

CARACTERÍSTICAS DA NEBULOSIDADE MÉDIA SOBRE OS TRÓPICOS DA AMÉRICA DO SUL DURANTE O EXPERIMENTO WETAMC-TRMM/LBA.

JORGE CONRADO CONFORTE¹
CLAUDIA CRISTINA DOS SANTOS¹
NELSON JESUS FERREIRA¹

¹INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{conforte, claudiac, nelson}@ltid.inpe.br

Abstract: This study deals with synoptic scale features of cloudiness over tropical South America during the first Wet Season Atmospheric Mesoscale Campaign (WETAMC) of the Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA) and the validation of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), during the January to February, 1999 period. The analysis was done using digital infrared images from GOES-8 satellite. The obtained results show that during the study period the spatial variability of cloudiness in the tropics is mostly related to squall lines, which originated on the northern coast of Brazil, and the convective activity in central Amazon basin and along the South Atlantic Convergence Zone. Analysis of the percentage of cloudiness over a number of sub-regions of 2 x 2 degrees of latitude/longitude box shows that the diurnal cycle is well defined along the northern coast of Brazil and in central Amazon basin reaches a maximum around 1500 LST.

Keywords: diurnal cycle, cloudiness, tropics.

1. Introdução

Durante a primeira campanha “*Wet Season Atmospheric Mesoscale Campaign*” (WETAMC) do experimento *Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia* (LBA) que ocorreu em conjunto com a missão *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) no período de 10 de Janeiro a 28 de Fevereiro de 1999, no estado de Rondônia (Silva Dias et al., 2001), houve um esforço considerável para a compreensão das características de mesoescala dos sistemas de tempo na Amazônia (e.g., Rickenbach et al., 2001; Cifelli et al., 2001; Petersen and Rutledge, 2001).

Durante esse experimento, Rutledge et al (2000) observaram que o desenvolvimento de sistemas convectivos de mesoescala (MCSs) ocorrem sob dois regimes meteorológicos distintos: monsonico e “break”. No primeiro caso, há um domínio de ventos de oeste/noroeste, umidade relativa alta e muita precipitação; no segundo, os ventos são de leste, a atividade convectiva ocorre num ambiente muito mais seco. Além disso, Rickenbach et al (2001) e Cifelli et al (2001), sugerem que os distintos regimes de vento (leste/oeste) observados durante o WETAMC controlam a precipitação local e estão associados com o deslocamento de sistemas frontais no SE do Brasil. Com o intuito de contribuir para a compreensão do comportamento atmosférico nos trópicos, o presente estudo analisa a variabilidade espacial e temporal da nebulosidade durante esse experimento, via imagens do canal infravermelho do satélite GOES-8.

2. Dados e Metodologia

As análises da variabilidade da nebulosidade apresentadas neste trabalho foram feitas utilizando-se imagens do canal infravermelho (11 μ m) obtidas pelo *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES-8). Este satélite apresenta uma órbita geoestacionária, e está localizado a uma altitude aproximada de 36.000 km sobre a região equatorial, longitude de 75 W. As análises foram feitas utilizando-se imagens em intervalos de 3 horas, durante o período de 07 de janeiro a 28 de fevereiro de 1999. As imagens possuem

resolução espacial de 8 km e foram obtidos da National Aeronautics and Space Administration (NASA) no seguinte endereço:

ftp: lake.nascom.nasa.gov/data/TRMM/Ancillary/TRMM_FE/LBA/GOES-8_TIFF.

O programa para a leitura dos dados e a obtenção dos histogramas cumulativos de temperaturas de brilho foi baseado em Byrne, (1999). O procedimento básico envolve: a) leitura e navegação das imagens em formato tiff, b) extração dos dados das sub regiões de interesse (área de 2° x 2° de latitude/longitude, representativas da costa norte do Brasil, ZCAS, e regiões central, norte, sul e oeste da Amazônia), e c) obtenção dos dados referentes aos histogramas cumulativos das temperaturas de brilho consideradas. As imagens médias utilizadas foram processadas utilizando-se o software Grads (Doty, 1997).

