

INPE-14220-TDI/1121

**CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA NAS REGIÕES
SUL E SUDESTE DO BRASIL ASSOCIADO COM A
CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA**

Paulo Ricardo Bardou Barbieri

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia,
orientada pelos Drs. Sérgio Henrique Franchito e Vadlamudi Brahmananda
Rao, aprovada em 31 de março de 2005.

INPE
São José dos Campos
2007

Publicado por:

esta página é responsabilidade do SID

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Gabinete do Diretor – (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 – CEP 12.245-970

São José dos Campos – SP – Brasil

Tel.: (012) 3945-6911

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

**Solicita-se intercâmbio
We ask for exchange**

Publicação Externa – É permitida sua reprodução para interessados.

INPE-14220-TDI/1121

**CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA NAS REGIÕES
SUL E SUDESTE DO BRASIL ASSOCIADO COM A
CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA**

Paulo Ricardo Bardou Barbieri

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia,
orientada pelos Drs. Sérgio Henrique Franchito e Vadlamudi Brahmananda
Rao, aprovada em 31 de março de 2005.

INPE
São José dos Campos
2007

551.578.1:504.37 (815/816)

Barbieri, P. R. B.


Caracterização da estação chuvosa nas regiões sul e sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica / Paulo Ricardo Bardou Barbieri. – São José dos Campos: INPE, 2005.

118 p. ; (INPE-14220-TDI/1121)

1. Clima. 2. Previsão do tempo. 3. Precipitação. 4. Circulação atmosférica. 5. Radiação de onda larga. I. Título.

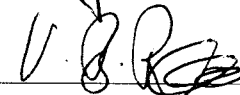
Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em
Meteorologia

Dr. Nelson Jesus Ferreira




Presidente / INPE / SJCampos - SP

Dr. Vadlamudi Brahmananda Rao




Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Sérgio Henrique Franchito



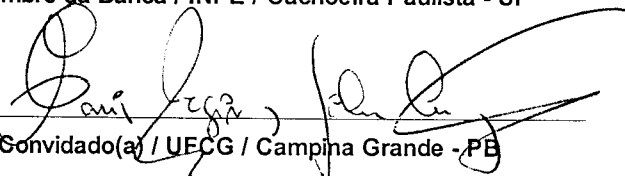
Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Marcelo Enrique Seluchi



Membro da Banca / INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dr. Maria Regina da Silva Aragão



Convidado(a) / UFG / Campina Grande - PB

Aluno (a): Paulo Ricardo Bardou Barbieri

São José dos Campos, 31 de março de 2005

“Dizem que os anjos voam sobre nossas cabeças, mas quando perdem as asas e andam ao nosso lado, são chamados de amigos”.

Autor desconhecido

AGRADECIMENTOS

A meus pais Ely Couto Barbieri (*in memória*) e Marlene Cachos Bardou Barbieri, pelo incentivo aos estudos e pelo apoio dado para poder vencer mais esta etapa de minha vida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro de dois anos de bolsa de mestrado.

Ao colega de curso e de república Mateus da Silva Teixeira, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

A Gláucia Miranda Lopes, pela pessoa maravilhosa que é e pelo apoio e incentivo neste trabalho.

Aos colegas de curso, pela paciência durante esse período em que convivemos.

Aos orientadores Profs. Drs. Sérgio Henrique Franchito e Vadlamudi Brahmananda Rao, pela orientação e apoio na realização deste trabalho.

Aos funcionários do departamento de Meteorologia.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações.

RESUMO

Neste trabalho foi estudados o início e fim da estação chuvosa através de climatologia pênadal para as Regiões Sul e Sudeste do Brasil, visando um melhor conhecimento do comportamento do clima e sua variabilidade. Para este estudo foram usados dados diários de precipitação referentes à estações meteorológicas da Agência Nacional de Energia Elétrica e do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, bem como de ROL provenientes do reanálise do National Center for Environmental Predictions/National Center for Atmospheric Research, para o período de 1981 a 1996. Depois de identificado o início e fim da estação chuvosa foi feita uma associação deste período com a circulação atmosférica dominante em baixos, médios e altos níveis (925, 500 e 300 hPa). Os resultados deste estudo sugerem que a estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil, obtida através dos dados de precipitação, tem início no período de 18-22 de outubro (pênada 59) e término entre 27-31 de março (pênada 18). Através dos dados de ROL observou-se que a estação chuvosa tem início no período de 28 de setembro a 2 de outubro (pênada 55) e seu termino entre de 1-5 de maio (pênada 25). Para o período chuvoso foram plotados campos de isoietas, os quais mostram um deslocamento meridional da chuva entre os períodos chuvoso e seco. Na Região Sul do Brasil, foi observado que a mesma não apresenta uma estação chuvosa bem definida, devido a uma uniforme distribuição da precipitação durante todo o ano. No começo da estação chuvosa na Região Sudeste os ventos de leste proveniente da alta subtropical do Atlântico Sul que antes atingiam a região enfraquecem, devido ao deslocamento da alta subtropical do Atlântico Sul, assim, a região é atingida por ventos de nordeste e noroeste durante toda estação chuvosa.

CHARACTERIZATION OF THE RAINY SEASON IN THE SOUTH AND SOUTHEASTERN REGIONS OF BRAZIL ASSOCIATED WITH THE ATMOSPHERIC CIRCULATION

ABSTRACT

The beginning and the end of rainy season in the South and Southeast Regions of Brazil were investigated. Pentadal climatology analysis of precipitation and outgoing longwave radiation (OLR) data were performed. Precipitation data from Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) and Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH), and OLR data of National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) reanalysis, (1981-1996) were used. After rainy season have been identified, the low-level, high-level atmospheric circulation (925, 500 e 300 hPa) was analyzed. The results suggest that the rainy season in the Southeast Region of Brazil begins October 18-22 (pentad 59) and ends at March 27-31 (pentad 18), (using precipitation data) and begins at September 28-October 2 (pentad 55) and ends at May 1-5 (pentad 25), (using OLR data). Isohyet fields showed a meridional displacement of the rainfall between rainy and dry seasons. In the South Region of Brazil, a rainy season was not identified because the rainfall in that region is well distributed during the entire year. In beginning of the rainy season in the Southeast Region the east winds become weaker due the equatorward displacement of the Subtropical High of Atlantic Ocean. Thus, the northeast and northwest winds begin to affect this region during the entire the rainy season.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE SÍMBOLOS	
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	23
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
CAPÍTULO 3 – DADOS E METODOLOGIA	35
3.1 – Dados	35
3.2 – Metodologia	36
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	41
4.1 – Definição Climatológica do Início e Fim da Estação Chuvosa nas Regiões Sul e Sudeste	41
4.1.1 – Através de Dados de Precipitação	41
4.1.2 – Através de Dados de Radiação de Onda Longa	44
CAPÍTULO 5 – CONFIGURAÇÃO ATMOSFÉRICA	51
5.1 – Configuração atmosférica climatológica para o período de 1981 a 1996...	51
CAPÍTULO 6 – ESTUDO INTERANUAL DO INÍCIO E FIM DA ESTAÇÃO CHUVOSA	71

6.1 – Variação interanual do início e fim da estação chuvosa nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil	71
6.1.1 – Através de dados de precipitação em anos de El Niño, La Niña e Neutro.....	71
6.1.1.1 – Anos de El Niño	72
6.1.1.2 – Anos de La Niña	77
6.1.1.3 – Anos Neutros	81
6.1.2 – Através de dados de ROL, em anos de El Niño, La Niña e Neutro.....	85
6.2 – Configuração atmosférica com dados interanuais para o período de 1981 a 1996	90
CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 Distribuição das estações meteorológicas da ANEEL e do SIGRH, nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil	35
4.1 Campos de isoietas para, (a) final de dezembro (pêntadas 73), (b) início de agosto (pêntada 44), (c) meio de outubro (pêntada 58) e (d) início de abril (pêntada 19) para o período de 1981 a 1996.....	41
4.2 (a) Distribuição pêntadal das estações pluviométricas da Região Sudeste, em função de r, para o período de 1981 a 1996. (b) porcentagem de estações com $r \geq 1$ para cada pêntada	43
4.3 Igual à Figura 4.2, exceto para a Região Sul	44
4.4 Campo de ROL ($W m^2$) para o período de 1981 a 1996, (a) meados de setembro (pêntada 52), (b) início de outubro (pêntada 59), (c) meados de outubro (pêntada 59) e (d) final de novembro (pêntada 67).....	45
4.5 Campo de ROL para, (a) e (b) final de novembro início de dezembro (pêntadas 67 e 68), (c) e (d) final de dezembro (pêntadas 72 e 73) e (d) início de janeiro (pêntada 1).....	46
4.6 Campo de ROL para, (a) meados de abril (pêntada 21) e (b) início de maio (pêntada 25).....	48
4.7 Campo de ROL, (a) meados de outubro (pêntada 59) e (b) meados de abril (pêntada 22).....	49
4.8 Campo de ROL para, (a) final de junho início de julho (pêntada 37) e (b) meados de setembro (pêntada 53).....	50
5.1 (a) campo de ROL, (b) umidade específica em 925 hPa, (c) umidade específica em 500 hPa, (d) umidade específica em 300 hPa, (e) vento em 925 hPa, (f) vento em 500 hPa, (g) vento em 300 hPa, (h) divergência em 925 hPa, (i) divergência em 500 hPa, (j) divergência em 300 hPa e (k) temperatura em 925 hPa, referentes a pêntada 55 (final de setembro início de outubro), na qual tem início a estação chuvosa com dados de ROL.....	53
5.2 (a) campo de ROL, (b) umidade específica em 925 hPa, (c) umidade específica em 500 hPa, (d) umidade específica em 300 hPa, (e) vento em	

específica em 500 hPa, (d) umidade específica em 300 hPa, (e) vento em 925 hPa, (f) vento em 500 hPa, (g) vento em 300 hPa, (h) divergência em 925 hPa, (i) divergência em 500 hPa, (j) divergência em 300 hPa e (k) temperatura em 925 hPa, referentes a pântada 25 (início de maio), na qual ocorre o final da estação chuvosa com dados de ROL.....	56
5.3 (a) Campos de ROL, (b) umidade específica em 925 hPa, (c) umidade específica em 500 hPa, (d) umidade específica em 300 hPa, (e) vento em 925 hPa, (f) vento em 500 hPa, (g) vento em 300 hPa, (g) divergência em 925 hPa, (i) divergência em 500 hPa, (j) divergência em 300 hPa e (k) temperatura em 925, para o início da estação chuvosa com dados de precipitação, pântada 59 (meados de outubro).....	59
5.4 (a) campos de ROL, (b) umidade específica em 925 hPa, (c) umidade específica em 500 hPa, (d) umidade específica em 300 hPa, (e) vento em 925 hPa, (f) vento em 500 hPa, (g) vento em 300 hPa, (h) divergência em 925 hPa, (i) divergência em 500 hPa, (j) divergência em 300 hPa, e (k) temperatura em 925 hPa, para o fim da estação chuvosa com dados de precipitação, pântada 18 (final de março).....	62
5.5 Pântada média 73, (a) campos de ROL, (b) campo de divergência do vento em 925 hPa, (c) campo de divergência do vento em 500 hPa, (d) campo de divergência do vento em 300 hPa, (e) campo de umidade específica em 925 hPa, (f) campo de umidade específica em 500 hPa, (g) campo de umidade específica em 300 hPa.....	65
5.6 Campos de vento para, (a) (b) (c) pântada 70 para os níveis 925, 500 e 300 hPa respectivamente, (d) (e) (f) pântada 71 para os níveis 925, 500 e 300 hPa respectivamente, ambas em meados de dezembro, (g) (h) (i) pântada 71(início do verão) campos de umidade específica para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente.....	67
6.1 Média da Distribuição pântadal das estações pluviométricas com $r \geq 1$ para cada pântada da Região Sudeste do Brasil com eventos El Niño.....	73
6.2 Distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste em anos de El Niño (a) para o ano de 1982-1983 e (b) para o ano de 1994-1995.....	74
6.3 Dstribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$, na Região Sudeste, durante o ano de 1994-1995.....	75
6.4 Mesmo que Figura 6.1, exceto para Região Sul do Brasil.....	76
6.5 Distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para a Região Sul, no ano de 1982-1983, ano de evento El Niño.....	77

6.6 Distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste do Brasil para eventos La Niña, durante os anos de: (a) 1984-1985, (b) 1988-1989, (c) 1995-1996 e (d) 1983-1984.....	78
6.7 Média da Distribuição pântadal das estações pluviométricas com $r \geq 1$ na Região Sudeste, para eventos de La Niña.....	80
6.8 Mesmo que Figura 6.7, exceto para a Região Sul do Brasil.....	81
6.9 Média da Distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para a Região Sudeste do Brasil com anos neutros.....	81
6.10 Distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste para anos neutros, para (a) ano de 1981-1982, (b) ano de 1985-1986 e (c) ano de 1989-1990.....	82
6.11 Mesmo que Figura 6.9, exceto para Região Sul do Brasil.....	84
6.12 (a) distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para cada pântada no ano de 1986-1987, na Região Sudeste. (b) campo de ROL para pântada 73, (c) mesmo que (b), exceto para pântada 4, (d) mesmo que (b), exceto para pântada 5, (e) mesmo que (b), exceto para pântada 6, (f) mesmo que (b), exceto para pântada 60, (g) mesmo que (b), exceto para pântada 61 e (h) mesmo que (b), exceto para pântada 62.....	87
6.13 Seções estação versus tempo dos sistemas frontais que penetraram no Brasil em outubro de 1992. Alinha indica que a frente passou pela estação entre as 09:00 (H.L.) do dia anterior e às 09:00 (H.L.) do dia indicado. (FONTE: 7º DISME e CPTEC)	92
6.14 (a) Distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para Região Sudeste e (b) mesmo que (a), exceto para a Região Sul, (c) campo de ROL, (d) campo de convergência em 925 hPa, (e) campo de convergência em 500 hPa e (f) campo de convergência em 300 hPa.....	93
6.15 Campo de vento para, (a) (b) (c) pântada 9 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente,(d) (e) (f) pântada 10 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente, (g) (h) (i) pântada 11 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente, ambas de 1991 – 1992.....	96

6.16 (a) Distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste para 1995-1996, (b) (c) (d) campo de vento para pântada 72 (final de dezembro) para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente, (e) (f) (g) campo de vento para pântada 73 (final de dezembro) para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente, (h) (i) (j) campo de divergência para pântada 72 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente, (k) (l) (m) campo de divergência para pântada 73 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente	
6.16 (a) Distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste para 1995-1996, (b) (c) (d) campo de vento para pântada 72 (final de dezembro) para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente, (e) (f) (g) campo de vento para pântada 73 (final de dezembro) para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente, (h) (i) (j) campo de divergência para pântada 72 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente, (k) (l) (m) campo de divergência para pântada 73 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente	99 102
6.18 (a) (b) (c) campo de umidade específica para a pântada 71 de 1992-1993 par níveis de 925, 500 e 300 hPa, (b) mesmo que (a) exceto para pântada 23.....	106
6.19 (a) escoamento durante a pântada 9, (b) campo de temperatura durante a pântada 9, (c) mesmo de (a) exceto para pântada 12 e (d) mesmo de (b) exceto para pântada 12.....	107

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 Número de pântadas e calendário correspondente às suas datas	39
5.1 Variação da Umidade específica (g Kg^{-1}) e Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$)	51
6.1 Eventos de El Niño, La Niña e anos normais	71
6.2 Data de início e fim da estação chuvosa anualmente (pântadas). A coluna duração mostra o número de pântadas da estação chuvosa para cada ano e número de ocorrência de breaks, com dados de precipitação.....	84
6.3 Data de início e fim da estação chuvosa anualmente (pântadas). A coluna duração mostra o número de pântadas da estação chuvosa para cada ano e número de ocorrência de breaks, com dados de ROL	89

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAC	Climate Analysis Center
CCM	Complexos Convectivos de Mesoescala
COLA	Center for Ocean – Land- Atmosphere Studies
DJF	Dezembro, Janeiro e Fevereiro
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
GRADS	Grid Analysis and Display System
hPa	Hecto Pascal
HS	Hemisfério Sul
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IOS	Índice de Oscilação Sul
NCEP/NCAR	National Centers for Environmental Predictions/National Center for Atmospheric Research
NESDIS	National Environmental Satellite Data and Information Service
NW/SE	Noroeste/ Sudeste
OS	Oscilação Sul
ROL	Radiação de Onda Longa
SIGRH	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
VCAN	Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCPS	Zona de Convergência do Pacífico Sul

LISTA DE SÍMBOLOS GREGOS

θ_e Temperatura potencial equivalente ($^{\circ}\text{K}$)

LISTA DE SÍMBOLOS LATINOS

i estação meteorológica

J intervalo de 5 dias

K ano

$p(i,j,k)$ precipitação acumulada para cada estação meteorológica com intervalo de 5 dias para cada ano

$P5(i)$ média anual da precipitação acumulada durante 5 dias em uma estação meteorológica

Q Umidade específica, g Kg^{-1}

Razão entre a precipitação acumulada em 5 dias para cada estação

$r(i,j,k)$ meteorológica, para cada ano e a média anual da precipitação acumulada em 5 dias na mesma estação meteorológica

T Temperatura

U Componente zonal do vento, m/s

V Componente meridional do vento, m/s

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O clima e a sua variação podem ter um profundo impacto na produção agrícola e no uso dos recursos energéticos e hídricos. Um melhor conhecimento do comportamento do clima e sua variabilidade são fundamentais para o fornecimento de importantes informações visando minimizar os efeitos das condições climáticas adversas em uma certa região. O Brasil é um país com grande extensão territorial, sendo dividido em 5 Regiões, as quais são afetadas por regimes de tempo tropicais, subtropicais e de latitudes médias. Dentre estas regiões, as Regiões Sul e Sudeste são as mais populosas e economicamente mais importantes do país, sendo caracterizadas por grande atividade industrial, produção agrícola e geração hidroenergética.

A Região Sul do Brasil, por ser uma região onde a economia é baseada principalmente na agricultura e pecuária, sofre muitas conseqüências devido a fenômenos adversos, entre eles aqueles relacionados com a precipitação. Suas conseqüências são drásticas, causando queda na produção agrícola e podendo ocasionar um desequilíbrio sócio-econômico na região.

Esta região apresenta uma distribuição anual de precipitação bastante uniforme, com uma média anual variando entre 1250 a 2000 mm (Climanálise, 1996) e mostra diferentes períodos de estação chuvosa para determinadas regiões, ocorrendo picos da mesma durante todo o ano. Uma das causas que estabelecem os diferentes regimes de chuva na Região Sul é o tipo de topografia que a região possui. Esta variação da chuva define um caráter de região transicional, causado provavelmente pela interferência de duas regiões adjacentes, condição de monção de verão e inverno de latitudes médias Grimm, Ferraz e Gomes (1998).

