

VARIABILIDADE INTERANUAL E SAZONAL DA ATIVIDADE CONVECTIVA SOBRE A AMÉRICA DO SUL UTILIZANDO DADOS DIGITAIS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Eduardo Batista de Moraes Barbosa
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Rod. Presidente Dutra, Km. 40 - Cachoeira Paulista - SP - 12630-000
eduardo@cptec.inpe.br

Iracema Fonseca Albuquerque Cavalcanti
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Rod. Presidente Dutra, Km. 40 - Cachoeira Paulista - SP - 12630-000
iracema@cptec.inpe.br

ABSTRACT

In this paper the daily infrared data are averaged monthly from 1996 to 1999 and the results are used to show the seasonal and interannual variability of convective activity over South America. The mean field of each season during the four years show the contrasts among the seasons. Concerning the interannual variability of the spring season, there are differences related to the organization of convection from the Amazonia region and Southeast Brazil. Specific analyses in several areas of South America show that there is not high variability with respect to the intensity of mean convective activity from year to year, but there is high interannual variation in number of days with strong activity in all the analyzed areas.

INTRODUÇÃO

A região tropical é caracterizada por grande variabilidade espacial e temporal da cobertura de nuvens devida às flutuações diurnas, interdiurnas e intrasazonais, que de uma forma geral, organizam a convecção em grandes aglomerados de nuvens (Guedes e Machado, 1998). Nos últimos anos surgiram várias técnicas que possibilitaram estimar precipitação de nuvens convectivas utilizando-se imagens de satélites meteorológicos geoestacionários (Adler and Negri, 1988; Arkin and Ardanuy, 1989; Ferreira and Oliveira, 1982). O processamento dos dados digitais das imagens de satélite possibilita uma análise objetiva das áreas de atividade convectiva e permite um registro de estimativa de precipitação em qualquer área, principalmente naquelas de difícil acesso.

Uma das variáveis utilizada em análises de atividade convectiva é a radiação de onda longa emergente (ROLE), que foi extensivamente utilizada como um indicador de variabilidade intrasazonal. Dados de ROLE são obtidos por satélites "sun-synchronous", que fazem a coleta diária a cada 12 horas (Kousky, 1988). A radiação terrestre derivada de medidas de satélite é altamente dependente da variabilidade das nuvens. A cobertura das nuvens é a principal variável que afeta no equilíbrio da radiação, e no clima global. Sua magnitude e duração variam de acordo com a região, (Minnis e Harrison, 1984).

A atividade convectiva (AC), que é associada à forte nebulosidade e precipitação sobre uma região, pode também ser inferida através de dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho. A diferença da AC entre as estações do ano de 1993 foi analisada em Sargaço e Cavalcanti (1996). Nessas análises foram destacadas algumas das características da nebulosidade associadas a AC. A partir de estudos feitos com dados digitais no canal infravermelho, de 1993 e 1994, foi observado que a máxima atividade convectiva em várias regiões do Brasil era associada à presença de sistemas frontais (Barbosa, 1999).

O presente trabalho tem por objetivo analisar a variabilidade sazonal e interanual da atividade convectiva sobre a América do Sul, utilizando dados de 1996 a 1999. A variabilidade interanual será discutida para a primavera, estação que marca o início da estação chuvosa nas regiões Central e Sudeste do Brasil.

DADOS E METODOLOGIA

Dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho fornecem valores de "Count", em uma escala com variações de 0 a 255, podendo-se associar os valores mais baixos à ausência de nuvens e os valores mais altos à presença de nuvens convectivas.

Os arquivos de dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho, correspondem à radiância emitida pelo sistema Terra-atmosfera, no intervalo de 10,2 - 11,2 μm , convertidos de forma discreta em 256 níveis, onde o nível mais alto, 255 refere-se aos valores mais baixos de radiância (baixas temperaturas), e o nível mais baixo, 0 refere-se aos valores mais altos de radiância (altas temperaturas).

