

**RELATÓRIO PRELIMINAR DO PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA –
FEVEREIRO DE 2000**

**VARIABILIDADE INTERANUAL DA ATIVIDADE CONVECTIVA SOBRE O
BRASIL NO VERÃO, USANDO DADOS DE IMAGENS DE SATÉLITE, E A
CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA OBSERVADA**

**ALUNO: Eduardo Batista de Moraes Barbosa
ORIENTADOR: Dra. Iracema F. A. Cavalcanti
DEPARTAMENTO: CPTEC/INPE – Cachoeira Paulista**

1. Introdução

Nesta fase do trabalho serão apresentados os resultados preliminares da variabilidade interanual da atividade convectiva sobre o Brasil, no verão. Foram utilizados dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho, dos anos de 1996 a 1998, processados em grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ (latitude/longitude). Embora já estejam processados os anos anteriores a 1996 (1993 e 1994), neste relatório serão apresentados somente resultados do período compreendido entre 1996 e 1998.

A atividade convectiva, que é associada à forte nebulosidade e precipitação sobre uma região, pode ser inferida através de dados digitais de imagens de satélite no canal infravermelho. 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. Estes resultados foram documentados em relatórios anteriores.

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. A análise dos dados digitais apresentados em relatórios anteriores mostraram a consistência dessa associação.

Nos relatórios anteriores foram apresentadas as médias mensais dos dados digitais de imagens de satélite para as quatro estações do ano, com identificação das regiões mais afetadas por atividade convectiva (Barbosa, 1999). As configurações são consistentes com os campos de precipitação. No presente trabalho serão mostrados os campos médios mensais e sazonais dos dados digitais para os anos de 1996, 1997 e 1998, no período de verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro). Análises dos dados digitais em várias áreas do Brasil indicarão a variabilidade interanual. Dias extremos de atividade convectiva em cada região serão selecionados para análise da interação entre as regiões. A evolução da atividade convectiva em períodos selecionados para identificar a interação entre os sistemas de latitudes médias e tropicais também será analisada.

O presente trabalho tem por objetivo analisar para diversos anos, a atividade convectiva no verão em várias áreas do Brasil, estudando a interação trópico-extratropical. Deverão ser identificados os anos com maior atividade convectiva no verão e configurações associadas à variabilidade interanual nas diversas regiões do país.

Na segunda fase deste trabalho espera-se obter ainda, as configurações do escoamento do vento na atmosfera, associadas à variabilidade interanual da atividade convectiva em diversas regiões do Brasil, conforme o cronograma de trabalho proposto.

2. Análise Bibliográfica

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. A maioria das análises tem proporcionado um conhecimento global de padrões de nuvem sazonais e sistemas de tempo, (Minnis e Harrison, 1984).

Outra variável 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).

Os dados mensais e de climatologia sazonal, mais amplamente utilizados de ROLE são produzidos nos Estados Unidos, pelo National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS) e Climate Analysis Center (CAC). Esses dados são úteis para monitorar a variabilidade interanual e para prover uma visão global de distribuição da convecção tropical ao longo do ano. De forma geral pode-se obter uma aproximação do começo e término das estações chuvosas tropicais, (Kousky, 1988).

De norte a sul do Brasil encontra-se uma grande variedade de climas com distintas características regionais. No Norte do país verifica-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. No Nordeste a estação chuvosa, com baixos índices pluviométricos, restringe-se a poucos meses, caracterizando um clima semi-árido. As regiões Sudeste e Centro-Oeste sofrem influência tanto de sistemas tropicais como de latitudes médias, com estação seca bem definida no inverno e estação chuvosa de verão com chuvas convectivas. O sul do Brasil, devido à sua localização latitudinal, sofre mais influências dos sistemas de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os principais causadores de chuvas durante o ano, (Rocha e Gandu, 1996).

Durante o época de verão na América do Sul, episódios de estiagem prolongados e enchentes atingem diversas regiões do país, tais como o sul (Casarim e Kousky, 1986; Quadro, 1994) e o sudeste (Calheiros e Silva Dias, 1988; Silva Dias, 1988; Climanálise, V.6 N° 5), o que indica a presença de um dos mais importantes fenômenos na escala intrasazonal, a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul).

Os sistemas frontais atuam durante o ano todo sobre o Brasil com frequências maiores para latitudes mais altas e menores para latitudes mais baixas, como pode-se notar no estudo de Oliveira (1986), e são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos sobre o país. O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala. A intensificação ou dissipação dos mesmos está relacionada com as características atmosféricas do continente. Algumas regiões do Brasil, tais como região Sul e Sudeste são regiões frontogênicas, ou seja, as frentes podem se intensificar ou podem se formar, (Satyamurty e Mattos, 1989). A associação de sistemas frontais com a convecção tropical sobre a América do Sul resulta frequentemente no verão, na Zona de Convergência do Atlântico Sul. É um tipo de sistema persistente que causa chuvas prolongadas na região Sudeste, e estiagem em regiões do Sul e do Nordeste na época do verão.

Climatologicamente a ZCAS pode ser identificada na composição de imagens de satélite, como uma banda de nebulosidade de orientação NW/SE, estendendo-se desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul (Kousky, 1988), ou ainda em padrões de distribuição de radiação de onda longa (Carvalho et al., 1989). Durante o regime de verão, as frentes frias ao ingressarem no sul do país, associam-se a um sistema de baixa pressão em superfície sobre o Paraguai, conhecida como Baixa do Chaco e intensificam-se. Estes sistemas neste período, frequentemente ficam semi-estacionados no litoral da região Sudeste, algumas vezes devido à presença de vórtices ciclônicos em altos níveis na região Nordeste.

Por meio de observações sinóticas de superfície ao longo da costa nordeste do Brasil, Kousky (1979), analisou o avanço das frentes frias ao longo do ano, e documentou sua influência na chuva sobre esta região, principalmente em Dezembro e Janeiro. Usando uma cadeia extensa de observações de pressão da superfície sobre o Brasil, Kousky e

Ferreira (1981) documentaram a propagação no sentido nordeste, de variações de pressão diária com efeitos marcantes na atividade convectiva sobre a bacia Amazônica.

Vários estudos têm sido desenvolvidos sobre sistemas convectivos (SC), utilizando dados digitais de imagens de satélite, em diferentes partes do globo e sobre vários aspectos. Dentre estes podemos citar os estudos de Maddox (1983) sobre os SC nos EUA, Guedes e Silva Dias (1985) sobre os SC na região Sul da América do Sul, Miller e Fritsch (1991) sobre SC no Pacífico, Machado et al. (1982) sobre estrutura e características dos SC profundos sobre a África equatorial. Estes e outros estudos mostram principalmente a dinâmica dos SC, as suas relações com a circulação geral, acoplamentos com jatos de baixos e altos níveis, relações orográficas, etc (Guedes et al., 1994).

No estudo de Guedes et al. (1994), alguns fatos relevantes foram observados, como o comportamento dos SC que se originam na ITCZ durante o inverno do hemisfério sul e têm melhor definição percorrendo uma pequena distância, enquanto que no verão do hemisfério sul este fato não é muito claro, porém os sistemas convectivos apresentam um deslocamento maior. Outro ponto é o número de SC sobre a ITCZ, que no inverno é maior que os ocorridos no verão do hemisfério sul.

Arnald et al. (1992), utilizando dados de imagens de satélite, mostraram um método de identificar as trajetórias de SC de forma automática aplicando-o sobre o continente Africano com o objetivo de criar uma climatologia de propagação dos SC, permitindo assim extrair informações como evolução da precipitação, velocidade de propagação dos sistemas, entre outras.

3. Procedimentos Metodológicos

Os arquivos dos 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 Goes-8, foi utilizado um programa capaz de fazer 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°. Esta é a grade padrão já utilizada com os dados de 1993 e 1994, que foram analisados em relatórios anteriores. 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.

Os dados da matriz em ASCII foram convertidos para binários podendo assim ser visualizados pelo GRADS (Analisador de Grade e Sistema de Exibição). Um programa para calcular médias nas áreas selecionadas, foi utilizado, e através deste foi possível fazer a seleção em cada uma das áreas, dos dias com os valores maiores que a média imposta. Esta foi definida fazendo-se uma média geral para os meses correspondentes ao verão (Janeiro, Fevereiro e Dezembro), nos anos de 1996, 1997 e 1998.

As áreas analisadas serão as mesmas definidas nos relatórios anteriores, ou seja, 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)(figura 1).

As imagens digitais de satélites meteorológicos de 1995 que foram fornecidas pelo DSA/INPE, estão armazenadas em uma projeção chamada Mercator, isto é, elas já estão processadas, porém em testes feitos anteriormente pode-se observar que de acordo com a variação dos meses havia também uma grande variação nas coordenadas de longitude e latitude das imagens, devido à mudança na posição do satélite. Portanto o ano de 1995, ainda não faz parte do período dos anos selecionados (de 1993 a 1998).

4. Resultados Preliminares

No ano de 1999 com o trabalho em andamento fizemos apresentações no quarto encontro de iniciação científica da Universidade de Taubaté (UNITAU), que foi realizado no mês de outubro de 1999 na cidade de Taubaté, com o seguinte trabalho "*ESTUDO DE UM CASO DE EXTREMA ATIVIDADE CONVECTIVA NAS REGIÕES AMAZÔNICA E SUDESTE DO BRASIL*" (figuras 2 a 14), e no terceiro encontro de iniciação científica, INIC-99, realizado pela UNIVAP em São José dos Campos, com o trabalho "*EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE CONVECTIVA SOBRE O BRASIL E SUA INTERAÇÃO COM SISTEMAS FRONTAIS*" (figuras 3, 4 e 15 a 20), também mês de outubro de 1999. Nesses encontros foram apresentados os resultados obtidos com os dados de 1993 e 1994.

No encontro realizado pela Universidade de Taubaté, mostramos os resultados da evolução da atividade convectiva em um caso ocorrido no mês de janeiro de 1994, em dias quando esta se apresentou com valores acima da média, sobre as regiões Amazônica e Sudeste do Brasil. Neste trabalho foram apresentadas as configurações de atividade convectiva bem como a circulação atmosférica em altos e baixos níveis. A situação atmosférica mostrou-se consistente com a formação de nebulosidade convectiva e deslocamento do sistema frontal sobre a América do Sul. As análises mostraram também, a influência do sistema frontal na atividade convectiva sobre as regiões Amazônica, Central e Sudeste do Brasil. Esses resultados, que fazem parte do presente projeto estão apresentados na figura 2.

No INIC-99, foram apresentados resultados de análises de períodos selecionados, em que notou-se interação entre a convecção da Amazônia e sistemas frontais na região sudeste, nas estações de verão e primavera. No inverno, os sistemas frontais se situaram mais ao Sul, e houve interação com a convecção no oeste da Amazônia. No outono notou-se influência da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) e de sistemas frontais na atividade convectiva do Nordeste. Os resultados mostraram a evolução da atividade convectiva em várias partes do Brasil e a interação entre as mesmas.

Em seqüência ao estudo, foram obtidos através do DSA/INPE, os dados de imagens de satélites referentes aos anos de 1996, 1997 e 1998. Esses dados foram organizados e processados. Foram calculados os valores das médias mensais para cada mês do período de verão dos dados de imagens de satélite, além das médias espaciais para cada área. Através das médias espaciais foi possível confeccionar séries temporais, onde identificamos os dias que mantiveram-se acima do limite imposto em cada área. Como exemplo serão apresentados em anexo os dias com os maiores valores obtidos em cada área.

4.1. Médias nos Meses do verão de 1996, 1997 e 1998

Na figura 21 é apresentada a média mensal para o mês de Janeiro de 1996. Nesta média mensal pode-se observar, que existe forte atividade convectiva sobre todo o país. Deve-se destacar uma banda de nebulosidade com orientação NW/SE, desde a região Amazônica até o oceano Atlântico, com valores de Counts bastante altos, o que caracteriza a ZCAS, nesta época do ano. Sobre a região Nordeste, área B, verificou-se alta nebulosidade sobre toda aquela região, caracterizando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), bastante ativa neste mês. A próxima figura (figura 22), representa a média mensal em Fevereiro de 1996. Para este mês podemos ainda observar uma banda de nebulosidade com orientação NW/SE, desde a região Amazônica até o oceano Atlântico, com valores de Counts altos, porém menos intensos que os do mês anterior, podendo ainda caracterizar a ZCAS menos intensa, nesta época do ano. Sobre a região Nordeste, área B, verificou-se alta nebulosidade sobre toda aquela região, como no mês anterior, o que pode caracterizar a ZCIT, também com menos intensidade.

Na figura 23, é apresentada a média mensal para o mês de Dezembro de 1996 (início do verão 96/97). Neste mês observa-se o início da ocorrência banda de nebulosidade com orientação NW/SE, que mostra-se com maior intensidade nos próximos meses dessa estação (figuras 24 e 25). Nos meses de Janeiro e Fevereiro, novamente deve-se destacar a alta atividade convectiva sobre todo o país. Caracteriza-se de maneira muito intensa a ZCAS, sobre as áreas A, C, D e parte da região E, e também a ZCIT sobre a área B.

Em análises da média mensal de Dezembro de 1997 (figura 26), observa-se com pequena intensidade a formação de uma banda de nebulosidade com orientação NW/SE, porém seus valores são bem menores que os do ano anterior. Nos meses de Janeiro e Fevereiro (figuras 27 e 28), analisando sua média mensal, observamos também valores bem menores que os dos anos anteriores, porém ainda são identificadas características comuns sobre as áreas A, C, e D (Janeiro e Fevereiro), e a ZCIT na área B (no mês de Janeiro).

4.2. Intensidade da Atividade Convectiva nas Áreas

O gráfico abaixo (figura 29) demonstra a intensidade de atividade convectiva no mês de Dezembro de 1996 a 1998, nas área selecionadas.

Pode-se verificar na área A, durante o ano de 1996 que a atividade convectiva apresentou-se, no mês de Dezembro, com valor aproximado a 150 counts. No ano seguinte em 1997, este valor sofreu uma baixa de aproximadamente 10 counts. Em 1998 a intensidade foi a maior dos 3 anos, nessa área A. Nota-se que em todas as áreas, exceto na área B, o ano de 1997 foi o que apresentou menos atividade convectiva, e em 1998 maior intensidade.

Na área B, região que inclui o Nordeste do Brasil, observa-se um aumento quase que gradativo da intensidade da atividade convectiva no decorrer dos anos. Em 1996, o nível de count apresentado foi o menor de todos os anos e também de todas as áreas, ficando em torno de 131 counts. Em 1998 aumenta-se bastante a intensidade naquela região, com valor aproximado de 138 counts.

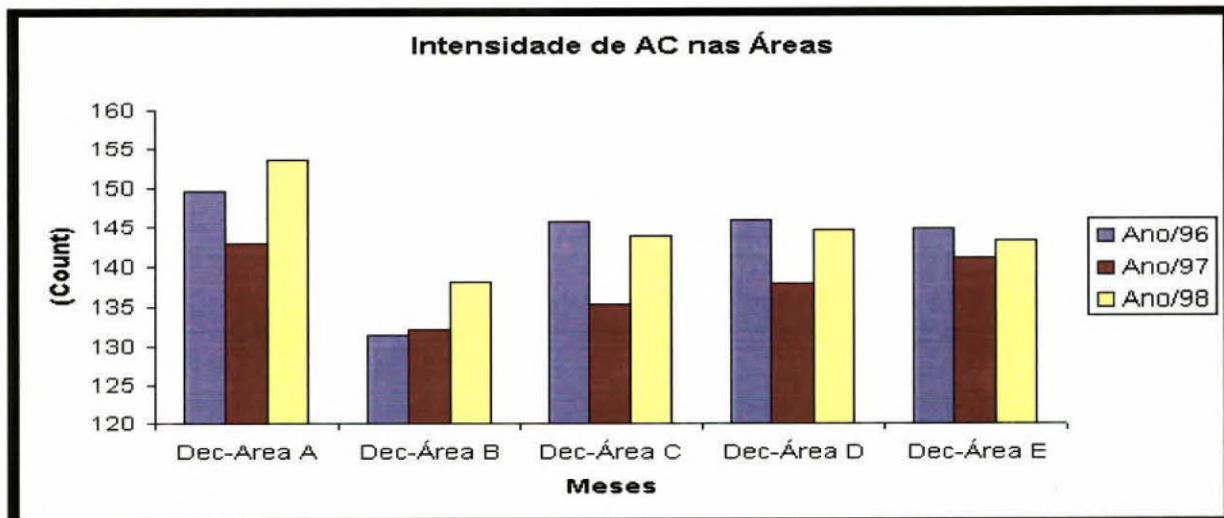


Fig. 29 – Gráfico que demonstra a intensidade de Atividade Convectiva no mês de Dezembro nas áreas

Nas demais áreas pode-se verificar que o ano de 1996 registrou os maiores níveis de counts, nas áreas, se comparados com o ano de 1997, quando pode-se observar uma pequena queda, aumentando novamente em 1998.

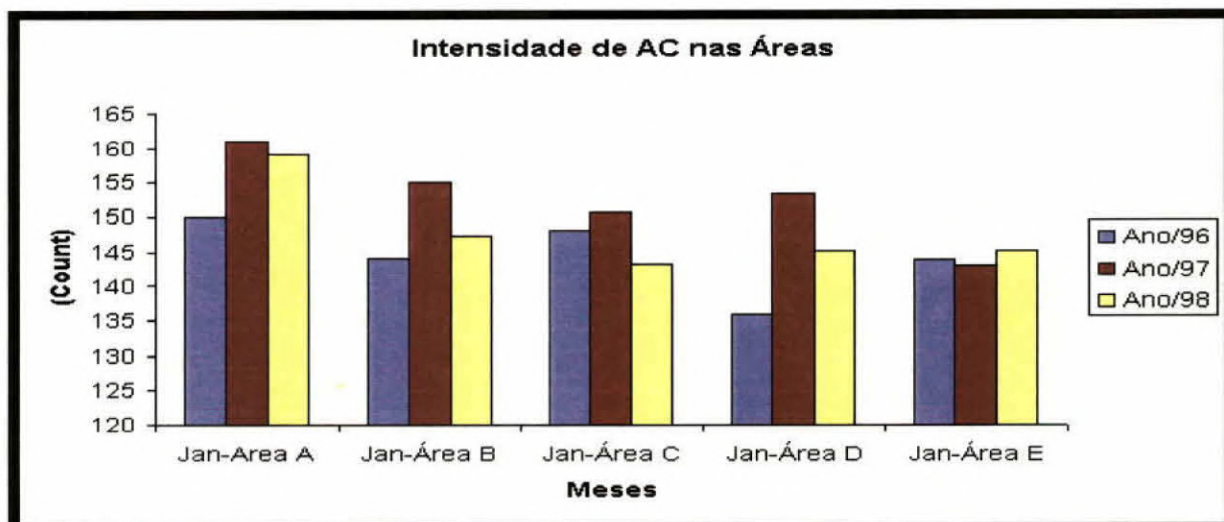


Fig. 30 – Gráfico que demonstra a intensidade de Atividade Convectiva no mês de Janeiro nas áreas

Na figura 30 já com a estação do verão estabelecida, podemos verificar que na área A, no mês de Janeiro de 1996, a atividade convectiva não esteve tão alta se compararmos com os outros anos na região. O valor ficou em torno de 150 counts, mesmo valor registrado para o ano de mês de Dezembro 1996. Nos outros anos o valor de count aumentou bastante.

Fato interessante que devemos ressaltar diz respeito ao ano de 1996, na área D. Neste ano a atividade convectiva apresentou-se muito baixa, se comparado com as das demais regiões. Aumentou no ano de 1997, como todas as outras áreas, e foi semelhante às das áreas B, C e E em 1998. Em todos os anos a área E apresentou um nível de intensidade quase estabilizado em torno de 143 counts.

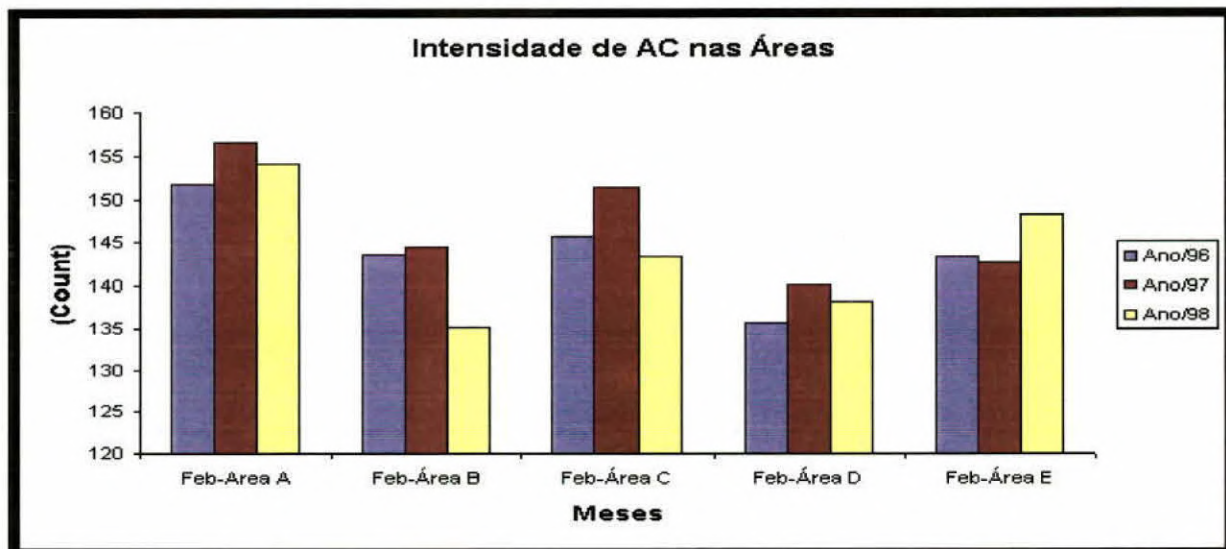


Fig. 31 – Gráfico que demonstra a intensidade de Atividade Convectiva no mês de Fevereiro nas áreas

No gráfico acima (figura 31), iremos analisar o mês de Fevereiro, nas várias áreas. Este mês corresponde ao final da estação do verão, no país.

Como nos demais meses e anos, já analisados, a intensidade da atividade convectiva sobre a área A, é bastante intensa também nesta época do ano e seu valor está em torno de 153 counts, em média. Analisando as demais áreas iremos verificar que no ano de 1997, todas as áreas apresentam intensidade maior de atividade convectiva (exceto a área E), quando comparados com 1996 e 1998. Em 1998 somente a área E teve grande aumento em sua intensidade, talvez sendo influenciada pelo aumento de sistemas frontais naquela região.

4.3. Frequência dos Dias Acima da Média em cada Área

Nos gráficos abaixo (figuras 32 a 36), serão apresentados a frequência de dias com atividade convectiva acima da média imposta, nos meses de verão em cada uma das áreas selecionadas.

No primeiro gráfico (figura 32), podemos observar que para o mês de Janeiro valores acima da média imposta, ocorrem em mais que a metade deste mês. Em Fevereiro de 1996 verificamos uma diminuição na ocorrência de dias com valores acima da média, porém ainda com frequência alta, quase a metade do mês com dias acima da média.