3. Resultados

3.1 Imagens de nebulosidade média

A seqüência de imagens infravermelho (**Figura 1**) do satélite GOES -8 (três em três horas) mostra a evolução média do ciclo diurno da nebulosidade na região tropical da América do Sul, durante o experimento WETAMC. Destacam-se as seguintes características:

- a) Ao longo da costa norte do Brasil e Suriname a variabilidade é marcante. Observa-se às 00:00Z a presença de uma linha de instabilidade que geralmente inicia-se no final da tarde com o estabelecimento da brisa marítima (Cohen, 1995). Com o passar do tempo, essa linha diminui de intensidade e desloca-se progressivamente para o interior do continente. Às 03:00 Z nota-se uma ampla banda de nuvens com atividade convectiva profunda, entre o norte do Ceará e a Ilha de Marajó.
- b) Às 6:00Z a costa norte do Brasil, Suriname e parte do Para estão livre de nebulosidade, mas a banda de nuvens continua deslocando-se para o interior do continente; às 09:00 Z ela desloca-se sobre o noroeste e nordeste do Pará. Observa-se também presença de células convectiva ao norte da Ilha de Marajó, cujo início se deu às 0900Z. Aparentemente, neste horário, ocorre uma menor cobertura de nuvens nos trópicos da América do Sul, mas a atividade convectiva na ITCZ encontra-se em desenvolvimento.
- c) Às 12:00Z observa-se bandas de nebulosidade principalmente na Amazônia oriental, ao longo da Cordilheira dos Andes, no Peru, e ao norte do Pará. Deve-se destacar a presença da linha de nebulosidade ao longo da costa norte do Brasil, que freqüentemente se estabelece no período da tarde. Com o passar do tempo, essa linha atinge máxima organização entre 18:00 e 21:00 Z, e a partir daí desloca-se progressivamente para o interior do continente, atingindo a intensidade mínima no período da manhã do dia seguinte.
- d) A partir das 15:00 Z a banda de nebulosidade estava relativamente mais organizada, deslocou-se para o interior do continente, estendendo do norte da Amazônia até o centro do Ceará; ela intensificou-se às 21:00 Z. Na costa Norte, nota-se o estabelecimento de uma nova linha de atividade convectiva que atinge a máxima intensidade às 21:00 Z. Assim, a imagem deste horário, mostra tanto a linha de instabilidade que se formou anteriormente na costa norte do Brasil, como a que também se originou na costa norte no dia anterior.