Para fazer a navegação nas imagens do satélite Goes-8, foi utilizado um programa que ajusta as linhas e colunas da imagem às latitudes e longitudes. O programa foi adaptado para fazer a degradação das imagens originais, que são recebidas com 512 X 512 (linhas/colunas), ajustando-as em matrizes de 28 X 30 (linhas/colunas), processadas em grades de 2,5°. Essa matriz é obtida fazendo-se uma média dos pixels das imagens originais, dentro de uma área de 2,5° X 2,5° (latitude/longitude) que correspondem aproximadamente a 17 pixels na imagem original.

Foram calculadas médias trimestrais dos anos de 1996 a 1999 para a obtenção dos campos médios de Primavera, Verão, Outono e Inverno. As médias trimestrais para a Primavera foram analisadas ano a ano para estudar a variabilidade interanual. Esta variabilidade foi também analisada considerando várias áreas sobre a América do Sul; as áreas analisadas correspondem a: área A (4,25° N - 10,75° S; 76,25° W - 51,25° W), B (0,75° S - 10,75° S; 51,25° W - 33,75° W), C (10,75° S - 20,75° S; 76,25° W - 51,25° W), D (10,75° S - 20,75° S; 51,25° W - 33,75° W), E (20,75° S - 33,75° S; 61,25° W - 33,75° W) e NE (3,25° S - 10,75° S; 43,75° W - 33,75° W).

VARIAÇÃO SAZONAL

A variação sazonal obtida através das médias trimestrais das estações do ano (média de 1996 a 1999), é apresentada na figura 1. No campo médio para a estação do Verão (figura 1-A), pode-se observar uma banda de nebulosidade intensa com orientação NW/SE, caracterizando a presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS mostra-se bastante intensa durante esta estação, sobre grande parte do Brasil. As áreas que apresentam forte AC são A, C, D e parte da área E.

No Outono (figura 1-B), verifica-se o enfraquecimento da ZCAS. Pode-se observar forte nebulosidade sobre as regiões Amazônica e parte do Nordeste do Brasil. A nebulosidade sobre o oceano Atlântico tropical indica a presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que mostra-se bastante intensa ao sul do Equador, e exercendo forte influência sobre as regiões citadas anteriormente. Na estação do Inverno (figura 1-C), deve-se destacar que toda a região do Brasil apresenta-se sem a presença de AC. Na Primavera (figura 1-D), começo da estação chuvosa principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, observa-se o começo da formação de nebulosidade convectiva sobre a região leste da Amazônia, e sobre o litoral do Sudeste. Na próxima estação, há organização da banda de nebulosidade com orientação NW/SE, outra vez, caracterizando a ZCAS.

VARIABILIDADE INTERANUAL DA ATIVIDADE CONVECTIVA NA PRIMAVERA

Na figura 2 são apresentados os campos para a Primavera dos anos de 1996 a 1999. Em 1996 (figura 2-A) observa-se principalmente sobre as regiões Amazônica, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, uma banda de nebulosidade muito intensa com as características da ZCAS. Em 1997 (figura 2-B) pode-se verificar o início de AC sobre a região oeste da Amazônia e litoral do Sudeste e Sul do Brasil, porém sem a configuração da banda de nebulosidade. Na Primavera de 1998 (figura 2-C) a AC mostrou-se mais intensa sobre a região leste da Amazônia, e com menor intensidade sobre a região Sudeste do Brasil, comparada a 1997. Em 1999 (figura 2-D), a configuração mostrou-se semelhante à mesma estação do ano anterior, ou seja, AC intensa sobre a região leste da Amazônia e pouca AC nas outras regiões.

Intensidade e evolução da atividade convectiva

Nos gráficos abaixo (figuras 3, 4 e 5), pode-se observar a intensidade com que a AC apresentou-se sobre as áreas selecionadas, durante cada mês que compõe a estação da Primavera, entre os anos de 1996 a 1999.

No mês de Setembro (figura 3), início do período de Primavera e conseqüentemente transição entre duas estações (Inverno/Primavera), verifica-se que a intensidade de AC apresentou-se sem muitas variações sobre as áreas. Destaca-se a área E (região Sul do Brasil), em que os valores foram os mais altos de todas as regiões durante todos os anos analisados.