Em Dezembro de 1996, início da estação do verão 96/97, são poucos os dias com valores acima da média (4 dias), porém em Janeiro de 1997, observa-se um grande aumento na ocorrência dos dias, tendo-se 18 dias acima da média. Para Fevereiro de 1997, pode-se verificar uma diminuição, semelhante à ocorrida para o mesmo mês de 1996, com o número de dias acima da média ficando em torno de 13 dias.

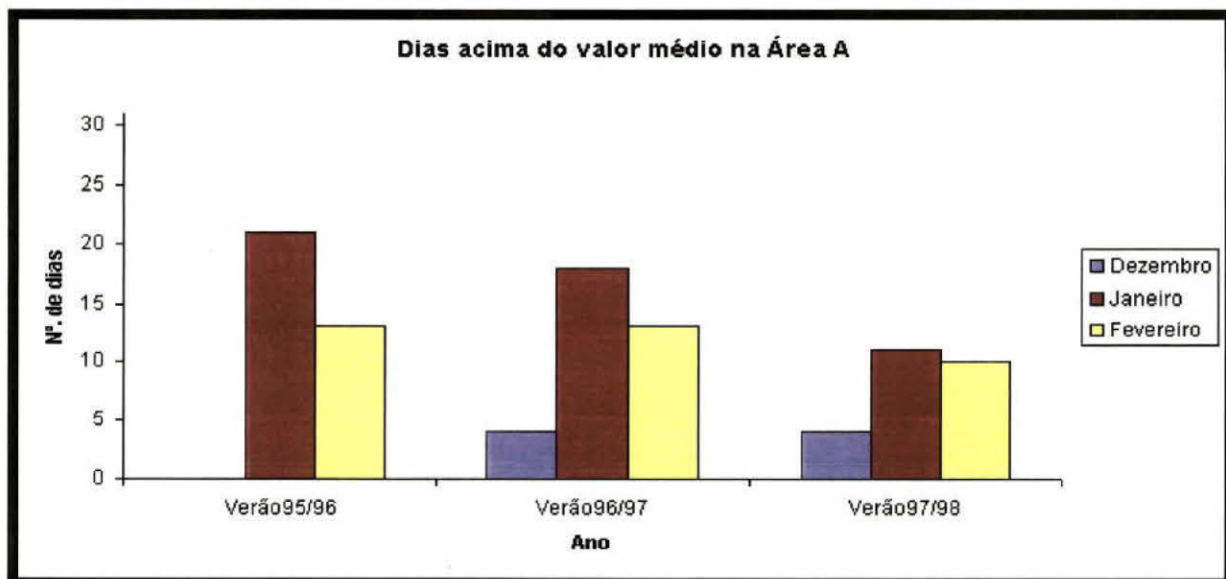


Fig. 32 – Gráfico das freqüências com que apareceram dias com valores acima da média imposta

Em Dezembro de 1997, verão de 97/98 tem-se 4 dias acima da média. No mês de Janeiro de 1998 observa-se um aumento no número de dias porém, se compararmos com os meses, e anos anteriores iremos verificar que o número de dias acima da média é menor (11 dias neste mês). Em Fevereiro o número dos dias permaneceu estável, como no mês anterior.

O próximo gráfico (figura 33) a ser analisado é correspondente à área B, para os meses de verão.

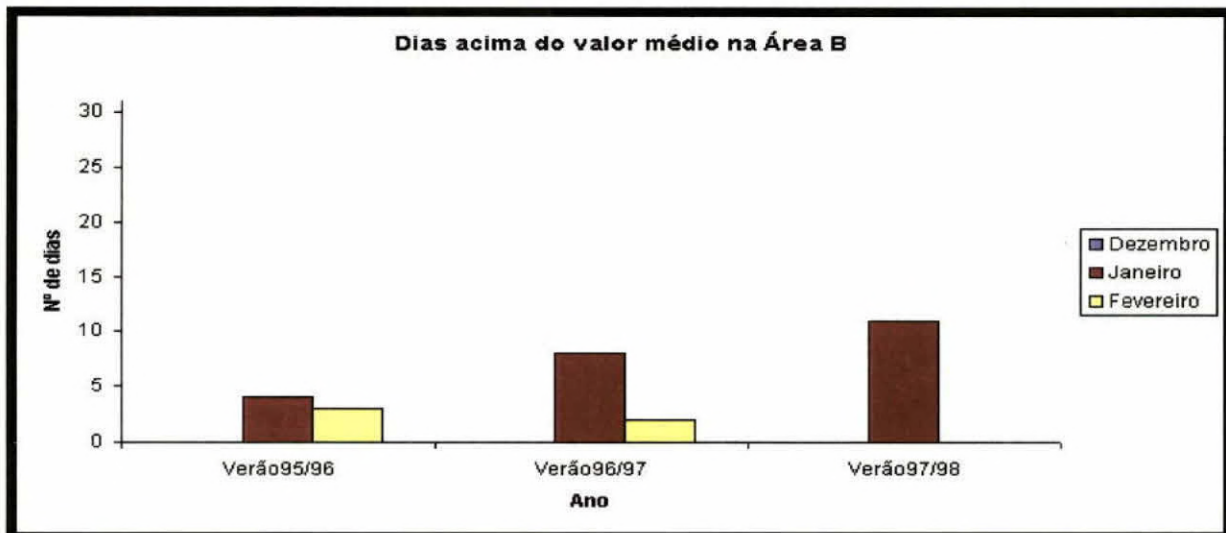


Fig. 33 – Gráfico das freqüências com que apareceram dias com valores acima da média imposta

Nesta área foi verificado para os meses de Dezembro (96, 97), a não ocorrência de dias com valores acima da média. No mês de Janeiro de 1996, apenas 4 dias mantiveram-se acima da média. Em Janeiro de 1997 o número de dias foi um pouco maior, chegando a 8 em Janeiro de 1998. Ao compararmos com a área A, podemos afirmar que é um número muito pequeno. Em Fevereiro de 1996, o número foi menor que os dias apresentados no

mês anterior. Baseados nestes dados podemos afirmar que no ano de 1996, houve pouquíssima atividade convectiva com dias apresentando valores acima da média.

A figura 34, corresponde a área C (região Centro-Oeste do país).

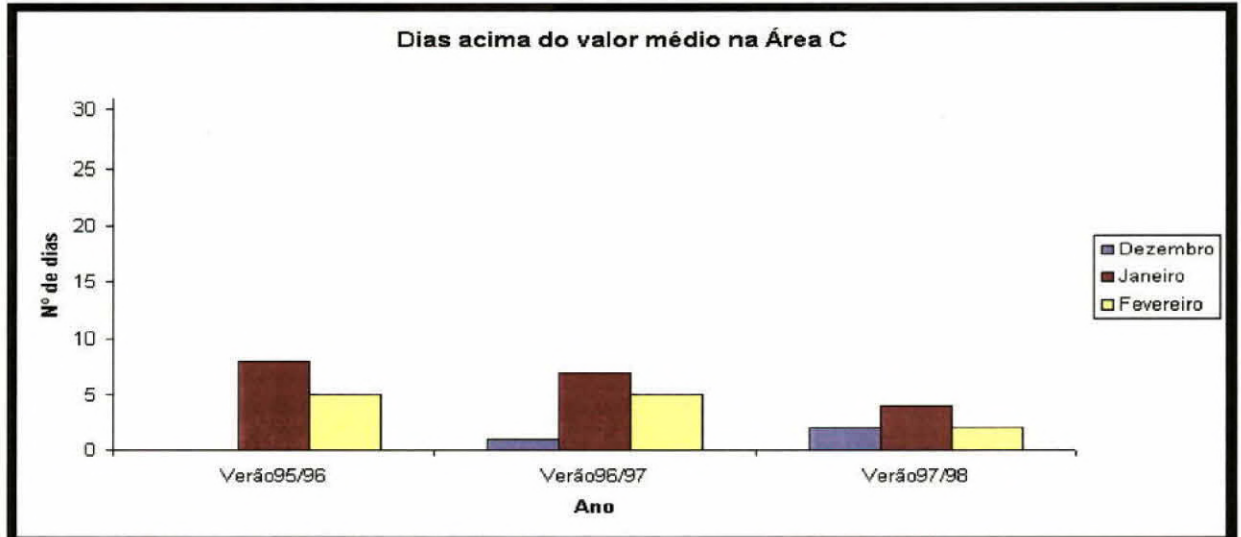


Fig. 34 – Gráfico das freqüências com que apareceram dias com valores acima da média imposta

Nesta área para o mês de Dezembro (96 e 97), com poucos os dias de atividade convectiva nesta região, sendo 1 dia em 96 e 3 em 97. Já no mês de Janeiro (96, 97 e 98) o número de dias sofre um aumento considerável, quando comparado com o mês anterior, ficando a ocorrência dos dias acima do valor imposto, em 6 ou 7 dias para os anos de 96 e 97, e em 98 com 4 dias. Em Fevereiro (96, 97 e 98) ao analisarmos a média de ocorrência dos dias acima da média, foi observado a ocorrência de 5 dias em 96 e 97, diminuindo em 98 para 3 dias.

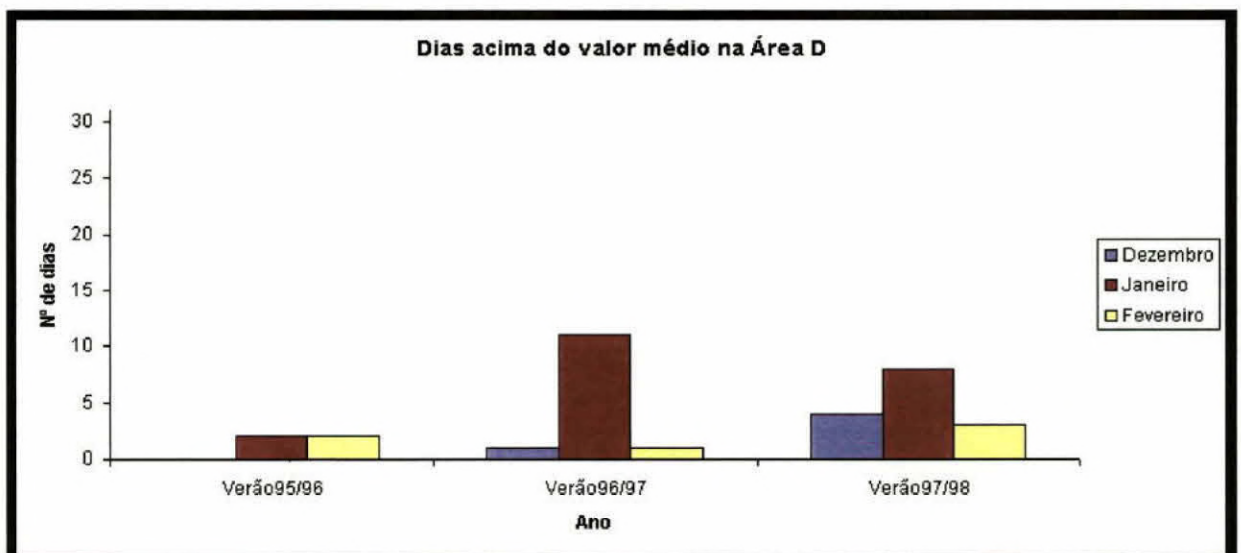


Fig. 35 – Gráfico das freqüências com que apareceram dias com valores acima da média imposta

Os dias com valores acima da média na área D, estão representados na figura 35.

No mês de Dezembro (96 e 97), poucos dias apresentaram atividade convectiva, acima da média sobre a área D.

Em Janeiro de 1996, os dias com valores acima da média foram baixos, apenas 2 dias naquele ano, porém no mesmo mês de 1997, foram observados 11 dias com valores acima da média. Neste ano houve também bastante ocorrência sobre a área A, o que pode estar identificando a ZCAS. Em 1998 no mês de Janeiro verificamos a ocorrência de 8 dias com valores acima da média, um valor mais baixo que o do ano anterior, porém ainda alto quando comparado com as outras áreas.

O gráfico abaixo (figura 36) representa a área E, região Sul do Brasil.

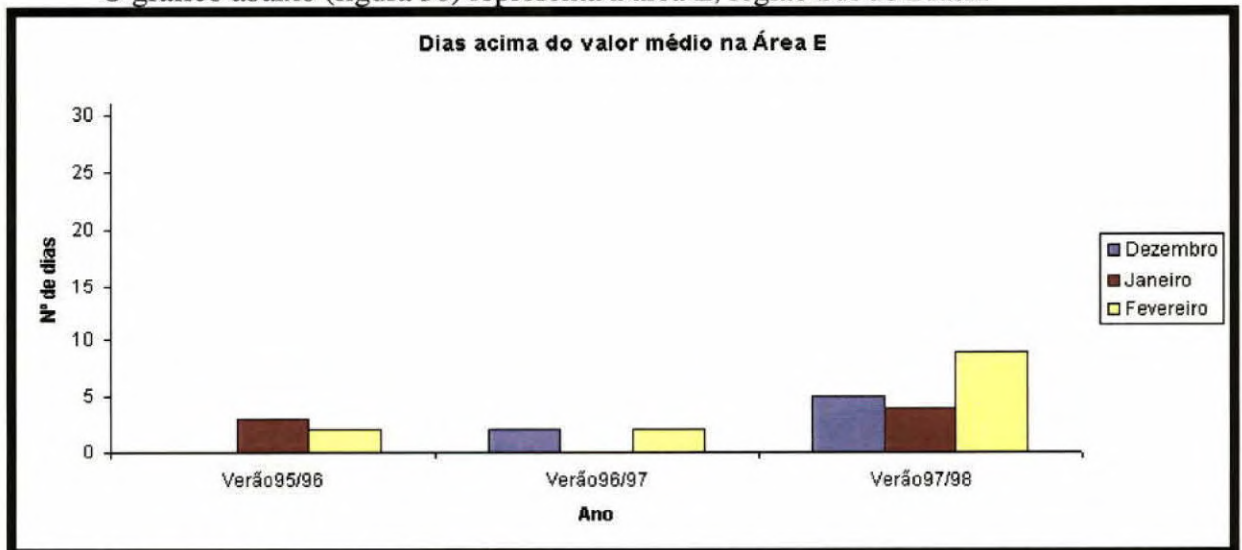


Fig. 36 – Gráfico das freqüências com que apareceram dias com valores acima da média imposta

Em análises para o mês de Dezembro de 1996, verifica-se a não ocorrência de dias com valores acima da média imposta. Em Janeiro de 1997 foi observado apenas a não ocorrência de dias com valores maiores que a média imposta. No mês de Dezembro de 1997, foi observado 5 dias com valores altos. Em Janeiro de 1996, também houve ocorrência de poucos dias, apenas 3, decaindo ainda mais no ano seguinte que não apresentou nenhum valor acima da média. No ano de 1998, voltou-se a ter alguns valores maiores que a média, porém foram poucos, apenas 4 dias mostraram os mesmos. Em Fevereiro de 1996 e 1997, o número de dias com valores acima da média são poucos e iguais para os dois anos (2 dias), já havendo um aumento considerável no ano de 1998, onde foram apresentados 9 dias com os valores acima da média.

4.4. Séries Temporais

Através das séries temporais (figuras 37 a 41) dos valores em Count, da atividade convectiva nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro para os anos de 1996, 1997 e 1998, nas áreas A, B, C, D e E, foram destacados um dia de cada ano, que apresentou o maior valor de Count para representar a máxima atividade convectiva (figuras 42 a 46).

Sobre a área A (região Amazônica), o dia com a máxima atividade convectiva escolhido, corresponde a 18/01/96 (figura 42), com valor aproximado de 184 Counts sobre aquela região. Neste dia pode-se observar que toda região Amazônica, parte da área C

(região Centro-Oeste) e D (região Sudeste), apresentam grandes valores de counts, o que indica alta atividade convectiva sobre estas regiões. No dia 17/01/96 (figura 46), um dia antes da atividade convectiva na região Amazônica, observou-se alta atividade convectiva na área E (região Sul do país) apresentando uma organização da nebulosidade convectiva em áreas do Centro-Oeste até o oceano Atlântico. Esta nebulosidade caracteriza o início da interação entre o sistema frontal do Sul com a convecção no continente. No dia 18/01, observa-se um deslocamento em direção à região Sudeste do Brasil, do sistema frontal ao mesmo tempo que há deslocamento para norte, em uma banda de nebulosidade com orientação NW/SE, estendendo-se desde o norte da região Amazônica até o oceano Atlântico, indicando a interação trópico-extratropical.

Na área B (região Nordeste), escolhemos o dia 23/01/97 (figura 43), com valor de 173 Counts aproximadamente, maior índice de atividade convectiva sobre a região. Em análises feitas para este dia, observou-se a existência de alta atividade convectiva em toda a região Nordeste, e parte da região Sudeste. A configuração mostra a presença de sistemas frontais, vórtice anti-ciclônico e ZCIT.

O dia 02/01/97 (figura 44), aquele que registrou o maior valor de atividade convectiva sobre a área C (174 Counts). Analisando este dia, pode-se observar que quase toda região do Brasil, está afetada pela atividade convectiva, destacando-se a interação que existe entre os sistemas frontais da região Sudeste e a atividade convectiva sobre o sul da região Amazônica.

Sobre a área D, o dia escolhido foi 21/01/98 (figura 45), com valor aproximado de 173 Counts. Neste dia observa-se alta atividade convectiva, sobre o sul da região Nordeste e norte da Sudeste. Neste caso há interação com a atividade convectiva sobre a Amazônia.

O dia escolhido, na área E foi 17/01/96 (figura 46), com valor aproximado de 171 Counts. Neste dia pode-se observar alta atividade convectiva sobre as regiões Sul, Sudeste do Brasil e sobre o oceano Atlântico. Parte da região Centro-Oeste do Brasil, também sofre atividade convectiva. Sobre a região Amazônica pode-se destacar a formação de atividade convectiva sobre o nordeste do Peru. Este foi também o dia anterior ao de máxima atividade convectiva na região A, já analisado anteriormente.

5. Conclusão

A atividade convectiva que ocorre nas diversas áreas do Brasil pode ser bem determinada através do processamento dos dados digitais de imagens de satélite. Através das médias mensais para os meses da estação do verão, foi possível analisar a variação interanual em várias áreas. As médias espaciais dos dados através das quais foi possível a obtenção das séries temporais nas áreas selecionadas, mostraram bem os valores em Counts necessários para identificação dos dias com alta atividade convectiva.

Nas análises preliminares das médias mensais nos meses de verão, pode-se observar, para os vários anos que durante os meses desta estação quase toda a região do país apresenta nebulosidade com altos índices, principalmente sobre as áreas A, B e D. Nas análises da frequência com dias que apresentaram valores acima da média imposta, e análises da intensidade, pode-se observar que nos meses de Janeiro, houve maior frequência e maior intensidade que nos meses de Fevereiro e Dezembro, dos anos selecionados.

6. Referências Bibliográficas

Arnauld, Y., Desbois, M., Maizi, J., 1992: Automatic tracking and characterization of African Convective Systems on Meteosat Pictures. *J. Appl. Meteor.*, Vol. 31, Nº 5, 443 – 453.

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

Calheiros, R. V., Silva Dias, P. L., 1988: Como prever melhor. *Climanálise*, Vol. 3(2): 31 – 31.

Carvalho, A. M. G., Silva Dias, P. L., Nobre, C. A., 1989: Upper tropospheric vorticity and OLR structure over tropical South America – Third International Conference in Southern Hemisphere. Buenos Aires.

Casarin, D. P., Kousky, V. E., 1986: Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações da circulação atmosférica. *Rev. Bras. Meteo.*, Vol. 1: 83 – 90.

Guedes, R. L., Silva Dias, M. A. F., 1985: The observed synoptic scale structure in the presence of mesoscale convective complexes over South America. 2nd Meeting of Brazil-USA Cooperative Program on the Role of Convection in the Amazon Region, SJC, SP, Brazil.

Guedes, R. L., Machado, L. A. T., Silveira, J. M. B., Alves, M. A. S., Waltz, R. C., 1994: Trajetórias dos sistemas convectivos sobre o continente americano. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia, A meteorologia da prevenção dos desastres naturais, Vol. 2: 77 – 80.

Kousky, V. E., 1979: Frontal influences on northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 1140 – 1153.

Kousky, V.E., Ferreira, J., 1981: Frontal influences on northeast Brazil: Their spatial distribution, origins and effects. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 1999 – 2008.

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

Machado, L. A. T., Desbois, M., Duvel, J.-P., 1992: Structural characteristics of deep convective systems over tropical Africa and Atlantic Ocean. *Mon. Wea. Ver.*, 120, 392 – 406.

Maddox, R. A., 1983: Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1475 – 1493.

Miller, D., Fritsch, J. M., 1991: Mesoscale convective complexes in the Western Pacific region. *Mon. Wea. Ver.*, 119, 2978 – 2992.

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, nº 7: 993 – 1011.

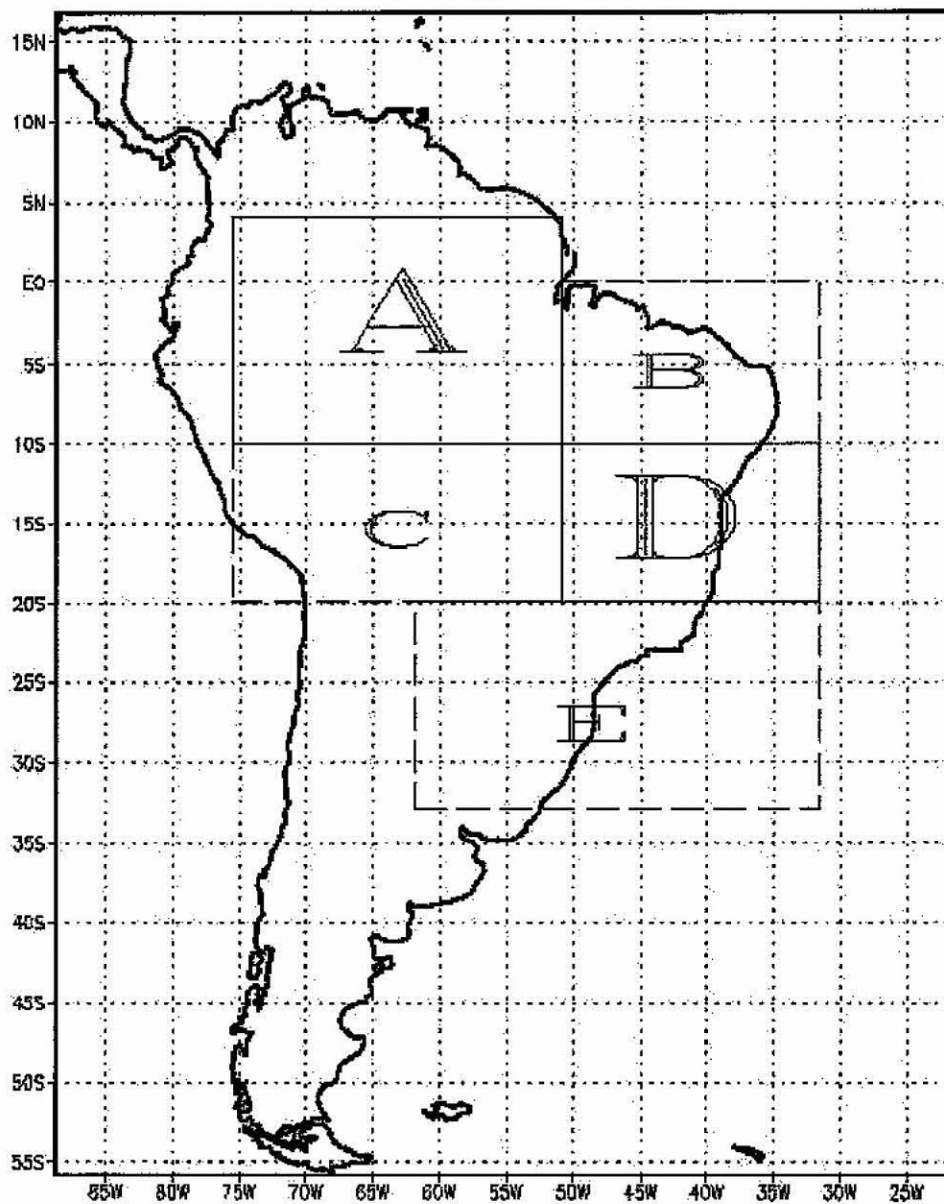
Oliveira, A. S., 1986: Interações entre os Sistemas Frontais na América do Sul e Convecção na Amazônia. INPE – 4008 – TDL/239.