Alguns fenômenos atmosféricos que atuam sobre esta região são essenciais na determinação da climatologia da precipitação. Entre os mais importantes, podemos citar a passagem de sistemas frontais, responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos

registrados. A trajetória desses sistemas está intimamente ligada ao posicionamento e intensidade do jato subtropical na América do Sul Kousky e Cavalcanti (1984). Outros sistemas que afetam a climatologia de precipitação da Região Sul são os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), os Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) Lourenço (1996), sistemas que se organizam nesta região devido a ciclogêneses e frontogêneses, Gan e Rao (1991) e o sistema nuvem virgula (invertida), que se forma na retaguarda de sistemas frontais, organizando convecção sobre o continente e na região costeira.

Os episódios de El Niño e La Niña apresentam impactos sobre a precipitação no Brasil, sendo a Região Sul uma das regiões mais afetadas. O ENOS (El Niño – Oscilação Sul) é um persistente fenômeno global resultante de uma forte conexão entre o sistema oceano - atmosfera. Os eventos ENOS iniciam com o fortalecimento dos alísios de sudeste no Pacífico e um acúmulo de água no oeste do Pacífico Equatorial. Posteriormente esses ventos enfraquecem, geralmente nos meses de verão no Hemisfério Sul (HS) e as águas quentes que se encontram no Pacífico oeste se deslocam em direção ao Pacífico Equatorial Leste Kousky, Kagano e Cavalcanti (1984). Vários estudos observacionais indicam uma relação entre anomalias positivas de precipitação na Região Sul e a ocorrência do fenômeno ENOS. Ropelewski e Halpert (1987) e Kousky e Ropelewski (1989) notaram que esta relação ocorre no período de novembro a fevereiro. Rao e Hada (1994) encontraram significativas correlações entre as anomalias de precipitação e o Índice de Oscilação Sul (IOS) durante a primavera. Grimm, Ferraz e Gomes (1998), utilizando uma série de dados mensais de precipitação para a Região Sul do Brasil, mostraram que esta região apresenta fortes e consistentes anomalias de precipitação associadas com eventos El Niño e La Niña.

A Região Sudeste do Brasil é uma região de grande importância no desenvolvimento sócio-econômico do país. Devido a sua localização latitudinal, caracteriza-se por ser uma região de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos do tipo temperado das latitudes médias Nimer (1979). A região apresenta uma topografia bastante acidentada, com elevações da Serra do Mar e da Mantiqueira,

chegando acima de 2000 m. O regime de precipitação na Região Sudeste mostra um ciclo de precipitação bem definido, com uma estação chuvosa (verão) e uma estação seca (inverno). Nesta região a precipitação média anual acumulada varia em torno de 1500 e 2000 mm, Climanálise (1996).

Durante os meses de maior atividade convectiva (verão), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um dos principais fenômenos que influenciam o regime de chuva na Região Sudeste, Quadro (1994). Devido a sua permanência por vários dias sobre a região há o favorecimento da ocorrência de inundações nesta área. Entre outros fenômenos que atuam sobre a Região Sudeste podemos destacar os sistemas frontais, que ao se deslocarem para a região, muitas vezes formam uma banda de nebulosidade semi-estacionária com precipitação, podendo permanecer por até 5 dias ou mais, causando danos econômicos e humanos na região, o episódio ENOS e os CCMs.

Como mencionado anteriormente, um melhor conhecimento do clima e de sua variabilidade é de suma importância para o fornecimento de informações a setores do governo no sentido de se determinar estratégias de avaliação de impactos e vulnerabilidade da sociedade às mudanças climáticas. Em situações como a que aconteceu em 2001 no Brasil, em que a Região Sudeste passou por uma grande crise de energia, com os reservatórios das principais represas estando abaixo de suas capacidades, informações confiáveis sobre o início e fim da estação chuvosa tornam-se imprescindíveis para o gerenciamento da crise.

Rao, Santo e Franchito (2001a) usando dados climatológicos de 40 anos (1959-1998) provenientes da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), observaram que na Região Sudeste do Brasil, 50% ou mais da chuva anual ocorre durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro e na Região Sul do Brasil neste mesmo trimestre ocorre apenas 25% da chuva anual. Durante os meses de março, abril e maio a Região Sudeste apresenta menos de 20% da chuva anual e durante os meses de junho, julho e agosto a Região Sudeste mostra valores abaixo de 5% da chuva anual; nos meses de setembro,

outubro e novembro a quantidade de chuva começa a aumentar nas Regiões Sul e Sudeste, chegando a 25% do total anual.

Alguns estudos Kousky (1988), Marengo et al., (2001a) utilizaram a Radiação de Onda Longa Emergente (ROL), que é uma medida da convecção, a qual esta associada às chuvas. Kousky (1988) considerou que valores abaixo de 240 W/m^2 são indicativos de nuvens profundas que apresentam maior probabilidade de ocorrência de precipitação. Este método contém uma certa limitação, pois nuvens do tipo cirrus (nuvens altas), não precipitantes, por serem muito altas e frias, também apresentam baixo valor de ROL e, portanto, podem levar a uma superestimativa da precipitação. Marengo et.al. (2001b), usando este método, obtiveram que as primeiras chuvas significativas, que prenunciam o início do período mais chuvoso na área das bacias responsáveis pelo fornecimento hidrelétrico para Região Sudeste, ocorrem entre o final de setembro e início de outubro.

Outros estudos utilizam dados diários de precipitação, Cavalcanti et al. (2001), usando dados de Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (1979-1997), mostraram que há grande variabilidade interanual com relação ao início da estação chuvosa na Região Sudeste, porém na média esta ocorre no final de outubro e começo de novembro. Rao, Santo e Franchito (2001b), usando dados climatológicos da ANEEL de 1983 a 1992, referentes às estações localizadas na área das bacias responsáveis pela geração de energia elétrica na Região Sudeste, obtiveram que o início da estação chuvosa nesta área ocorre na terceira semana de novembro.

O objetivo deste trabalho consiste em usar o método pentadal para estabelecer as datas de início e fim da estação chuvosa através dos dados de precipitação e ROL, fazendo uma comparação entre elas, visando um conhecimento mais preciso do comportamento pluviométrico das Regiões Sul e Sudeste do Brasil, dado a importância sócio-econômica destas regiões, também é proposto associar ao período chuvoso a circulação atmosférica. Este estudo será uma expansão de trabalhos anteriores, o qual envolverá toda a área das Regiões Sul e Sudeste. Para tal, dados diários de precipitação de estações meteorológicas (ANEEL) e Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos

Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH), bem como de ROL e circulação atmosférica, provenientes da reanálise do National Center for Environmental Predictions/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) serão usados.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A chuva na Região Sul do Brasil não apresenta grande variabilidade sazonal, ao passo que na Região Sudeste há uma grande sazonalidade, sendo o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) responsável por 60% da chuva anual Rao e Hada (1990).

As frentes frias e os CCMs são os dois principais sistemas responsáveis pela chuva anual na Região Sul do Brasil. As frentes frias são sistemas transientes que têm incursões na faixa latitudinal de 35°S a 25°S, bem distribuídas durante o ano, com uma frequência mensal de 5 a 7 eventos na Região Sul e 4 a 5 eventos na Região Sudeste do Brasil, Oliveira (1986). O comportamento destes sistemas é fortemente influenciado pelo posicionamento do jato subtropical da América do Sul, Kousky e Cavalcanti (1984). O deslocamento dos sistemas frontais está associado com o escoamento ondulatório de grande escala. As Regiões Sul e Sudeste são regiões frontogenéticas, ou seja, as frentes podem se formar ou intensificar, Satyamurty e Mattos (1989).

Os CCMs desenvolvem-se na região central da América do Sul, a leste dos Andes, e afetam o sul e sudeste do Brasil, principalmente nas estações de transição, outono e primavera, Satyamurty, Nobre e Dias (1998). Velasco e Fritsch (1987) observaram um aumento de ocorrência de CCMs nas Regiões da Argentina e Paraguai durante eventos de ENOS em relação a anos considerados normais. O acoplamento entre o jato em altos níveis e o jato em baixos níveis é considerado como importante fator para o início de CCM. Guedes et al. (1994) mostraram que nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil os CCMs estão associados com sistemas frontais trazendo condições de tempo severo para as mesmas, tendo no inverno um deslocamento mais zonal, e no verão os deslocamentos passam de sudoeste para nordeste, percorrendo uma distância maior comparativamente com o inverno.

Um sistema de fundamental importância para a distribuição da precipitação na Região Sudeste é a ZCAS. A ZCAS é caracterizada principalmente pela estacionalidade da banda de nebulosidade por vários dias, e a conseqüente alteração no regime das chuvas das regiões afetadas, Quadro (1994). Quadro (1994), pela análise de 28 casos de ZCAS ocorridos sobre a América do Sul entre 1980 e 1989, verificou que este fenômeno está associado aos seguintes padrões meteorológicos: convergência de umidade na baixa e média troposfera; faixa de movimento ascendente do ar com orientação noroeste / sudeste; um cavado semi-estacionário sobre a costa leste da América do Sul em 500 hPa; intenso gradiente de temperatura potencial equivalente (θ_e) na média troposfera e uma faixa de vorticidade relativa anticiclônica em altos níveis. Verificou também que em anos de ENOS a atividade da ZCAS tende a ser inibida ou formar-se fora de sua região preferencial. Silva e Kousky (2000), usando dados de ROL, observaram que durante o período de 1 a 5 de janeiro de 2000 a ZCAS com maior atividade esteve presente sobre a Região Sudeste do Brasil, ocasionando fortes precipitações. Durante este período a ZCAS variou sua posição entre o Paraná e a Bahia.

Além destes sistemas, um outro que atua significativamente na precipitação destas duas regiões é VCAN. Os VCANs são definidos como sistemas fechados de baixa pressão, de escala sinótica, que se formam na alta troposfera e são desprendidos do escoamento de oeste, Gan (1982). São comumente chamados na literatura como baixas frias, pois apresentam o centro mais frio que a periferia. Kousky e Gan (1981) observaram que a maior atividade convectiva dos VCANs é estabelecida na direção de propagação do movimento. Portanto, um vórtice deslocando-se para oeste teria sua região de atividade mais intensa justamente a oeste do centro do vórtice. Lourenço (1996) mostrou que os VCANs se formam durante todo o ano e deslocam para leste com uma trajetória regular. A maior frequência de formação ocorre na estação de inverno e a menor ocorre durante a estação de verão. A grande maioria dos VCANs cruza a Cordilheira dos Andes e chega até o Oceano Atlântico e o restante se dissipa ao atingir os Andes.

Vários estudos têm mostrado que durante ENOS há uma tendência sobre o Brasil de ocorrer precipitação acima do normal nas Regiões Sul e Sudeste. Kousky e Cavalcanti (1984) argumentaram que o aumento na precipitação da Região Sul do Brasil durante o

ENOS se deve em parte ao jato subtropical sobre o Oceano Pacífico. O jato subtropical se caracteriza pela presença de ventos mais intensos, sendo muitas vezes responsáveis pelo desenvolvimento ou intensificação de sistemas convectivos que estejam nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Pode também favorecer a formação de uma situação de bloqueio, Kousky e Cavalcanti (1984), impedindo o deslocamento de sistemas frontais, fazendo com que permaneçam estacionados sobre a região provocando aumento da precipitação.

As Regiões Sul e Sudeste do Brasil sofrem, freqüentemente, a influência de bloqueios no escoamento atmosférico. Estes bloqueios provocam períodos relativamente longos de seca ou chuva. A freqüência máxima de bloqueios ocorre no outono na Região Sul ao passo que o mínimo ocorre no inverno e na primavera.

Casarin (1982), em seu estudo sobre bloqueios para o HS durante período de 1975 a 1979, encontrou a duração máxima de 26 dias para um caso no Oceano Pacífico e a duração média dos mesmos de 9,1 dias. Notou também que os bloqueios mais persistentes no HS encontram-se no Oceano Pacífico com duração média de 11,3 dias. Os bloqueios sobre a América do Sul e sua costa leste persistem em média 7,9 dias e 8,1 dias, respectivamente.

Marques (1996) observou que o inverno (verão) é a estação do ano de maior (menor) freqüência de bloqueios no HS. No Oceano Pacífico o máximo de freqüência ocorre de junho a agosto, um máximo secundário ocorre em março e o mínimo em janeiro e fevereiro. Os Oceanos Atlântico e Índico apresentam maior freqüência de ocorrência nos meses de setembro e maio.

Rao e Hada (1990) estudaram a variação da precipitação anual sobre o Brasil e a sua relação com a Oscilação Sul (OS). Verificaram que há uma boa correlação entre a precipitação e a OS em duas regiões brasileiras: a Região Sul do Brasil (correlação negativa) e a Região Nordeste do Brasil (correlação positiva).

Ropelewski e Halpert (1987), em seu estudo para verificar a relação entre o ENOS e o padrão de precipitação, notaram considerável relação entre os eventos ENOS e o padrão de precipitação no Oceano Pacífico, Austrália, África do Sul, América Central e América do Sul. O continente sul-americano é o que possui uma melhor correlação entre esses padrões, sendo que a correlação é mais forte nas regiões nordeste e sul do Brasil.

Souza e Ambrizzi (2002), usando uma série de registros diários de precipitação, provenientes de estações meteorológicas de superfície, para o período de 1974 a 1997, observaram que a Região Sudeste do Brasil apresenta núcleos de precipitação significativos desde as pântadas 54 a 63, os quais estão relacionados com passagens de sistemas frontais sobre a região. O final da estação chuvosa na Região Sudeste ocorreu durante a pântada 21 e durante a pântada 25 os autores observaram uma tendência do deslocamento da convecção tropical profunda em direção ao equador. Na Região Sul os autores observaram valores significativos de precipitação durante a primavera na área com fronteira com Paraguai. Associaram esta precipitação com passagens de frentes frias e também com a manifestação dos CCMs.

Gan, Ropelewski e Kousky (2001) estudaram as mudanças na circulação atmosférica da América do Sul, durante os períodos de transição da estação seca para a chuvosa e vice-versa na Região Centro-Oeste do Brasil, considerando 22 anos de dados. Neste estudo foram encontradas variações na circulação atmosférica, tais como a presença de ventos de leste em 850 hPa durante a estação seca e de oeste durante a estação chuvosa. Também verificaram que a umidade específica nos baixos níveis possui um mínimo no inverno e um máximo no verão austral (citado por Gan 2003).

Gan e Moscati (2003) observaram que a convecção tropical antes do início da estação chuvosa apresentou um deslocamento diferente com relação aos encontrados por Marengo et. al. (2001) e Gan, Ropelewski e Kousky (2001). Após o desenvolvimento da convecção tropical sobre a região noroeste da América do Sul, esta ao invés de se propagar em direção noroeste – sudeste, se propagou ao longo dos Andes e sobre o

Paraguai e sul do Brasil. O período chuvoso na região de estudo esteve associado com ventos de noroeste e de oeste em baixos níveis a leste dos Andes, convergindo sobre a região Centro – Oeste do Brasil.

Muitos estudos têm utilizado a ROL como indicador de chuvas e nebulosidade, especialmente em áreas tropicais, onde as flutuações da mesma são fortemente controladas pela convecção profunda, responsável por grande parte da precipitação Kousky (1988), Horel, Hahmann e Geisler (1989) e Marengo et al., (2001a). Baixos valores de ROL, sobretudo inferiores a 240 W m^{-2} , são indicativos de nuvens profundas que apresentam maior probabilidade de ocorrência de precipitação. Todavia, nuvens do tipo cirrus (nuvens altas), não precipitantes, por serem muito altas e frias, também apresentam baixo valor de ROL e, portanto, podem levar a uma superestimativa da precipitação. Apesar de existirem limitações inerentes à análise da precipitação via ROL, trata-se de uma metodologia de sensoriamento remoto que supre deficiências inerentes aos sistemas de observação na superfície (principalmente a densidade espacial e temporal das estações).

Em regiões de latitudes mais elevadas a temperatura da superfície varia bastante, assim é difícil se afirmar que as anomalias de ROL representam variações da nebulosidade ou variação da temperatura da superfície, Casarin e Kousky (1986).

O campo de ROL foi derivado por muitos anos pelo satélite de órbita polar NOAA, e trouxe muitos benefícios para vários estudos do balanço de radiação, Gruber e Krueger (1984) definindo a variabilidade espacial e temporal de atividades convectivas tropicais, Liebmann e Hartmann (1982),

Casarin e Kousky (1986), trabalhando com dados quinzenais de anomalias de ROL e dados de vento em 200 mb nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, observaram anomalias negativas sobre a região subtropical do HS, mais especificamente sobre a ZCAS. Estas anomalias se deslocam para leste a uma velocidade semelhante à da oscilação de 30-60 dias (Madden-Julian). Os autores observaram também que as maiores anomalias da

circulação atmosférica encontram-se sobre a região ZCAS e Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS). Eventos associados com forte atividade convectiva sobre a região da ZCAS estão relacionados com déficit de chuva sobre a planície subtropical da América do Sul, e quando a ZCAS enfraquece a precipitação sobre esta área é abundante.

Kousky (1988), usando dados de 1979-1987, obtidos do National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS) e do Climate Analysis Center (CAC), mostrou uma expansão de baixa ROL nas Regiões Sul e Oeste do Brasil no período de agosto a final de setembro. No início de outubro estas duas regiões de baixa ROL fundem-se formando uma faixa de baixa ROL orientada de noroeste – sudeste. Esta faixa, que pode ser vista durante a primavera e verão, foi associada à ZCAS, Casarin e Kousky (1986). Durante o período de outubro a janeiro, esta faixa de baixa ROL se desloca em direção ao noroeste. Em meados de dezembro, uma profunda convecção e chuvas significativas estão presentes na bacia Amazônica. Enquanto a ZCAS se desloca para o nordeste, na Região Sul do Brasil é observado um aumento de ROL.

Marengo et al. (2001b), usando a metodologia proposta por Kousky (1988), baseada em ROL e dados de 1979 a 1999, com resolução espacial de $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, procuraram determinar o início da estação chuvosa na região das bacias responsáveis pela geração de energia elétrica na Região Sudeste do Brasil, que foi severamente afetada pela crise energética em 2001. Os resultados indicaram que as primeiras chuvas significativas que prenunciam o início do período mais chuvoso na nesta região ocorrem entre o final de setembro e início de outubro.