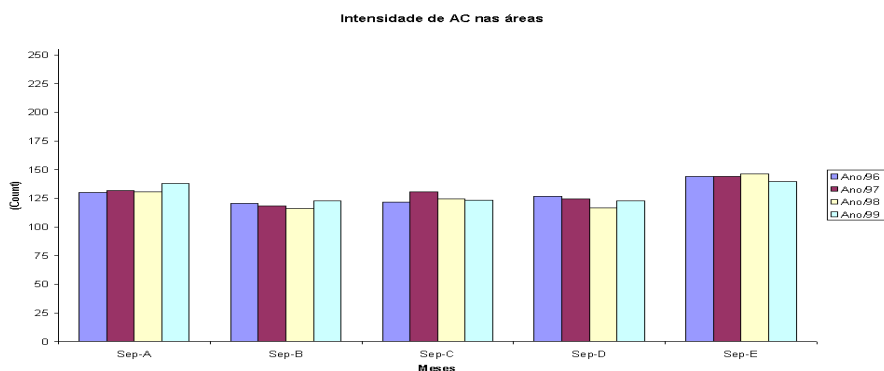


Fig. 3 – Gráfico de Intensidade de AC em Setembro

No segundo mês da Primavera (Outubro), já com a estação estabelecida (figura 4) os valores de AC foram mais intensos sobre todas as áreas, se comparados com os valores encontrados no mês de Setembro (figura 3). Principalmente sobre as regiões Amazônica, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil foram apresentados valores associados à AC mais altos, destacando-se a região Sul com os maiores valores durante o período. Na região que engloba o Nordeste, os valores encontrados são os menores para este mês.

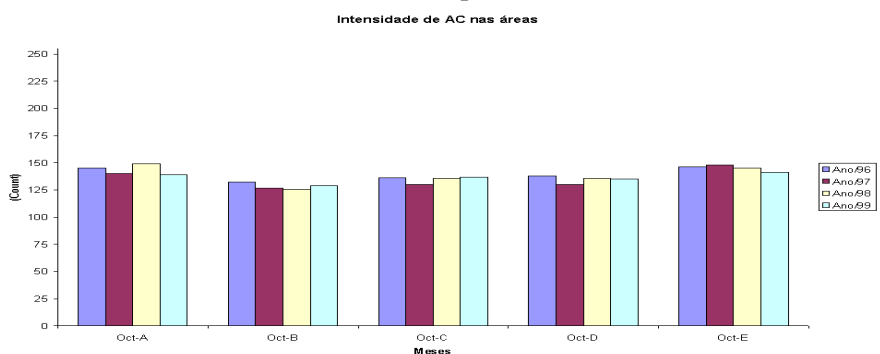


Fig. 4 – Gráfico de Intensidade de AC em Outubro

Em Novembro, terceiro mês da Primavera (transição entre Primavera/Verão), o gráfico de intensidade de AC (figura 5), mostra-nos um aumento na intensidade de AC em todas as regiões quando comparada com o mês anterior. A AC manteve-se com altos valores sobre as áreas A, C, D e E. Nesta época é comum que estas regiões apresentem altos valores de AC, destacando-se as áreas A e D, que apresentaram os maiores valores para o período. Embora pequenas, há variações de intensidade entre os anos em cada área. Novamente a área B, que engloba a região Nordeste apresenta os menores valores encontrados no período.