Rocha, A. M. G. C., Gandu, A. W., 1996, A Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Climanálise Especial*: 140 - 141.

Satyamurti, P., Mattos, L. F., 1989: Climatological lower trophosferic frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. *Mon. Wea. Rev.*, 108: 410 – 520.

Silva Dias, P. L., 1988: As anomalias globais observadas em fevereiro e a previsão de médio a longo prazo. *Climanálise*, Vol. 3(2): 32 – 33.

Divisao de areas sobre a America do Sul



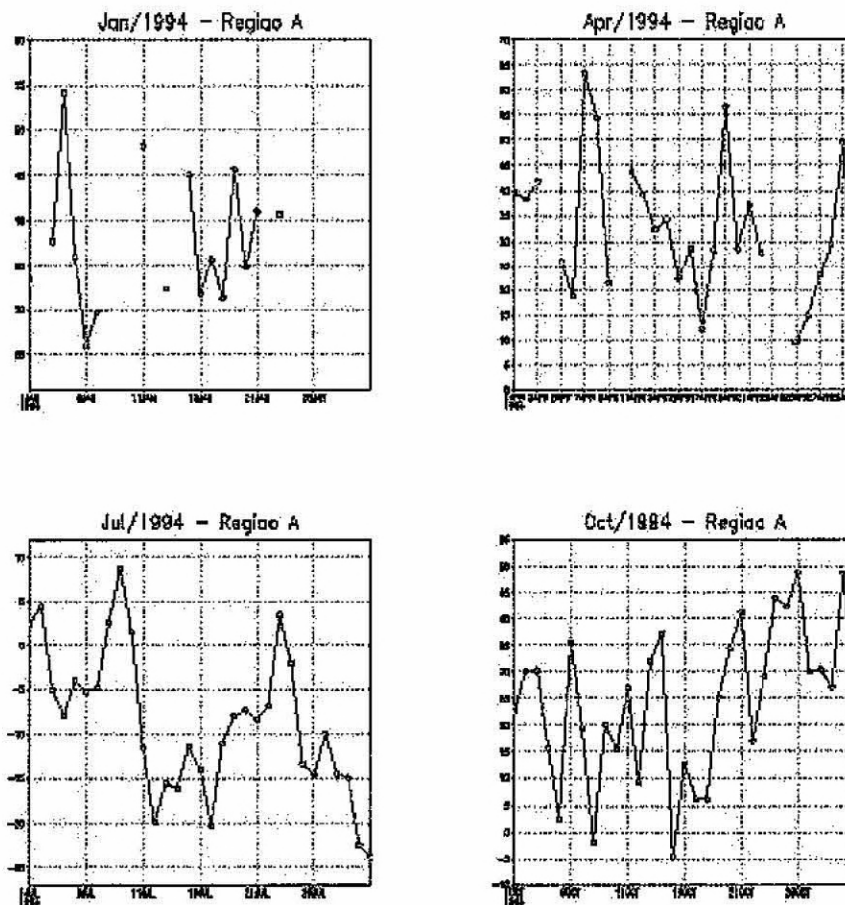
(Fig. 1) – Região do Brasil dividida em áreas

ESTUDO DE UM CASO DE EXTREMA ATIVIDADE CONVECTIVA NAS REGIÕES AMAZÔNICA e SUDESTE DO BRASIL

Barbosa, E.B.M. (B)¹, Cavalcanti, I.F.A. (O)²

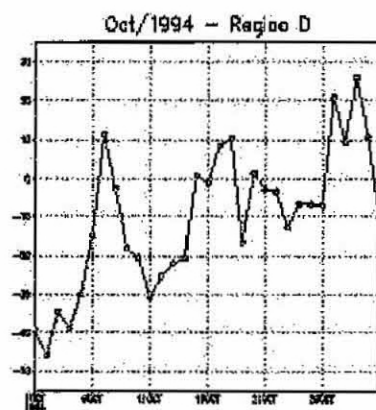
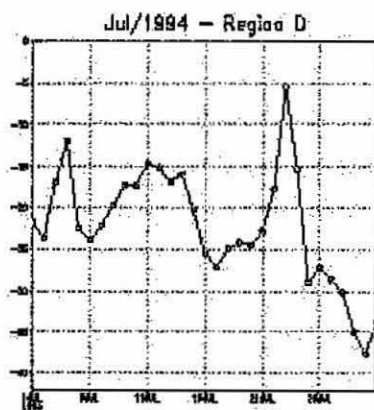
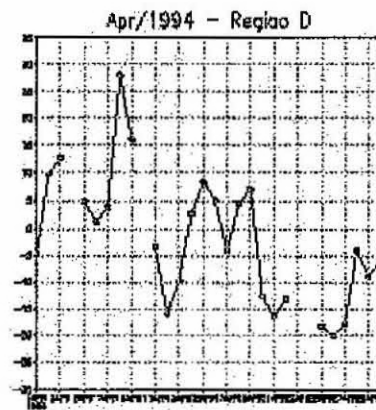
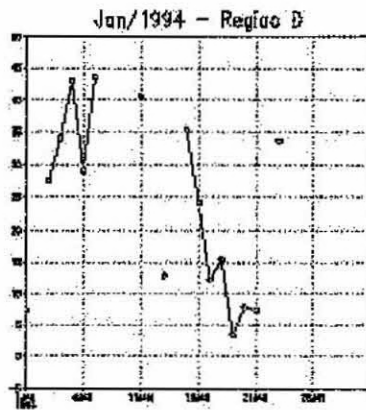
Em estudos com dados digitais de imagens de satélite, no canal infravermelho, para os anos de 1993 e 1994, notou-se que a máxima atividade convectiva (forte nebulosidade) sobre uma região do Brasil, pode ser bem determinada e, em alguns casos, associada com a ocorrência de sistemas frontais. Este trabalho tem por objetivo mostrar a evolução da atividade convectiva em um caso ocorrido no mês de janeiro de 1994, em dias quando esta se apresentou com valores acima da média, sobre as regiões Amazônica e Sudeste do Brasil. Foram utilizados os dados de imagens de satélite com resolução $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ (longitude/latitude), dos anos de 1993 e 1994, e calculadas as médias espaciais dos valores digitais, para confecção de séries temporais nas seguintes áreas: A ($4,25^\circ \text{ N} - 10,75^\circ \text{ N}; 76,25^\circ \text{ W} - 51,25^\circ \text{ W}$), que representa a região Amazônica, e D ($10,75^\circ \text{ S} - 20,75^\circ \text{ S}; 51,25^\circ \text{ W} - 33,75^\circ \text{ W}$), que representa a região Sudeste do país. Através das séries temporais, foi escolhido um período de máxima atividade convectiva, para análise da evolução da situação atmosférica, entre os dias 3 e 7 de janeiro de 1994. No dia 5/01 foi registrada a máxima atividade convectiva sobre a região Sudeste, enquanto que na região Amazônica, registrou-se a máxima atividade convectiva em 4/01. Durante este período há a influência de um sistema frontal que interage com a convecção da Amazônia, favorecendo a ocorrência de uma banda de nebulosidade com orientação NW/SE, que é característica da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). A interação ocorre desde 3/01, permanecendo até 6/01, porém com menor intensidade e descaracterizando-se no dia 07/01/1994. Analisando-se os dias anteriores a esse período, notou-se que o sistema frontal atingiu a região Sul do Brasil no dia 27 de dezembro de 1993, deslocando-se no sentido da região Sudeste, e permanecendo até o dia de máxima atividade convectiva sobre o Brasil. Neste trabalho serão apresentadas as configurações de atividade convectiva bem como a circulação atmosférica em altos e baixos níveis. A situação atmosférica é consistente com a formação de nebulosidade convectiva e deslocamento do sistema frontal sobre a América do Sul. As análises mostraram a influência do sistema frontal na atividade convectiva sobre as regiões Amazônica, Central e Sudeste do Brasil.

¹ Bolsista PIBIC/CNPq – CPTEC/INPE; ² Pesquisadora CPTEC/INPE



Série Temporal das anomalias dos dados digitais de I.S. na área A para os meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro

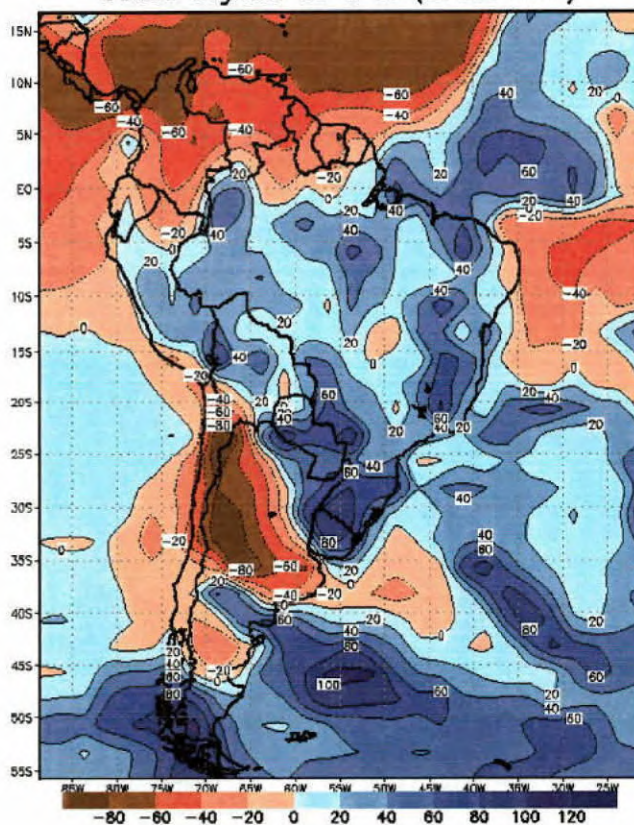
(Fig. 3) – Séries Temporais sobre a área A, para o 2º mês de cada estação do ano



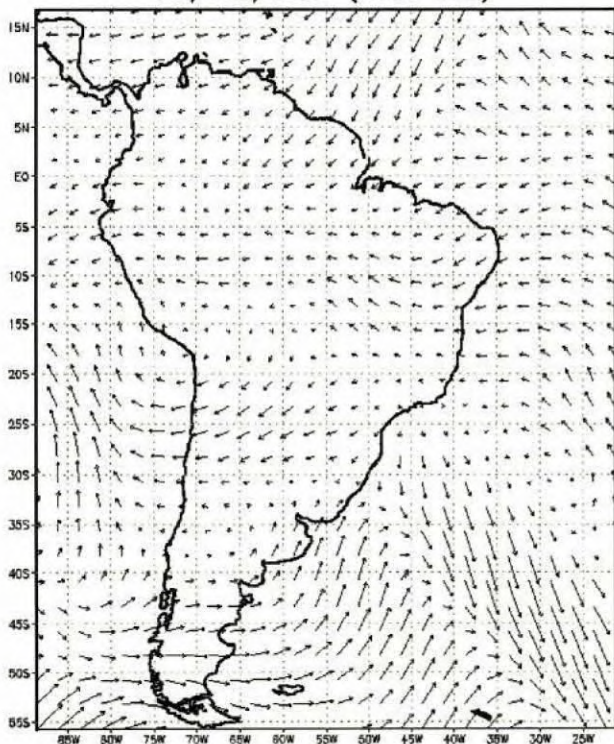
Serie Temporal das anomalias dos dados digitais de I.S. na area D para os meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro

(Fig. 4) - Séries Temporais sobre a área D, para 2º mês de cada estação do ano

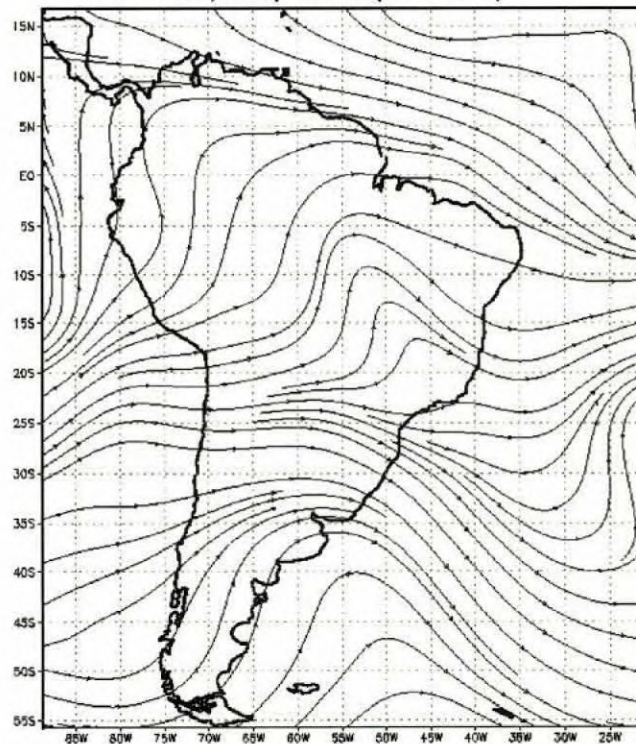
Dados Digitais de I. S. (27dec1993)



28/Dec/1993 (1000 hPa)

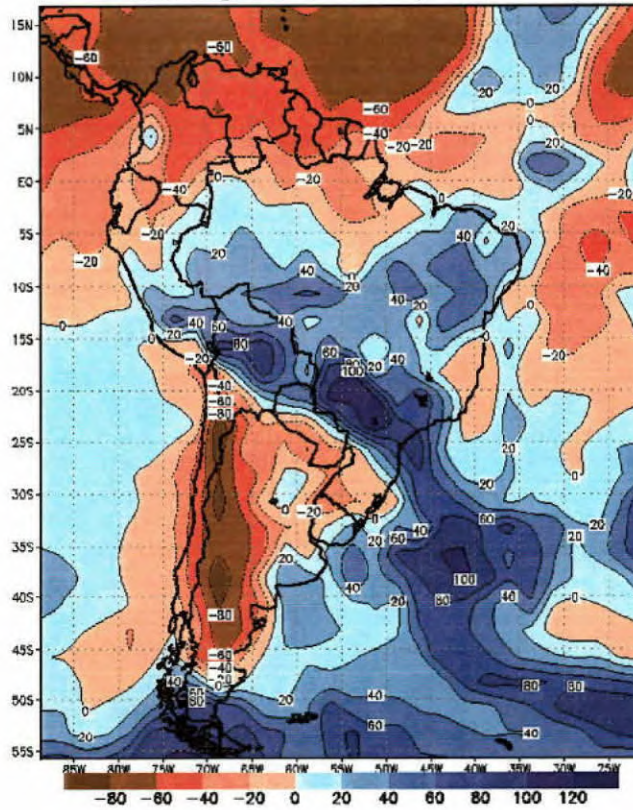


27/Dec/1993 (200 hPa)

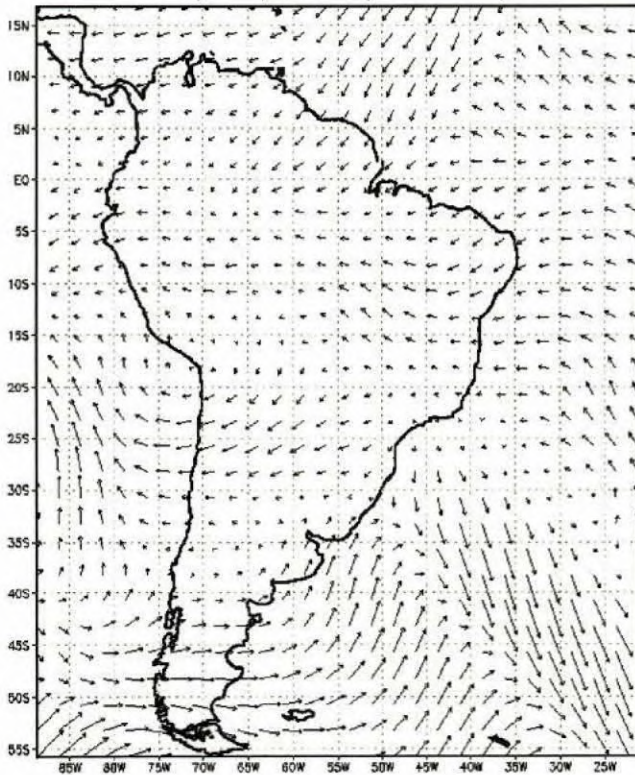


(Fig. 5) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

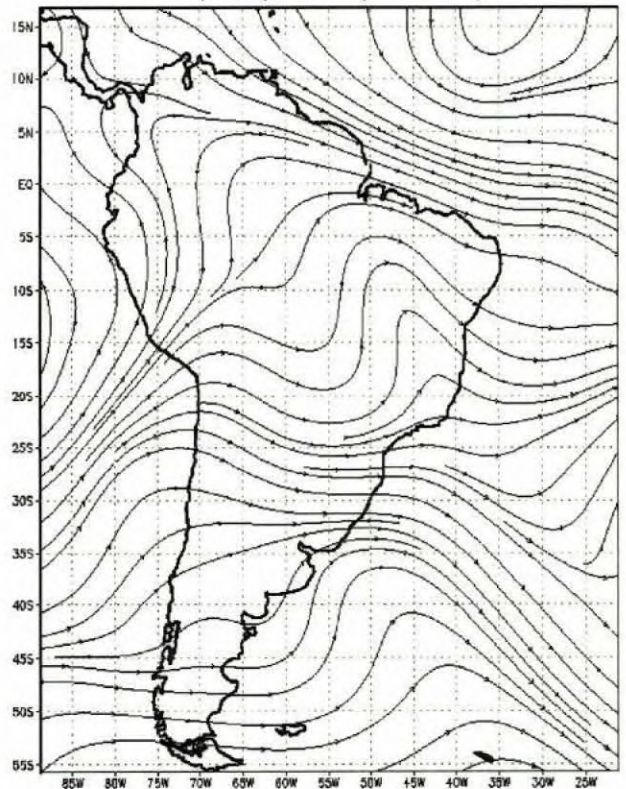
Dados Digitais de I. S. (28dec1993)



28/Dec/1993 (1000 hPa)

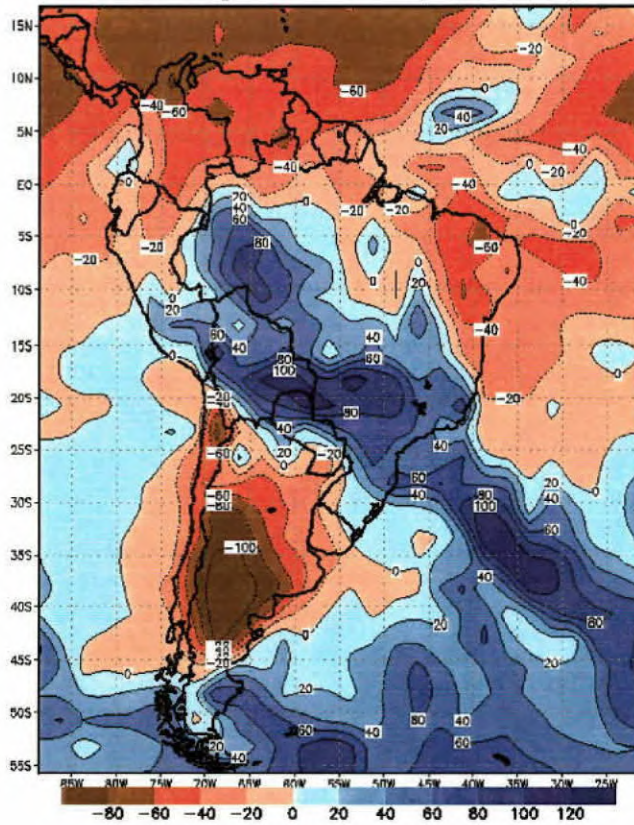


28/Dec/1993 (200 hPa)

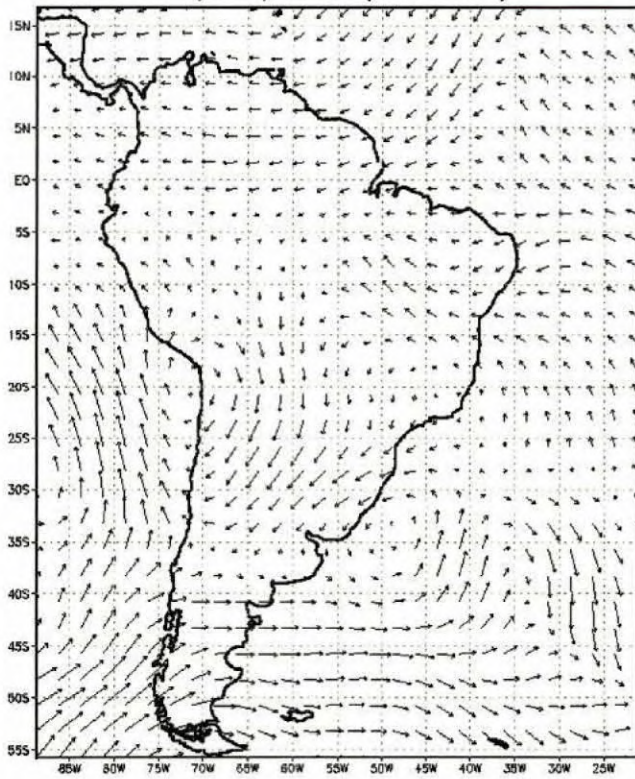


(Fig. 6) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

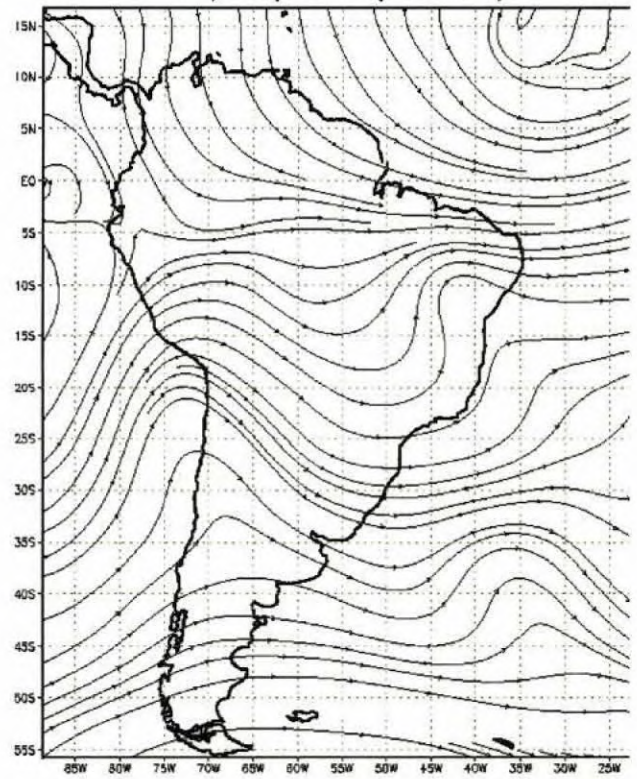
Dados Digitais de I. S. (29dec1993)