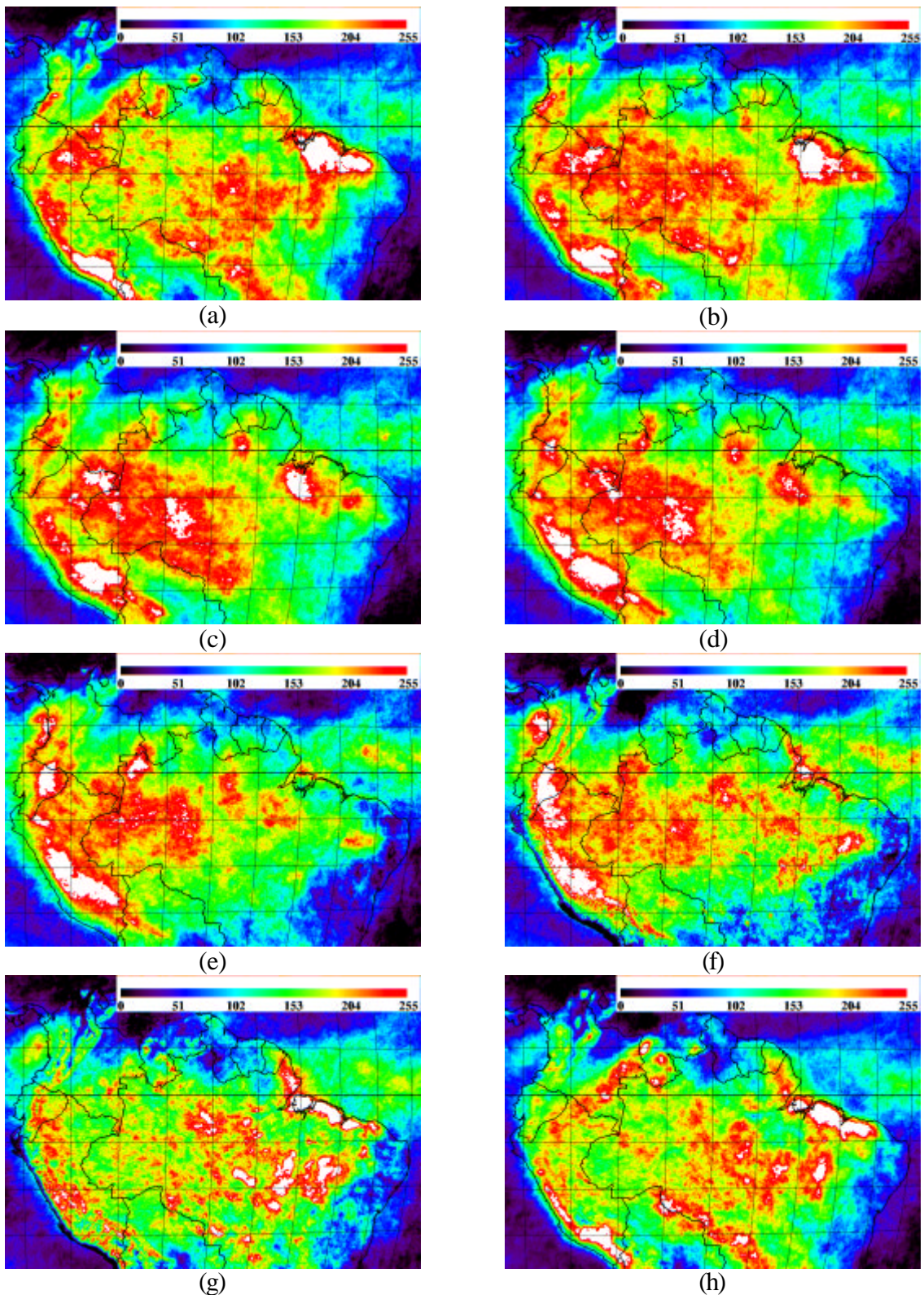


Figura 1: Imagens médias do satélite GOES-8, canal infravermelho, durante o experimento WETAMC: a)00:00Z, b)03:00Z, c)06:00Z, d)09:00Z, e)12:00Z, f)15:00Z, g)18:00Z, h) 21:00Z. A escala de cores correspondem aos níveis de cinza da imagem.

3.2 Ciclo diurno da nebulosidade

Apresenta-se a seguir uma descrição sucinta do comportamento do ciclo diurno da porcentagem de cobertura da nebulosidade ou da temperatura de brilho durante o WETAMC-TRMM/LBA. Temperaturas acima de 280K foram assumidas como sendo da superfície terrestre, abaixo deste valor elas foram consideradas como temperaturas de topos de nuvens. As análises foram feitas para as áreas representativas das seguintes regiões: Norte, centro e oeste da Amazônia, costa norte do Brasil, e ZCAS.

3.2.1 Região Norte da Amazônia

A **FIGURA 2a** mostra o histograma cumulativo médio da porcentagem de temperaturas de brilho, em intervalos de 10 K, em função do tempo (3 em 3 horas), sobre o Norte da Amazônia. Os valores maiores de temperatura da superfície terrestre (290-300 K) ocorrem por volta das 12hs, na vizinhança do máximo local; às 3:00hs, como esperado, a quantidade de pixels que apresenta esses valores de temperatura diminui significativamente. Embora não esteja bem caracterizado um comportamento típico do ciclo diurno, observam-se também valores na faixa de 270-290 K, que correspondem a temperaturas da superfície principalmente nos períodos da madrugada e amanhecer. No que se refere a atividade convectiva (200 a 250 K), ela não é acentuada, mas apresenta dois máximos: às 15:00hs e às 3:00hs da madrugada. Temperaturas na faixa de 250-260 K devem estar associadas à presença de nuvens medias na região.

