹, Carlos Frederico de Angelis²

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais – INPE/CPTEC/DSA
e-mails: romulo.augusto@cptec.inpe.br¹, carlos.angelis@cptec.inpe.br²

ABSTRACT: This study aimed to analyze the spatial-temporal distribution of rainfall over an area (25 km x 25 km) considered heavily deforested in the Amazon basin. For this analysis, we used the SRTM topography of this area, precipitation estimates from the monthly TRMM rainfall product 3B43_V6 during the period 1998 to 2009, and annual deforestation estimates from PRODES Digital during the period 2000 to 2008. The monthly, seasonal and annual mean rainfall and rainfall anomalies were calculated, along with the survey (spatial) deforestation, over the entire grid and sub-grids (5 km x 5 km), making it possible to identify the distinct characteristics of these surfaces. In general, it was noted that deforestation and topography appear to exert a certain influence on precipitation, such as in their maximum and minimum centers. This influence is most evident on its seasonal distribution during the less rainy seasons and less visible during the rainy seasons.

Palavras-Chave: Estimativa de Precipitação, Desmatamento, Amazônia.

1 – INTRODUÇÃO

O clima amazônico, caracterizado por um complexo sistema de interações de diversos fenômenos meteorológicos, é determinado pela nebulosidade e o regime de precipitação (Fisch et al., 1998). Entretanto, a topografia e os sistemas de grandes rios também exercem um papel importantíssimo nos padrões anômalos de precipitação.

A precipitação na Amazônia apresenta uma grande variabilidade tanto espacial, quanto temporal (Figueroa e Nobre, 1990). Todavia, devido à baixa densidade de pluviômetros e o difícil acesso em determinados setores, estimativas de precipitação por satélites vêm, alternativamente, para contribuir com um aprimoramento no conhecimento do regime da precipitação, através de uma análise mais detalhada, sobre a região.

E tendo em vista que os processos de mudança do uso e na cobertura da terra entraram nas discussões globais de meio ambiente há algumas décadas, a partir do conceito de que processos que ocorrem na superfície do planeta influenciam o clima (Valeriano et al., 2005). A partir disto e devido a importância de se estudar a interação entre floresta e clima, Durieux et al. (2003), Machado et al. (2004), Negri et al. (2004) e Wang et al. (2009), mostraram que em áreas desmatadas sobre a Amazônia, observaram-se alterações no padrão de nebulosidade e, conseqüentemente, na precipitação sobre as localidades em estudo, concordando com os estudos de Cutrim et al (1995) e com as simulações numéricas de Silva Dias et al. (2002).

O desmatamento, que vem apresentando-se bastante acentuado (com determinadas variações a cada ano) sobre diversas áreas da Amazônia Legal. Somente no ano de 2008, foi detectada uma taxa de 12.911 km²/ano, para toda a Amazônia, segundo as estimativas do PRODES. Desta forma, tal trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espaço-temporal da precipitação através de dados advindos de satélites (algoritmo 3B43 do *TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission*), sobre uma área com elevadas taxas de desmatamento na Amazônia Legal, detectada pelo Projeto *PRODES (Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia) Digital* do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

2 - DADOS E METODOLOGIA

Neste trabalho, utilizaram-se as estimativas do satélite TRMM, que é equipado com um radar meteorológico, um sensor de microondas passivo e um sensor óptico no infravermelho (para mais detalhes acesse: <http://trmm.gsfc.nasa.gov>). Especificamente, foram usados os acumulados médios mensais de janeiro de 1998 a dezembro de 2009 do algoritmo 3B43 Versão 6 (3B43_V6), que é uma combinação entre os sensores infravermelhos, *SSM/I* (*Special Sensor Microwave/Imager*) com informações de pluviômetros produzidas pelo *GPCC* (*Global Precipitation Climatology Center*). A saída dos dados 3B43_V6 mostra o valor mensal da precipitação em cada ponto de grade cuja resolução espacial é de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, para regiões compreendidas entre 50°N-S . Mais detalhes sobre o algoritmo podem ser vistos em <http://trmm.gsfc.nasa.gov/3b43.html>.