29/Dec/1993 (1000 hPa)

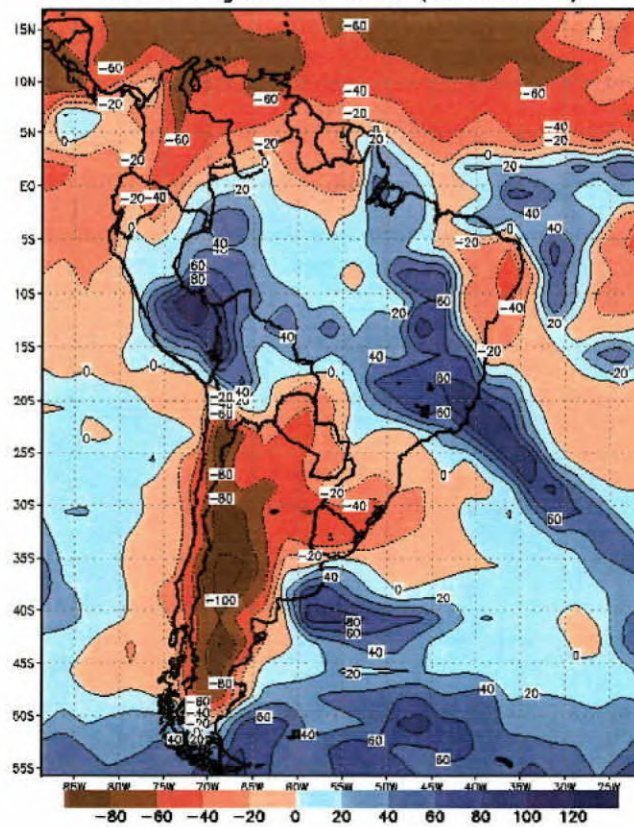


29/Dec/1993 (200 hPa)

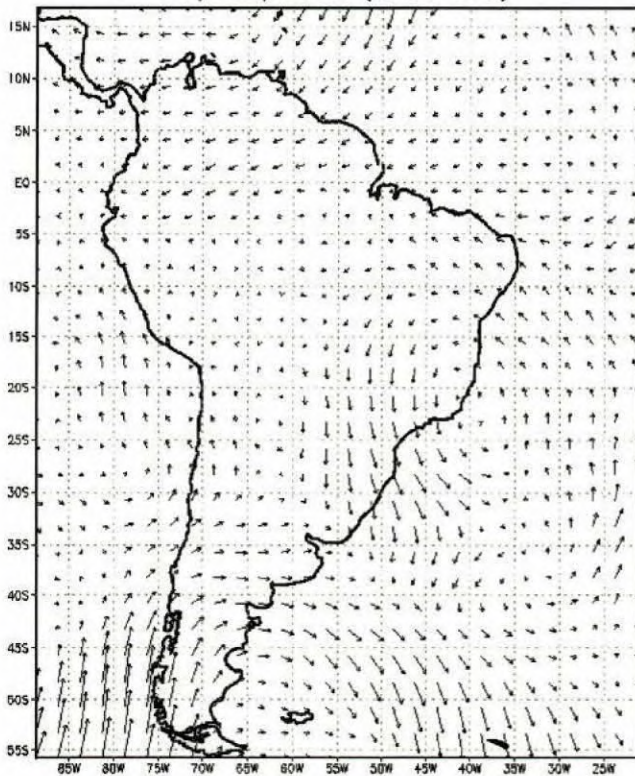


(Fig. 7) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

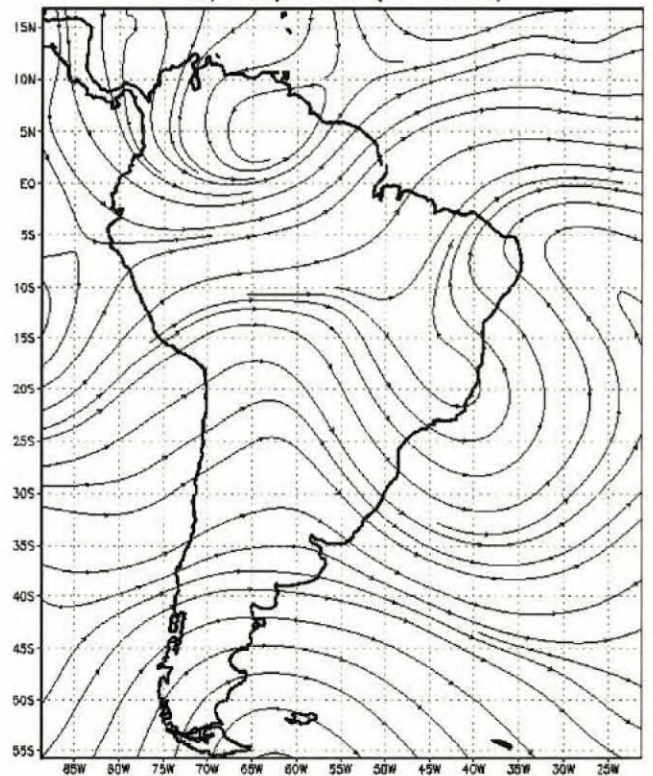
Dados Digitais de I. S. (31dec1993)



31/Dec/1993 (1000 hPa)

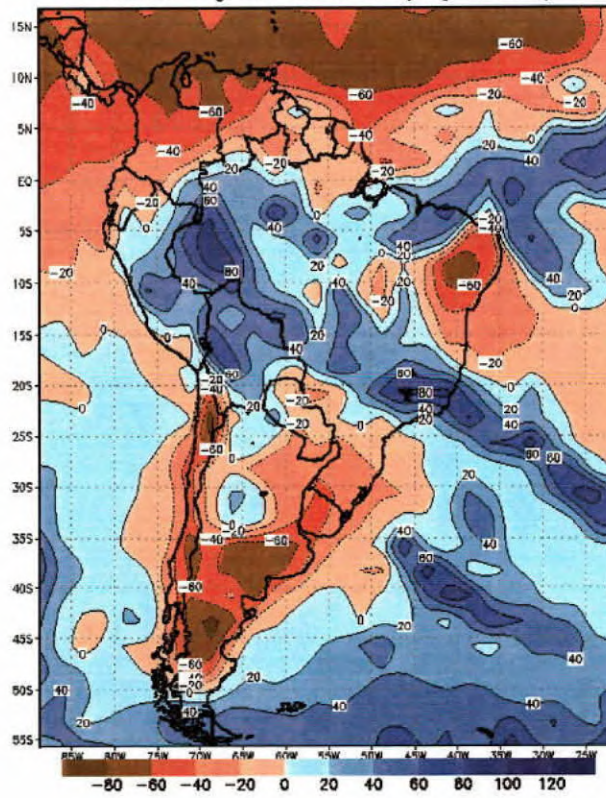


31/Dec/1993 (200 hPa)

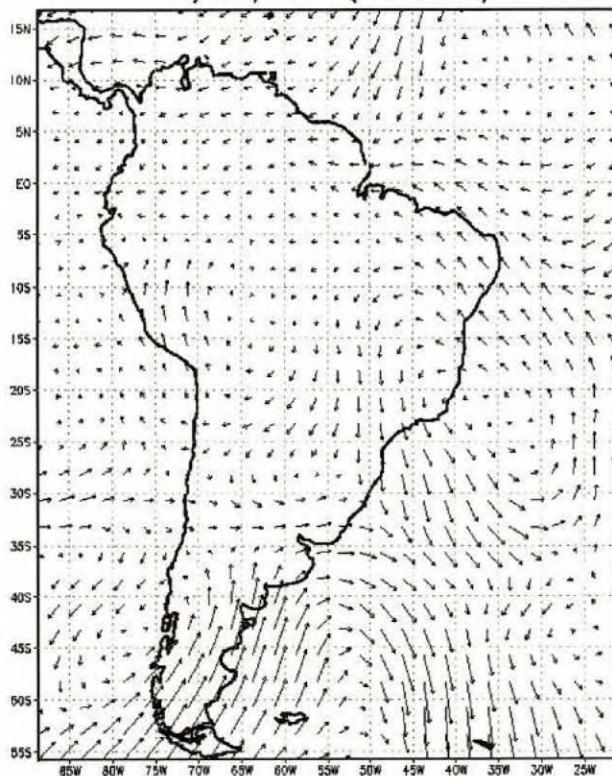


(Fig. 8) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

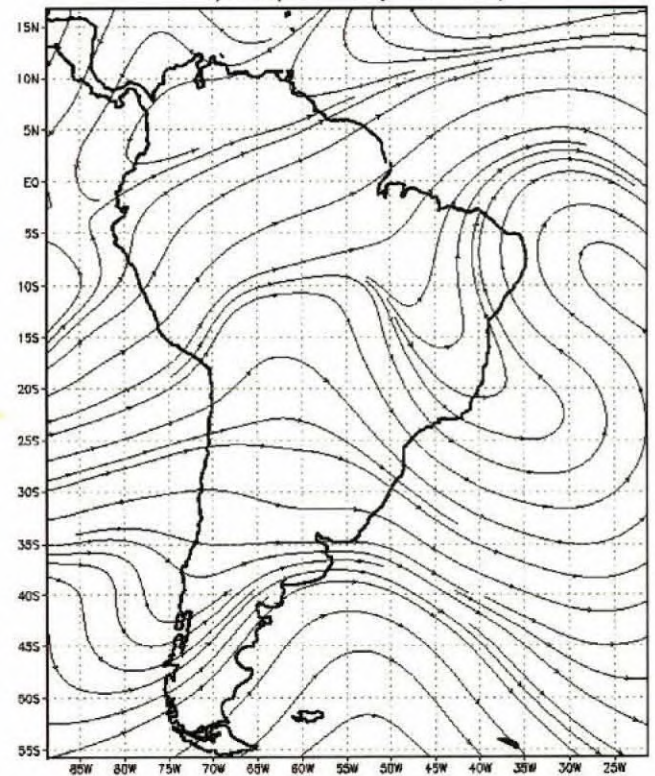
Dados Digitais de I. S. (01jan1994)



01/Jan/1994 (1000 hPa)

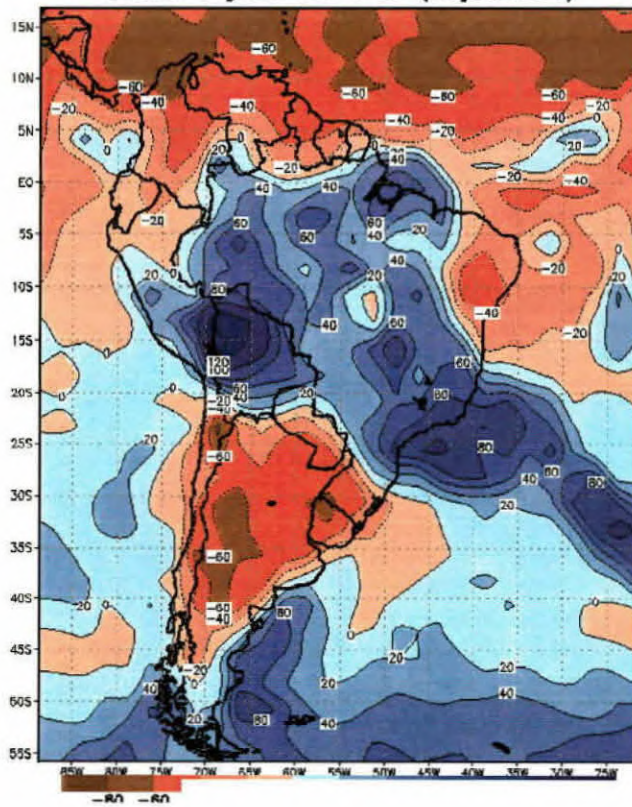


01/Jan/1994 (200 hPa)

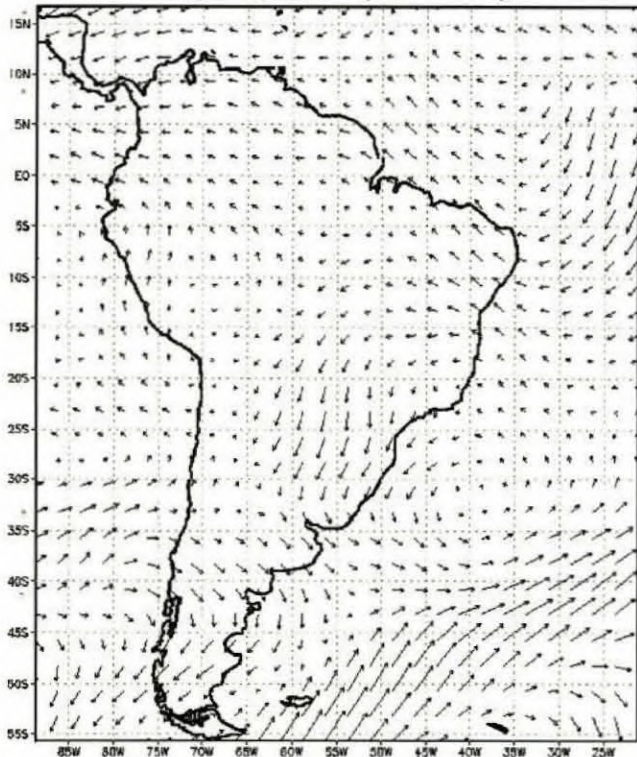


(Fig. 9) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

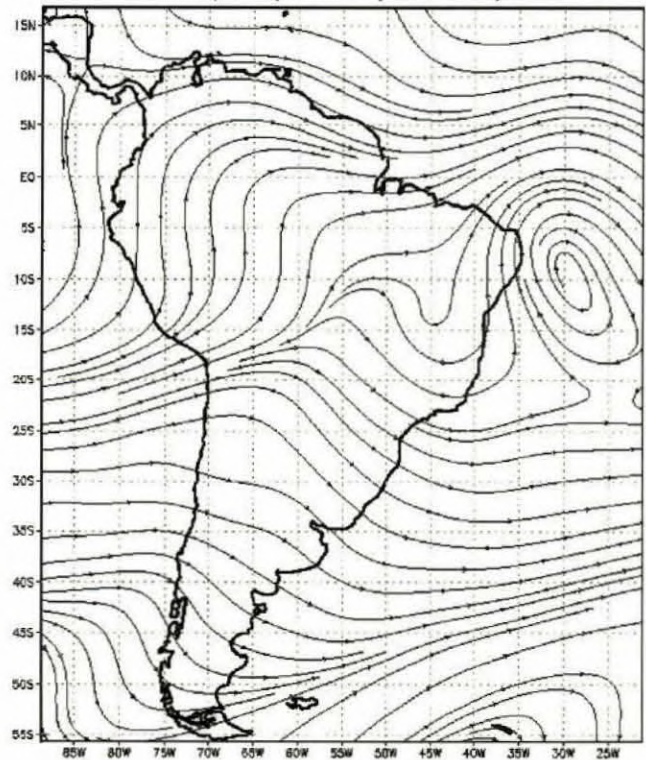
Dados Digitais de I. S. (03jan1994)



03/Jan/1994 (1000 hPa)

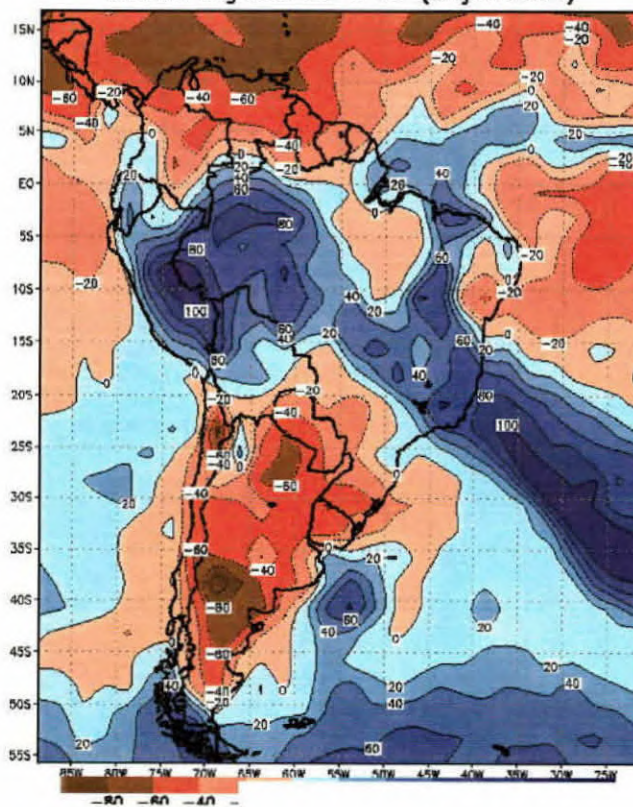


03/Jan/1994 (200 hPa)

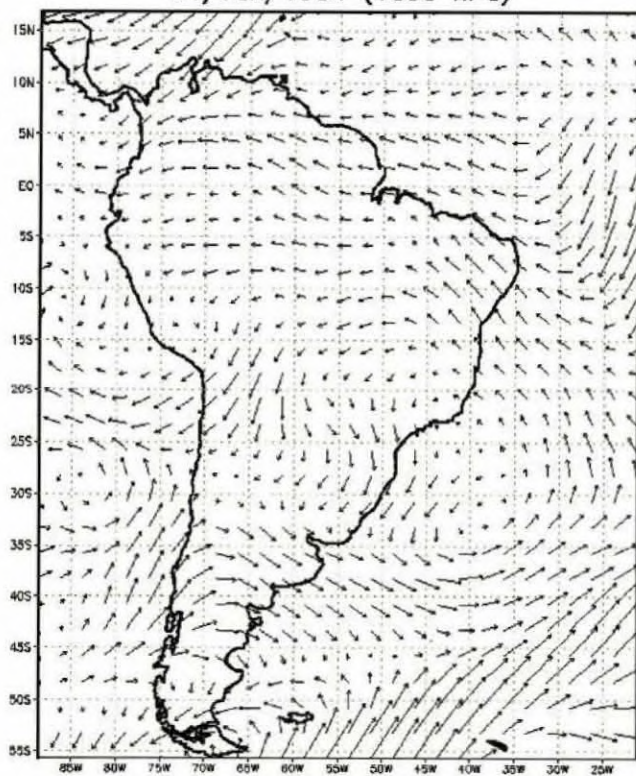


(Fig. 10) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

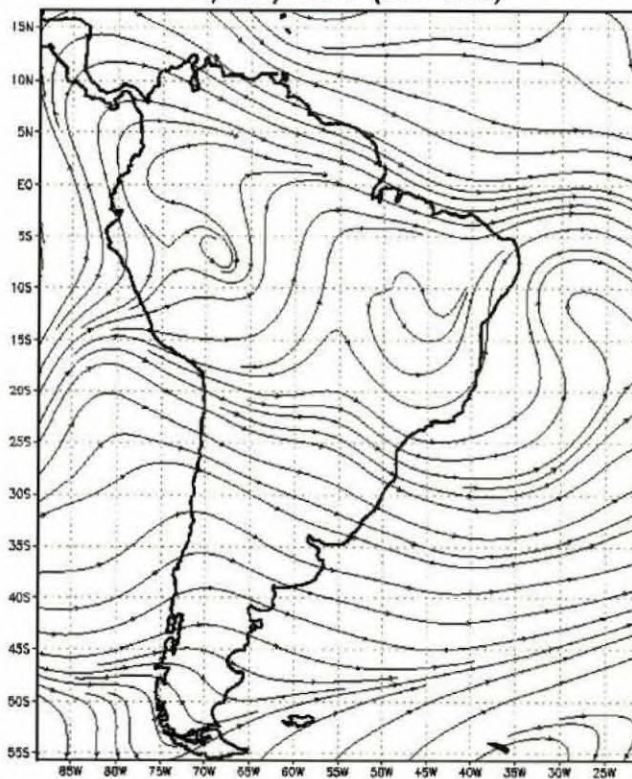
Dados Digitais de I. S. (04jan1994)



04/Jan/1994 (1000 hPa)

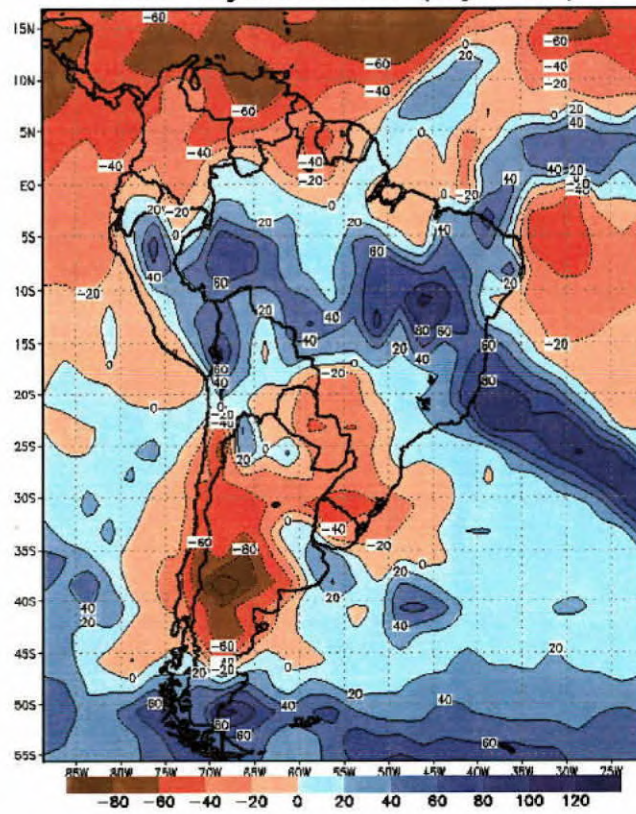


04/Jan/1994 (200 hPa)