Outro método de estimar o início da estação chuvosa consiste em usar dados diários de precipitação provenientes de estações meteorológicas. Cavalcanti et al. (2001) usando 19 anos de dados de precipitação (1979-1997) do INMET, obtiveram que na Região Sudeste há ocorrência de períodos de precipitação persistente durante o inverno, embora com valores mais baixos que na primavera e verão. Obtiveram que, na média, a estação chuvosa se inicia no final de outubro e começo de novembro. Ra, Santo e Franchito (2001b) usaram dados de 10 anos de precipitação de estações localizadas na área das

bacias responsáveis pela geração de energia na Região Sudeste provenientes da ANEEL. Fizeram uma análise quantitativa, também com chuva diária, utilizando o critério de que a estação chuvosa iniciaria quando o valor da precipitação suprisse a média climatológica diária e persistisse pelo menos 20 dias. Os resultados indicaram que o início da estação chuvosa nesta região ocorre na terceira semana de novembro.

CAPÍTULO 3

DADOS E METODOLOGIA

3.1- Dados

Para a realização deste estudo, utilizaram-se dados diários de precipitação das estações meteorológicas de superfícies pertencentes a ANEEL e do SIGRH, para o período de 1981 a 1996, 189 estações da ANEEL e 83 estações do SIGRH (Figura 3.1)

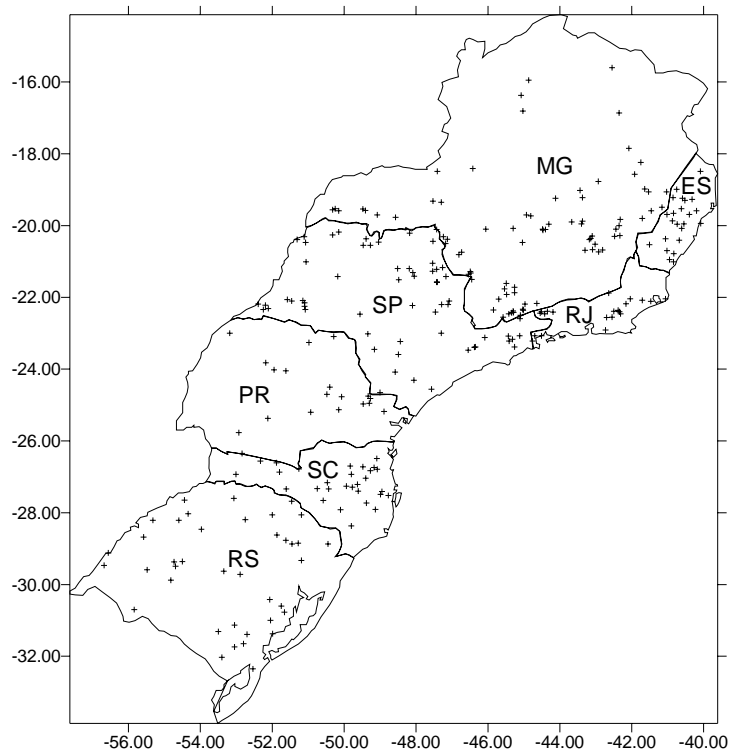


FIGURA 3.1 – Distribuição das estações meteorológicas da ANEEL e do SIGRH, nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Devido a ROL ser uma ferramenta de grande utilidade para identificar precipitação nas regiões tropicais e subtropicais foram usados dados da mesma provenientes da reanálise do NCEP/NCAR, para o período de 1981 a 1996. Após, foi realizada uma comparação com o período de início e fim da estação chuvosa, estabelecido através dos dados de precipitação das estações meteorológicas.

Para analisar a configuração atmosférica referente ao período chuvoso (primavera, verão e outono) estabelecido através dos dados diários de precipitação e ROL, procurando identificar fatores que possam estar contribuindo para tal, foram usados dados de temperatura do ar (T) em °C, componente zonal e meridional do vento (u e v) em $m\ s^{-1}$ e umidade específica (q) $g\ Kg^{-1}$, ambas para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, obtidos da reanálise do NCEP/NCAR, para o período de 1981 à 1996. Estas variáveis são apresentadas em forma de pântadas, calculadas através da rotina do Grads.

3.2 – Metodologia

Como se nota, há diferentes métodos visando a determinação do início da estação chuvosa, bem como divergência nos resultados obtidos. A previsão de clima em escala intra-sazonal é muito difícil de se fazer e, portanto, uma previsão sobre a data de início da estação chuvosa nas regiões de baixa previsibilidade (como a Região Sudeste) e mesmo em regiões de previsibilidade maior (como a Região Sul), é uma meta difícil de se alcançar. Portanto, há necessidade de estudos mais extensivos, usando diferentes fontes de dados e metodologias, para permitir uma melhor análise da variabilidade intra-sazonal das chuvas e o início e o fim da estação chuvosa nas várias regiões do país.

Para definir o início da estação chuvosa, vários critérios podem ser adotados. A radiação de onda longa (ROL) é um parâmetro de grande confiabilidade em representar a precipitação em grande escala nas regiões tropicais. Isso é devido à sua grande associação com as atividades convectivas, Kousky (1998) e Liebmann et. al. (1998). As medidas de ROL são feitas através de satélite órbita polar, onde o mesmo identifica as temperaturas do topo das nuvens em regiões onde existem nuvens com grande desenvolvimento vertical, Casarin e Kousky (1986). Outro critério usado para estabelecer o início e fim da estação chuvosa foi o uso de dados de precipitação na forma de pântadas, Cavalcanti et al., (2001) e Rao, Santo e Franchito (2001b). Neste estudo foram utilizados dados pântadais de precipitação do segundo semestre de 1981 e primeiro semestre de 1982, e assim sucessivamente até 1996, com o objetivo de analisar o período da estação chuvosa.

Para determinar as datas de início e fim da estação chuvosa para as Regiões Sul e Sudeste do Brasil, de ambos registros diários de precipitação e ROL, e para o estudo da circulação atmosférica, foram feitas as médias de cinco dias (pêntadas), para as 73 pêntadas (Tabela 1) de cada ano e climatológica. Nos anos bissextos o dia 29 de fevereiro foi incluído na pêntada 12 (25 fevereiro – 01 março).

Para os dados de precipitação das estações meteorológicas, foi utilizada a metodologia empregada por Rao, Santo e Franchito (2001b). Este método consiste, inicialmente, na comparação da precipitação média acumulada em 5 dias, com o valor médio da precipitação acumulada durante 5 dias considerando a precipitação distribuída uniformemente durante todo o ano, ou seja:

$$P5_i = P_i/73$$

onde:

i = estações meteorológicas da ANEEL e SIGRH

$P5_i$ = chuva acumulada a cada 5 dias.

P_i = precipitação média acumulada anualmente.

Foi calculado, para cada estação meteorológica, o valor médio da precipitação acumulada anualmente para o período de 1981 a 1996.

A partir de 1º de janeiro, foi calculada a chuva acumulada em cada estação meteorológica, para cada pêntada e para cada ano. Assim para cada ano, cada pêntada e para cada estação, foi calculada a razão $r_{(i,j,k)}$ que vale:

$$r_{(i,j,k)} = p_{(i,j,k)} / P5_{(i)}$$

onde:

$r_{(i,j,k)}$ = razão entre a precipitação acumulada em 5 dias para cada estação meteorológica, para cada ano e a média anual da precipitação acumulada em 5 dias na mesma estação meteorológica

i = estação meteorológica da ANEEL e SIGRH

j = pântada

k = ano

$p_{(i,j,k)}$ = precipitação acumulada na estação meteorológica i , na pântada j , no ano k .

$P5_{(i)}$ = média anual da precipitação acumulada durante 5 dias em uma estação meteorológica.

Para o critério do início e fim do período chuvoso na estação meteorológica, exige-se que pelo menos 50% dos valores de $r_{(i,j,k)}$ permaneçam acima e abaixo, respectivamente, da unidade por 2 e 4 períodos de 5 dias consecutivos.

Para estabelecer a data do início e fim da estação chuvosa, utilizando dados de ROL provenientes da reanálise do NCEP/NCAR, para o período de 1981 a 1996, foi usado o método proposto por Kousky (1988).

Kousky (1988) definiu o início da estação chuvosa através de pântadas, utilizando o seguinte critério:

- (a) ROL menor de 240 W m^{-2} ;
- (b) pelo menos 10 das 12 pântadas anteriores com ROL média superior a 240 W m^{-2}
- (c) ao menos 10 das 12 pântadas posteriores apresentando ROL média inferior a 240 W m^{-2}

Para definir uma pântada que caracterize o fim da estação chuvosa, Kousky (1988) utilizou o seguinte critério:

- (a) ROL média superior a 240 W m^{-2} ;
- (b) ao menos 10 das 12 pântadas antecedentes com ROL média inferior a 240 W m^{-2}
- (c) ao menos 10 das 12 pântadas posteriores com ROL média superior a 240 W m^{-2} .

Uma vez determinados o início e fim da estação chuvosa nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, obtido pela metodologia descrita acima, foi feito um estudo da configuração atmosférica com o intuito de analisar os padrões de grande escala, responsáveis pela

precipitação nas regiões em estudo. Para analisar a circulação atmosférica no período do início e fim da estação chuvosa, foram calculadas pântadas para cada uma das variáveis meteorológicas apresentadas na Seção 3.1. As pântadas destas variáveis foram calculadas através da rotina Grid Analysis and Display System (GrADS) provido pelo Center for Ocean – Land – Atmosphere Studies (COLA).

Nos anos de estudo, ocorreram períodos com diminuição da precipitação durante a estação chuvosa, chamados de “breaks”. Assim, foram considerados breaks os períodos em que o número de estações meteorológicas em cada pântada ficasse abaixo de 30% das estações meteorológicas com $r \geq 1$, durante três ou mais pântadas seguidas.

TABELA 3.1 – Número de pântadas e calendário correspondente às suas datas.

Pântadas	Datas	Pântadas	Datas
1	1-5 janeiro	38	5-9
2	6-10	39	10-14
3	11-15	40	15-19
4	16-20	41	20-24
5	21-25	42	25-29
6	26-30	43	30 jul.-3 ago.
7	31 jan.-4 fev.	44	4-8
8	5-9	45	9-13
9	10-14	46	14-18
10	15-19	47	19-23
11	20-24	48	24-28
12	25 fev.-1 mar.	49	29 ago. –2 set.
13	2-6	50	3-7
14	7-11	51	8-12
15	12-16	52	13-17
16	17-21	53	18-22
17	22-26	54	23-27
18	27-31	55	28 set. –2 out.
19	1-5 abr.	56	3-7
20	5-10	57	8-12
21	11-15	58	13-17

(Continua)

TABELA 3.1 – Conclusão

Pêntadas	Datas	Pêntadas	Datas
22	16-20	59	18-22
23	21-25	60	23-27
24	26-30	61	28 out. –1 nov.
25	1-5 maio	62	2-6
26	6-10	63	7-11
27	11-15	64	12-16
28	16-20	65	17-21
29	21-25	66	22-26
30	26-30	67	27nov. –1dez.
31	31 maio –4 jun.	68	2-6
32	5-9	69	7-11
33	10-14	70	12-16
34	15-19	71	17-21
35	20-24	72	22-26
36	25-29	73	27-31
37	30 jun.-4 jul.		

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 - Definição climatológica do início e fim da estação chuvosa nas Regiões Sul e Sudeste

4.1.1 – Através de dados de precipitação

Usando dados de precipitação da ANEEL e SIGRH, observa-se que na Região Sudeste do Brasil a estação do verão é a que apresenta a maior quantidade de precipitação, ao contrário do inverno, onde a quantidade de precipitação é menor. Com a análise dos dados observou-se, que a Região Sul do Brasil tem precipitação durante todo o ano, sendo a estação do verão a que apresenta maior número de estações meteorológicas com $r \geq 1$.

A Figura 4.1 (a) e (b) mostra a distribuição espacial da chuva durante as estações chuvosa e seca na Região Sudeste do Brasil. A transição da estação seca para a úmida ocorre no início da primavera, pênstada (58), e a transição da estação úmida para seca ocorre aproximadamente no meio de outono, pênstada (19), como mostra a Figura 4.1 (c) e (d) respectivamente .

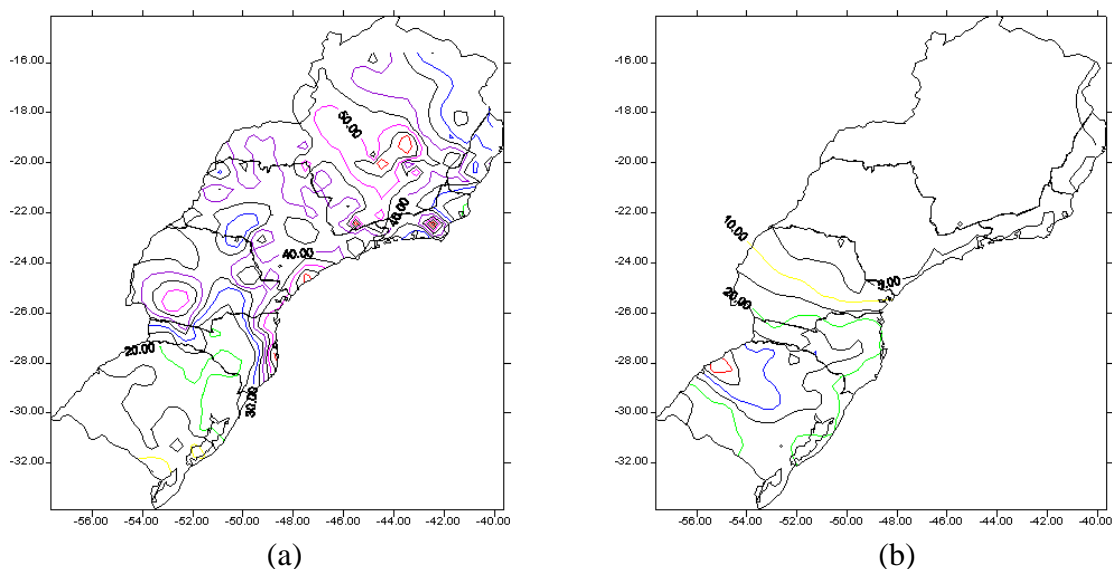


FIGURA 4.1 – Campos de isoietas para, (a) final de dezembro (pênstadas 73), (b) início de agosto (pênstada 44), (c) meio de outubro (pênstada 58) e (d) início de abril (pênstada 19) para o período de 1981 a 1996. (Continua)

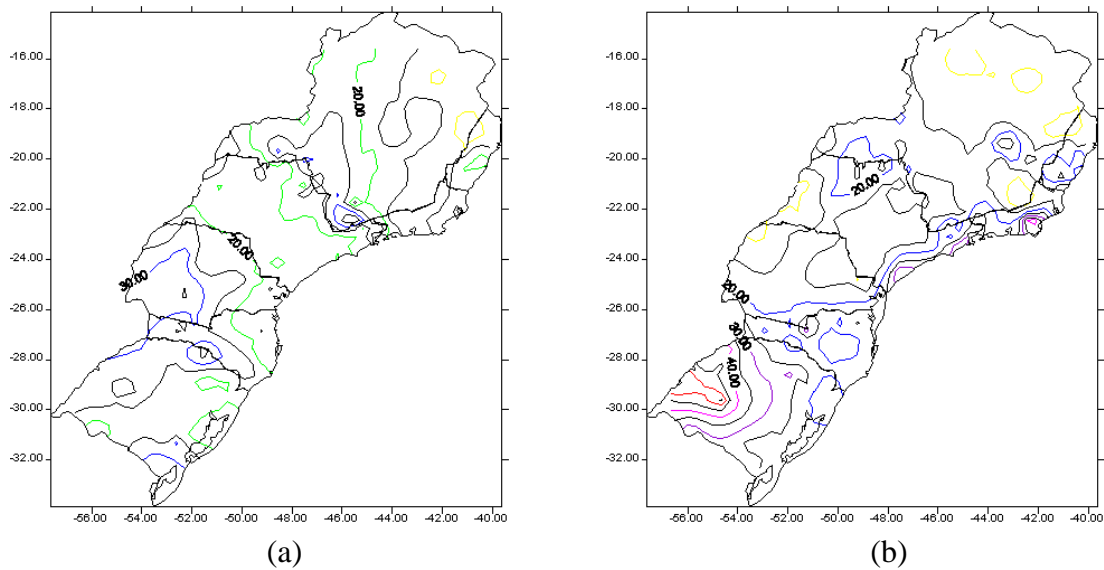
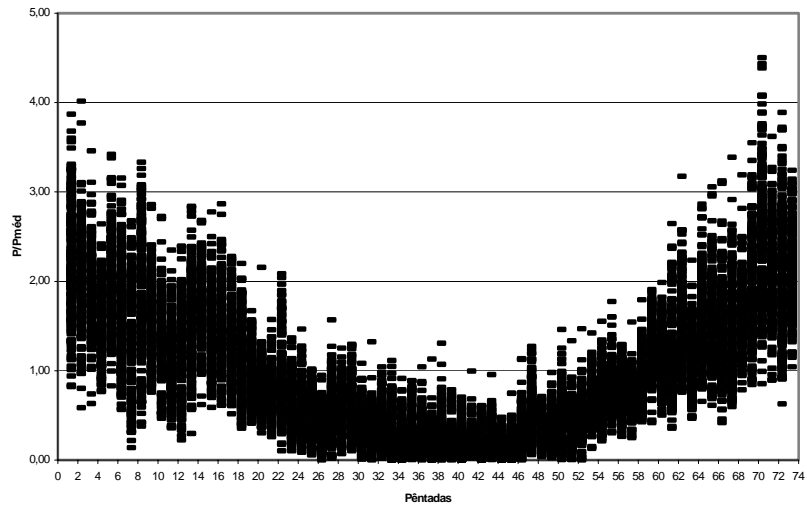


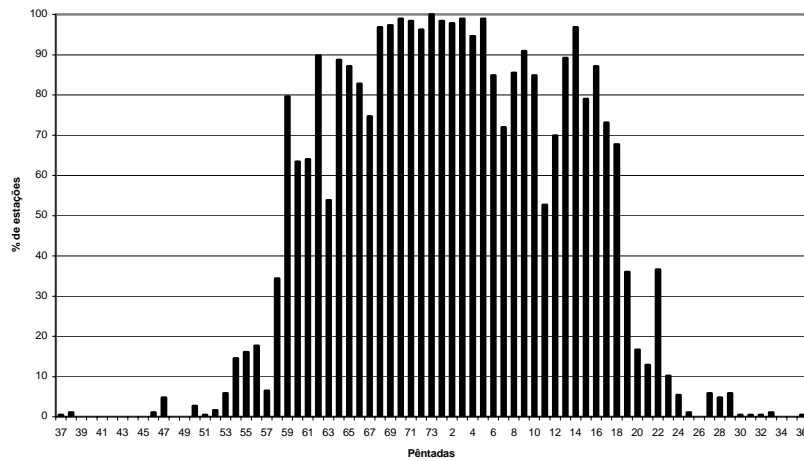
FIGURA 4.1 - Conclusão

A Figura 4.2 mostra o início e fim da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil. Observa-se que a estação chuvosa e a estação seca são bem definidas nesta região, o período em que há o maior número de estações meteorológicas (acima de 90% das estações) com razão $r \geq 1$ ocorre do início de dezembro ao final de janeiro, das pântadas 68 à 5 (Figura 4.2b). Durante a estação chuvosa não foi observada nenhuma pântada cuja porcentagem de estações meteorológicas apresenta $r \geq 1$ abaixo de 50%.