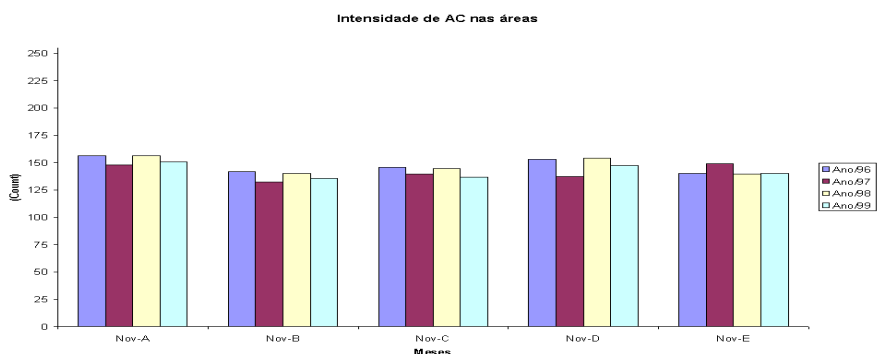


Fig. 5 – Gráfico de Intensidade de AC em Novembro

Nos gráficos abaixo (figuras 6 a 10), são apresentadas as freqüências de dias em que a AC apresentou-se acima de 135 Counts, nos meses de Primavera em cada uma das áreas selecionadas. Esse valor corresponde à média na Primavera para todas as áreas, e está representando o limite inferior para a AC forte. Nos gráficos foram selecionados somente valores acima deste valor definido.

A figura 6, apresenta a freqüência na área A, durante a estação de Primavera, no período entre 1996 a 1999. Analisando-se o gráfico, iremos observar que no mês de Setembro poucos dias apresentaram-se com valores acima da média, porém esta freqüência aumenta no segundo mês da estação (Outubro), com exceção de 1999, em

que o número de dias de Setembro é maior que o apresentado em Outubro. Sobre esta área o número maior de dias para o mês de Setembro ocorreu em 1999. Em Novembro, esta frequência ainda permanece alta e em todos os casos do período analisado mais que a metade do mês apresenta valores acima da média, destacando o ano de 1996 que apresentou o maior número de dias para este mês no período analisado.

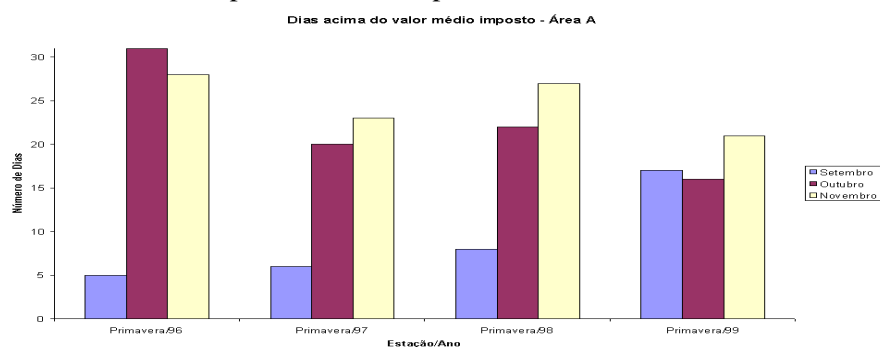


Fig. 6 - Dias com valores acima da média na área A

Sobre a área B, que engloba a região Nordeste (figura 7), observa-se que nos anos de 1996 a 1998 o mês de Setembro não apresentou nenhum dia acima do valor limite. Em Outubro há ocorrência de poucos dias (menos que a metade) em todos os anos, porém esta frequência aumenta bastante em Novembro, com número de ocorrências acima da metade deste mês. O número maior de dias em Novembro é encontrado no ano de 1999.

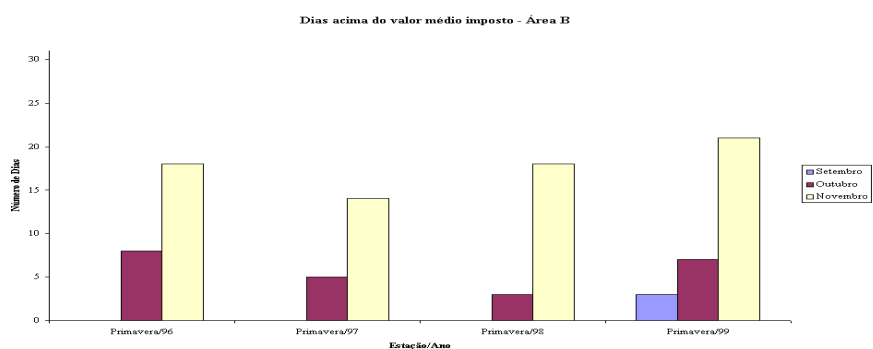


Fig. 7 - Dias com valores acima da média na área B

Sobre a região C (figura 8), observamos que o mês de Setembro sempre apresenta poucos dias acima da média. A frequência aumenta relativamente em Outubro, permanecendo com valores ainda altos em Novembro. Na Primavera de 1999, ocorrem poucos dias com AC acima da média, bem menor que nos anos anteriores.