3.2.2 Região Central da Amazônia

O histograma cumulativo de temperaturas de brilho mostrado na **Figura 2b** sugere que na região central da Amazônia, o ciclo diurno tem um comportamento bem caracterizado. O aumento de pixels com valores entre 290-300 K, indica a tendência natural dos valores mais elevados de temperatura da superfície terrestre ocorrer por volta das 12:00 hs; por outro lado, a atividade convectiva é mais profunda (190-230 K), e apresenta um máximo único em torno das 15:00hs. Além disso, o aumento de pixels na faixa 260-290 K, às 9:00hs, sugere a presença de nuvens baixas.

3.2.3 Região Oeste da Amazônia

Similarmente ao observado na região central da Amazônia, a atividade convectiva concentra-se em torno das 15:00 hs (**Figura 2c**); além disso, observa-se um aumento da área de pixels com temperaturas entre 190 a 210 K, aparentemente associada a nuvens cirrus oriundo da convecção na região. Por outro lado o aumento de pixels entre 280-300 K, às 12hs, denota o comportamento da temperatura da superfície terrestre, e os máximos de pixels nas faixas de 260-270 K e 270-280 K, respectivamente às 6:00hs e 9:00 hs revelam a presença de nuvens baixas.

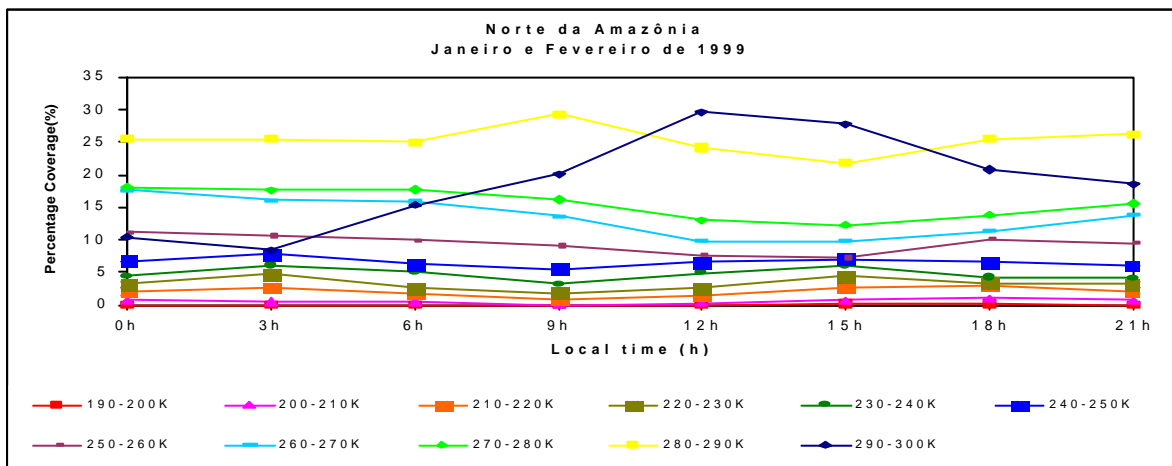
3.2.4 Costa Norte do Brasil

O padrão geral da porcentagem de cobertura de nuvens na costa norte do Brasil (**Figura 2d**) revela um ciclo diurno bem caracterizado. A atividade convectiva máxima ocorre por volta das 18:00hs, quando linha de cumulonimbos se forma na região. Observa-se que a atividade convectiva acentua-se a partir das 12:00 hs, mas decai rapidamente após as 18:00hs. Por volta da meia noite, o aumento de pixels com temperaturas baixas possivelmente deve-se a presença de cirrus e/ou restos de atividade convectiva do período anterior. Além disso, há evidencias de aumento de nuvens baixas (250-280 K) no final da