A Região Sudeste apresenta uma precipitação significativa a partir do meio de setembro (pântada 53). Assim, a data climatológica para o início e fim da estação chuvosa, usando dados de precipitação, ocorre durante meio de outubro (pântada 59) e final de março (pântada 18), (Figura 4.2a). Este resultado é consistente com os obtidos por Cavalcanti et al. (2001) e Rao et al. (2001b). Entretanto, este estudo utilizou dados para toda a Região Sudeste do Brasil, enquanto que os autores acima citados utilizaram os dados para as regiões das bacias geradoras de energia elétrica da Região Sudeste do Brasil.



(a)

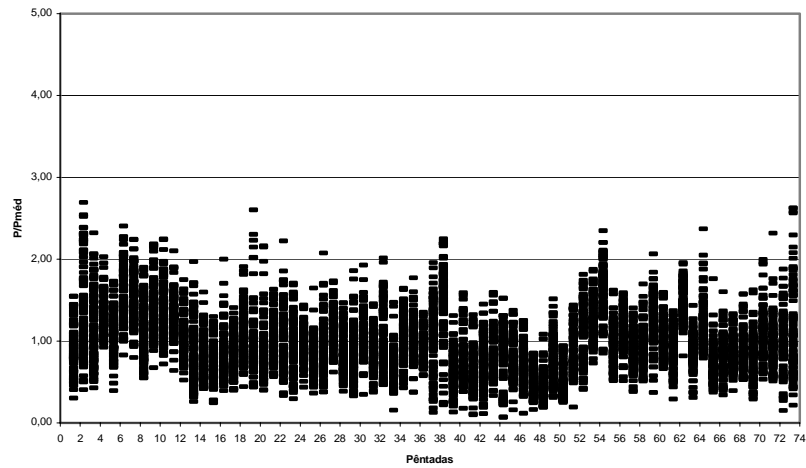


(b)

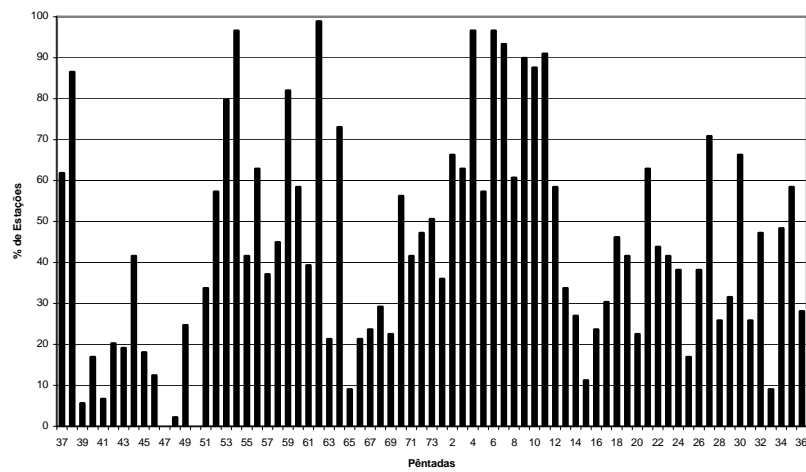
FIGURA 4.2 - (a) Distribuição pênadal das estações meteorológicas da Região Sudeste, em função de r , para o período de 1981 a 1996. (b) porcentagem de estações com $r \geq 1$ para cada pênada.

Na Região Sul do Brasil os dados não mostram uma estação chuvosa bem definida (Figura 4.3a). O período em que há maior número de estações meteorológicas com precipitação acima da unidade ocorre durante o verão, enquanto que durante a primavera foi observado valores significativos de precipitação, que podem estar associados com passagens de frentes frias (Satyamurty e Mattos, 1989), como também podem estar relacionados com os CCMs, os quais se formam sobre o Paraguai nesta

época do ano (Guedes, 1985). Durante o final do outono e no inverno, observa-se que a Região Sul do Brasil apresenta estações meteorológicas com registros de precipitação acima da unidade devido à alta frequência de frentes frias que passam pela região em direção ao Oceano Atlântico Sul (Oliveira 1986), Figura 4.3b.



(a)



(b)

FIGURA 4.3 - Igual à Figura 4.2, exceto para a Região Sul.

4.1.2 – Através de dados de radiação de onda longa

Usando dados climatológicos de ROL para a Região Sudeste do Brasil, observa-se em meados de setembro (pântada 52) o começo do deslocamento da banda de convecção profunda, que está sobre a Região da Amazônia, em direção ao sudeste (Figura 4.4a),

atingindo a Região Sudeste do Brasil (Minas Gerais) no final de setembro e início de outubro (pêntada 55) quando tem início a estação chuvosa (Figura 4.4b). Em meados de outubro (pêntada 59), toda a Região Sudeste encontra-se sob uma faixa de nebulosidade com valor inferior a 240 W m^{-2} (Figura 4.4c). Esta faixa desloca-se na direção leste da Região Sudeste e também em direção a Região Sul do Brasil e no final de novembro (pêntada 67) uma faixa de nebulosidade com valores de 190 a 200 W m^{-2} atinge o noroeste e o centro-oeste do Estado de Minas Gerais (Figura 4.4d).

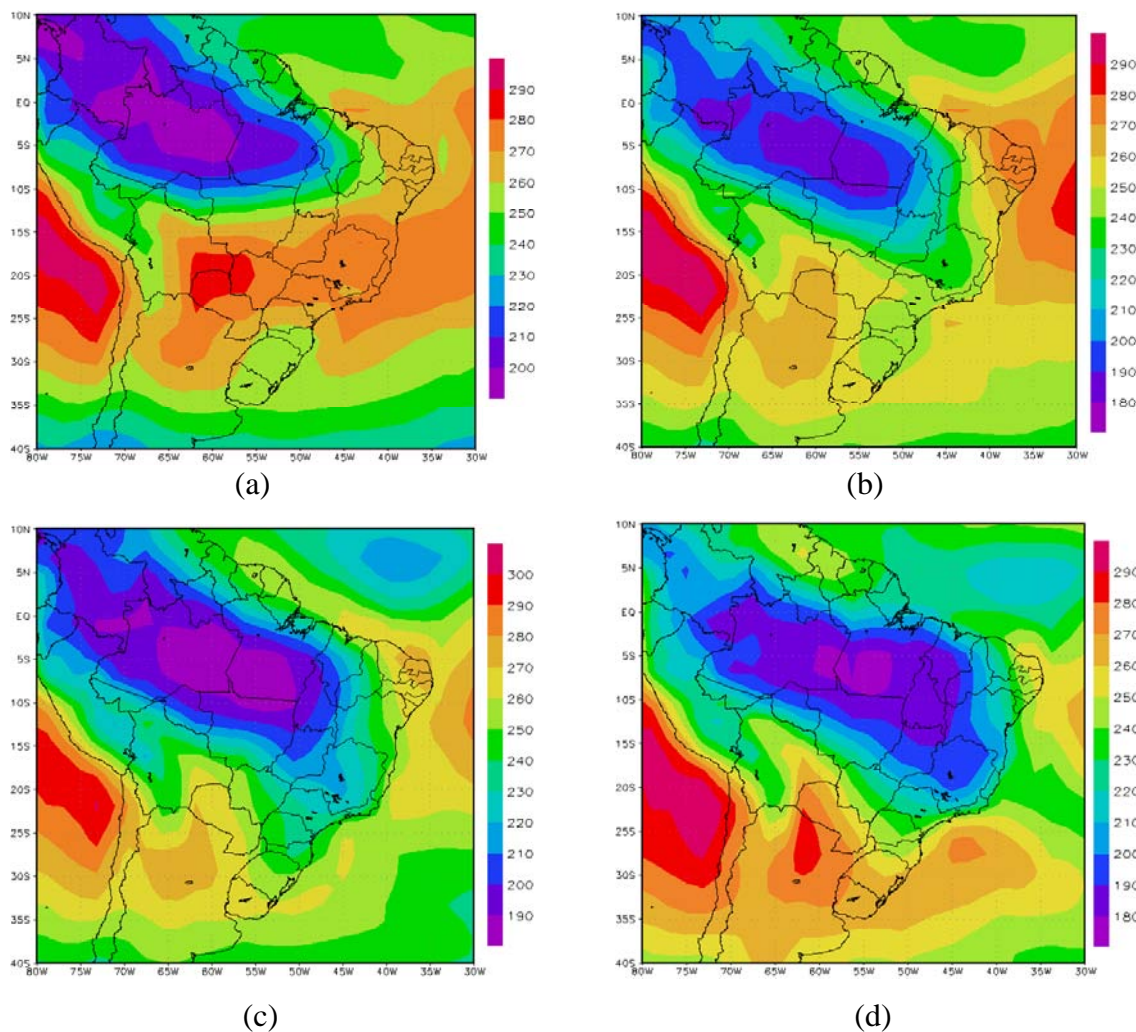


FIGURA 4.4 – Campo de ROL (W m^{-2}) para o período de 1981 a 1996, (a) meados de setembro (pêntada 52), (b) início de outubro (pêntada 59), (c) meados de outubro (pêntada 59) e (d) final de novembro (pêntada 67).

No final de novembro e início de dezembro, a faixa de nebulosidade com valor de 240 W m^{-2} estende-se até o Oceano Atlântico, na divisa dos estados do Espírito Santo e Bahia (pêntadas 67 e 68), Figura 4.5 (a, b) respectivamente. No final de dezembro esta faixa com valores entre 230 a 240 W m^{-2} forma-se novamente, mas no litoral do Rio de Janeiro, ligando o continente ao Oceano Atlântico Subtropical e permanecendo durante três pêntadas consecutivas (72, 73 e 01), Figura 4.5 (c, d, e) respectivamente. Esta faixa apresenta características semelhantes à ZCAS, Casarin e Kousky (1986), com os valores mais baixos de ROL (180 a 190 W m^{-2}) sobre parte da Região Sudeste do Brasil. Durante este período é observado o maior número de estações meteorológicas com registros de precipitação (aproximadamente 100% de estações) na Região Sudeste (pêntada 73), como mostra a Figura 4.2b

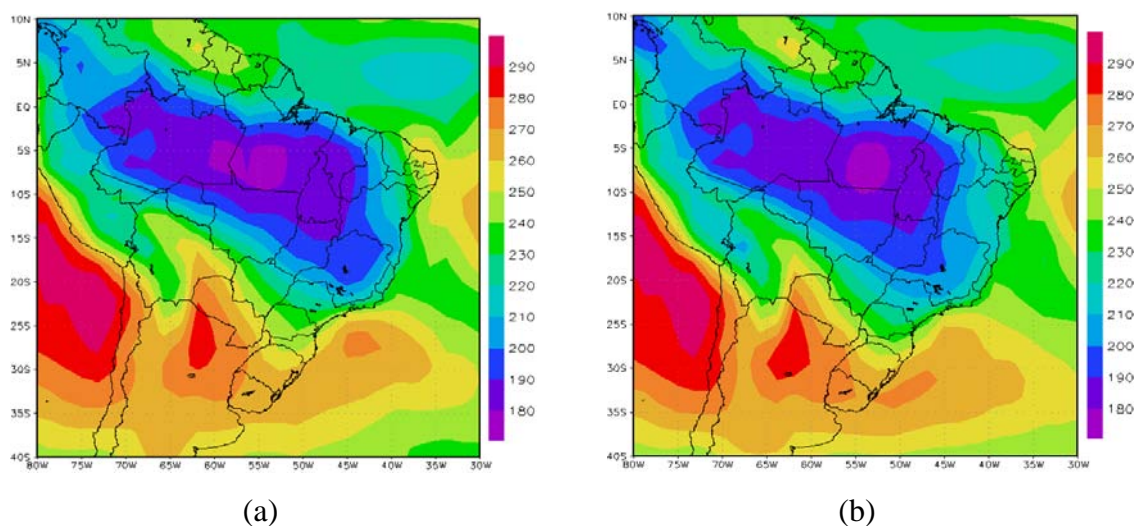


FIGURA 4.5 – Campo de ROL para, (a) e (b) final de novembro início de dezembro (pêntadas 67 e 68), (c) e (d) final de dezembro (pêntadas 72 e 73) e (e) início de janeiro (pêntada 1). (Continua)

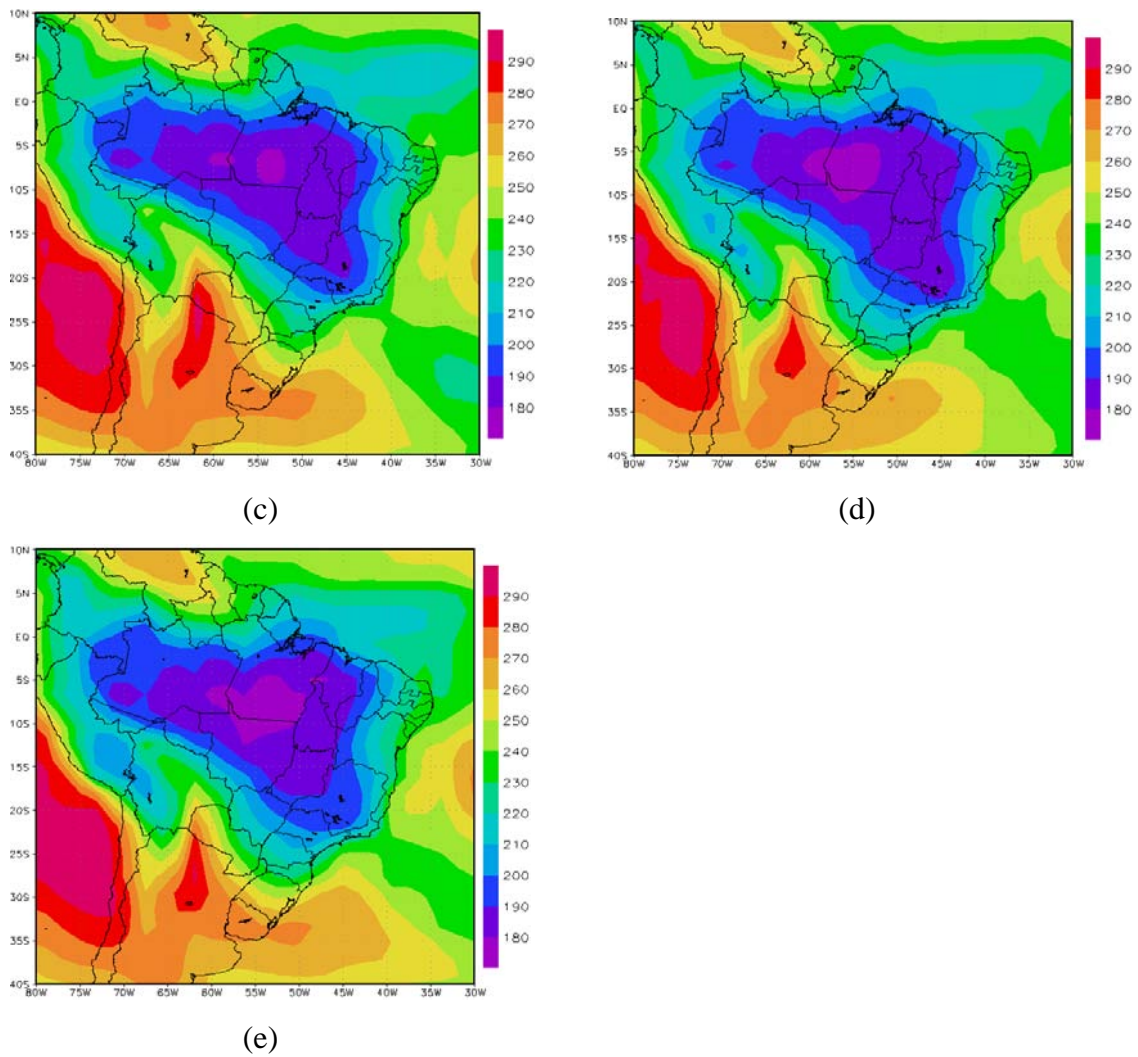


FIGURA 4.5 – Conclusão

Em meados de abril (pêntada 21), Figura 4.6(a) a faixa de nebulosidade começa a deslocar-se lentamente em direção ao equador e no início de maio (pêntada 25), Figura 4.6(b) é caracterizado o final da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil, através do método proposto por Kousky (1988), Figura 4.6.

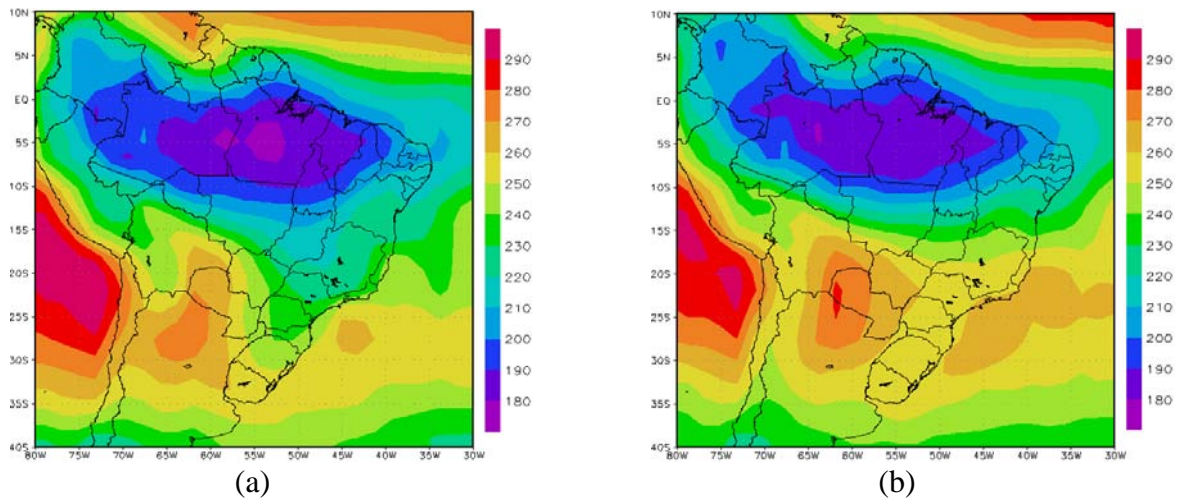


FIGURA 4.6 – Campo de ROL para, (a) meados de abril (pêntada 21) e (b) início de maio (pêntada 25).