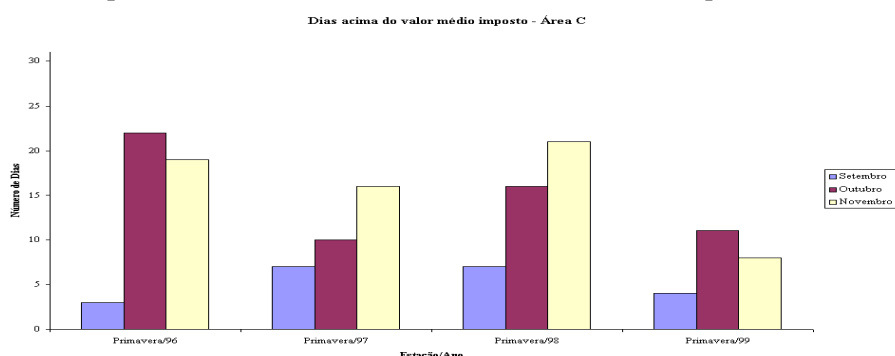


Fig. 8 - Dias com valores acima da média na área C

Na figura 9, pode-se observar o gráfico com dias acima do valor médio sobre a região Sudeste do Brasil. Sobre esta região observamos que no mês de Setembro de todos os anos, os dias são poucos, ou como na Primavera de 1998, nenhum. Esta frequência tende sempre a aumentar em Outubro. O mês de Novembro, nesta região, registra os maiores índices de dias acima do valor limite. Em todos os anos, mais que a metade do mês apresentou-se com valores acima de 135 Counts. O ano de 1997 apresentou os menores valores do período estudado em todos os meses da Primavera.

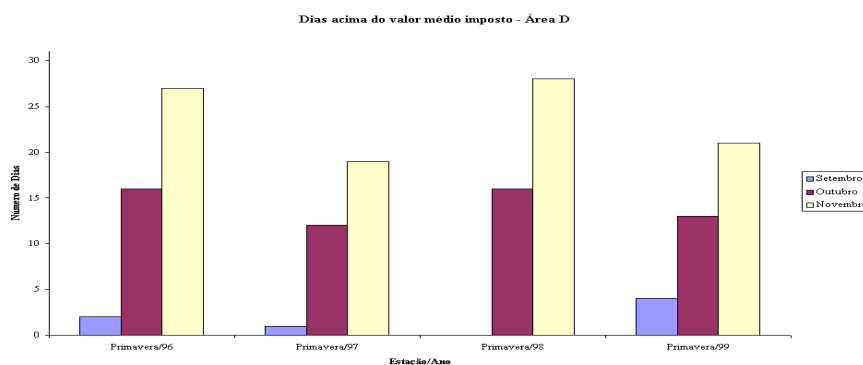


Fig. 9 - Dias com valores acima da média na área D

No gráfico abaixo (figura 10), é apresentada a frequência de dias acima do valor limite sobre a área E. Nesta área pode-se verificar que o mês de Setembro apresenta boa frequência, com vários dias acima do limite. No mês de Outubro mais que a metade do mês está acima desse valor, em todos os anos analisados. Em Novembro a frequência diminui um pouco, destacando-se o ano de 1999, em que a frequência de dias é a menor no período, embora em Setembro tenha sido maior que no mesmo mês em 1996 e 1997.