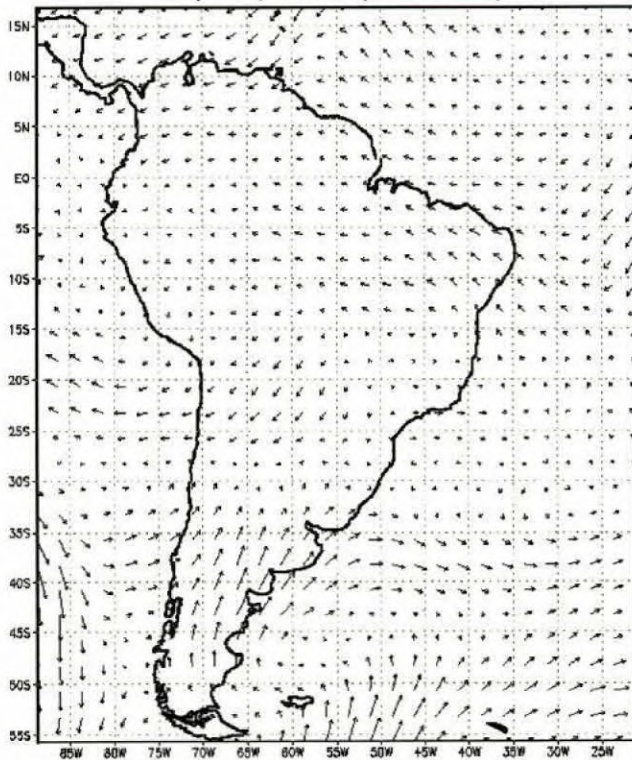


(Fig. 11) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

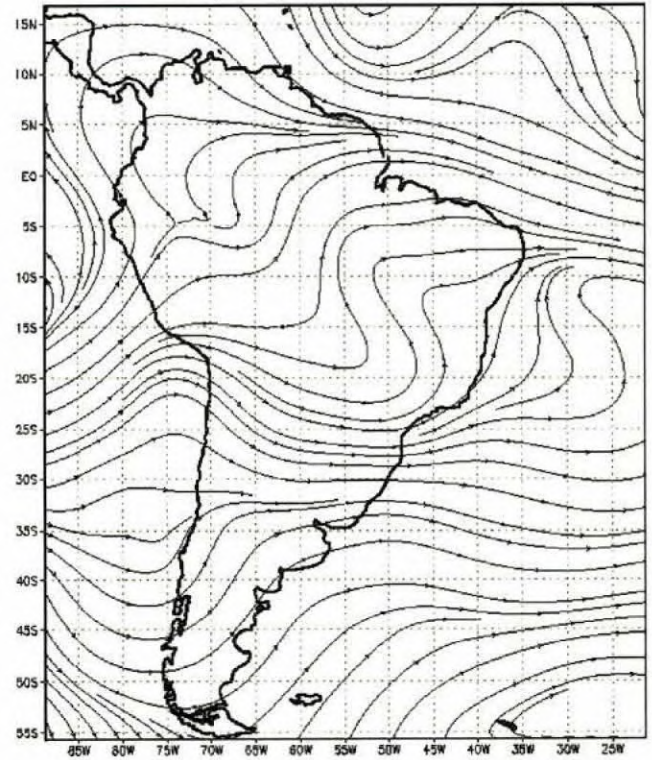
Dados Digitais de I. S. (05jan1994)



05/Jan/1994 (1000 hPa)

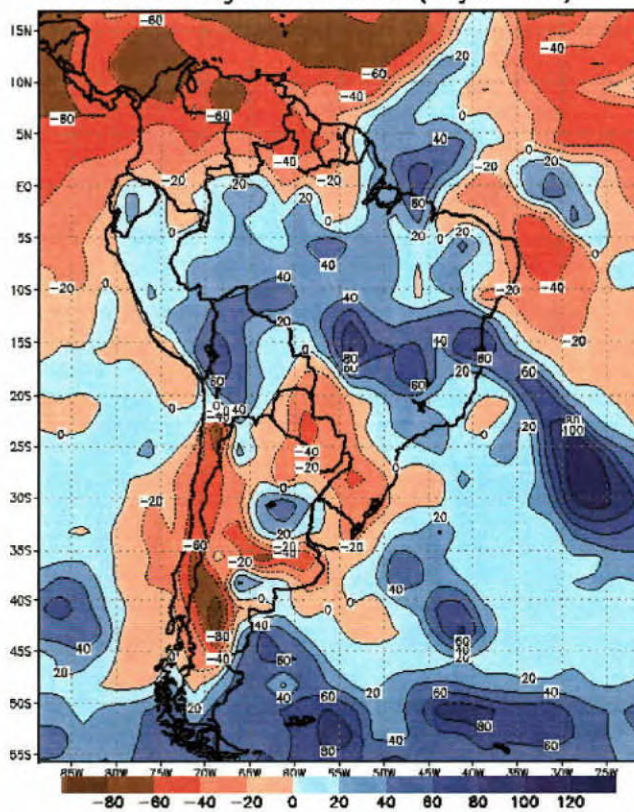


05/Jan/1994 (200 hPa)

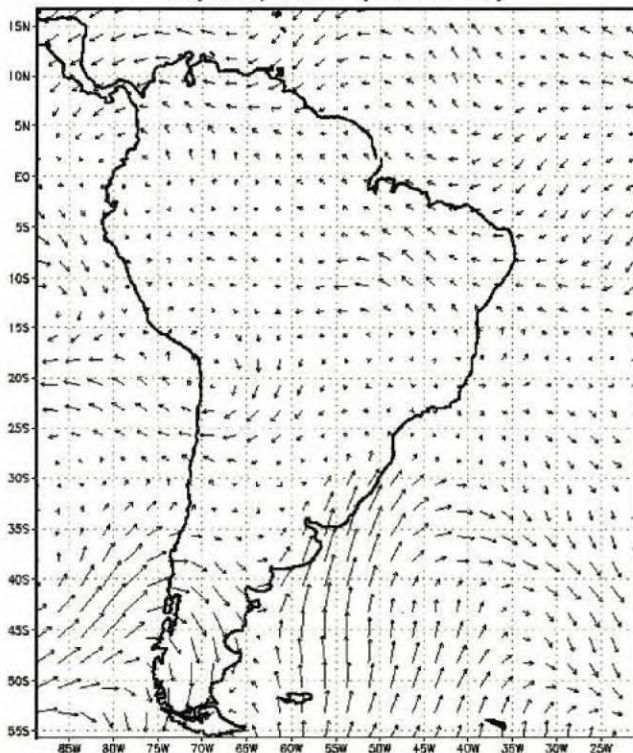


(Fig. 12) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

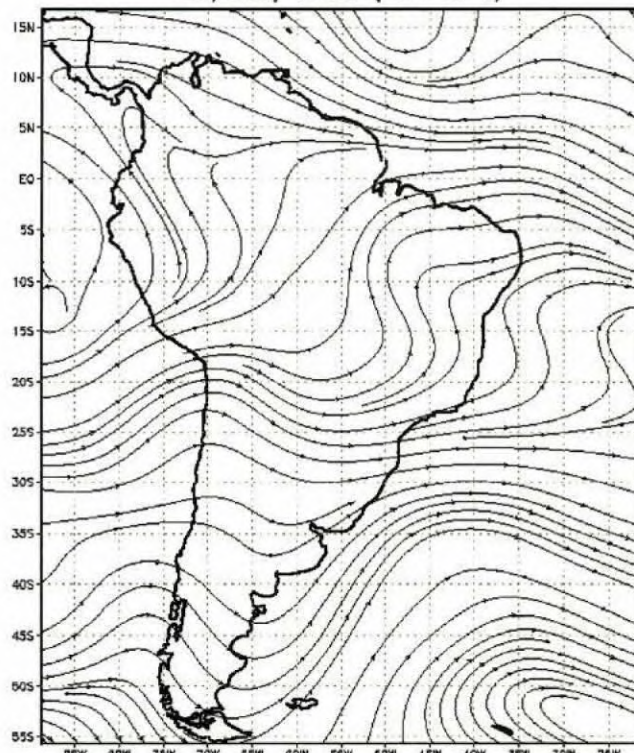
Dados Digitais de I. S. (06jan1994)



06/Jan/1994 (1000 hPa)

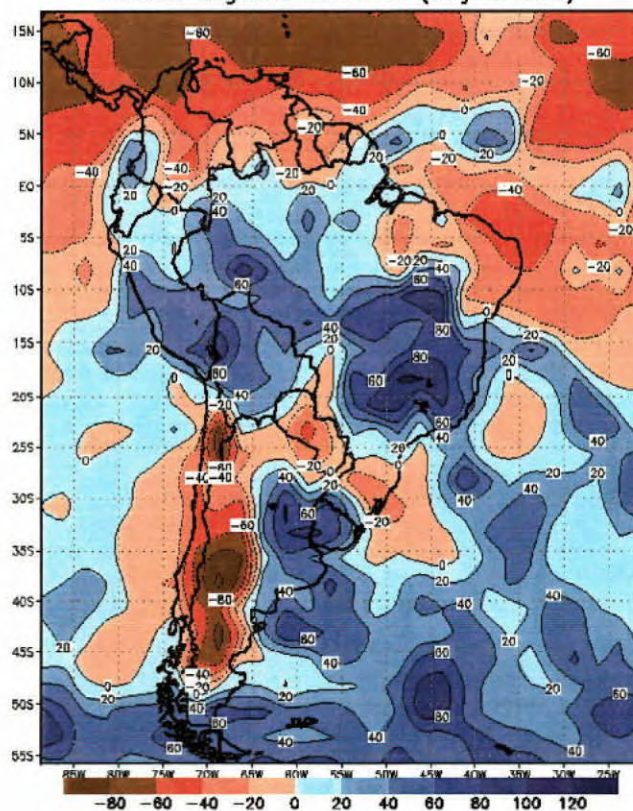


06/Jan/1994 (200 hPa)

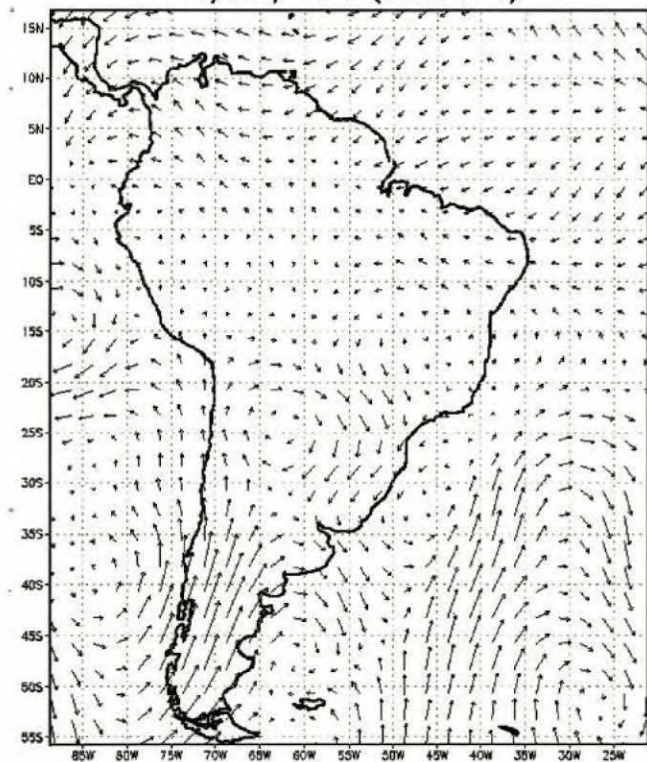


(Fig. 13) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

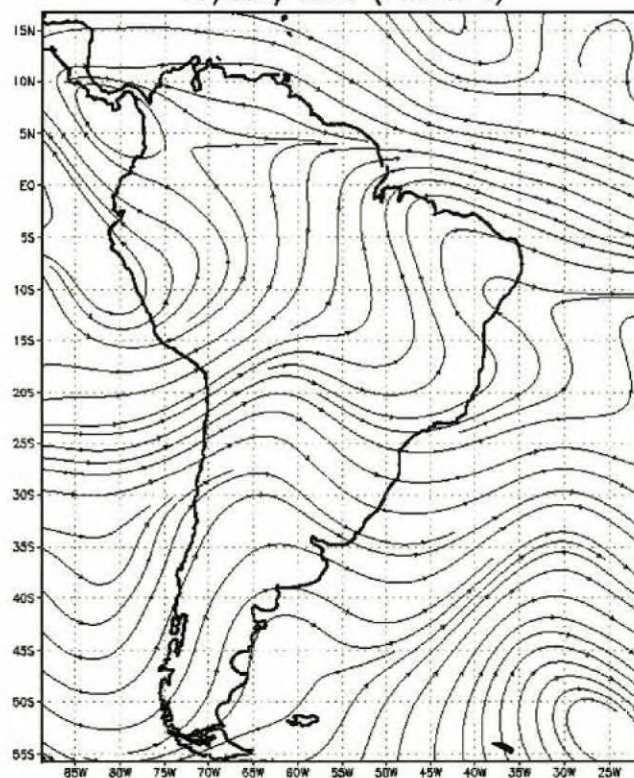
Dados Digitais de I. S. (07jan1994)



07/Jan/1994 (1000 hPa)



07/Jan/1994 (200 hPa)



(Fig. 14) – Dados Digitais de Imagens de Satélite e circulação em altos e baixos níveis

EVOLUÇÃO DA ATIVIDADE CONVECTIVA SOBRE O BRASIL E SUA INTERAÇÃO COM SISTEMAS FRONTAIS

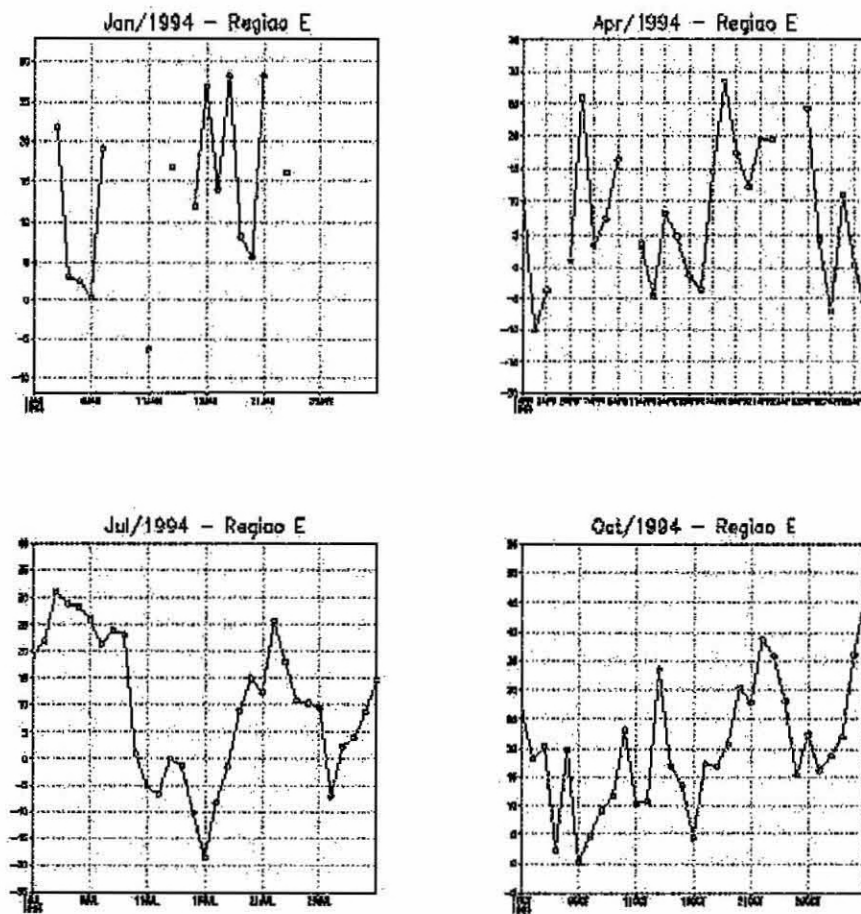
Eduardo B. M. Barbosa, Iracema F. A. Cavalcanti

Palavras-chave: Dados digitais de imagens de satélite, atividade convectiva, sistemas frontais

Enquadramento: I – Ciências Exatas e da Terra

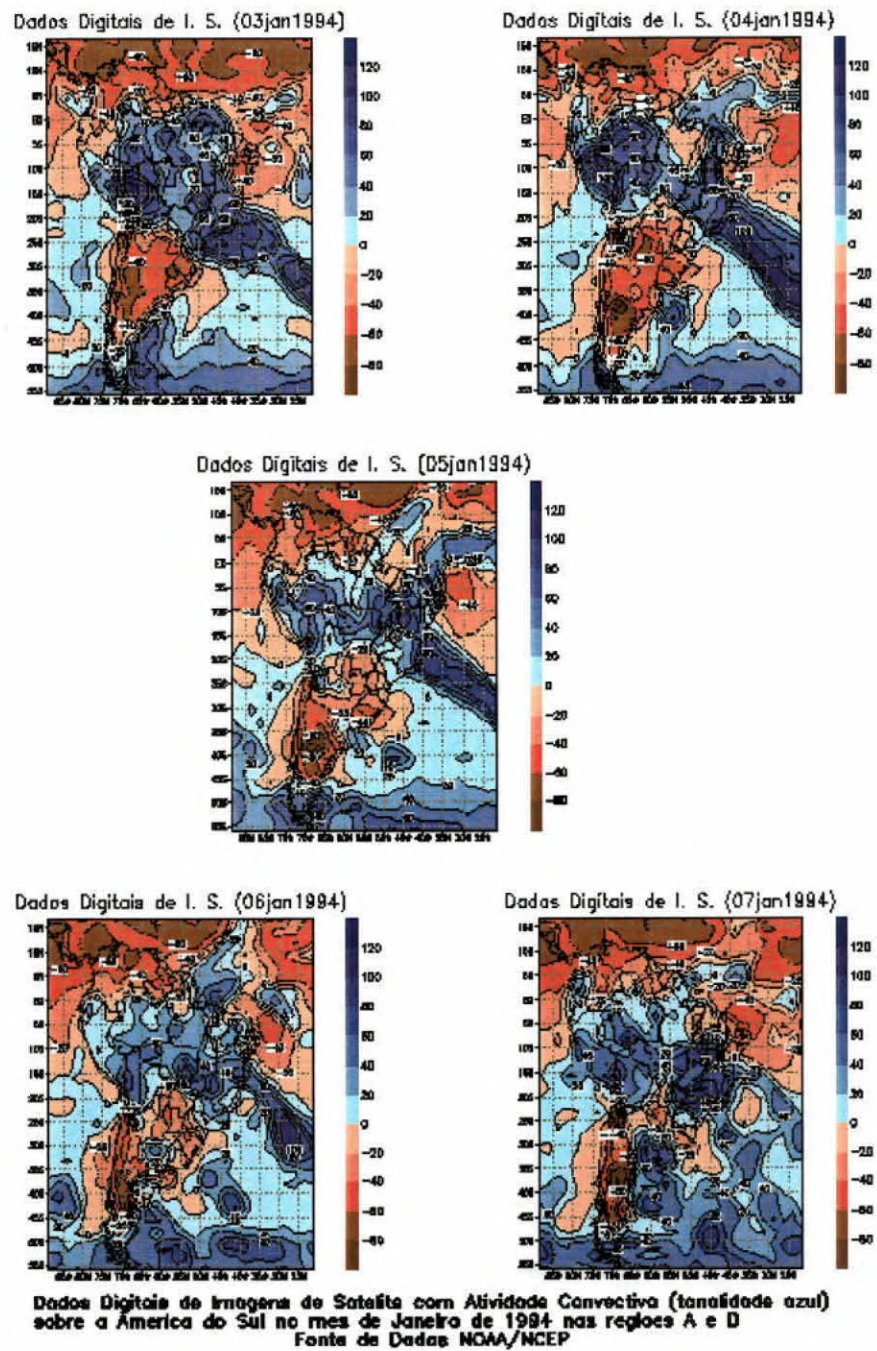
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – 12630-000 – Cachoeira Paulista – SP – Brasil
eduardo@cptec.inpe.br iracema@cptec.inpe.br

Em análise de dados digitais de imagens de satélite, no canal infravermelho, para os anos de 1993 e 1994, notou-se que a máxima atividade convectiva (forte nebulosidade) sobre uma região do Brasil, pode ser bem determinada e, em alguns casos, associada com a ocorrência de sistemas frontais atuantes sobre outras regiões. Este trabalho tem o objetivo de mostrar a evolução da atividade convectiva, em dias quando esta se apresentou com valores acima da média, sobre uma região. Foram utilizados os dados de imagens de satélite com resolução de $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ (longitude/latitude), do ano de 1994. Para analisar a variabilidade sazonal foram calculadas as médias espaciais (utilizando-se o segundo mês de cada estação do ano), de várias regiões do Brasil. Através de séries temporais desses valores, foram escolhidos os dias de máxima atividade convectiva, dois dias anteriores e dois dias posteriores. As regiões analisadas correspondem às seguintes áreas: Amazônia, Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul. Durante os períodos selecionados, notou-se a interação entre a convecção da Amazônia e sistemas frontais na região sudeste, nas estações de verão e primavera. No inverno, os sistemas frontais se situaram mais ao Sul, e há interação com a convecção no oeste da Amazônia. Nesta época as regiões central e leste do Brasil não apresentaram atividade convectiva. No outono nota-se influência da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) e de sistemas frontais na atividade convectiva do Nordeste. Os resultados mostram a evolução da atividade convectiva em várias partes do Brasil e a interação entre as mesmas.