Com relação à área de estudo, foi considerada uma “Caixa” com resolução espacial (grade) de 25 km por 25 km, entre as latitudes 5.5°S e 8°S e longitudes 53°W e 50.5°W , sobreposta aos redores do município de São Félix do Xingú, à chamada “Terra do Meio”, localizado no Estado do Pará (Leste da Amazônia Legal) (Figura 1-a). Tal Caixa apresenta diferentes tipos de topografia (Figura 1-b), com um histórico de elevadas taxas de desmatamento, principalmente nos últimos 10 anos, segundo as estimativas do Projeto PRODES e as estatísticas do *SAD* (*Sistema de Alerta de Desmatamento*) do *IMAZON* (*Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia*) (Souza Júnior et al., 2009).

Para a análise do comportamento/evolução do desmatamento sobre a Caixa em estudo, utilizaram-se os dados do Projeto PRODES Digital, que consiste num método de processamento computacional de imagens, relacionado ao mapeamento e à estimativa anual (a partir de 2000) de desflorestamento sobre a Amazônia Legal. Esta estimativa é feita através da interpretação de imagens do Sensor *TM* (*Thematic Mapper*) do satélite Americano Landsat (cerca de 230 cenas/ano) de áreas desflorestadas por corte raso e superiores a 6,25 ha, estimando a extensão do desmatamento bruto, referente a uma data base (CÂMARA et al., 2006). Mais sobre o PRODES Digital pode ser visto em: www.dpi.inpe.br/prodesdigital/. Neste trabalho foi utilizado o período de 2000 até 2008, tendo como base o ano de 1997. A resolução espacial dos dados é de 60 m por 60 m.

Primeiramente, a partir das estimativas do algoritmo 3B43_V6, foram elaboradas as médias e anomalias mensais, sazonais, anual da precipitação e com os dados do Projeto PRODES Digital, foi realizado um levantamento (espacial) do desmatamento durante o período selecionado, identificando as partes mais desmatadas dentro da Caixa. Em seguida, tal Caixa foi subdividida em 25 partes (C1 à C25), conforme a Figura 1, com resoluções de 5 km por 5 km, possibilitando identificar as diversas características das sub-caixas, com: 1) florestas; 2) início do desmatamento; 3) desmatamento intenso durante o período de estudo; 4) desmatamento aproximadamente estável, depois de um intenso desmatamento; 5) outro tipo de vegetação (savana); 6) hidrografia (rios); 7) presença de nuvens; e 8) topografia. Investigando o comportamento da precipitação sobre estes diferentes tipos de coberturas.

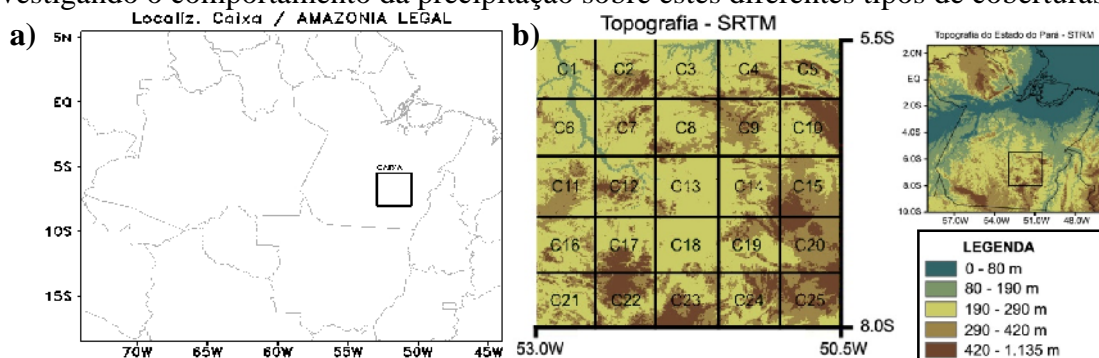


Figura 1 - a) Localização da Caixa em estudo sobre a Amazônia Legal e b) Topografia *STRM* (*Shuttle Radar Topography Mission*) das sub-grades e do Estado do Pará.