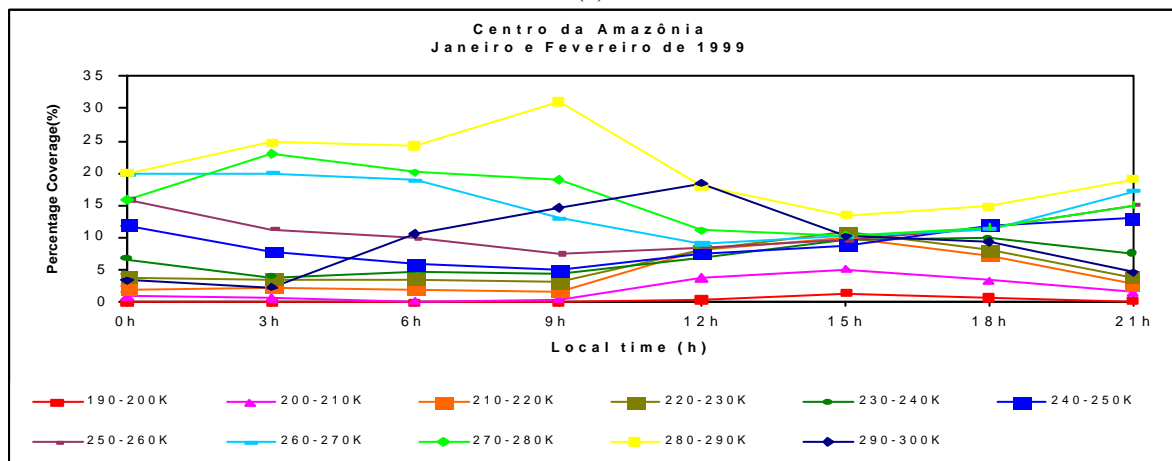
madrugada e início da manhã. A porcentagem da cobertura de pixels com temperaturas acima de 290 K aumenta rapidamente durante o dia, atingindo valores maiores entre 9 e 12hs. Por outro lado, o decréscimo de temperatura da superfície terrestre durante a noite não é tão acentuado como o observado durante o dia.

3.2.5 Região da ZCAS

A ZCAS (Kodama, 1992) é definida como sendo a banda de nebulosidade que tipicamente se observa no período de verão ao longo do eixo que se estende do sul da Amazônia até o oceano Atlântico Sudoeste. O histograma cumulativo na região representativa da ZCAS durante o WETAMC-TRMM/LBA revela que o ciclo diurno nesta região tem um comportamento organizado em termos de intensidade (**Figura 2e**). A atividade convectiva é máxima entre 15 e 18hs, e a cobertura de nuvens baixas (260 a 290 K) aumenta durante a madrugada. Por outro, como esperado, observa-se um aumento do número de pixels com temperaturas entre 300-310 K por volta de meio dia.

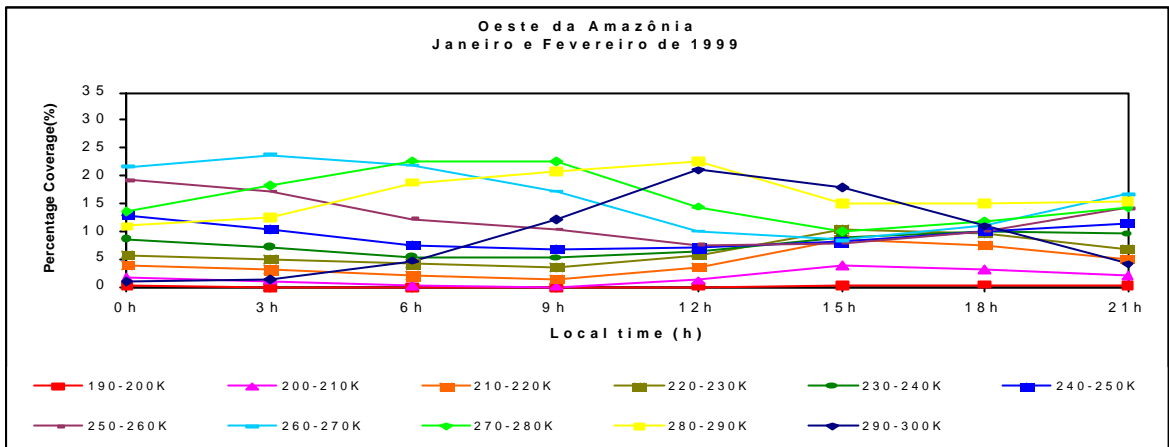


(a)