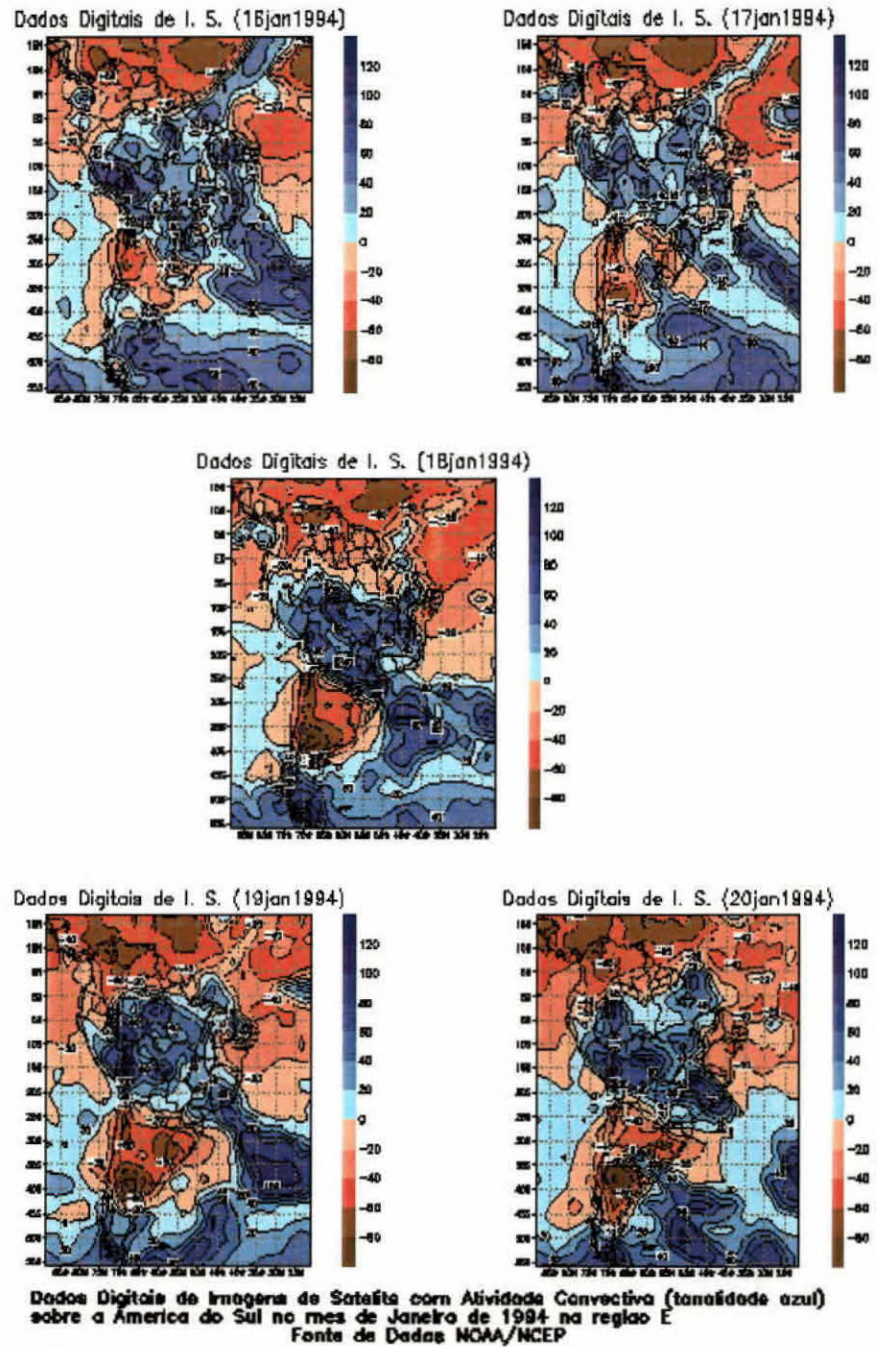


Série Temporal das anomalias dos dados digitais de I.S. na área E para os meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro

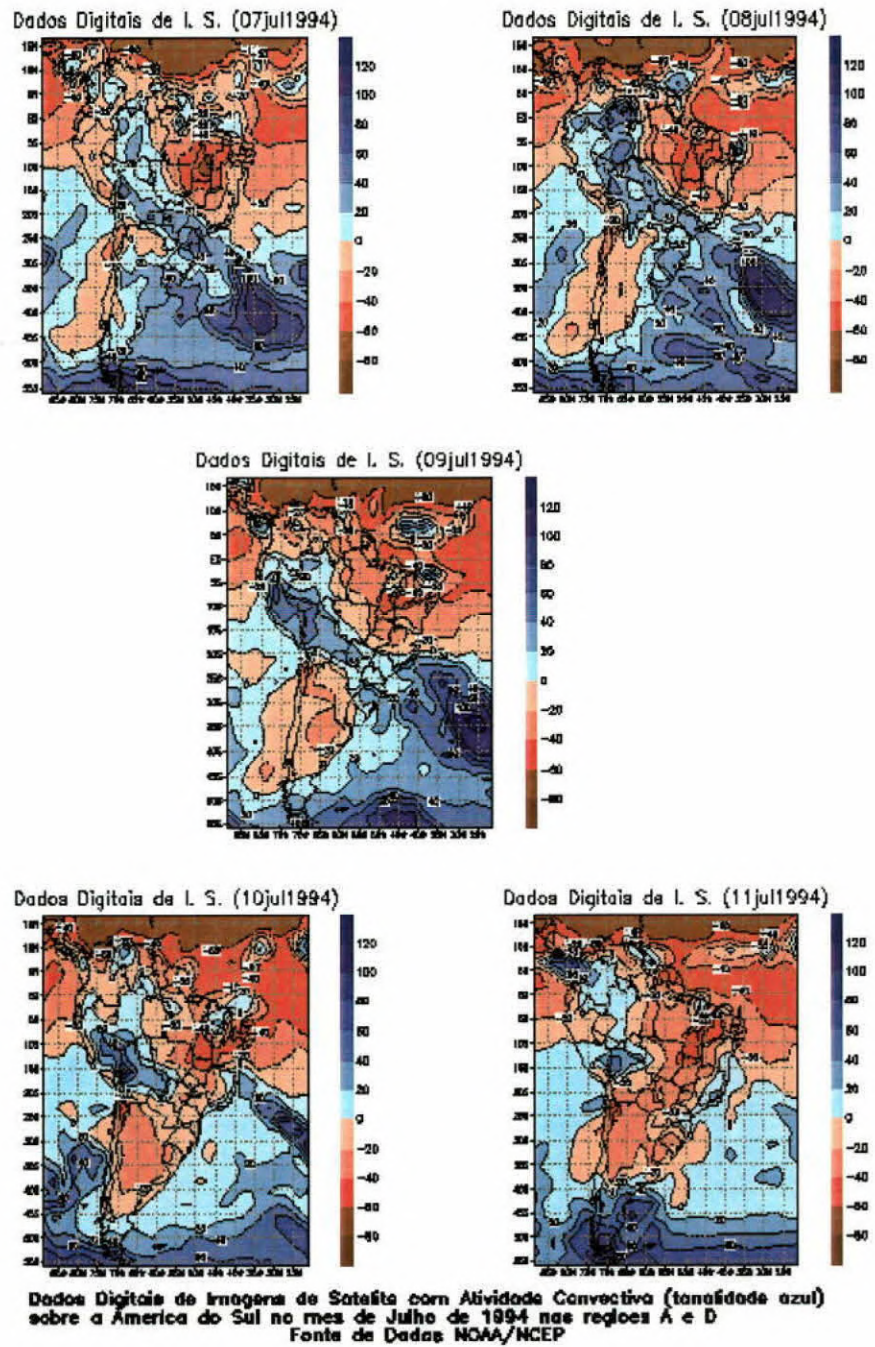
(Fig. 16) – Séries Temporais sobre a área E, para 2º mês de cada estação do ano



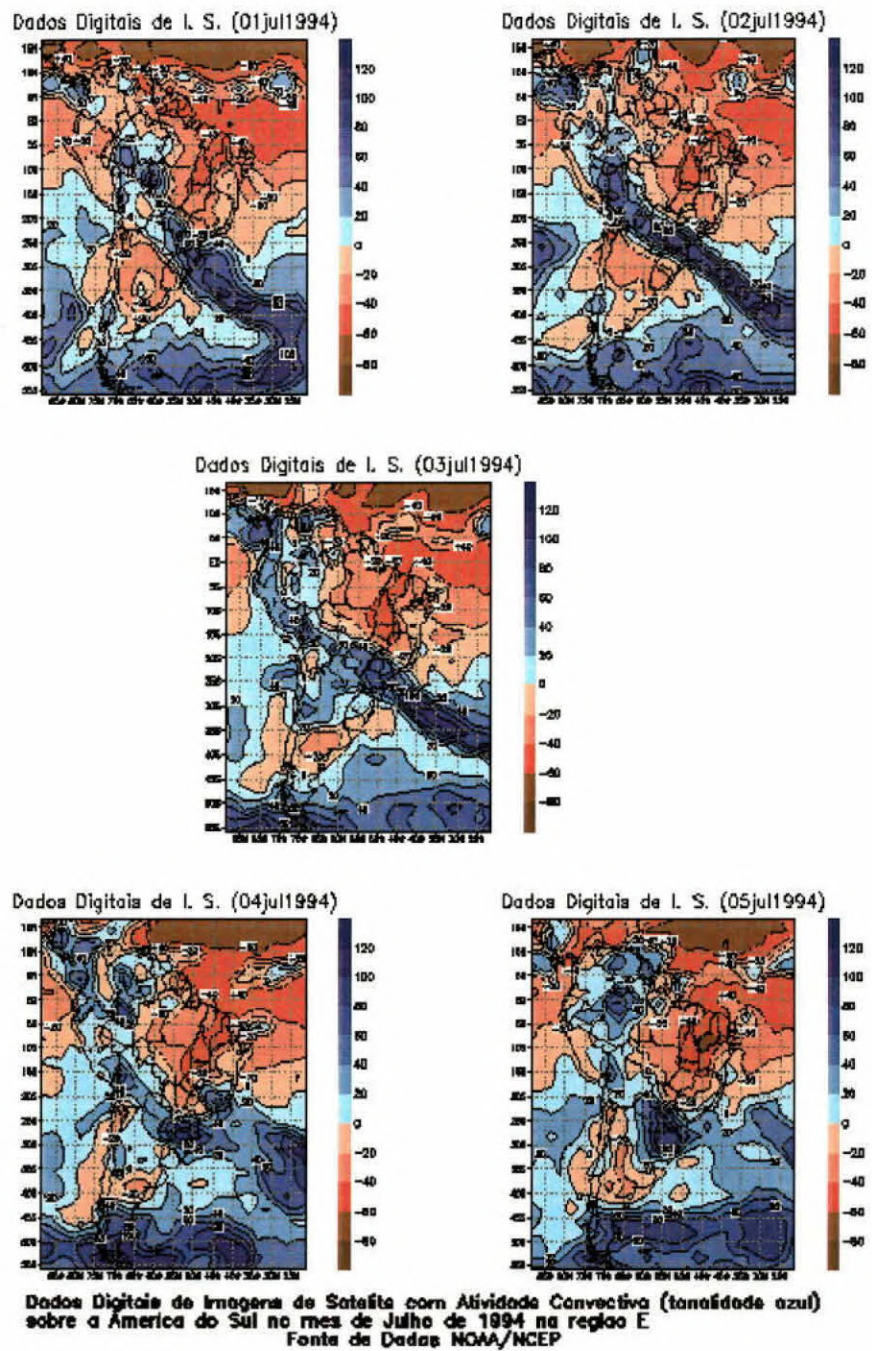
(Fig. 17) – Dados Digitais de Imagens de Satélite, caso ocorrido em Janeiro de 1994 nas áreas A e D



(Fig. 18) – Dados Digitais de Imagens de Satélite, caso ocorrido em Janeiro de 1994 na área E

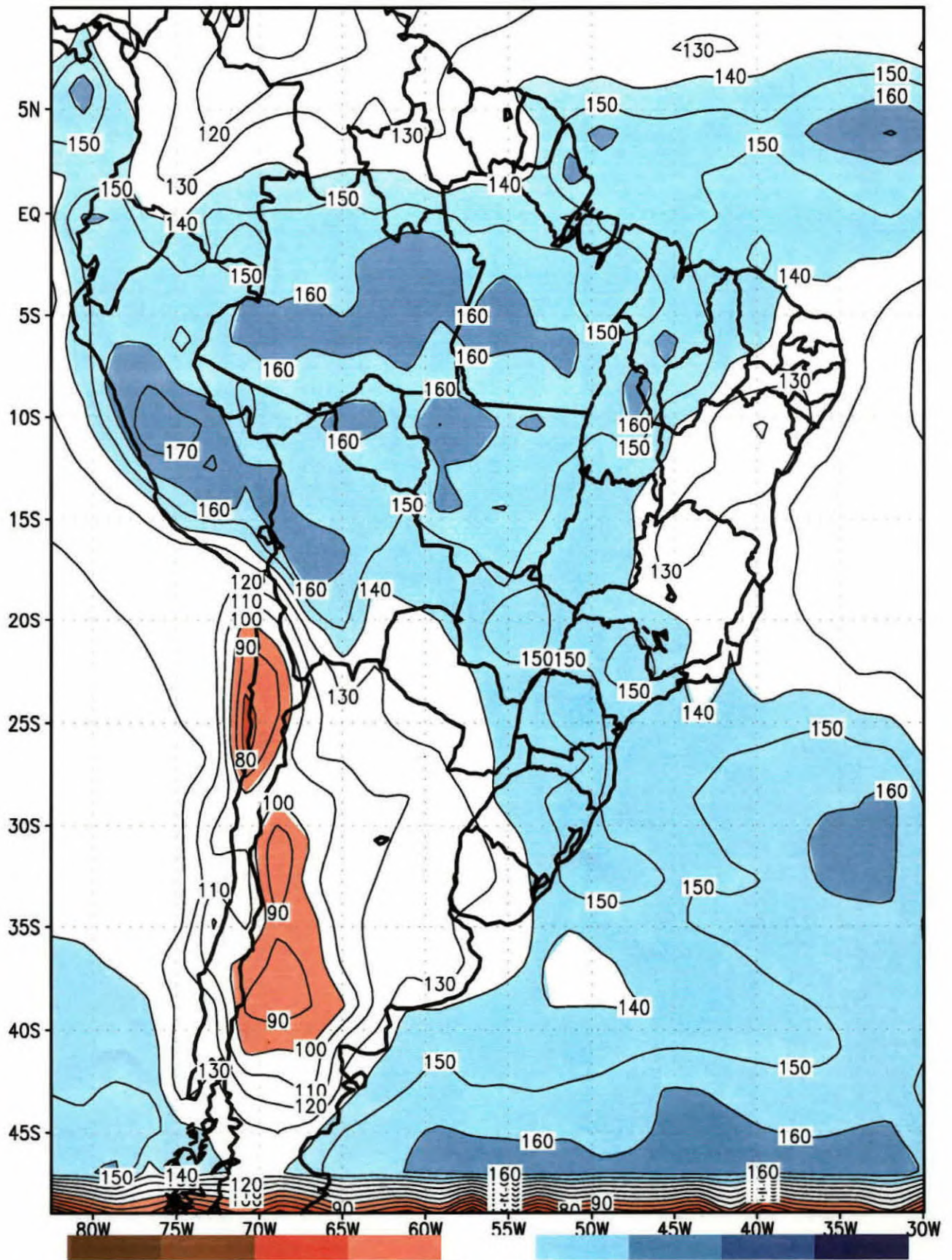


(Fig. 19) – Dados Digitais de Imagens de Satélite, caso ocorrido em Julho de 1994 nas áreas A e D



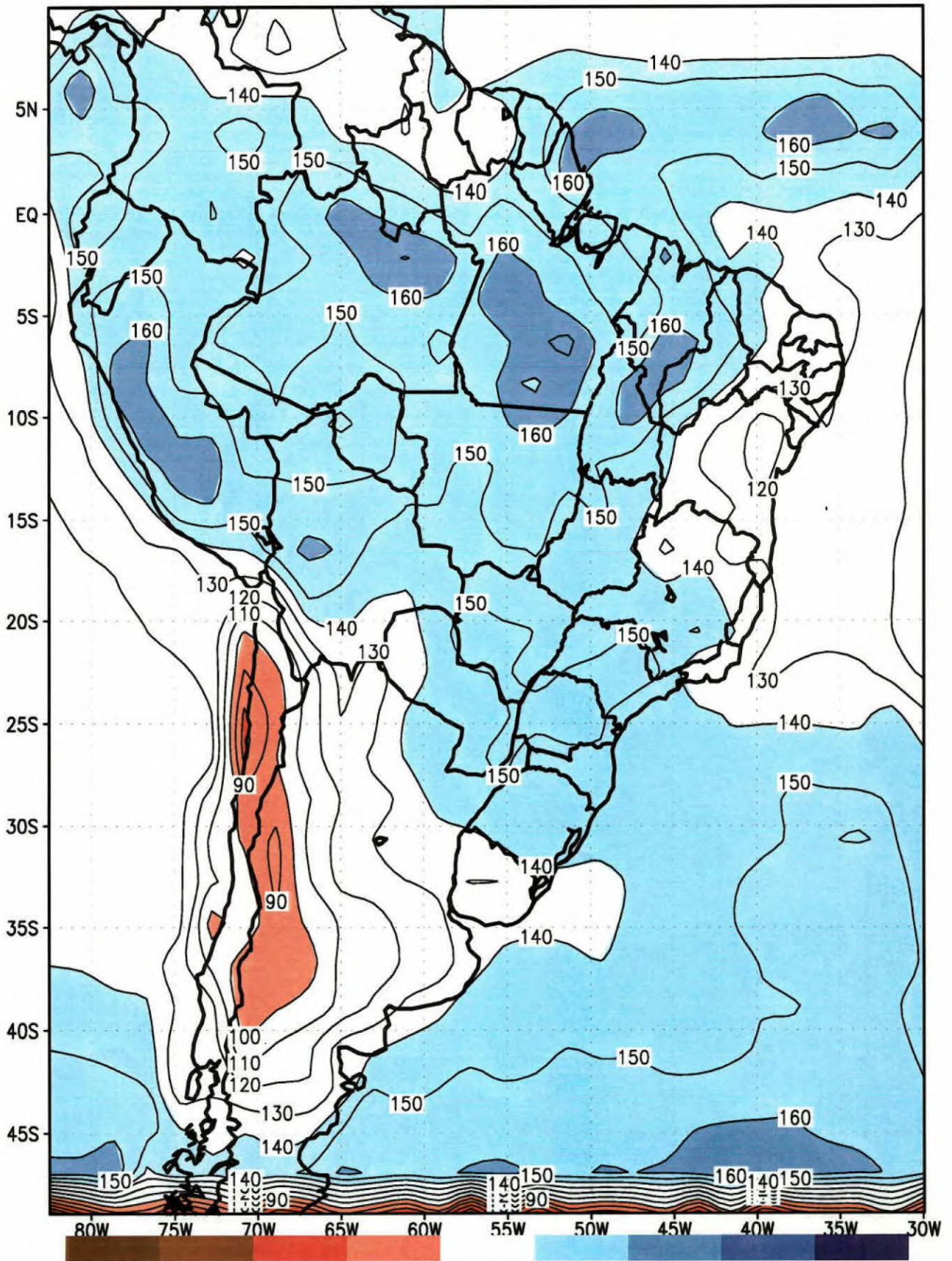
(Fig. 20) – Dados Digitais de Imagens de Satélite, caso ocorrido em Julho de 1994 na área E

Media Jan/1996



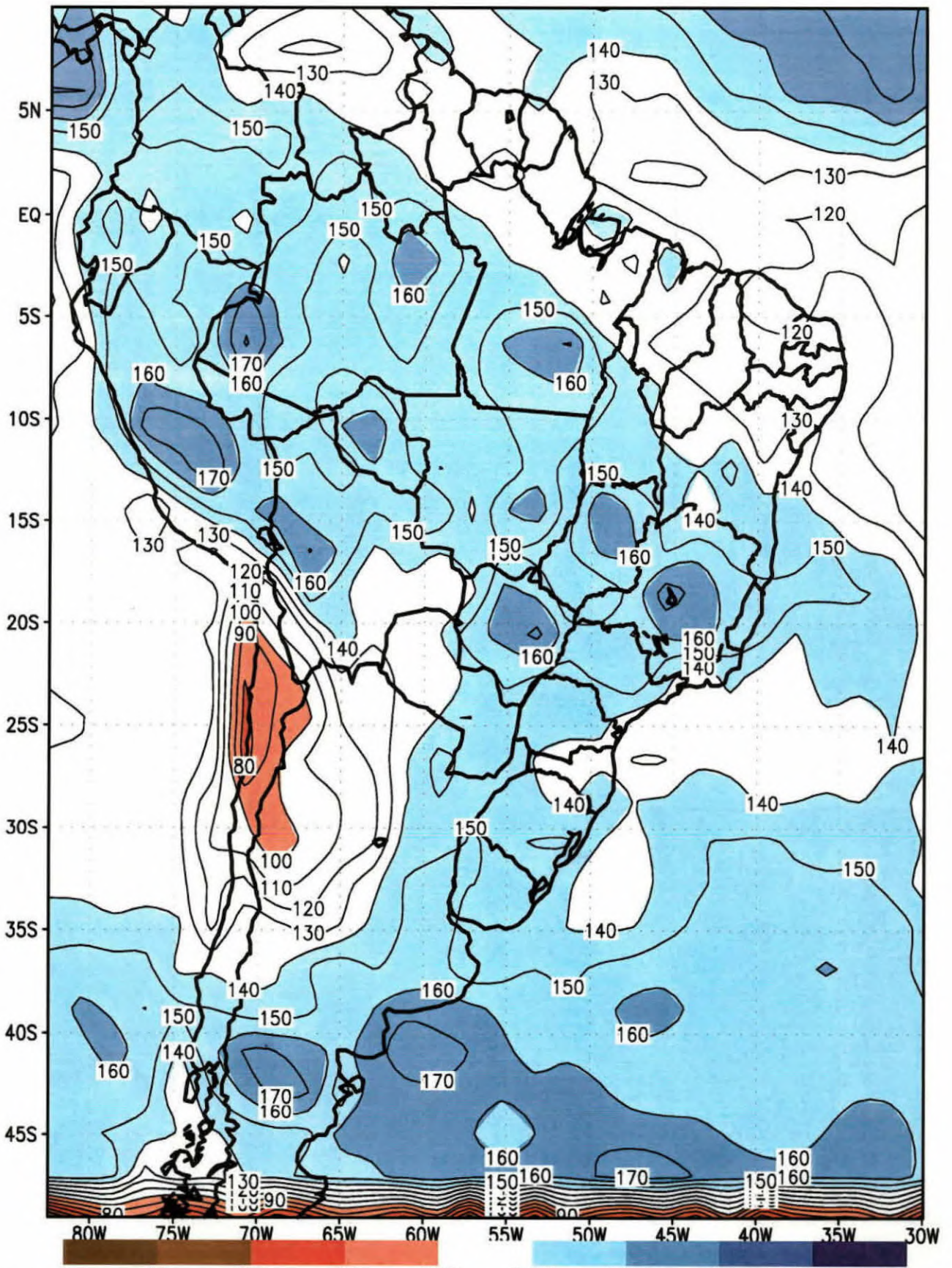
(Fig. 21) - Média para o mes de Janeiro de 1996 dos Dados Digitais de Imagens de Satélite

Media Feb/1996



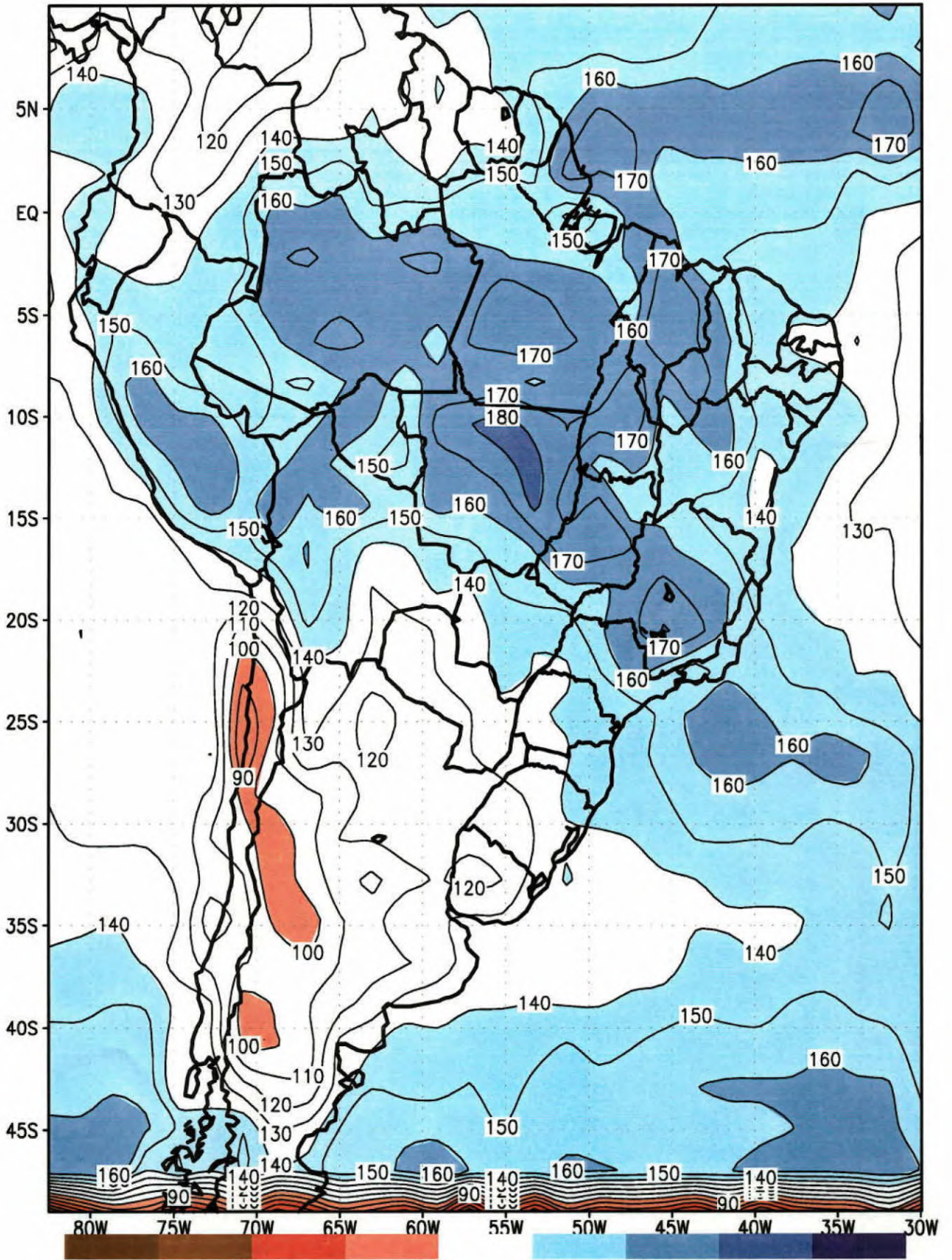
(Fig. 22) - Média para o mes de Fevereiro de 1996 dos Dados Digitais de Imagens de Satélite