3 - RESULTADOS

3.1 - Desmatamento PRODES Digital

Tendo em vista as taxas/estimativas de desmatamento anual (desde 2000) para toda a Amazônia Legal, disponíveis através do Projeto PRODES Digital, conforme descritas na metodologia, a Fig. 2 apresenta o levantamento espacial do desmatamento a partir do ano de 2000 até o ano de 2008, tendo como base o ano de 1997, ou seja, o desmatamento ocorrido até 1997, para a Caixa em estudo. Nota-se em geral, que o maior predomínio de áreas florestadas, em comparação com as demais classes, vem perdendo espaço para áreas e desmatadas, ou seja, o desmatamento evoluiu de forma intensa durante o período em estudo, com alguns polígonos até mesmo sobre áreas de proteção, neste caso Terras Indígenas (aos redores da caixa C10 e entre as caixas C16-19 e C21-24), vistos na Fig. 2-b.

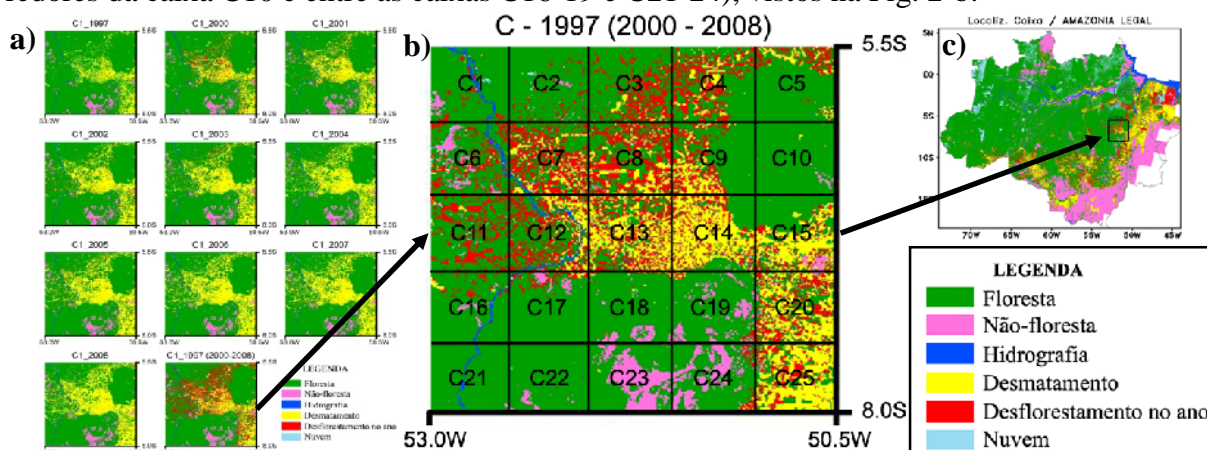


Figura 2 – Desmatamento PRODES Digital sobre a Caixa em estudo. a) Evolução anual do desmatamento de 1997 a 2008; b) Desmatamento acumulado entre 2000 e 2008 (vermelho) nas sub-caixas em estudo; e c) representação da Caixa em toda a Amazônia Legal.

3.2 - Precipitação estimada pelo 3B43_V6

A Amazônia, em especial, o Estado do Pará recebe precipitação praticamente durante todo o ano, com os maiores valores na região costeira, desde o Amapá até o nordeste paraense, chegando a 3.600 mm/ano na parte central da Ilha do Marajó (Fig. 3-a). Esses altos valores de pluviosidade distribuem-se diferentemente ao longo do ano e com características regionais distintas. Em geral, a época chuvosa começa em janeiro e tem duração de cinco a seis meses, sendo o mês de março mais chuvoso, fato que é justificado pela intensificação dos efeitos locais associados à presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que segundo (Souza e Ambrizzi, 2003) a manifestação conjunta desses dois sistemas contribui diretamente para ocorrências dos anuais de chuva na maior parte do território brasileiro. A época menos chuvosa, onde predominam as chuvas de caráter convectivo, abrangem os demais meses do ano, sendo que o período de maior estiagem ocorre entre os meses de outubro e novembro (Fig. 3-b).