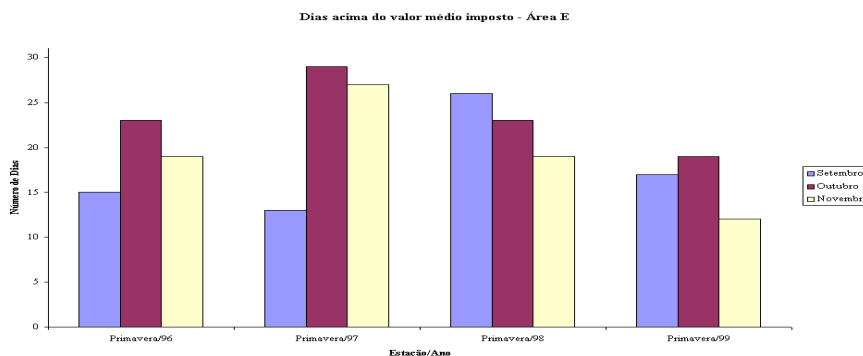


Fig. 10 - Dias com valores acima da média na área E

CONCLUSÃO

Com o processamento de dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho foi possível identificar as características sazonais da AC e analisar a variabilidade interanual durante a Primavera de 1996 a 1999. Nos campos médios sazonais dos dados digitais, foram identificadas a ZCAS no verão, a ZCIT no outono, a ausência de AC na maior parte da América do Sul no inverno, e novamente o início de organização de AC na Amazônia e Sudeste do Brasil na Primavera. Nos compostos da variação interanual, durante o período de Primavera, quando ocorre o início da estação chuvosa sobre as regiões Centro-Oeste e Sudeste, nota-se na Primavera de 1996 a formação de nebulosidade intensa (altos valores de Counts) sobre a Amazônia, Brasil Central e Sudeste.

Através das análises feitas nos gráficos de intensidade de AC sobre as áreas, verificou-se pequena variação entre os anos, e no decorrer dos meses a intensidade aumenta de Setembro para Novembro. Entretanto através dos gráficos de frequência da AC, notou-se uma grande variação entre os meses e os anos. Nas áreas A e C o mês com maior número de dias com forte AC foi Outubro de 1996, na área B, Novembro de 1999, área D, Novembro de 1996 e na área E, Outubro de 1997. O menor número de dias ocorreu nas áreas A e C em Setembro de 1996, na área B em Setembro de 1996, 1997 e 1998 quando não ocorreu nenhum dia, na área D em Setembro de 1998 e na área E em Novembro de 1999. Foi possível também identificar as áreas com maiores frequências, destacando-se as áreas A e E. Destacam-se também as áreas B e D, que apresentam maior número de dias com forte AC em Novembro.