As datas de início e fim da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil (pêntadas 55 e 25 respectivamente), observadas neste estudo, mostram grandes semelhanças com os resultados obtidos por Kousky (1988), o qual, obteve a data de início da estação chuvosa no começo de outubro, e por Marengo et al. (2001b), que observaram a data de início da estação chuvosa em setembro - outubro. Através da análise feita neste estudo procurando identificar a data de início e fim da estação chuvosa, através de dados de ROL e precipitação, observou-se que o início da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil com dados de ROL ocorre 4 pêntadas antes, em relação aos dados de precipitação. Para o termino da estação chuvosa, observa-se que através dos dados de ROL a data final da estação chuvosa ocorre 6 pêntadas após a data final da estação chuvosa obtida com dados de precipitação. Esta diferença nas datas finais da estação chuvosa obtidas através dos dados de ROL e precipitação, provavelmente é devido ao deslocamento da convecção profunda em direção ao equador ser mais lento do que o avanço desta sobre a região, Kousky (1988) e Marengo et. el., (2001). Este deslocamento mais lento da convecção profunda em direção ao equador se deve provavelmente a umidade do solo acumulado durante a estação chuvosa, Gan, Kousky e Ropelewski (2004).

A Figura 4.7 mostra que a Região Sul do Brasil, começa a ser atingida pela faixa de nebulosidade em meados de outubro (pêntada 59), e tem seu deslocamento em direção ao equador no final de março (pêntada 19), para então em meados de abril (pêntada 22) a Região Sul não apresentar mais esta faixa.

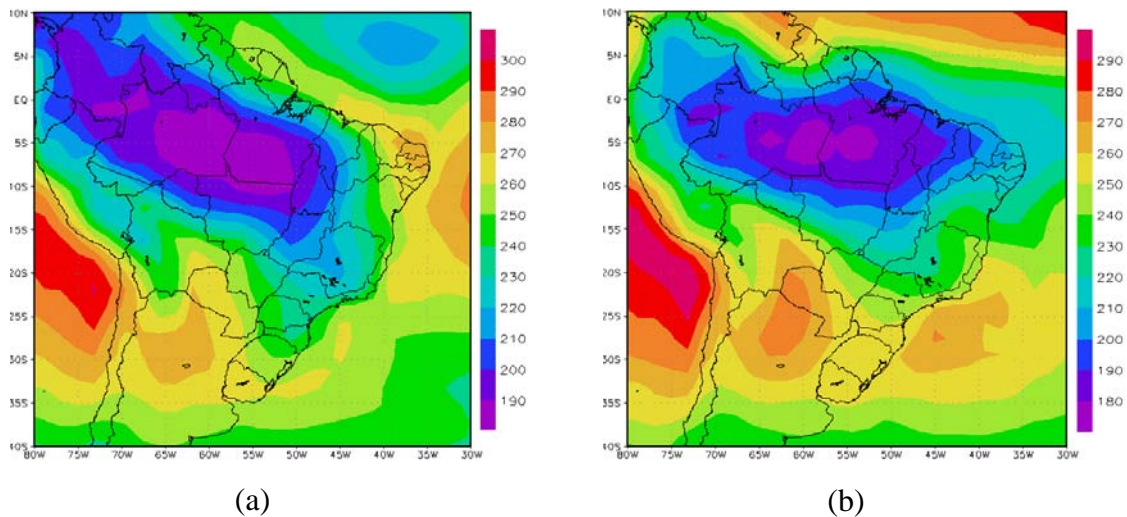


FIGURA 4.7 – Campo de ROL, (a) meados de outubro (pêntada 59) e (b) meados de abril (pêntada 22).

No diagrama em que mostra a percentagem de estações meteorológicas para a Região Sul Figura 4.3(b), observa-se um aumento de estações meteorológicas com $r \geq 1$ durante o inverno e primavera (pêntadas 37, 38, 53 e 54). Neste período observa-se, no campo de ROL (Figura 4.8) uma faixa de nebulosidade com valor de 250 W m^{-2} atingindo o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, a qual penetra na região pelo sul do Rio Grande do Sul em direção ao norte, devido aos sistemas frontais que atingem esta região, Oliveira (1986) e Satyamurty, Nobre e Dias (1998).

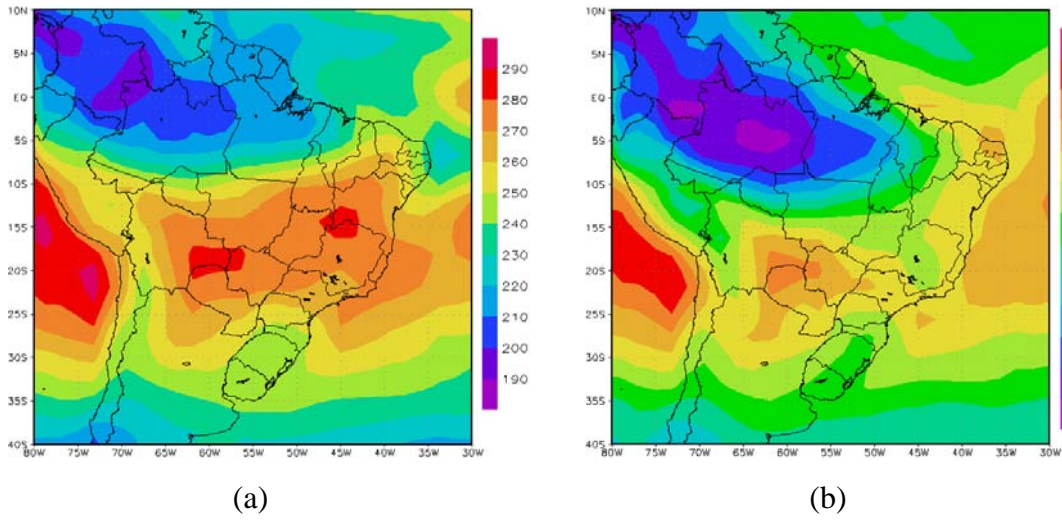


FIGURA 4.8 – Campo de ROL para, (a) final de junho início de julho (pêntada 37) e (b) meados de setembro (pêntada 53).

CAPÍTULO 5

5.1 – Configuração atmosférica com dados climatológicos para o período de 1981 a 1996.

A Tabela 5.1, mostra a variação da umidade específica em g Kg^{-1} e a temperatura do ar em $^{\circ}\text{C}$, para as cinco regiões do Brasil, durante as estações da primavera, verão e outono. A análise da configuração atmosférica durante o período de 1981 a 1996 mostra que durante o período da estação chuvosa a umidade específica na Região Sudeste varia de 10 g Kg^{-1} (começo de junho) a 17 g Kg^{-1} (meio de novembro ao final do verão) devido ao aumento da convecção sobre a região, e que a temperatura varia de 16°C (final de maio) a 23°C (metade de dezembro à metade do verão). Na Região Sul, durante o mesmo período (primavera, verão e outono), a umidade específica varia de 6 g Kg^{-1} (início da primavera e final do outono) a 15 g Kg^{-1} (segunda semana de dezembro ao final de março) e a temperatura varia de 11°C (final de setembro) a 22°C (final de setembro até começo de março).

TABELA 5.1 – Variação da umidade específica (g Kg^{-1}) e temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

REGIÃO	PRIMAVERA				VERÃO				OUTONO			
	UMID.		TEMP.		UMID.		TEMP.		UMID.		TEMP.	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx	mín	máx	Mín	máx	mín	máx
Sul	6	15	11	22	9	15	17	22	6	15	11	21
Sudeste	10	17	17	23	12	17	21	23	9	16	16	22
Centro - Oeste	10	17	22	28	12	16	22	25	13	16	18	24
Nordeste	11	13	18	24	10	14	21	23	13	15	19	22
Norte	12	14	20	24	12	14	20	22	13	15	20	22

A Figura 5.1, mostra os campos de ROL, umidade específica, vento, divergência e temperatura para a pênstada na qual ocorre o início da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil, através dos dados de ROL. Em meados de outubro (pênstada 55) é observado a presença da faixa de nebulosidade com valores menores que 240 W m^2 sobre a região, quando tem início à estação chuvosa (Figura 5.1a), o campo da umidade

específica em 925 hPa, mostra um aumento de acordo com o avanço da faixa de ROL com valor menor que 240 W m^2 sobre a região devido ao aumento da convecção. Nos níveis de 500 e 300 hPa a umidade também aumenta em direção a Região Sudeste (Figura 5.1b c d). Na área na qual ocorre um aumento de umidade na Região Sudeste, entre 10° e 20°S e 44° e 53°W , observa-se que os ventos de leste em 925 hPa enfraquecem, já nos níveis de 500 e 300 hPa apresentam um escoamento zonal de oeste (Figura 5.1 e f g). O campo de divergência apresenta convergência nos níveis de 925, 500 e 300 hPa sobre a região (Figura 5.1 h i j), ocasionando movimento ascendente sobre a Região Sudeste.

A umidade específica em baixos níveis na Região Sudeste varia entre 10 e 13 g Kg^{-1} (Figura 5.1b) e a temperatura em baixos níveis varia de 17°C no litoral da região a 24°C no oeste de Minas Gerais (Não ficou legal) (Figura 5.1k). Na Região Sul observa-se que a umidade específica em baixos níveis varia de 7 a 11 g Kg^{-1} no extremo sul do Rio Grande do Sul até oeste de Santa Catarina e Paraná (Figura 5.1b), e a temperatura em baixos níveis de 12°C no sul do Rio Grande do Sul a 21°C no oeste do Paraná (Figura 5.1k).

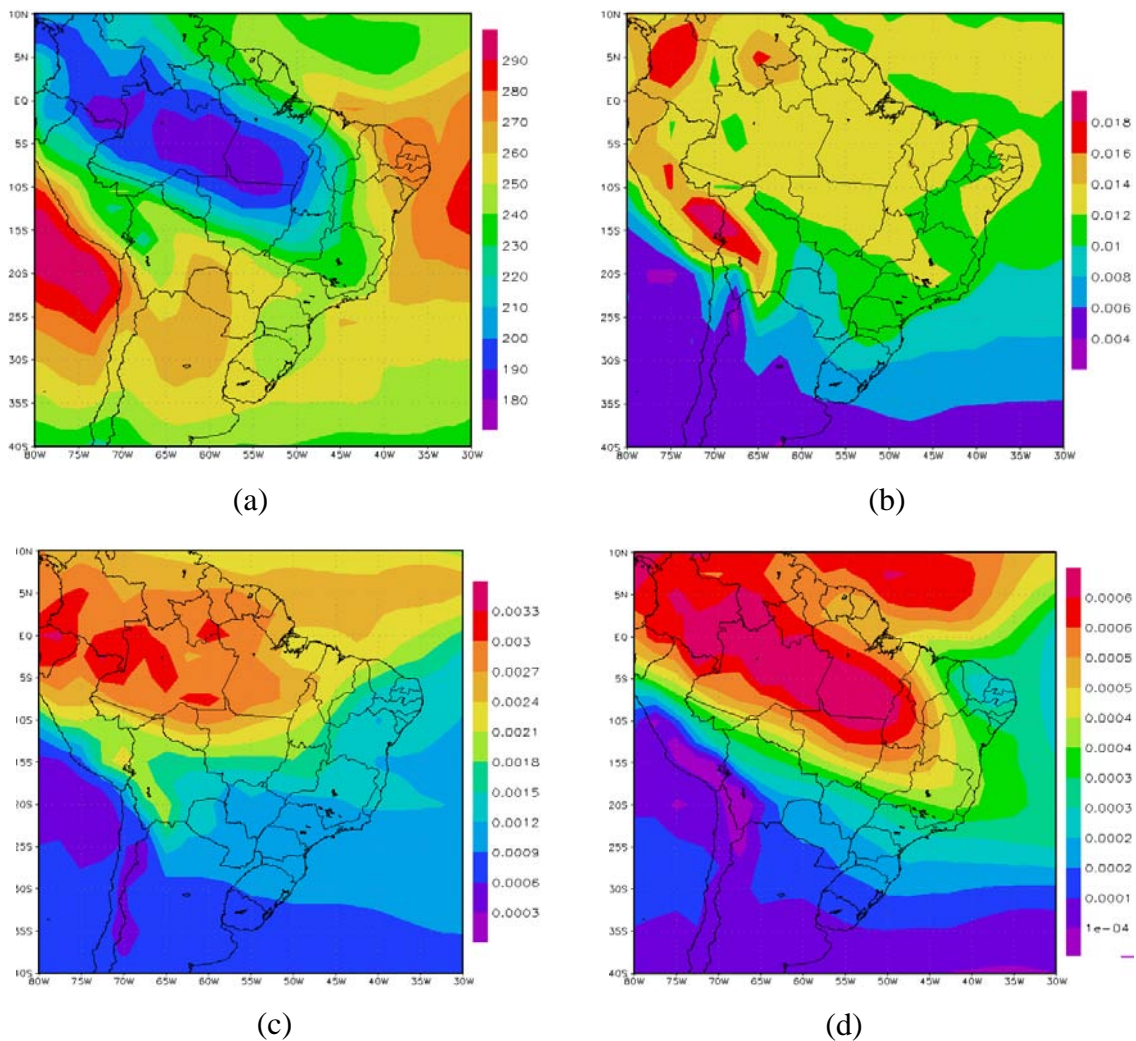
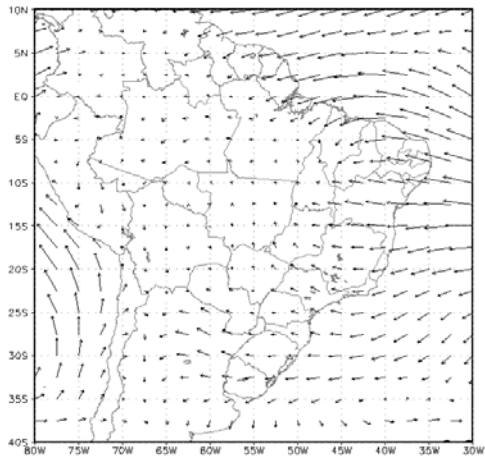
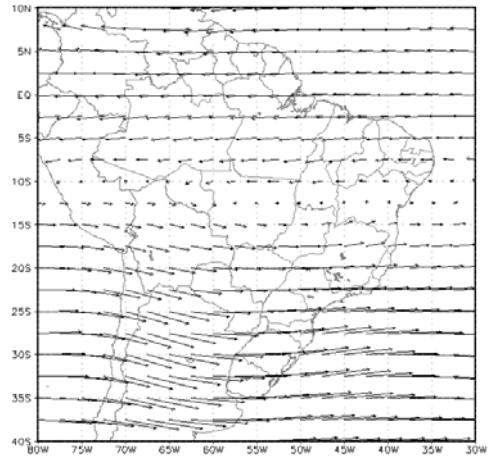


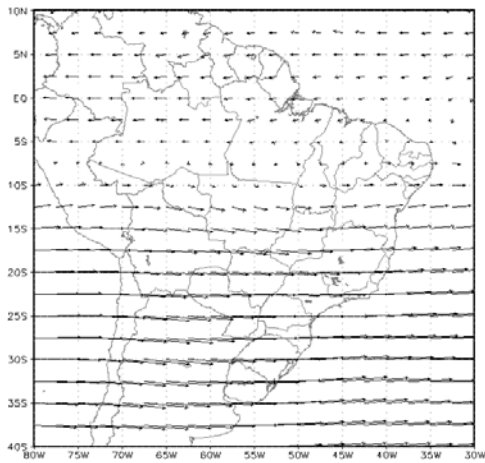
FIGURA 5.1 – (a) campo de ROL, (b) umida de específica em 925 hPa, (c) umida de específica em 500 hPa, (d) umida de específica em 300 hPa, (e) vento em 925 hPa, (f) vento em 500 hPa, (g) vento em 300 hPa, (h) divergência em 925 hPa, (i) divergência em 500 hPa, (j) divergência em 300 hPa e (k) temperatura em 925 hPa, referentes a pêntrada 55 (final de setembro início de outubro), na qual tem início a estação chuvosa com dados de ROL. (Continua)



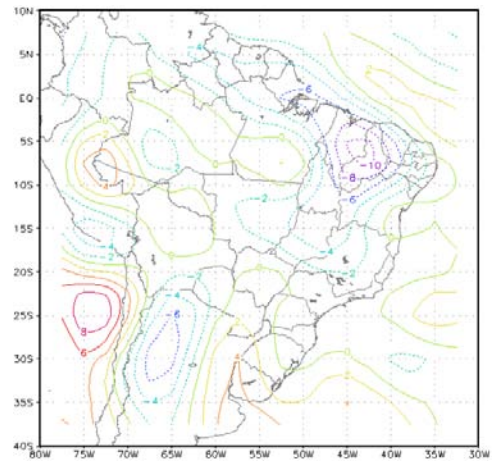
(e)



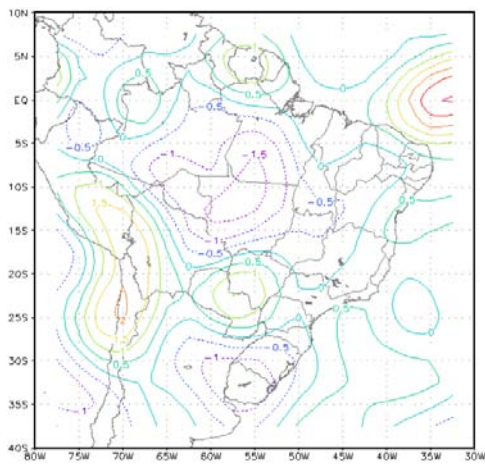
(f)



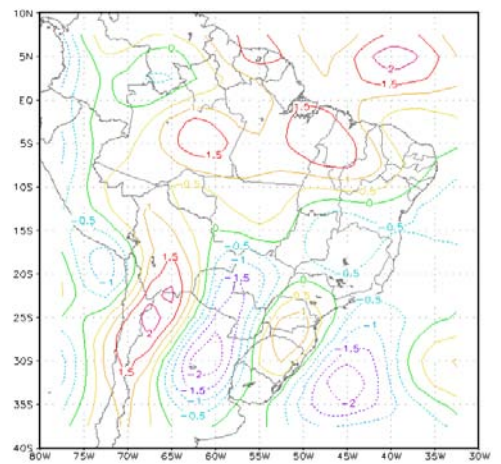
(g)



(h)

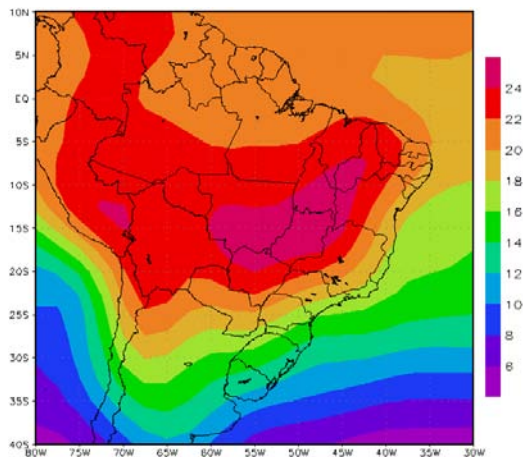


(i)



(j)

FIGURA 5.1 – (Continua)



(k)

FIGURA 5.1 – Conclusão

No final de abril (pêntada 24), os ventos de leste em 925 hPa, que atingem o continente entre 10° e 20°S, aumentam de intensidade chegando ao centro - oeste do Brasil, e em 55°W mudam de direção para norte, chegando a 5°S, quando ocorre uma confluência com ventos alísios, girando em direção oeste.