Media Dec/1996



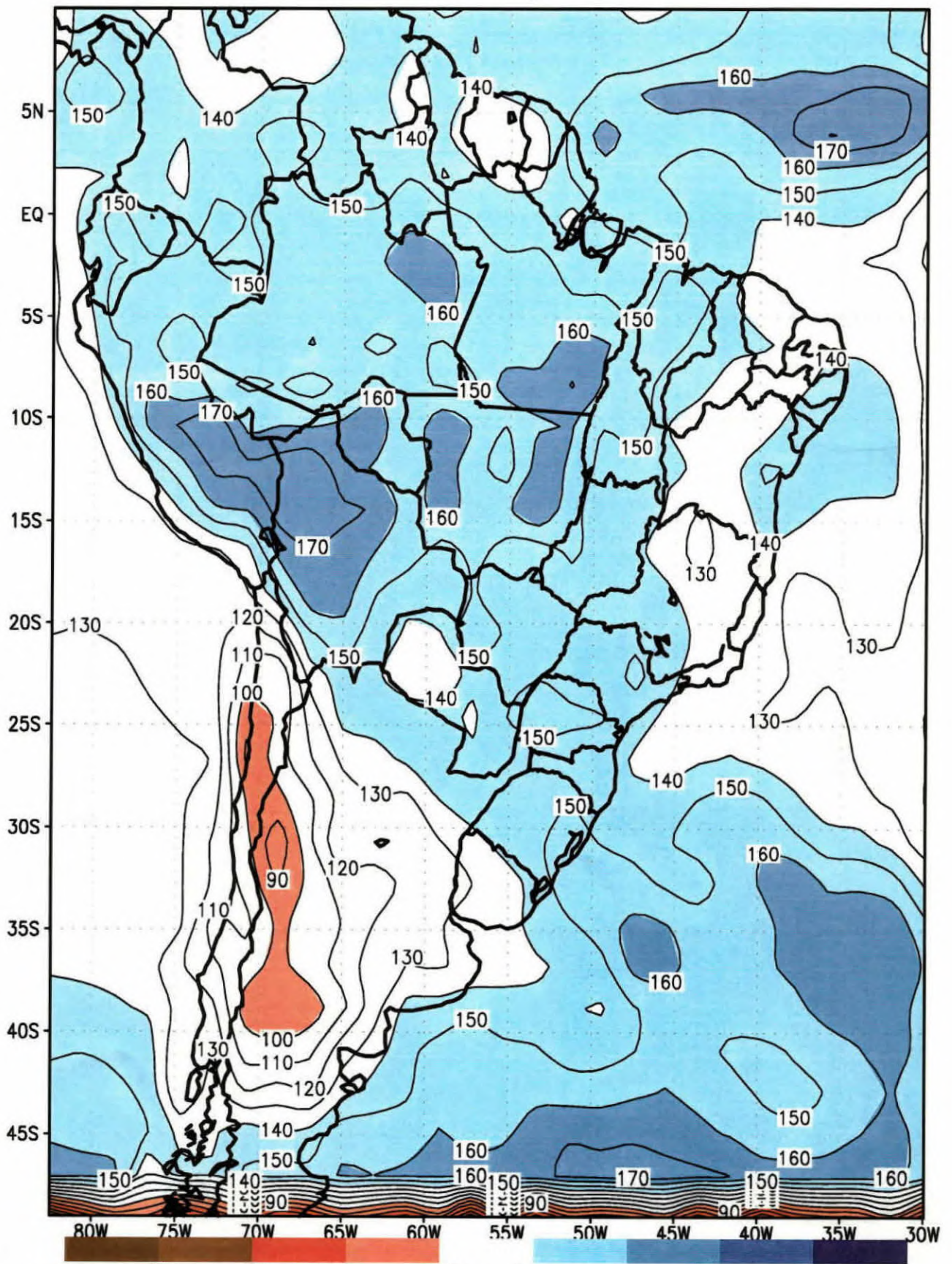
(Fig. 23) - Média para o mês de Dezembro de 1996 dos Dados Digitais de Imagens de Satélite

Media Jan/1997



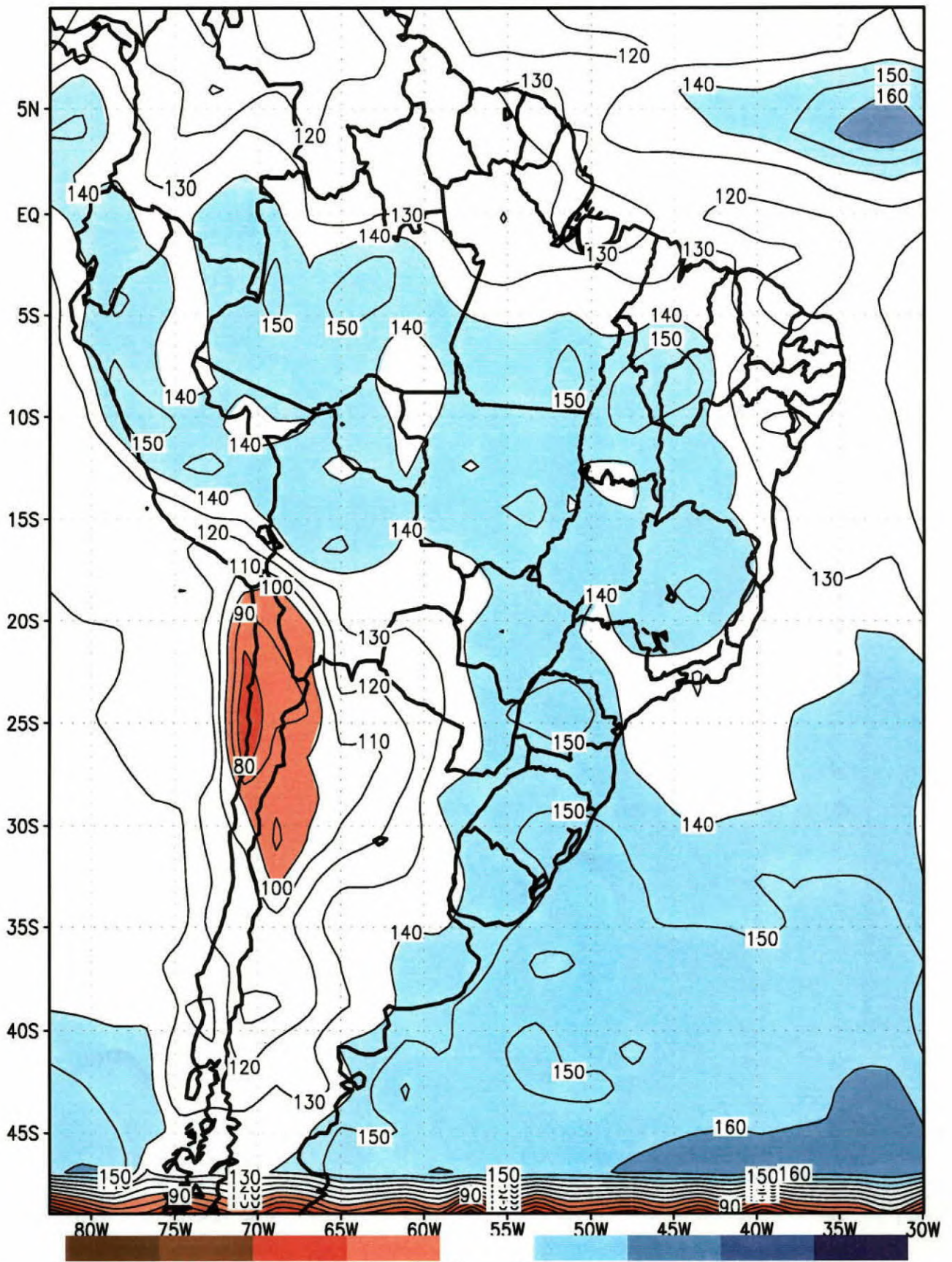
(Fig. 24) - Média para o mes de Janeiro de 1997 dos Dados Digitais de Imagens de Satélite

Media Feb/1997



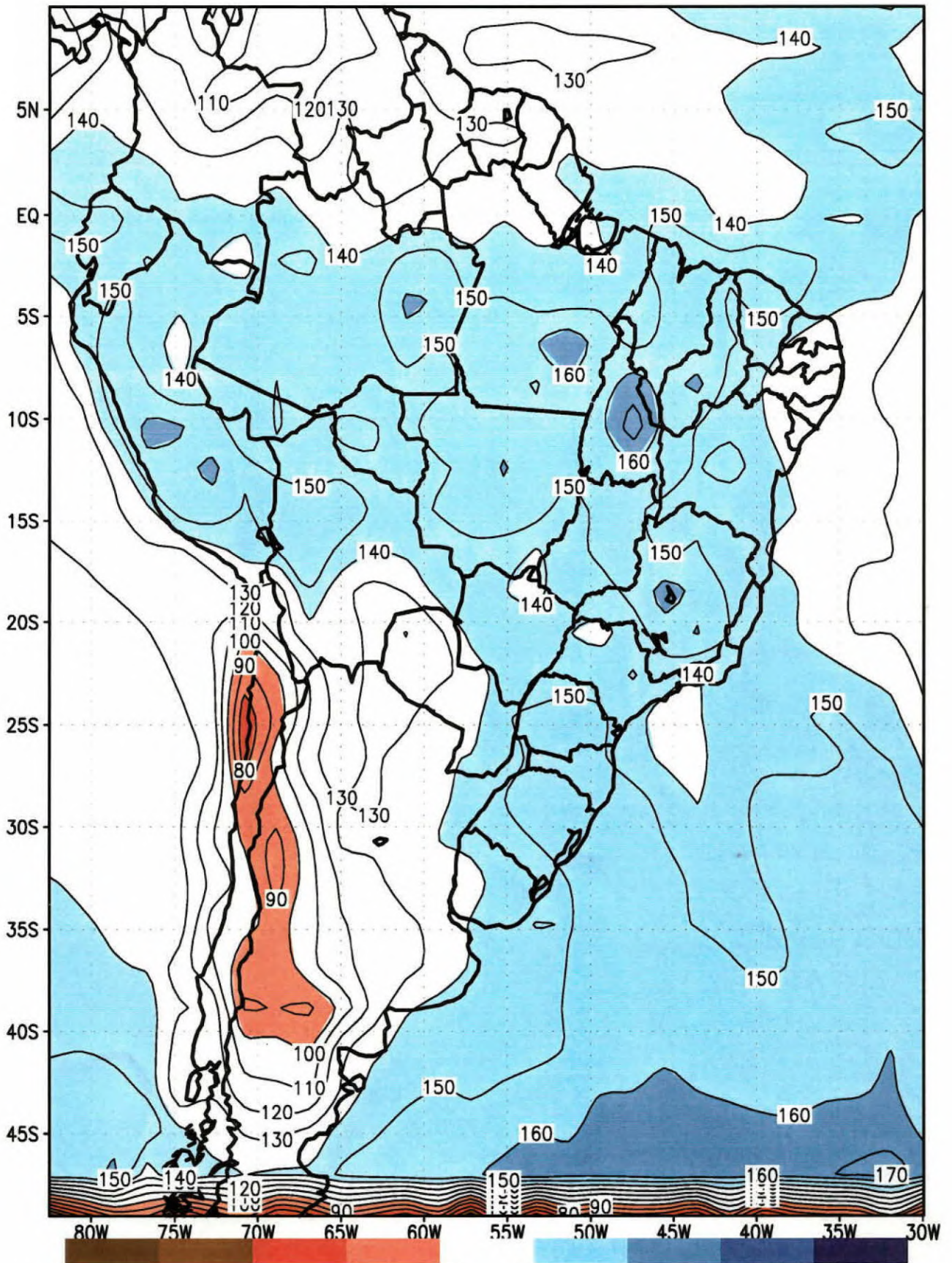
(Fig. 25) - Média para o mes de Fevereiro de 1997 dos Dados Digitais de Imagens de Satélite

Media Dec/1997



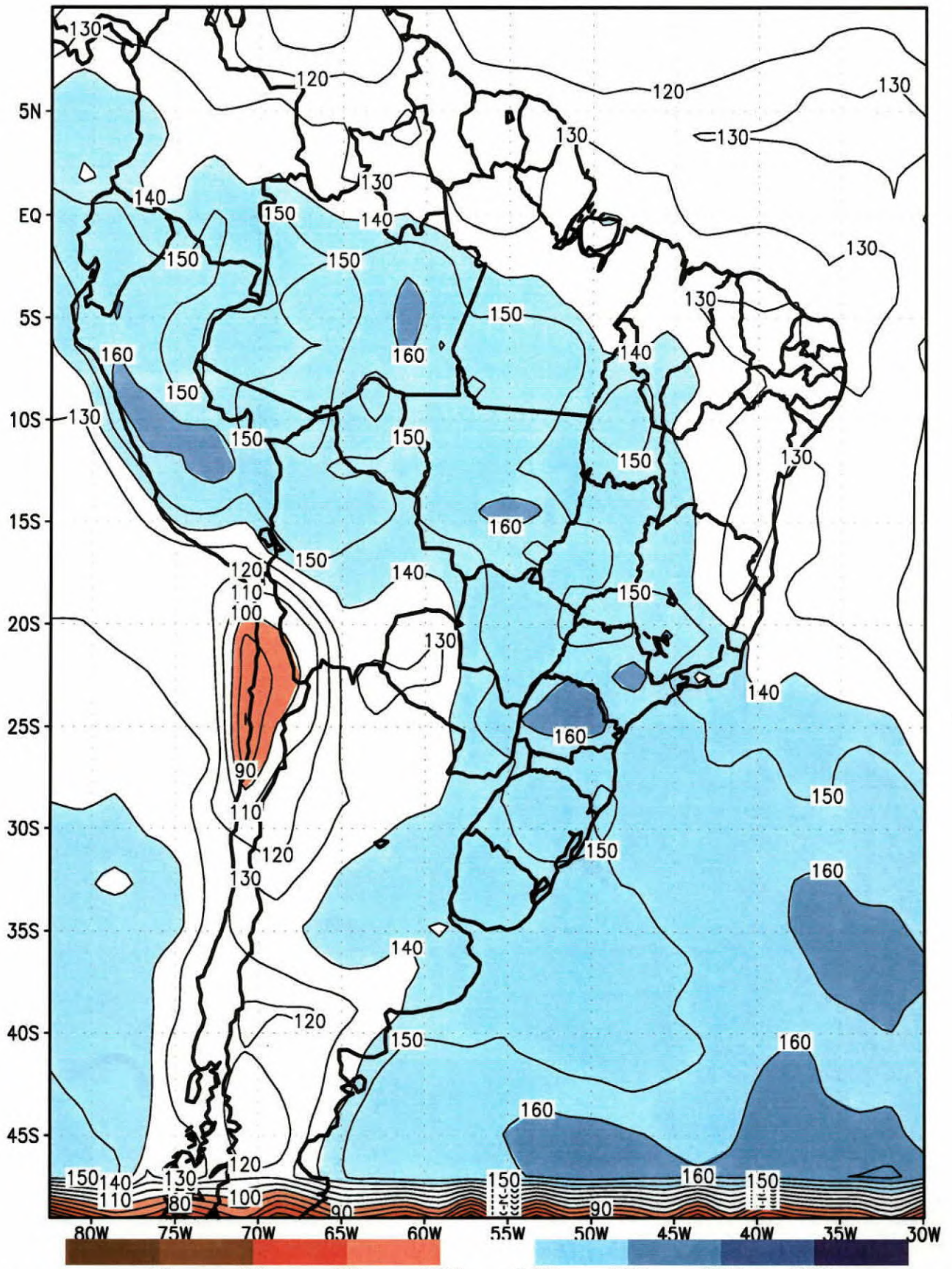
(Fig. 26) - Média para o mês de Dezembro de 1997 dos Dados Digitais de Imagens de Satélite

Media Jan/1998

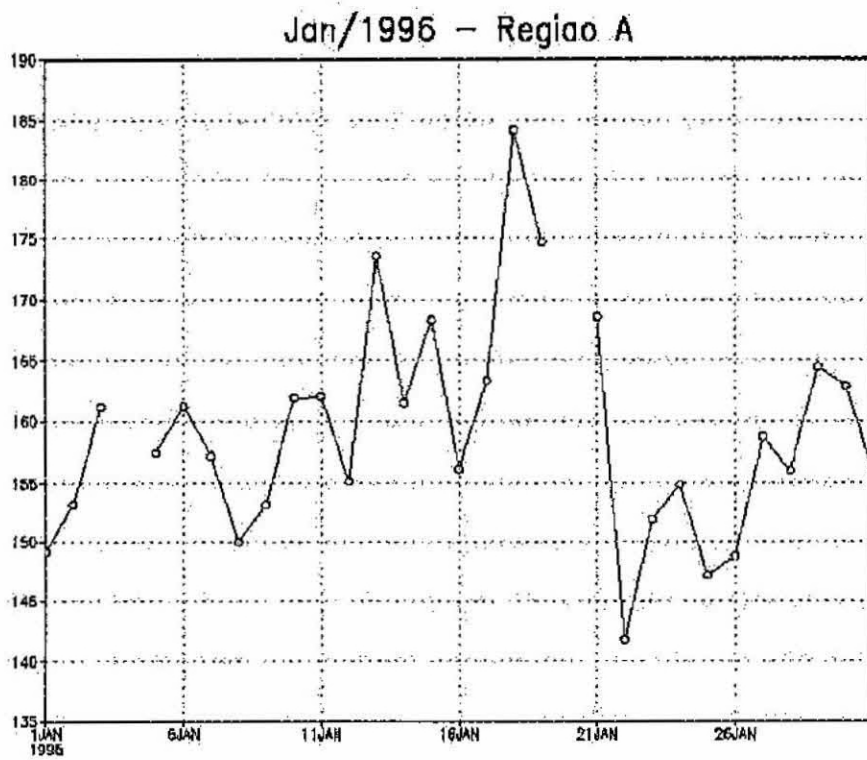


(Fig. 27) - Média para o mes de Janeiro de 1998 dos Dados Digitais de Imagens de Satélite

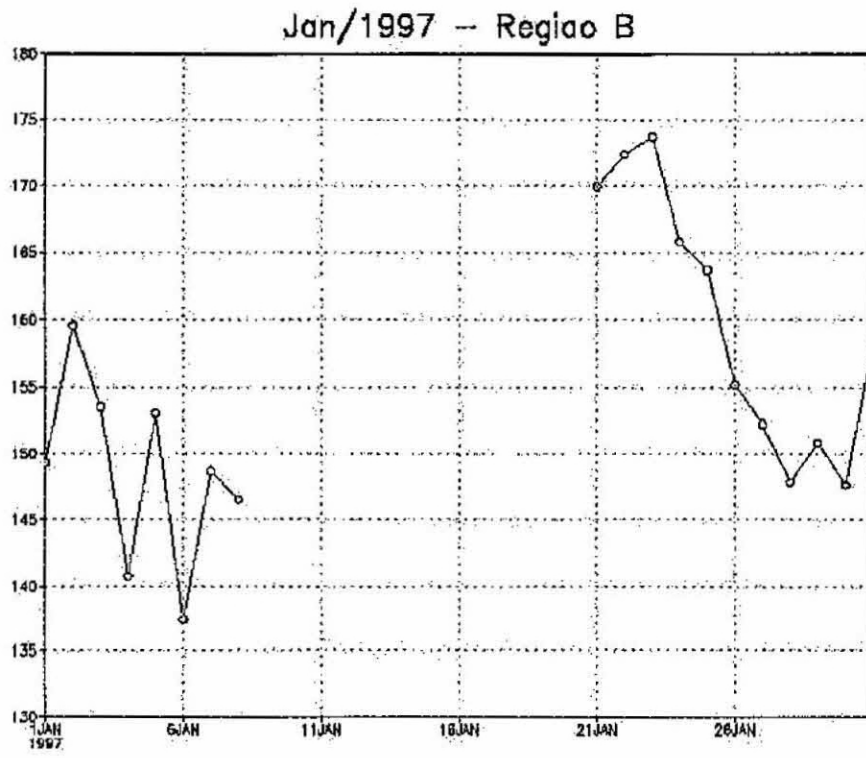
Media Feb/1998



(Fig. 28) - Média para o mes de Fevereiro de 1998 dos Dados Digitais de Imagens de Satélite

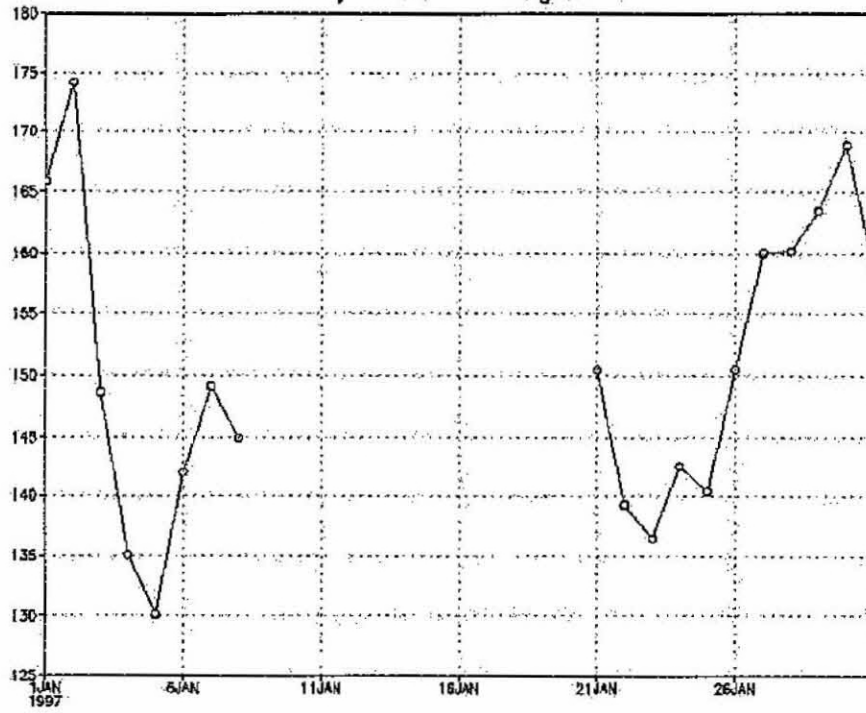


(Fig. 37) - Série Temporal sobre a área A



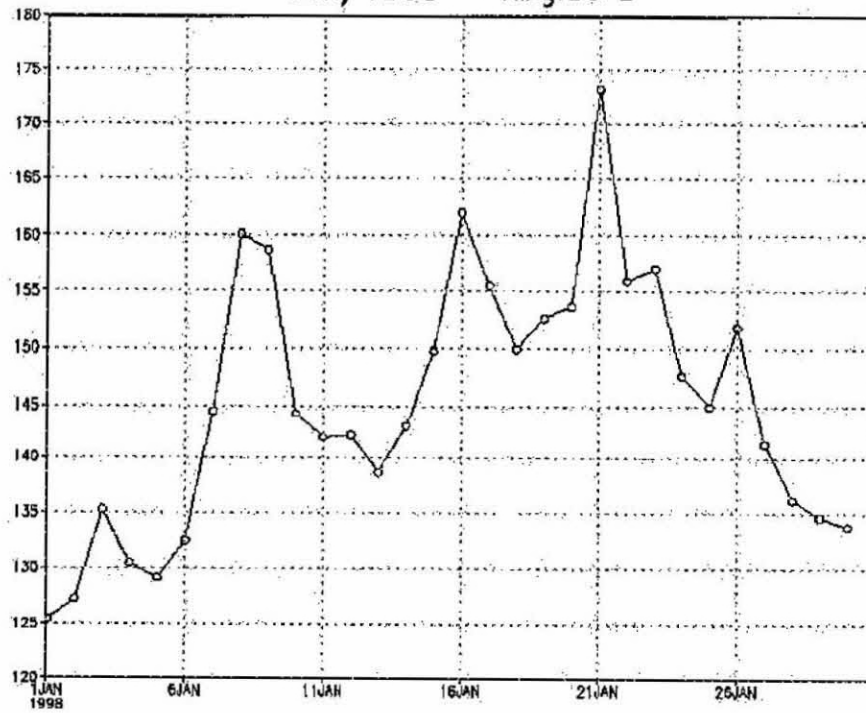
(Fig. 38) - Série Temporal sobre a área B