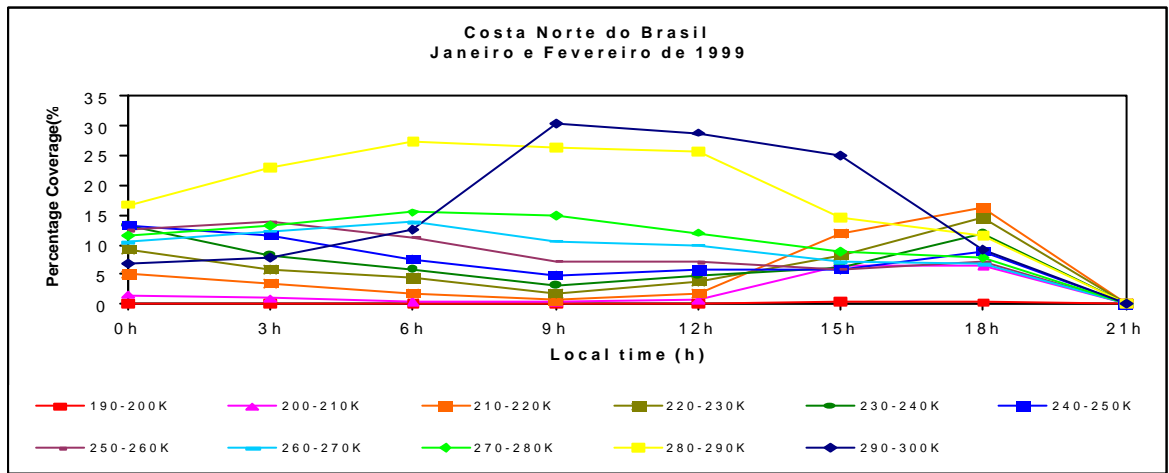


(b)

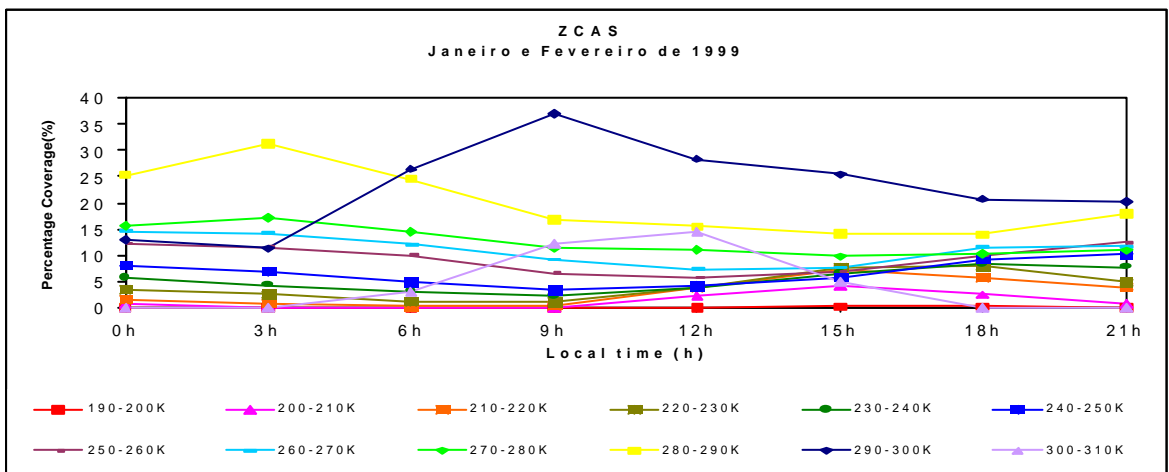
Figura 2: Histograma acumulativo da porcentagem de “pixels” associados a cobertura de nuvens presentes em sub-regiões representativas dos trópicos: a) Centro da Amazônia, b) norte da Amazônia, c) oeste da Amazônia, d) Costa Norte do Brasil e e) ZCAS