A Figura 5.2, mostra os campos de ROL, umidade específica, vento, divergência e temperatura para a pêntada na qual ocorre o fim da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil, através dos dados de ROL. Quando ocorre o final da estação chuvosa, pêntada 25 (início de maio), observa-se no campo de ROL (Figura 5.2a) que a faixa de nebulosidade com valor menor que 240 W m^2 se deslocou em direção as Regiões Norte e Nordeste do Brasil. No campo de umidade específica, em 925 hPa, observa-se o aumento desta sobre a Região Sudeste em relação ao início da estação chuvosa, isto se deve provavelmente a umidade do solo acumulado durante a estação chuvosa, (Gan, Kousky e Ropelewski (2004) e nos níveis de 500 e 300 hPa observa-se que os maiores valores de umidade estão sobre as Regiões Norte e Nordeste do Brasil (Figura 5.2 b c d). O campo de divergência nos níveis de 925, 500 e 300 hPa (Figura 5.2e f g), mostra que sobre a Região Sudeste não há movimentos ascendentes, observa-se convergência em baixos níveis somente nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil. O campo de

temperatura em baixos níveis (Figura 5.2k), mostra a temperatura diminuindo na Região Sudeste de leste para oeste.

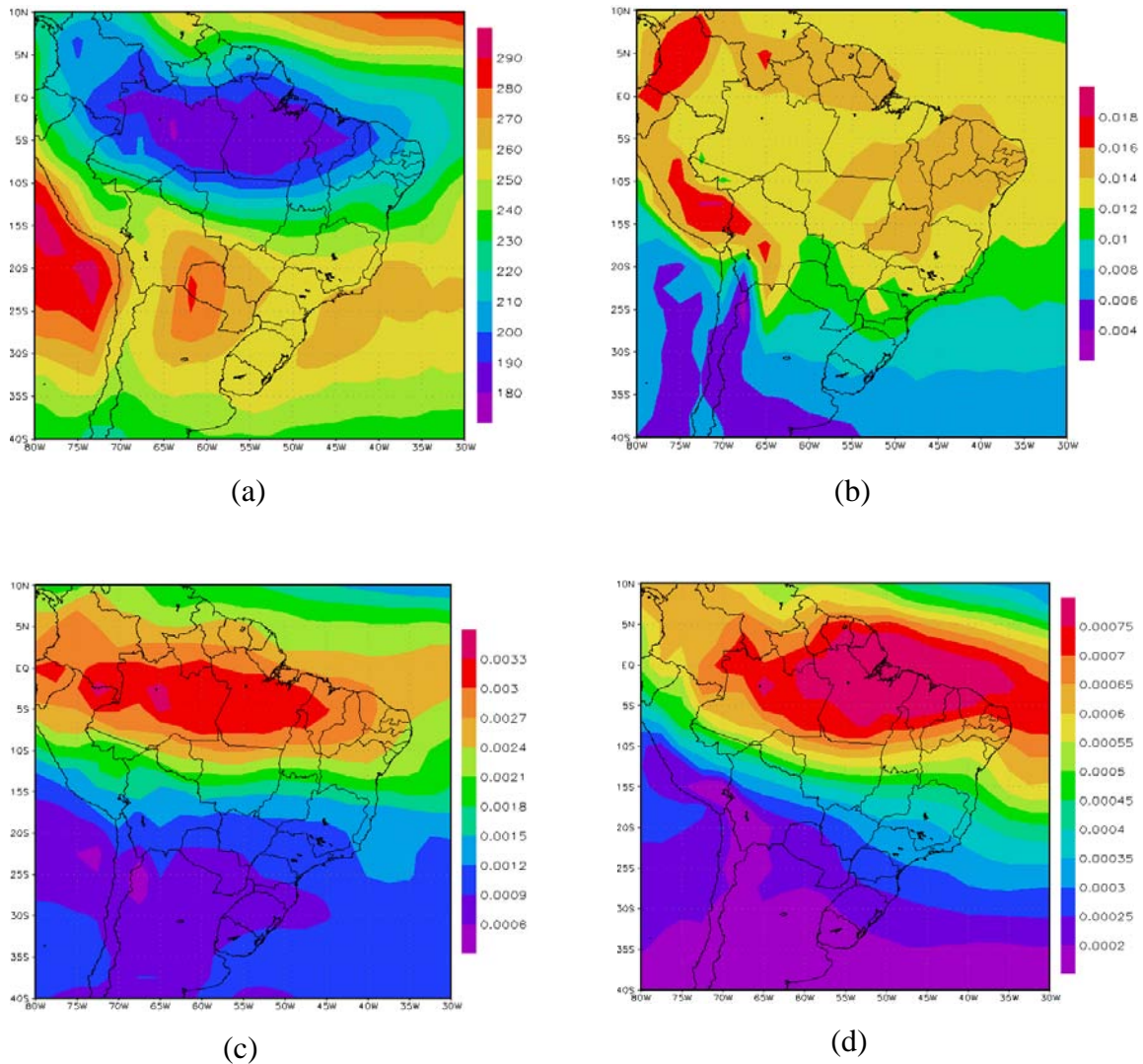
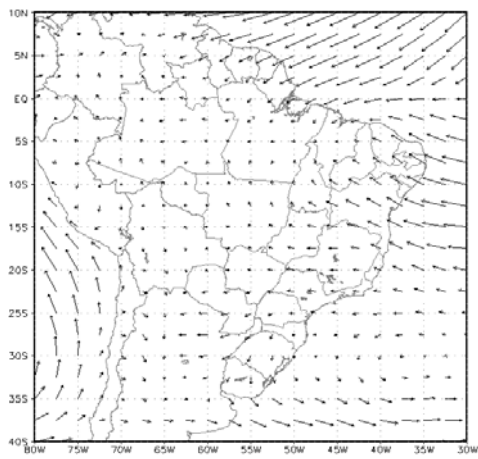
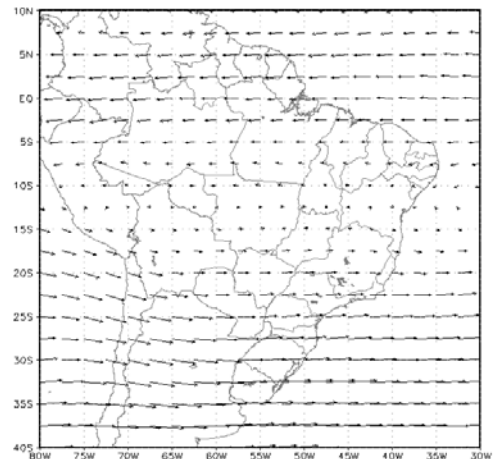


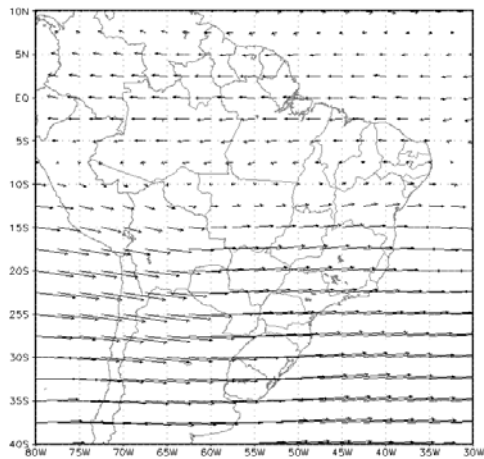
FIGURA 5.2 – (a) campo de ROL, (b) umidade específica em 925 hPa, (c) umidade específica em 500 hPa, (d) umidade específica em 300 hPa, (e) vento em 925 hPa, (f) vento em 500 hPa, (g) vento em 300 hPa, (h) divergência em 925 hPa, (i) divergência em 500 hPa, (j) divergência em 300 hPa e (k) temperatura em 925 hPa, referentes a pântada 25 (início de maio), na qual ocorre o final da estação chuvosa com dados de ROL. (Continua)



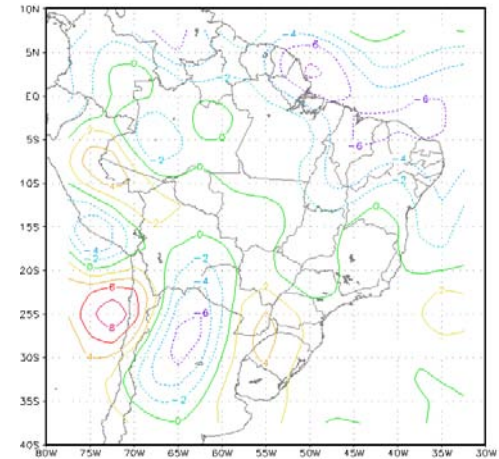
(e)



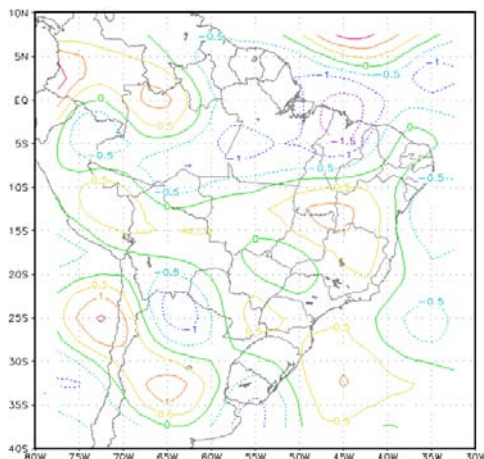
(f)



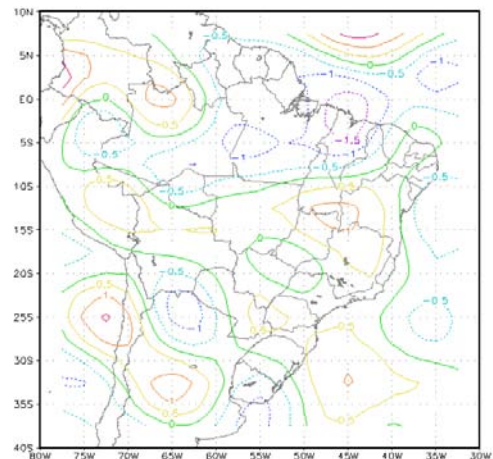
(g)



(h)

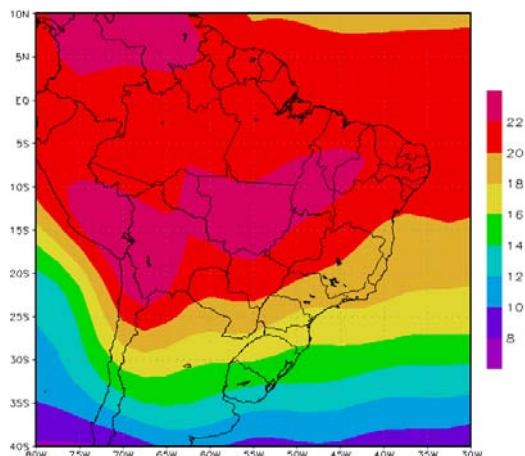


(i)



(j)

FIGURA 5.2 – (Continua)



(k)

FIGURA 5.2 – Conclusão

A Figura 5.3, mostra os campos de ROL, umidade específica, vento, divergência e temperatura para a pênstada 59 (meados de outubro) na qual ocorre o início da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil, através dos dados de precipitação. Na Figura 5.3a, é observada a presença da faixa de nebulosidade sobre toda a Região Sudeste do Brasil, no campo de umidade específica em 925 hPa, observa-se o aumento da umidade específica sobre a região em relação ao início da estação chuvosa com dados de ROL (pênstada 55) nos níveis de 500 e 300 hPa, também é observado a presença de umidade expressiva sobre a região (Figura 5.3 b c d), no campo de divergência do vento em 925 e 500 hPa observa-se convergência sobre a Região Sudeste, fazendo com que ocorra movimentos ascendentes de umidade aumentando a precipitação sobre a região (Figura 5.3 h i j). Quando tem início a estação chuvosa, os ventos em 925 hPa, que antes atingiam a região na direção leste-oeste, diminuem de intensidade, assim, a Região Sudeste é atingida por ventos de nordeste na parte leste da região (Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro). Os ventos alísios em 5°S e 70°-75°W mudam em direção ao sul da América do Sul, escoando a leste dos Andes. Esse escoamento faz com que a umidade vinda do Oceano Atlântico e da floresta Amazônia chegue até as Regiões Sudeste e Sul do Brasil, em 500 hPa observa-se que o escoamento zonal de oeste diminui em relação ao início da estação chuvosa com dados de ROL e em 300 hPa devido ao forte aquecimento convectivo (liberação de calor latente) observa-se em

10° a 20°S e 60° a 65°W, uma circulação anticiclônica denominada de Alta da Bolívia (AB), a qual é um dos sistemas que provoca precipitação sobre a Região Sudeste.

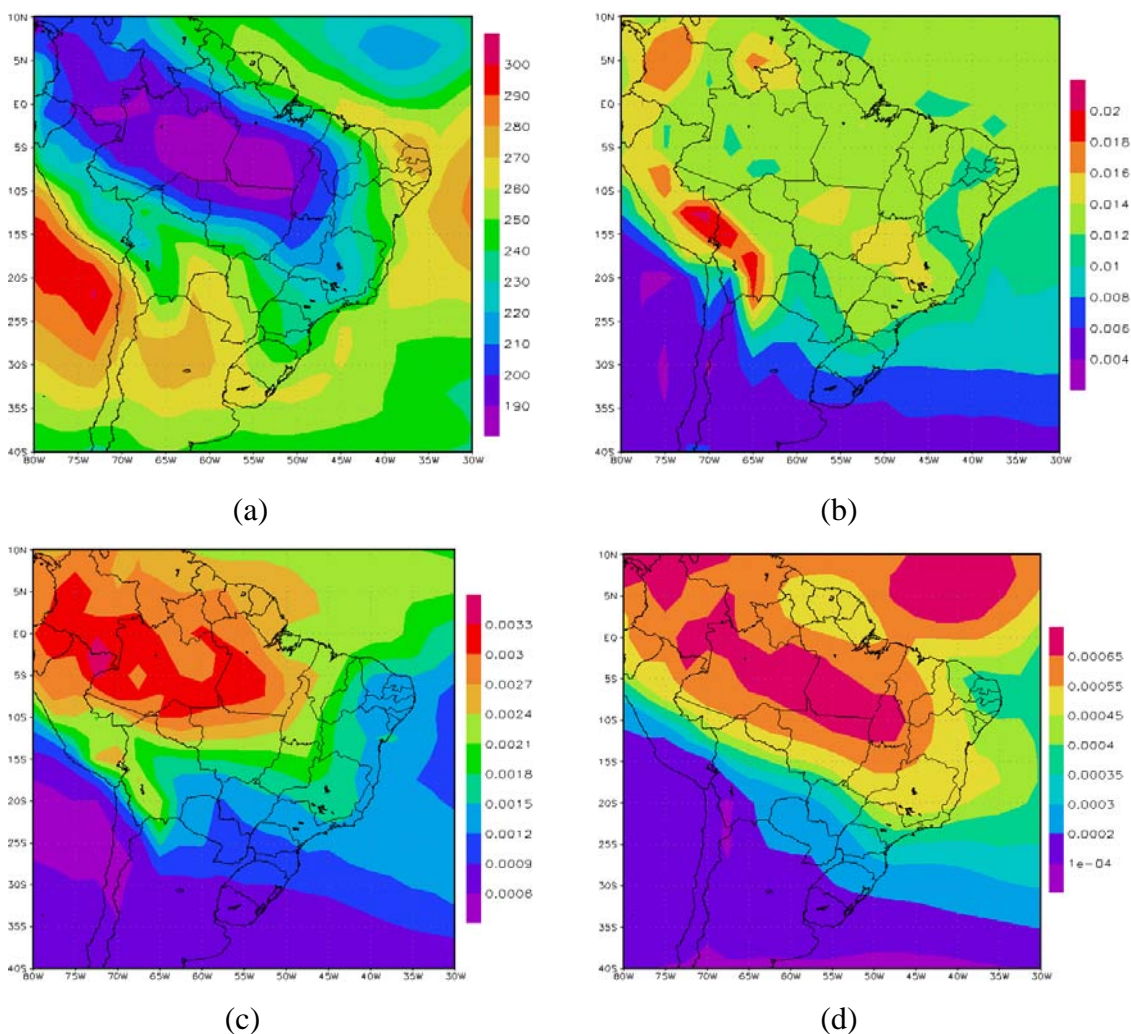
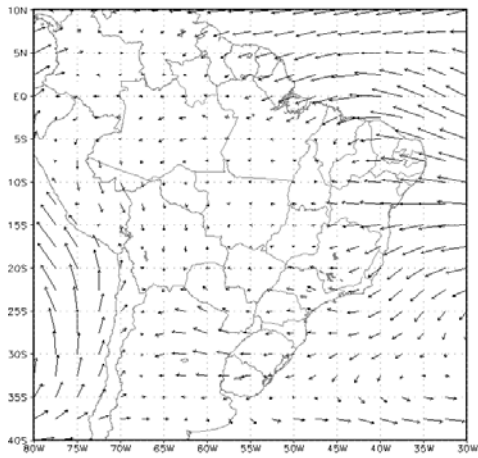
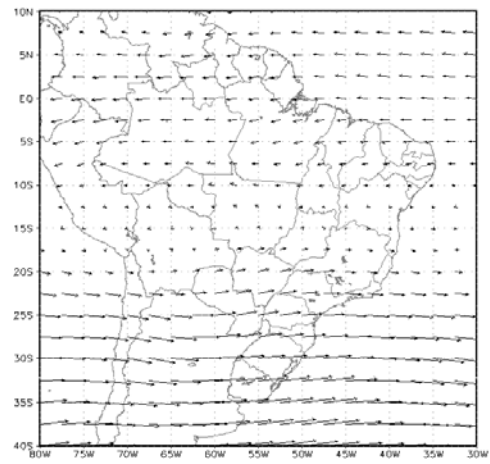