Jan/1997 - Região C



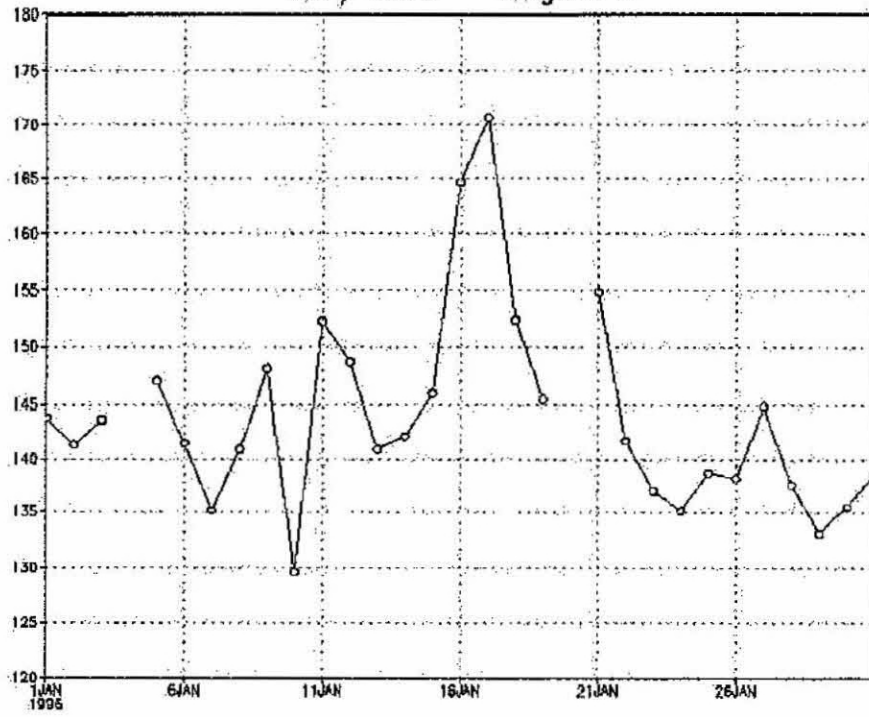
(Fig. 39) - Série Temporal sobre a área C

Jan/1998 - Região D



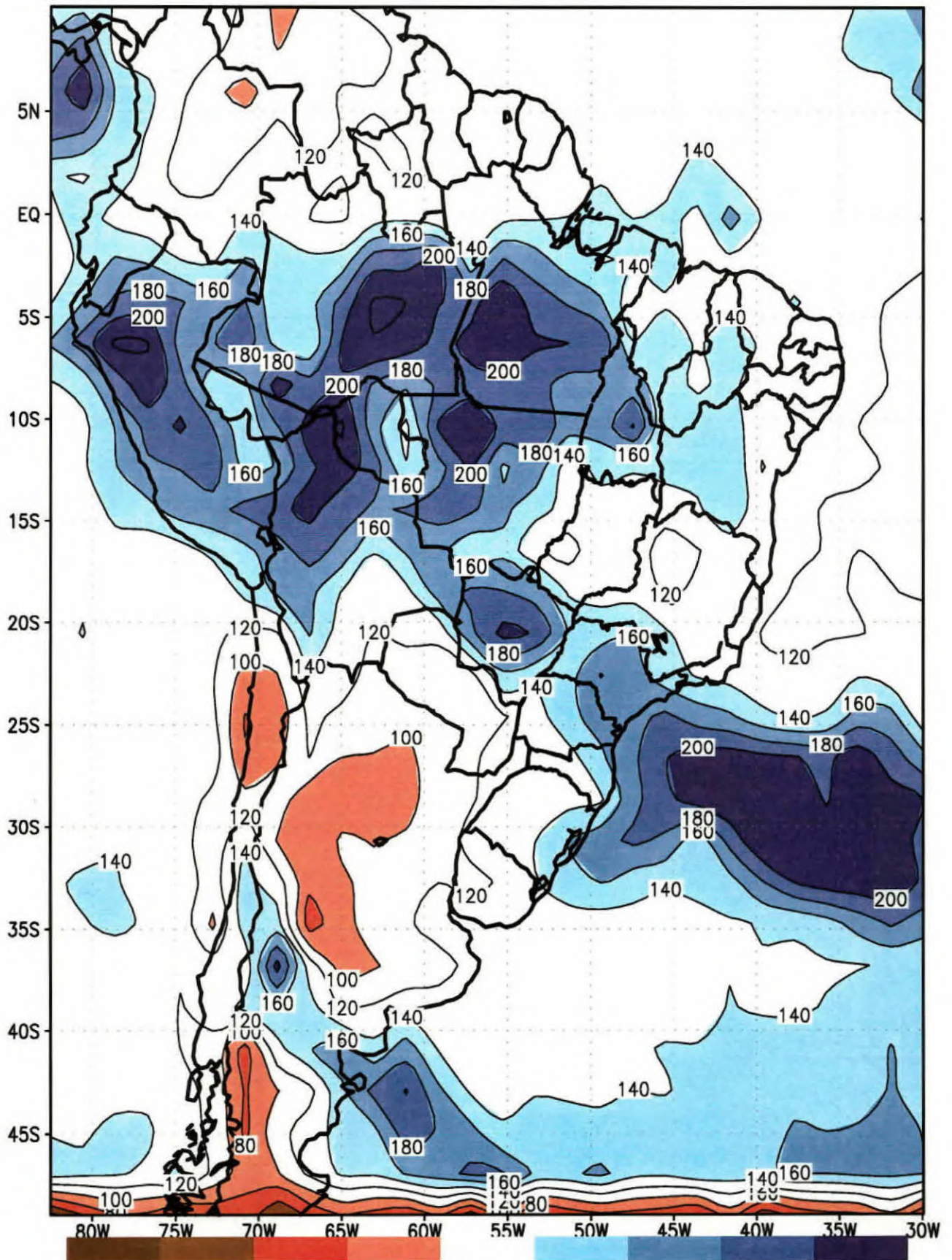
(Fig. 40) - Série Temporal sobre a área D

Jan/1996 - Região E



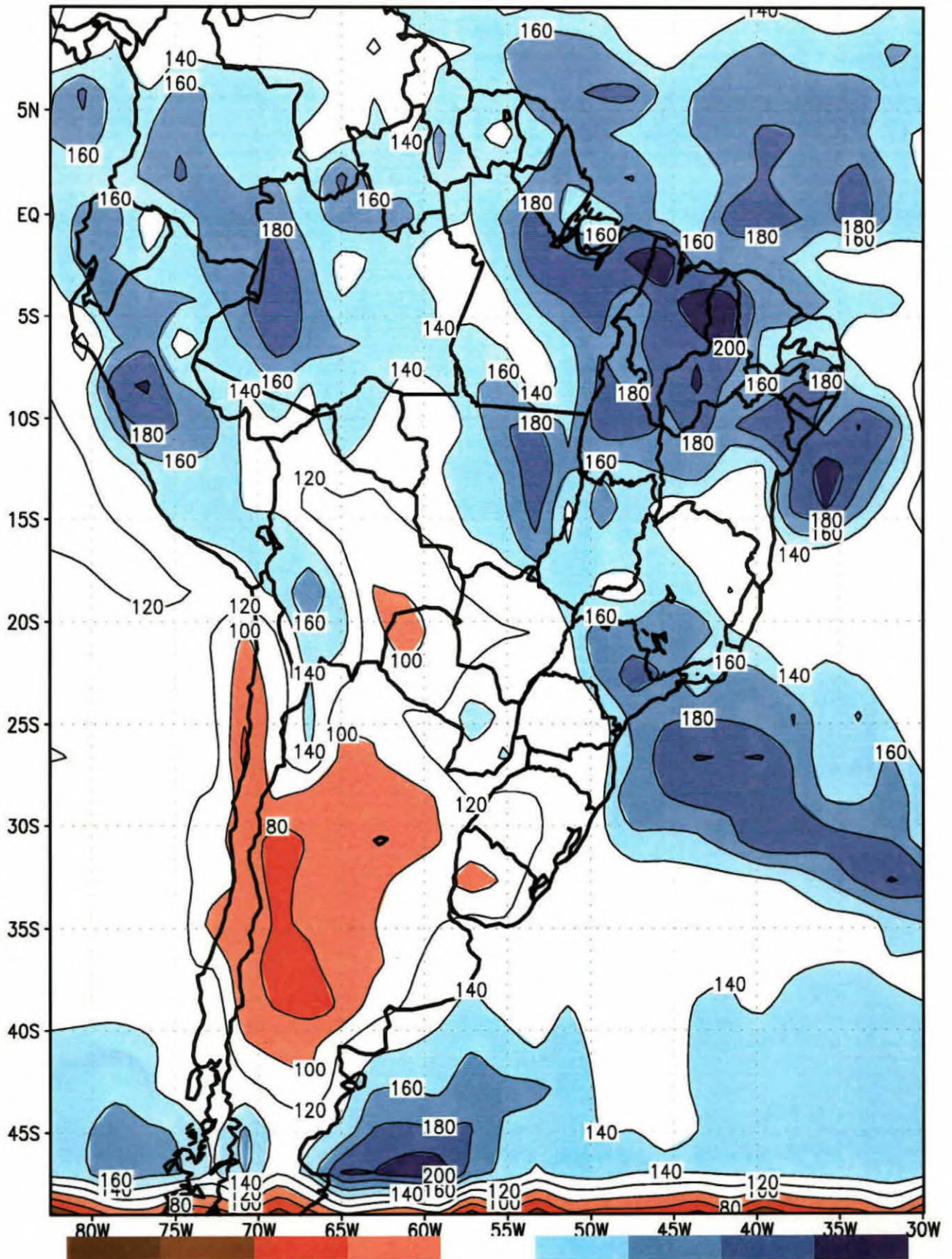
(Fig. 41) - Série Temporal sobre a área E

GOES-8 18/01/96 18:00 GMT



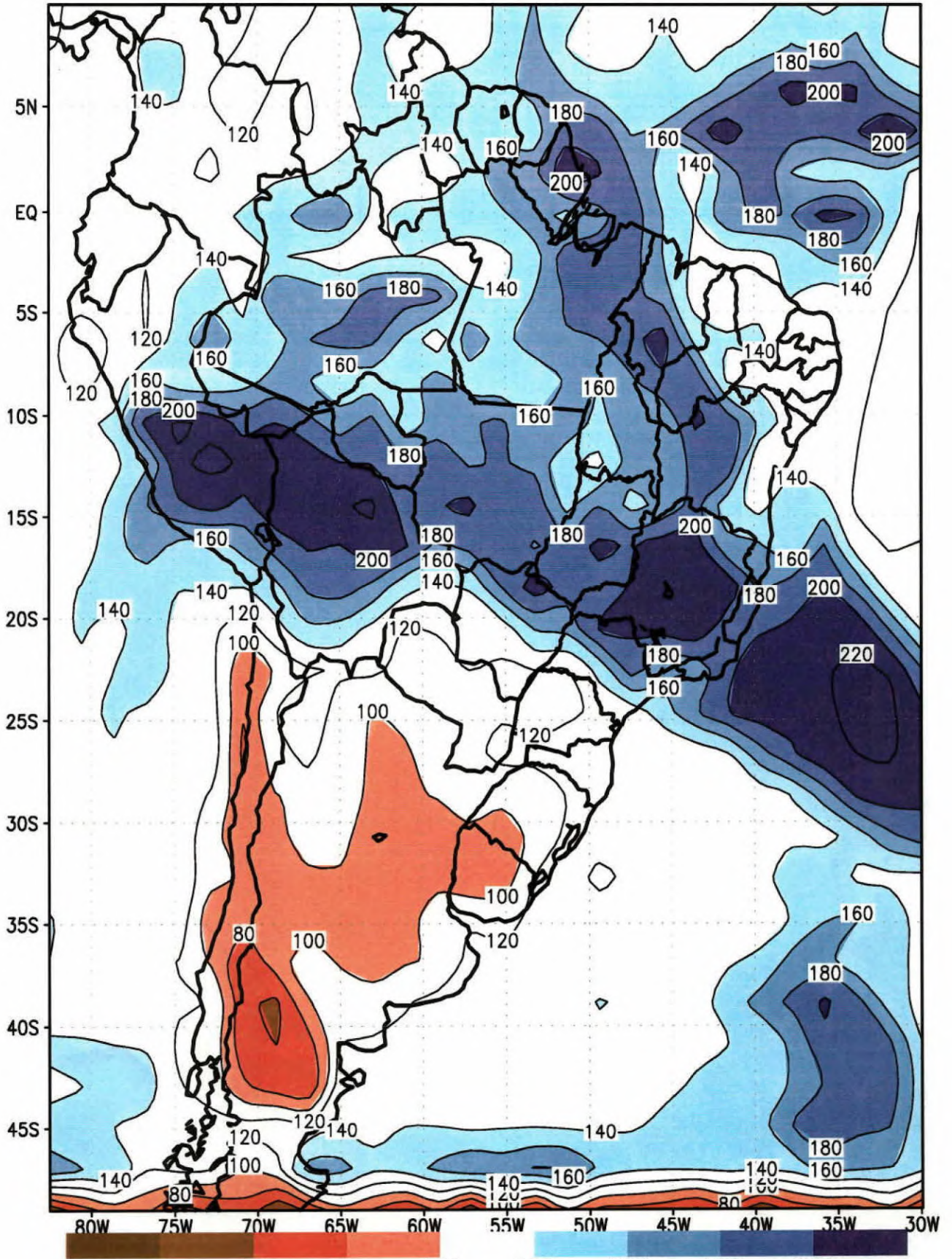
(Fig. 42) - Dia com maxima Atividade Convectiva sobre a area A

GOES-8 23/01/97 18:00 GMT



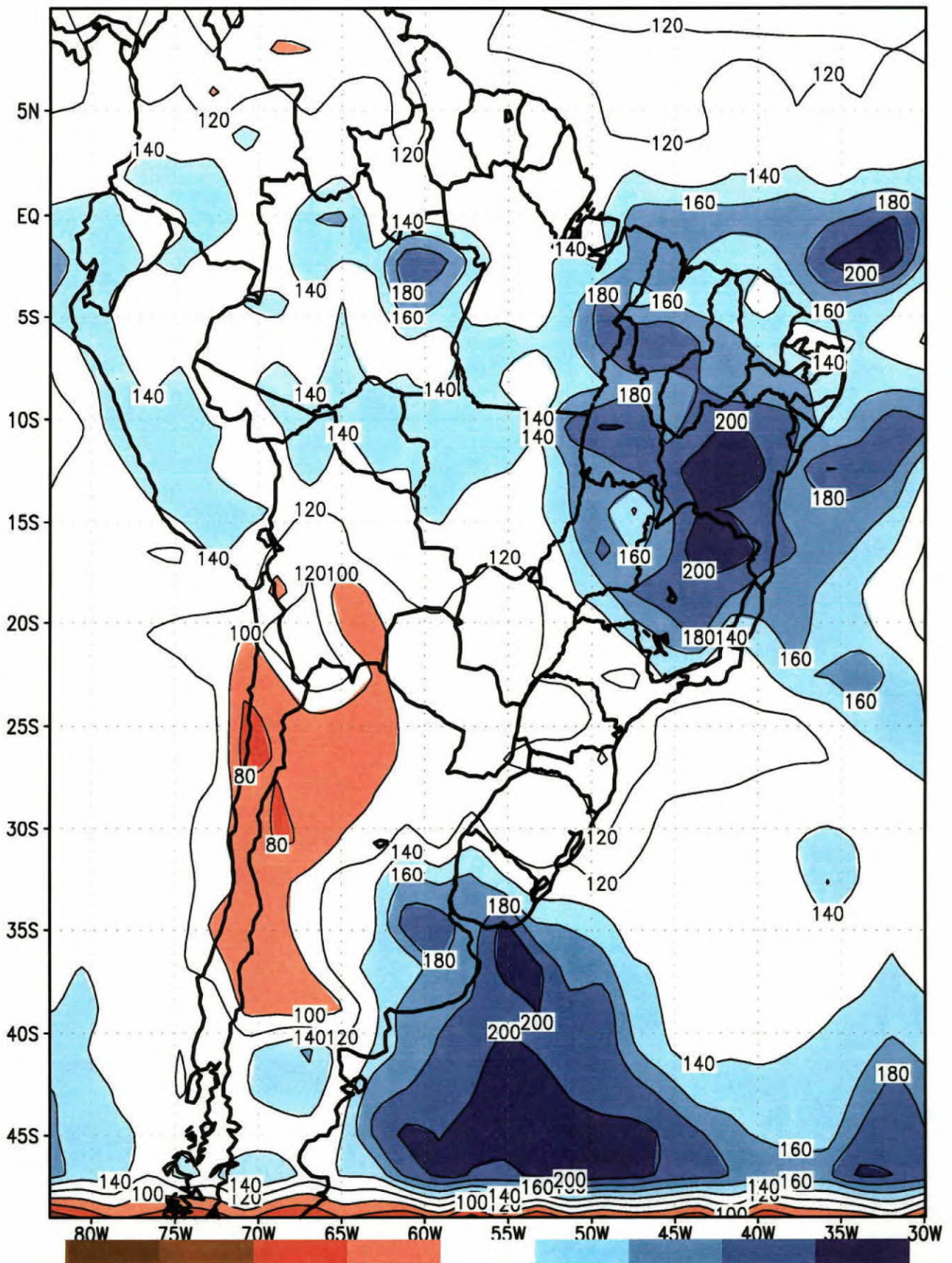
(Fig. 43) - Dia com maxima Atividade Convectiva sobre a area B

GOES-8 02/01/97 18:00 GMT



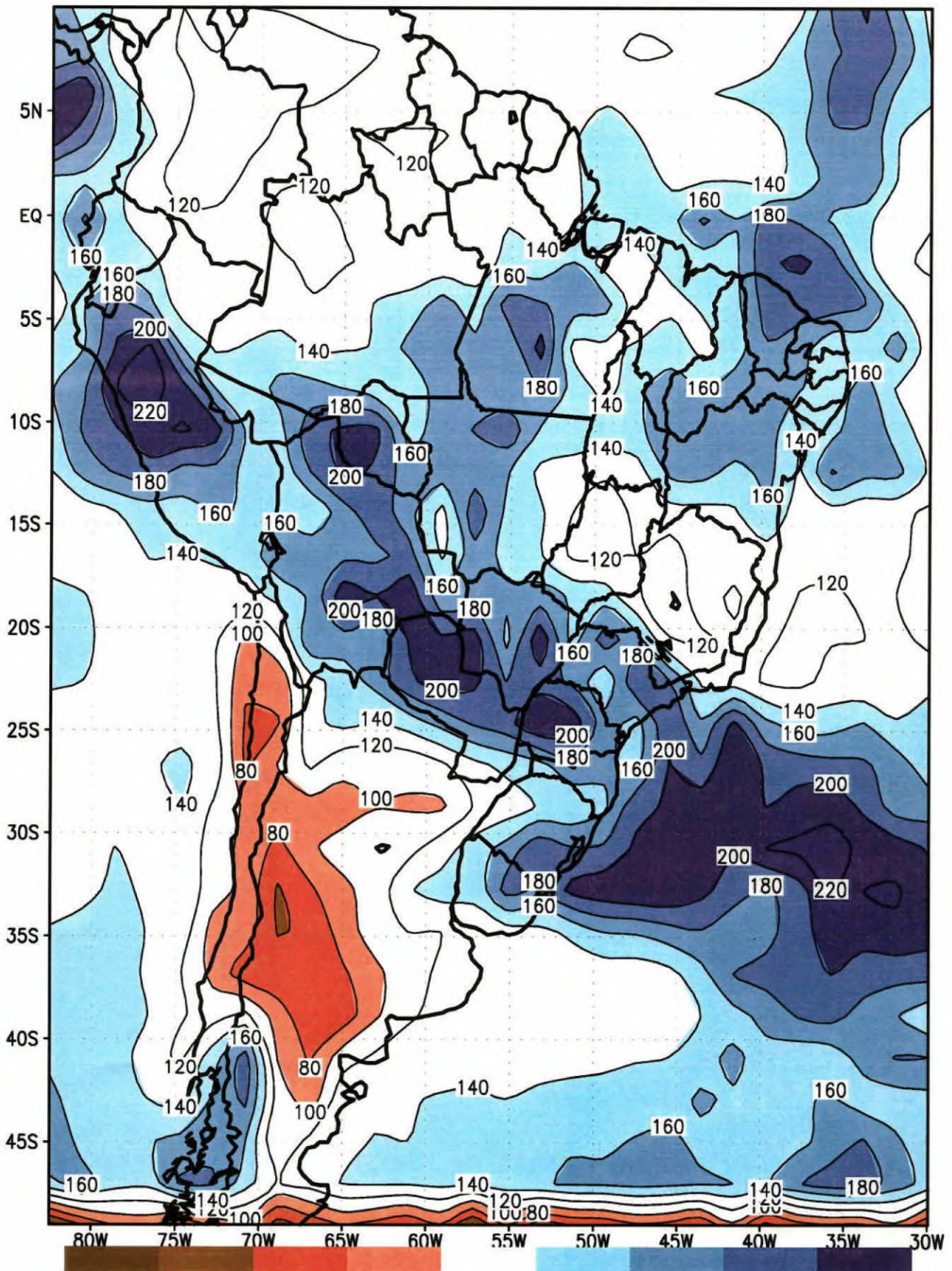
(Fig. 44) - Dia com máxima Atividade Convectiva sobre a área C

GOES-8 21/01/98 18:00 GMT



(Fig. 45) - Dia com maxima Atividade Convectiva sobre a area D

GOES-8 17/01/96 18:00 GMT



(Fig. 46) - Dia com maxima Atividade Convectiva sobre a area E