Com relação à Caixa em estudo, nota-se que os maiores valores médios anuais da precipitação estão em torno de 2.250 mm, especificamente sobre as Caixas C13 e C14, com os mínimos sobre a Caixa C9 (Fig. 4-a). Tais núcleos máximos, sobre as Caixas C13 e C14, apresentam-se bastante evidentes em grande parte do ano. Os maiores contrastes são observados, principalmente, nos trimestres “secos”, tais como, JJA (junho-julho-agosto) e SON (setembro-outubro-novembro). Durante a transição do período menos chuvoso para o mais chuvoso (SON), notam-se que os núcleos máximos de chuva tomam uma orientação não somente relacionada à topografia (Fig. 1-b), mas também ligada as áreas desmatadas (Fig. 2-b), com um núcleo máximo sobre a Caixa C13 (Fig. 4-b). O ano de 1998 (2000) se destaca, apresentando anomalias bastante negativas (positivas), por volta de $-(+)$ 800 mm/ano (Fig. 5-a), com contribuições advindas das suas estações (mais e menos chuvosas) (Fig. 5-b).

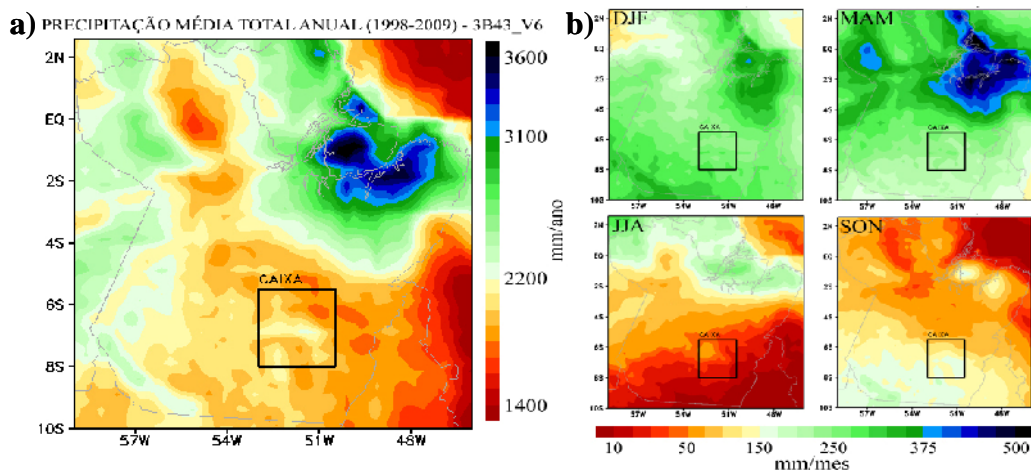


Figura 3 – a) Precipitação média total anual em mm/ano e b) Precipitação média sazonal em mm/mês, durante o período de janeiro de 1998 a dezembro de 2009 pelo 3B43_V6, para o Estado do Pará com destaque a caixa em estudo.