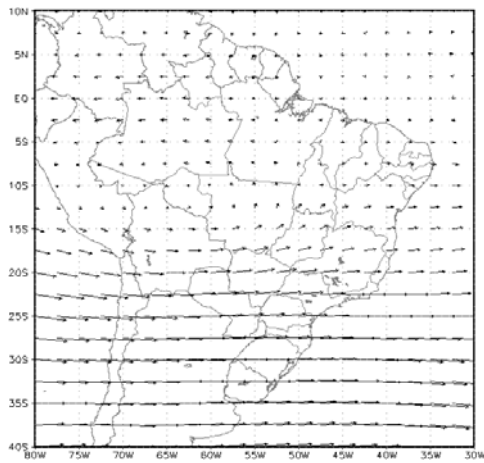
FIGURA 5.3 – (a) Campos de ROL, (b) umidade específica em 925 hPa, (c) umidade específica em 500 hPa, (d) umidade específica em 300 hPa, (e) vento em 925 hPa, (f) vento em 500 hPa, (g) vento em 300 hPa, (h) divergência em 925 hPa, (i) divergência em 500 hPa, (j) divergência em 300 hPa e (k) temperatura em 925, para o início da estação chuvosa com dados de precipitação, pênstada 59 (meados de outubro). (Continua)



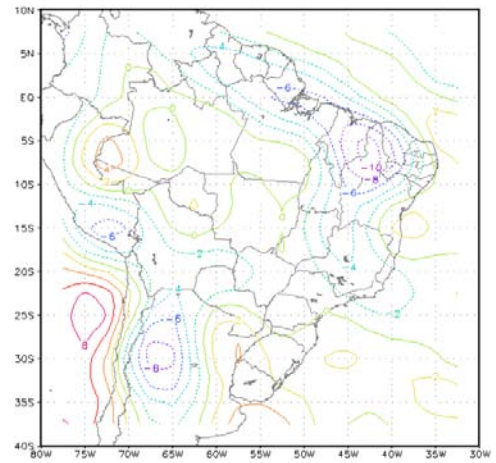
(e)



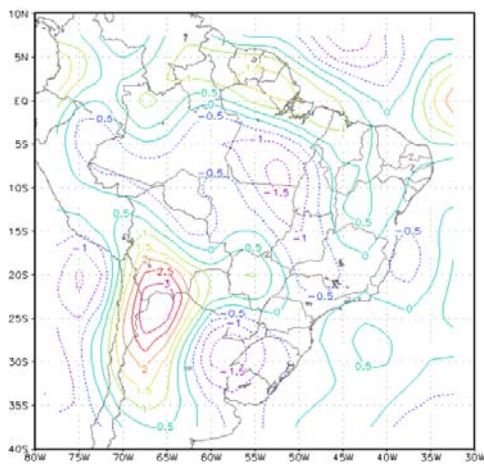
(f)



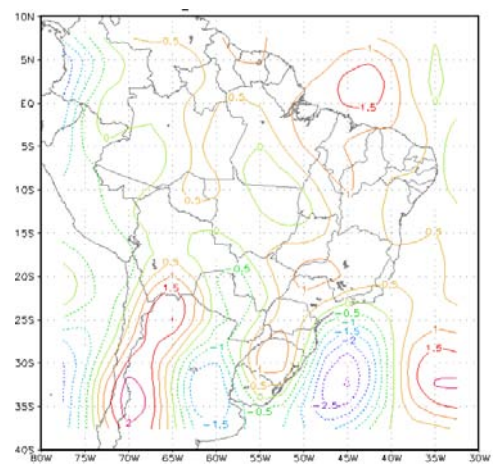
(g)



(h)

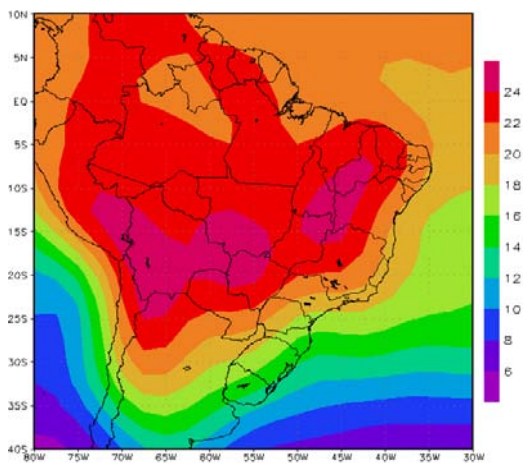


(i)



(j)

FIGURA 5.3 – (Continua)



(k)

FIGURA 5.3 – Conclusão

A Figura 5.4, mostra os campos de ROL, umidade específica, vento, divergência e temperatura para a pênstada 18 (final de março) na qual ocorre o fim da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil, através dos dados de precipitação. Durante a estação do outono, a precipitação nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil diminuem bastante em relação às estações da primavera e verão, nesta estação ocorre a transição da estação chuvosa para seca na Região Sudeste. No campo de ROL (Figura 5.4a), é observado o começo do deslocamento da faixa de nebulosidade em direção ao equador, no campo de vento em 925 hPa, mostra os ventos que durante a estação chuvosa eram de nordeste, começam a mudar de direção atingindo a região na direção leste-oeste, em 500 e 300 hPa o escoamento zonal de oeste é mais fraco na faixa latitudinal de 15° a 25°S, em médios níveis a região é atingida por ventos de nordeste fraco na parte leste da região devido a presença de uma circulação anticiclônica sobre o oceano Atlântico (Figura 5.4 e f g). No campo de divergência observa-se a diminuição da convergência em baixos e médios níveis em relação ao período de início da estação chuvosa e em altos níveis apresenta divergência, diminuindo o movimento ascendente de umidade sobre a região, reduzindo a precipitação (Figura 5.4 h i j). No campo de umidade específica foi observado que a umidade é maior sobre a Região Sudeste durante o início e fim da estação chuvosa através dos dados de precipitação em relação aos dados de ROL.

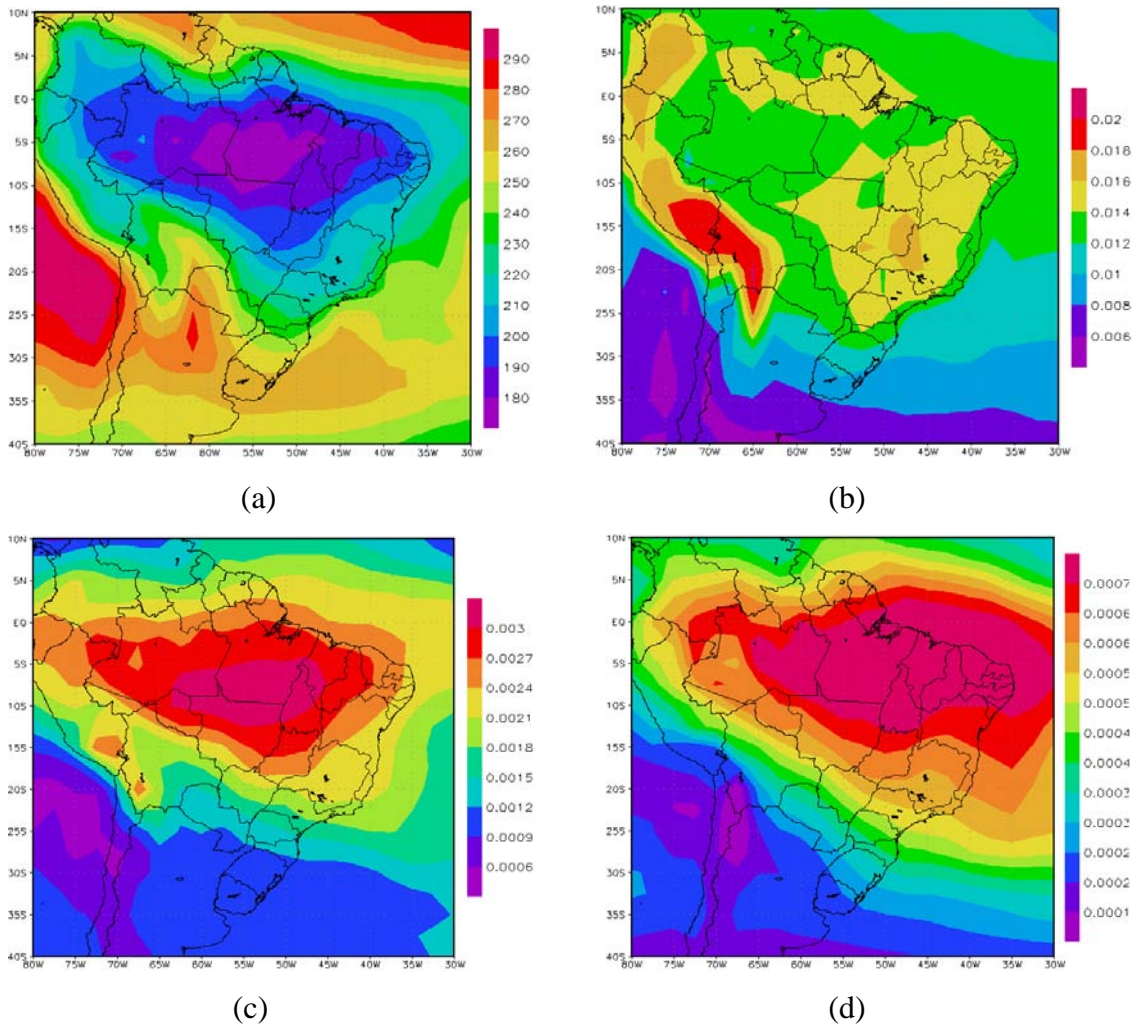
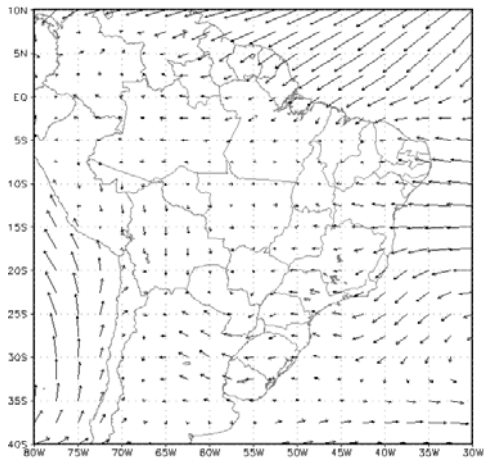
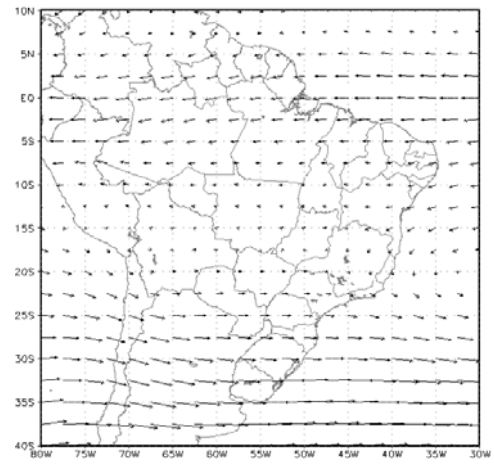


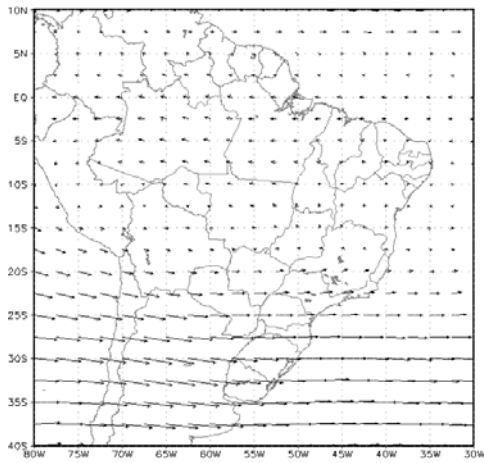
FIGURA 5.4 – (a) campos de ROL, (b) umidade específica em 925 hPa, (c) umidade específica em 500 hPa, (d) umidade específica em 300 hPa, (e) vento em 925 hPa, (f) vento em 500 hPa, (g) vento em 300 hPa, (h) divergência em 925 hPa, (i) divergência em 500 hPa, (j) divergência em 300 hPa, e (k) temperatura em 925 hPa, para o fim da estação chuvosa com dados de precipitação, pântada 18 (final de março). (Continua)



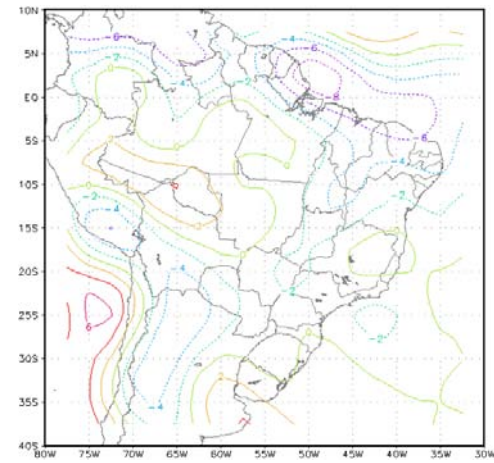
(e)



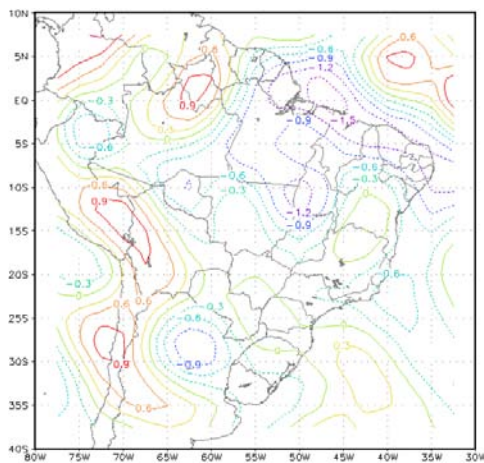
(f)



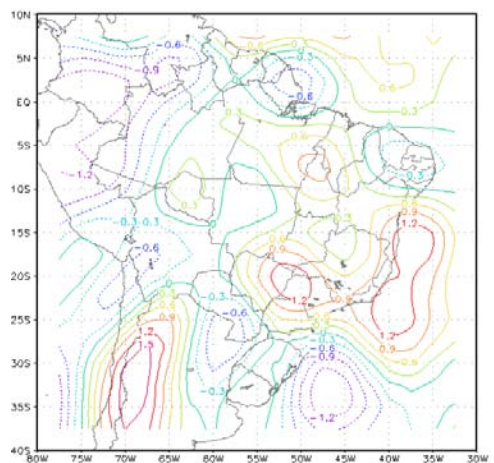
(g)



(h)

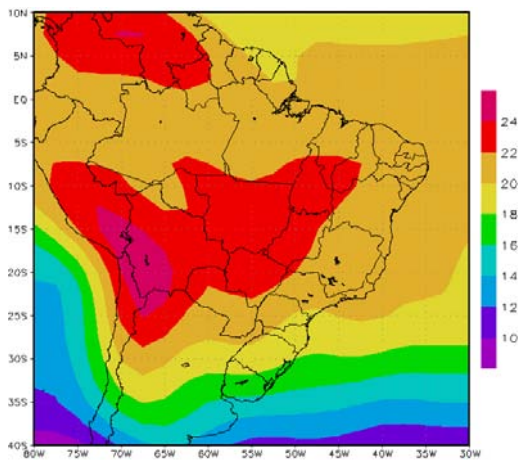


(i)



(j) F

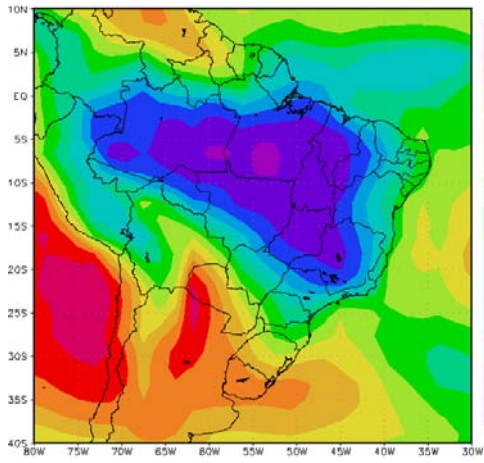
FIGURA 5.4 – (Continua)



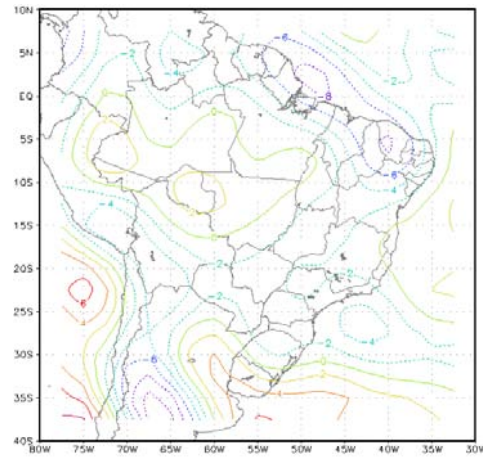
(k)

FIGURA 5.4 – Conclusão

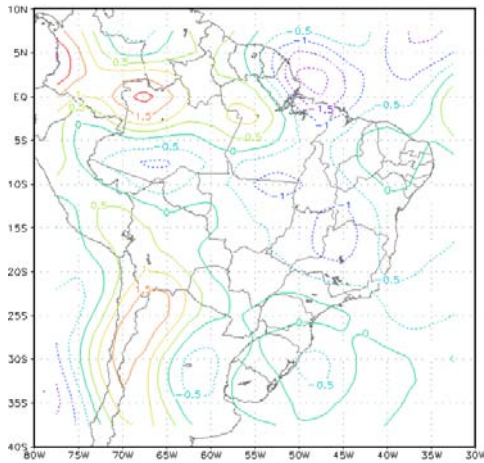
Souza e Ambrizzi (2002), observaram que a partir de meados de outubro (pêntada 64) já é possível ocorrer episódios de ZCAS. Isto fica mais evidente principalmente nas pêntadas 73, 1, 2, e 3. No presente estudo, durante a estação de verão as pêntadas médias do campo de ROL 72, 73 e 1 (meio da estação chuvosa) e 13 e 14 (fim da estação chuvosa) apresentam uma faixa de nebulosidade com orientação noroeste – sudeste sobre a Região Sudeste do Brasil e Oceano Atlântico Sul. A persistência desta banda de nebulosidade por três e duas pêntadas seguidas mostra que nessas épocas do ano a ocorrência do episódio ZCAS é mais destacada. A Figura 5.5 mostra um caso em que é caracterizado um episódio de ZCAS, a pêntada 73 (final de dezembro), mostra no campo de ROL (Figura 5.5a), uma faixa de nebulosidade com orientação noroeste – sudeste. O campo de divergência do vento (Figura 5.5 b c d), mostra convergência em baixos e médios níveis (925 e 500 hPa) e em 500 hPa apresenta divergência sobre a Região Sudeste. O campo de umidade (Figura 5.5 e f g), em baixos e médios níveis mostra umidade sobre a área de convergência, este padrão de convergência de umidade em baixos e médios níveis é característico da formação do episódio de ZCAS.