(c)



(d)



(e)

Continuação da Figura 2

4. Considerações Finais

Este trabalho analisa a evolução da nebulosidade média nos trópicos da América do Sul durante o experimento WETAMC-TRMM/LBA, em janeiro e fevereiro de 1999. As análises foram feitas utilizando-se imagens do satélite GOES-8. Os resultados obtidos revelam que do ponto de vista sinótico a variabilidade espacial da nebulosidade nos trópicos é modulada pelas

linhas de instabilidade que se estabelecem no período da tarde na costa norte do Brasil, e pela atividade convectiva na Amazônia e por zonas de convergência que se estendem do sul/sudoeste da Amazônia até o sudoeste do oceano Atlântico. Análise do ciclo diurno da percentagem de cobertura de nuvens (temperatura de brilho) em sub-regiões representativas dos trópicos sugerem que o ciclo diurno é bem caracterizado principalmente na costa norte do Brasil e na região central da Amazônia.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo projeto Interação Biosfera-Atmosfera em Mesoescala na Amazônia financiado pela FAPESP, Processo 1997/9926-9. O terceiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Processo Número 300486/96-0 pelo suporte.

5. Bibliografia

- Cifelli, R., W. A. Petersen, L. D. Carey, and S. A. Rutledge, 2001. Radar observations of the kinematic, microphysical, and precipitation characteristics of two MCSs in TRMM-LBA. *J. Geophys. Res.*, in review.
- Cohen, J.C.P.; Silva Dias, M.A.F.; Nobre, C.A. Environmental conditions associated with Amazonian Squall Lines: a case study. *Monthly Weather Review*, v.123, n.11, p.3163-3174, 1995.
- Byrne, M., 1999. An investigation into the spatial and diurnal variation of convective activity over tropical South America, using satellite data. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), School of Geography and Environmental Science, University of Birmingham, UK.
- Doty, B. E., J. L. Kinter III, M. Fiorino, D. Hooper, R. Budich, K. Winger, U. Schulzweida, L. Calori, T. Holt, and K. Meier, 1997. The grid analysis and display system (GrADS): An Update for 1997. In: 13th International Conference on IIPS for Meteorology, Oceanography and Hydrology, *Amer. Meteor. Soc.*, Longbeach, CA., p.117.
- Kodama, Y., 1992. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. *J. Meteor. Soc. Japan*, **70**, 813-836.
- Petersen, W.A., and S. A. Rutledge, 2001. Regional variability in tropical convection: observations from TRMM. *J. Climate*, accepted for publication.
- Rickenbach, T. M., R. N. Ferreira, J. Halverson, and M. A. F. Silva Dias, 2001. Meso-scale properties of convection in western Amazonia in the context of large-scale wind regimes. *J. Geophys. Res.*, in review.
- Rutledge, S. A., W. A. Petersen, R. Cifelli, and L. D. Carey, 2000. Early results from TRMM-LBA: kinematic and microphysical characteristics of convection in distinct meteorological regimes. Preprint Volume, *American Meteorological Society*, 24th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, Fort Lauderdale, Florida.
- Silva Dias, M. A. F., S. Rutledge, P. Kabat, P. L. Silva Dias, C. A. Nobre, G. Fisch, A. J. Dolman, E. Zipser, M. Garstang, A. O. Manzi, J. D. Fuentes, H. Rocha, J. Marengo, A. Plana-Fattori, L. Sá, R. Alvalá, O. Andreae, P. Artaxo, R. Gielow, and L. Gatti, 2000. Clouds and rain processes in a biosphere atmosphere interaction context in the Amazon Region. *J. Geophys. Res.*, in review.