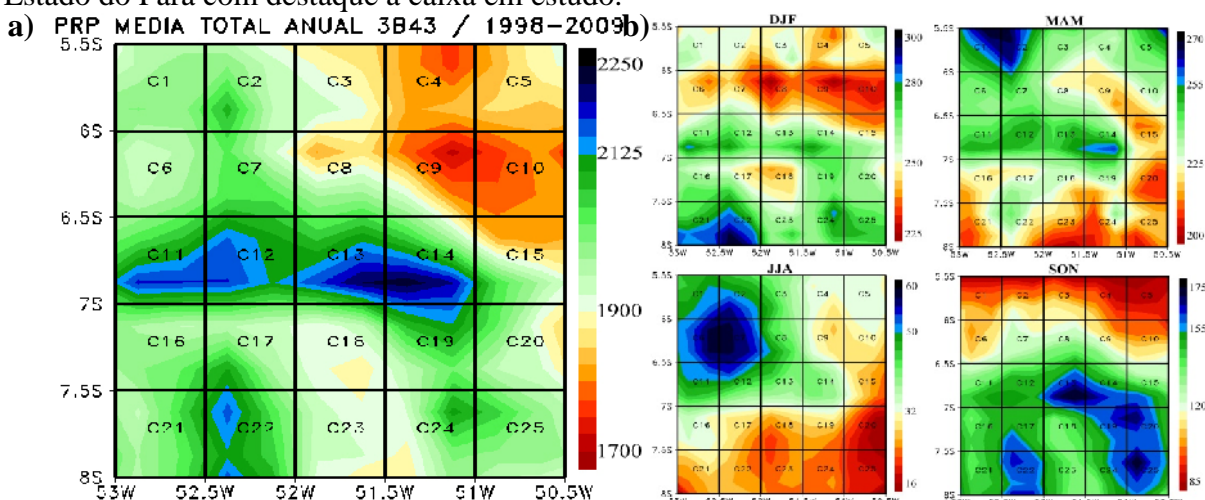


Figura 4 - a) Precipitação média total anual em mm/ano e b) Precipitação média total sazonal em mm/mês, para toda a Caixa e suas subdivisões (C1 a C25) em estudo, para o período de 1998 a 2009, através do algoritmo 3B43_V6.

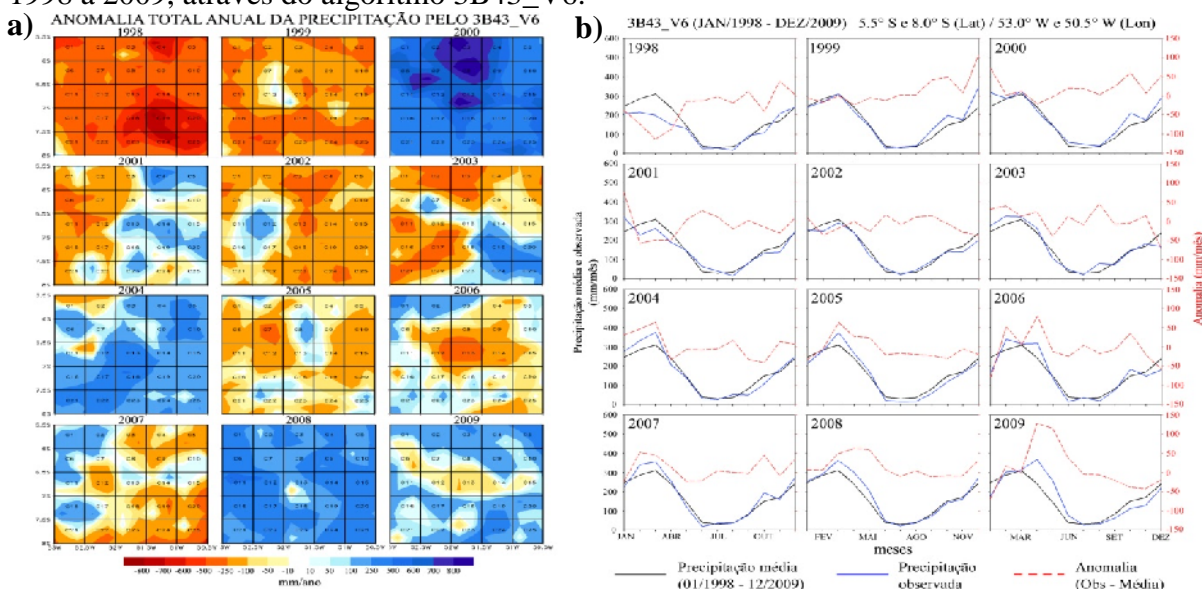


Figura 5 – Precipitação estimada pelo 3B43_V6 (janeiro de 1998 a dezembro de 2009), para Caixa em estudo. a) Anomalia total anual e b) Ciclo anual médio, observado e suas anomalias.