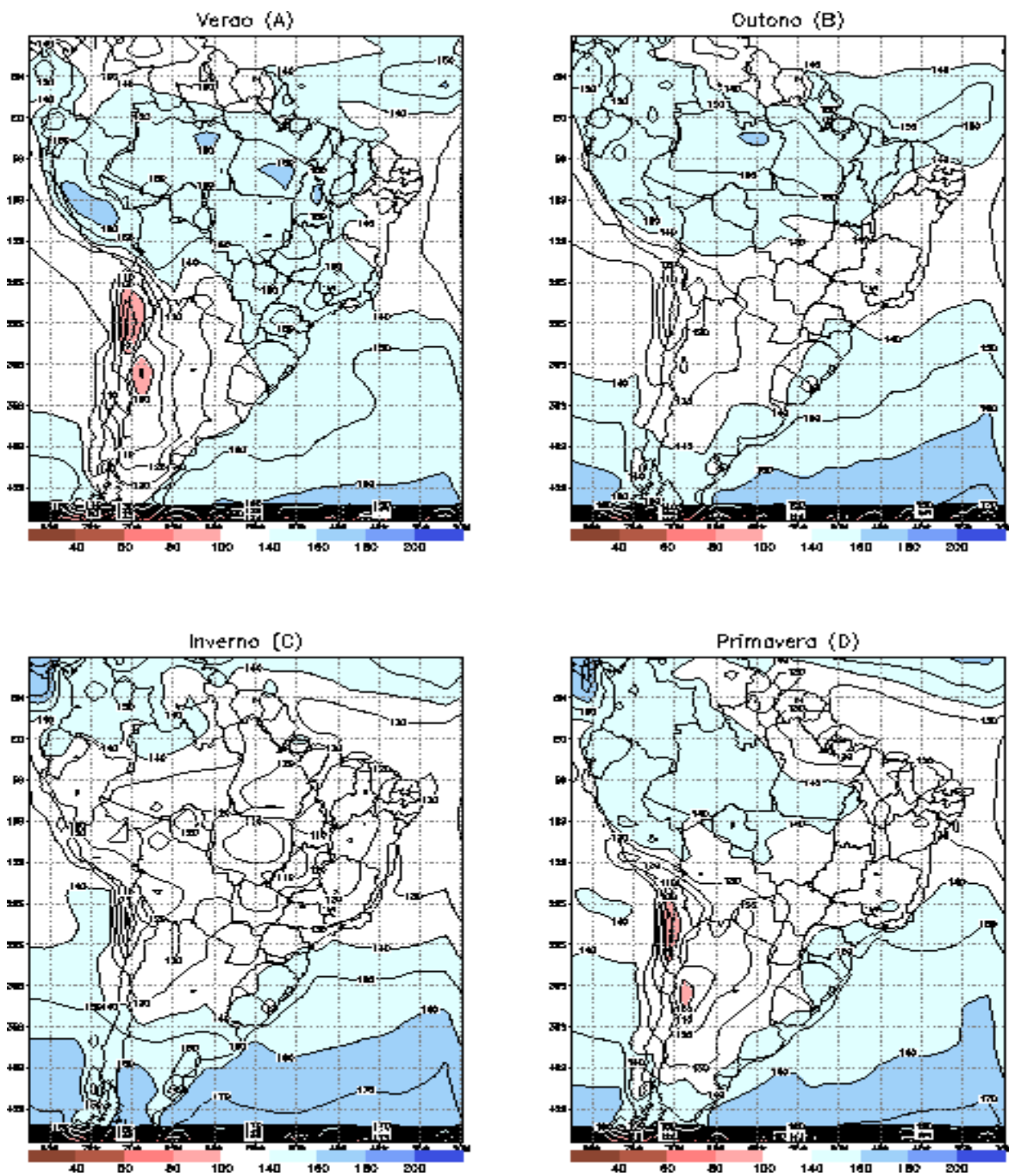


Fig. 1 - Médias Sazonais (1996 a 1999) dos dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho

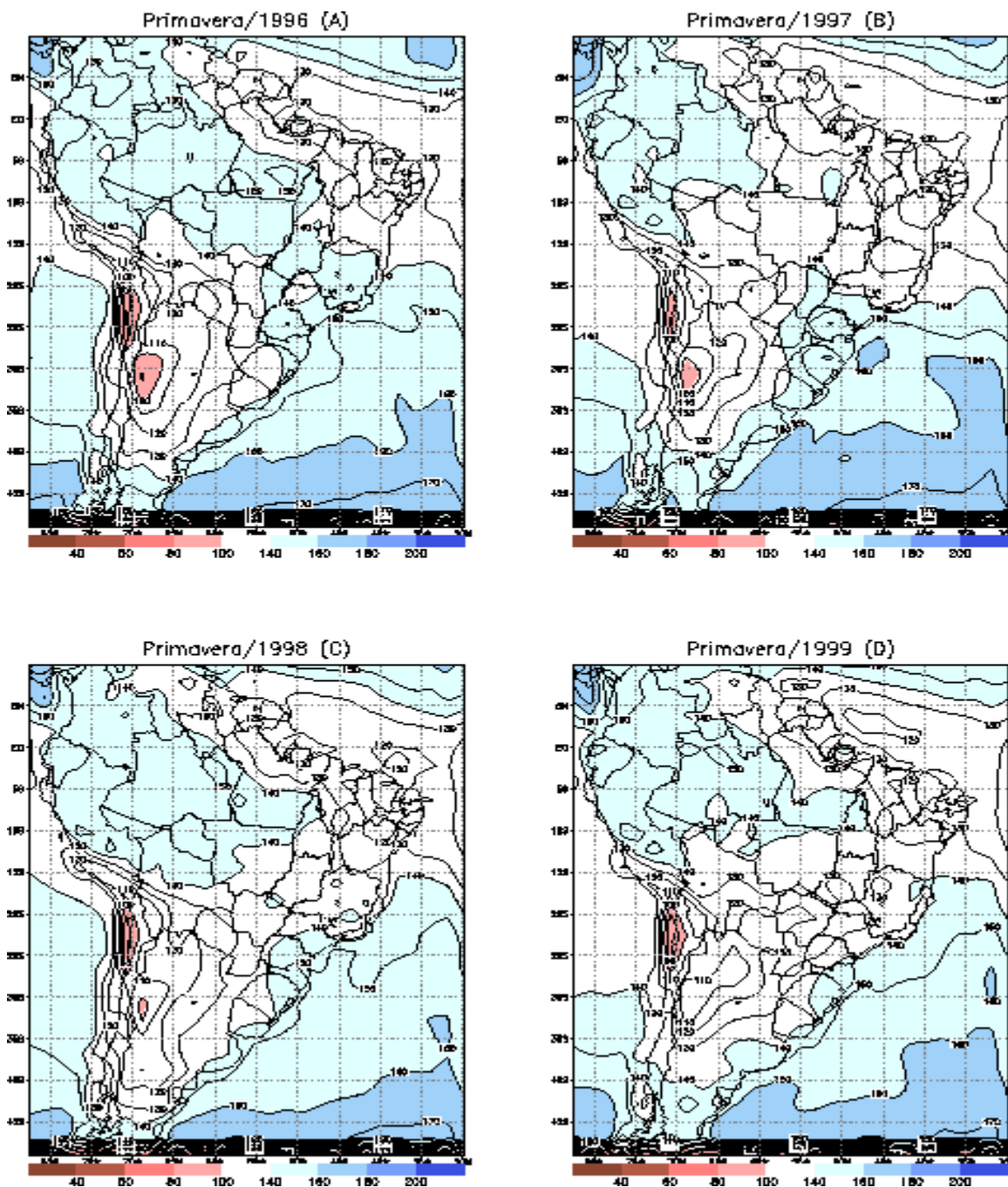


Fig. 2 - Médias dos dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho para a Primavera de cada ano de 1996 a 1999

BIBLIOGRAFIA

Adler, R.F., Negri, A.J., 1988. A satellite infrared technique to estimate tropical and stratiform rainfall. *J. Appl. Meteor.*, 27, 31 – 51.

Arkin, P.A., Ardanuy, P.E., 1989. Estimating climatic scale precipitation from space: A review. *J. Climate*, 2, 1229 – 1238.

Barbosa, E.B.M., Cavalcanti, I.F.A., 1999: Influências dos Sistemas Frontais na Atividade Convectiva em várias regiões do Brasil. Estudo com dados digitais de imagens de satélite. *Relat. Final PIBIC/CNPq*, 1 - 43.

Ferreira, N.J., Oliveira, 1992. Classificação de nuvens convectivas usando-se imagens de satélite meteorológicos. VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Vol. 1, 195 – 198.

Guedes, R.L., Machado, L.A.T., 1998. Características da propagação dos Sistemas Convectivos no Oeste da Amazônia. X Congresso Brasileiro de Meteorologia, MS98013.

Kousky, V. E., 1988: Pentad Outgoing Longwave Radiation Climatology for the South American Sector. Rev. Bras. Meteo., Vol. 3: 217 – 231.

Minnis, P., Harrison, E. F., 1984: Diurnal Variability of Regional Cloud and Clear-Sky Radiative Parameters Drived from GOES Data. Part I: Analysis Method. Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol. 23, n° 7: 993 – 1011.

Sargaço, F.A., Cavalcanti, I.F.A., 1996. Sazonalidade da Atividade Convectiva sobre a América do Sul e Anomalias extremas de 1993 e 1994. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Vol. 2, 1380 – 1383.