4 – CONCLUSÕES

Através dos dados de estimativas de precipitação do satélite TRMM (3B43_V6), das estimativas anuais de desmatamento do Projeto PRODES Digital e tendo como base a topografia através dos dados do SRTM, notou-se, em geral, que o desmatamento, assim como a topografia, parece exercer uma determinada influência no comportamento da precipitação, tal como, em seus núcleos máximos e mínimos. Os núcleos máximos sobre a área desmatada apresentaram-se não somente durante o período seco (mais evidente), mas também durante a estação chuvosa, porém, não muito pronunciado, assim como em Silva Dias et al. (2002) e Durieux et al. (2003). Tais núcleos mais intensos encontrados, principalmente, sobre as áreas desmatadas, durante grande parte do ano, podem estar associados, ao maior aquecimento gerado sobre estas localidades, ativando os sistemas convectivos, influenciados pelos sistemas de meso e grande escala, acarretando numa mudança no padrão de nebulosidade e conseqüentemente num aumento da precipitação.

Os resultados encontrados na Caixa em estudo mostraram-se de acordo com os estudos de Machado et al. (2004), onde evidenciaram-se diferenças regionais no regime de precipitação mais marcantes durante o período seco (mais sazonalmente). E que, possivelmente, os altos valores encontrados sobre as regiões desmatadas, durante SON, podem estar ligadas eventos intensos, visto que, durante este período (transição seco-chuvoso) há maiores ocorrências.

Com isso, o monitoramento e detecção de áreas desmatadas, realizado pelo Projeto PRODES, apresentou-se como uma ferramenta de suma importância para estudos de impactos no ciclo hidrológico, neste caso na precipitação, devido ao desmatamento. Portanto, baseado nesta idéia, este trabalho espera ter contribuído para uma melhor compreensão do impacto causado pelo desmatamento na precipitação sobre a Amazônia Legal.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÂMARA, G.; VALERIANO, D. M.; SOARES, J. V. Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal. São José dos Campos: INPE, 2006. 24 p. Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>.
- CUTRIM, E.; MARTIN, D.W.; RABIN, R. 1995: Enhancement of cumulus clouds over deforested lands in Amazonia. *Bul. of Am. Met. Soc.*, 76(10), 1801-1805.
- DE SOUZA, E. B., AMBRIZZI, T. 2003: Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. *Climanálise (CPTEC/INPE)*.
- DURIEUX, L, MACHADO, L. A. T., LAURENT, H. 2003: The impact of deforestation on cloud cover over the Amazon arc of deforestation. *R. Sens. of Env.*, V. 86, pp. 132-140.
- FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C. A. Precipitation distribution over Central and Western tropical South America. *Climanálise*, v. 5, n.6 p. 36-44, Jun. 1990.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. 1998: Uma revisão geral do clima da Amazônia. *Acta Amazonica*, 28(2): 101-126.
- MACHADO, L.A.T.; LAURENT, H.; DESSAY, N.; MIRANDA, I. 2004: Seasonal and diurnal variability of convection over the Amazonia: a comparison of different vegetation types and large scale forcing. *Theo. and Ap. Clim.*, v. 78, n. 1-3, p. 61-77.
- NEGRI, A. J., ADLER, R. F., XU, L., SURRATT, J. 2004: The impact of Amazonian deforestation on dry season rainfall. *J. Clim.*, 17, 1306–1319.
- SILVA DIAS, M. A. F.; PETERSEN, W.; SILVA DIAS, P.; CIFELLI, R.; BETTS, A. K.; GOMES, A. M.; FISCHI, G. F.; LIMA, M. A.; LONGO (IC), M.; ANTONIO, M. A.; ALBRECHT, R. I. 2002: A case study of the organization of convection into precipitating convective lines in the Southwest Amazon. *J. Geophys. Res.* vol. 107, p. 46.1 - 43.23.
- SOUZA JÚNIOR, C.; VERÍSSIMO, A.; HAYASHI, S. Transparência florestal da Amazônia Legal. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. Agosto de 2009.
- VALERIANO, D. M. e colaboradores. 2005: Detecção do desflorestamento da Amazônia Legal em tempo real - Projeto DETER. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. INPE. p. 3403-3409.
- WANG, J.; CHAGNON, F. J. F.; WILLIAMS, E. R.; BETTS, A. K.; RENNO, N. O.; MACHADO, L. A. T.; BISHT, G.; KNOX, R.; BRAS, R. L. 2009: Impact of deforestation in the Amazon basin on cloud climatology. *PNAS*, 106, 3670-3674.