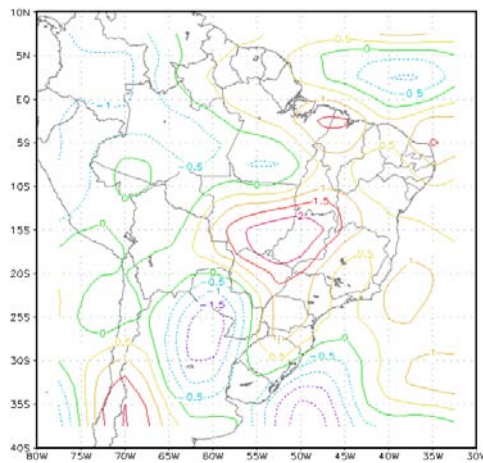
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURA 5.5 – Pêntada média 73, (a) campos de ROL, (b) campo de divergência do vento em 925 hPa, (c) campo de divergência do vento em 500 hPa, (d) campo de divergência do vento em 300 hPa, (e) campo de umidade específica em 925 hPa, (f) campo de umidade específica em 500 hPa, (g) campo de umidade específica em 300 hPa. (Continua)

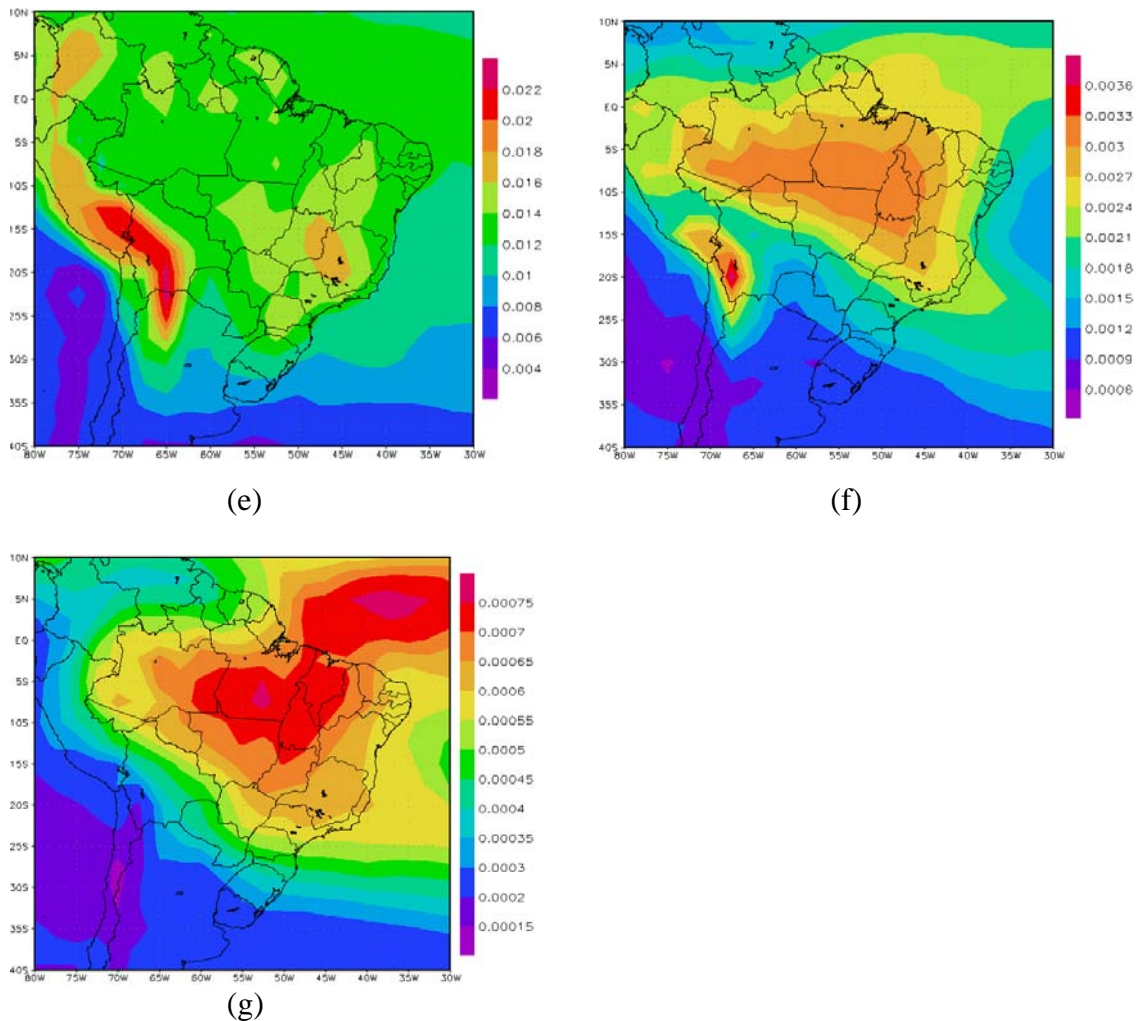


FIGURA 5.5 – Conclusão

Durante o início da estação de verão, no campo de vento, pântada 70 (Figura 5.6 a b c), observa-se paralelo aos Andes em baixos níveis (925 hPa) um forte escoamento em direção ao sul da América do Sul. Com o deslocamento da alta subtropical do Atlântico em direção ao sul, ocorre um enfraquecimento dos ventos de nordeste, assim, a parte oeste das Regiões Sudeste e Sul é atingida pelo escoamento vindo do noroeste, o qual faz com que ocorra um aumento da umidade sobre a região. Em médios e altos níveis, observou-se escoamento zonal de oeste fraco na faixa latitudinal de 10° a 25°S e a

presença da circulação anticiclônica (AB) em sua posição climatológica. Na Figura 5.6 e,f , pântada 71, observa-se que a circulação da AB esta um pouco deslocada para oeste de sua posição climatológica, no litoral da Região Sudeste observa-se uma confluência dos ventos da AB com os ventos da circulação anticiclônica do Atlântico Sul, este deslocamento da AB, é devido ao deslocamento de frentes frias em direção ao Sudeste. Durante este período a umidade específica, na Região Sudeste do Brasil (Figura 5.6 g h i) mostra um aumento, atingindo a região pela parte oeste desta.

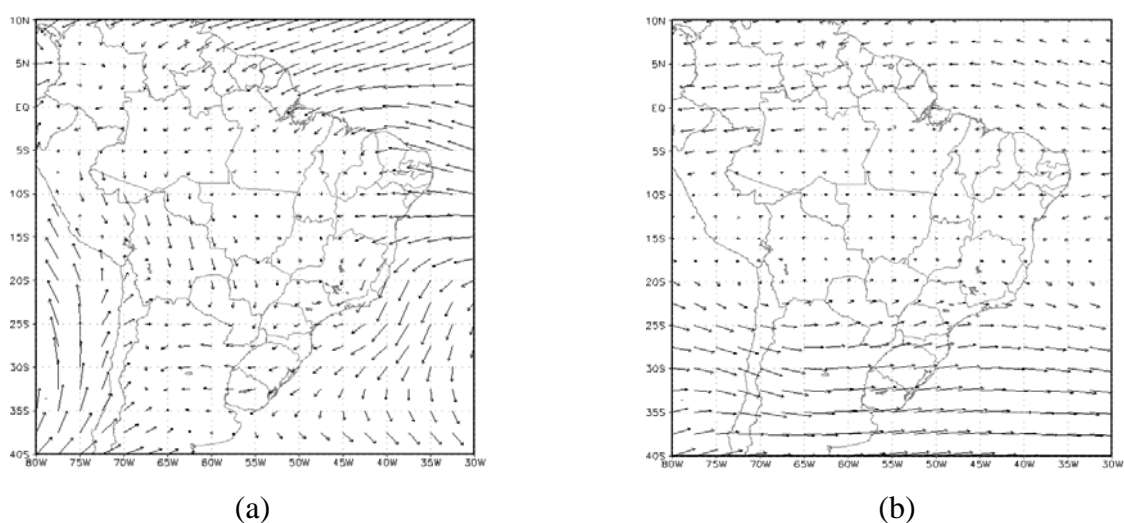
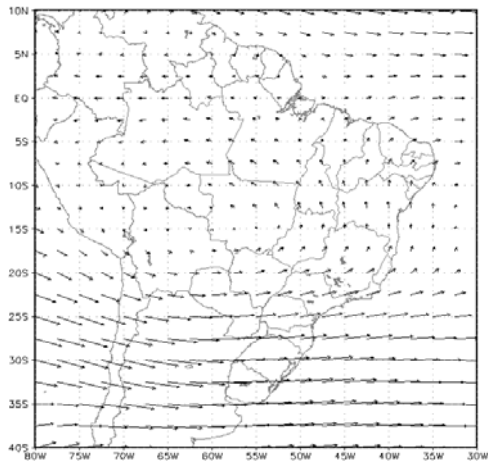
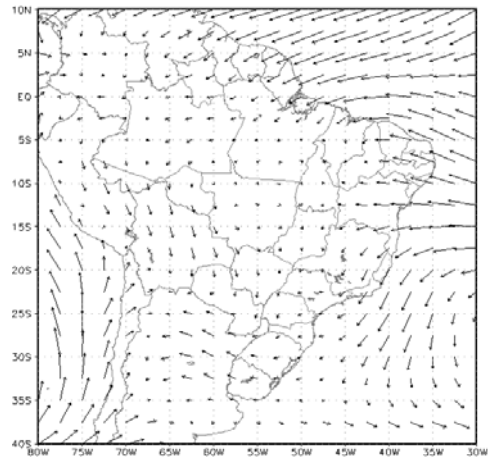


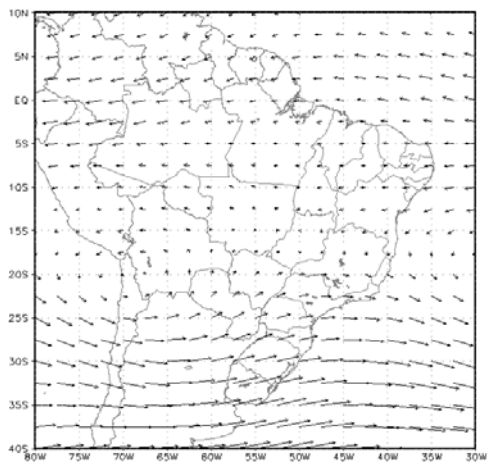
FIGURA 5.6 – Campos de vento para, (a) (b) (c) pântada 70 para os níveis 925, 500 e 300 hPa respectivamente, (d) (e) (f) pântada 71 para os níveis 925, 500 e 300 hPa respectivamente, ambas em meados de dezembro, (g) (h) (i) pântada 71(início do verão) campos de umidade específica para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente. (Continua)



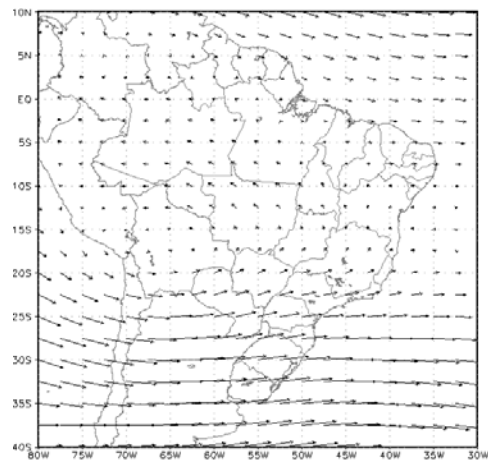
(c)



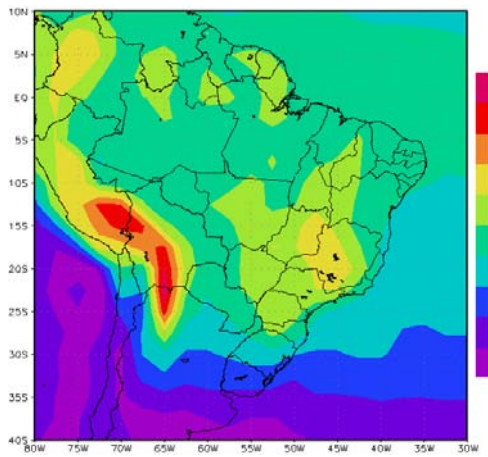
(d)



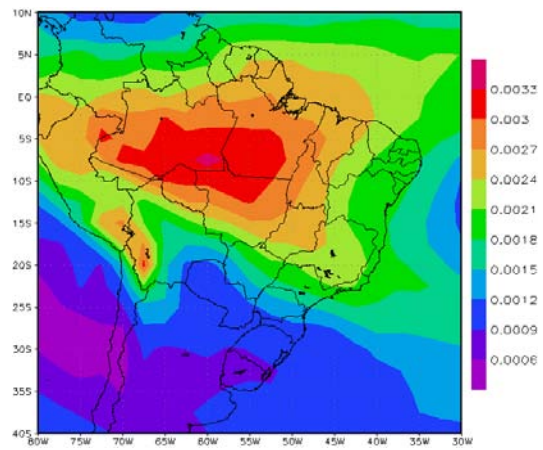
(e)



(f)

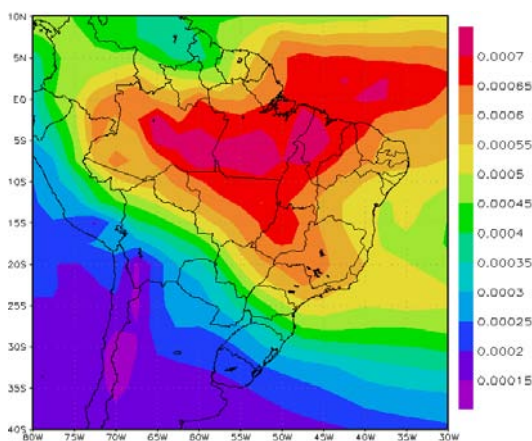


(g)



(h)

FIGURA 5.6 – Continua



(i)

FIGURA 5.6 – Conclusão

A temperatura na Região Sul do Brasil tem um pequeno aumento no final de dezembro devido à sazonalidade. Neste mesmo período a Região Sudeste apresenta um pequeno declínio na temperatura durante o período que caracteriza a ZCAS, após este período, a temperatura volta a aumentar. No final do verão, as temperaturas começam a diminuir nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil.

No início da estação do outono, a umidade específica se encontra entre 9 g Kg^{-1} e 14 g Kg^{-1} sobre a Região Sul, na Região Sudeste entre 13 g Kg^{-1} e 17 g Kg^{-1} e nas outras regiões brasileiras fica em torno de 12 g kg^{-1} e 16 g kg^{-1} . Durante a metade da estação do outono, observa-se que a umidade começa a diminuir em todas as regiões. Esta diminuição na umidade ocorre da região sul da América do Sul em direção à região norte, devido à diminuição da convecção e ao deslocamento da nebulosidade em direção ao equador. No final do outono as Regiões Sul e Sudeste encontram-se com baixos valores de umidade.

As temperaturas, durante o início do outono, se mantêm praticamente as mesmas das do final do verão, começando a diminuir somente no meio do outono (pêntada 22). Na Região Sul do Brasil, as temperaturas diminuem rapidamente ao sul do Rio Grande do Sul e mais lentamente no litoral do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e no Estado do Paraná. No litoral da Região Sudeste do Brasil, parte leste de Minas Gerais e sul de São

Paulo as temperaturas se encontram mais baixas do que nas regiões oeste e noroeste de Minas Gerais e São Paulo. No final do outono a temperatura varia entre 11° a 17°C na Região Sul do Brasil e de 14° a 20°C na Região Sudeste.

CAPÍTULO 6

6.1 – Variação interanual do início e fim da estação chuvosa nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil.

6.1.1 – Análise da variação interanual com dados de precipitação em anos de El Niño, La Niña e Neutros.

Durante o período de 1981 a 1996, foram registrados oito eventos de El Niño, quatro eventos de La Niña e quatro anos neutros, como mostra a Tabela 6.1. Durante estes eventos, em geral, não têm sido encontrados impactos significativos na fase dos períodos chuvosos das regiões atingidas; tem-se verificado que as alterações ocorrem apenas na amplitude, ou seja, a quantidade de chuva que ocorre durante o período chuvoso.

TABELA 6.1- Eventos de El Niño (W), La Niña (C) e Anos Normais (N), os Sinais + e – Representam Forte e Fraco Respectivamente.

	JFM	AMJ	JAS	OND
1981	N	N	N	N
1982	N	W-	W	W+
1983	W+	W	N	C-
1984	C-	C-	N	C-
1985	C-	C-	N	N
1986	N	N	W-	W
1987	W	W	W+	W
1988	W-	N	C-	C+
1989	C+	C-	N	N
1990	N	N	W-	W-
1991	W-	W-	W	W
1992	W+	W+	W-	W-
1993	W-	W	W	W-
1994	N	N	W	W
1995	W	N	N	C-
1996	C-	N	N	N

FONTE: NOAA/National Weather Service - National Centers for Environmental Prediction -Climate Prediction Center.

www.nws.noaa.gov

No estudo interanual usando dados de precipitação para a Região Sudeste do Brasil observou-se no ano de 1982 - 1983 (evento El Niño) o período de maior estação

chuvosa, com um total de 40 pântadas, resultado obtido também por Gan et al. (2004), e o menor período da estação chuvosa ocorreu no ano de 1991 - 1992 (evento El Niño) com um total de 17 pântadas. O início mais cedo da estação chuvosa ocorreu no ano de 1983 - 1984 (evento La Niña) na pântada de número 53 (18-22 setembro), e o mais tarde ocorreu nos anos de 1991-1992 e 1993-1994 (evento El Niño) na pântada de número 69 (7-11 dezembro). O final mais cedo da estação chuvosa ocorreu no ano de 1983 - 1984 (evento La Niña) na pântada de número 6 (25-29 janeiro), e o mais tarde ocorreu no ano de 1982 - 1983, (evento El Niño) na pântada de número 23 (21-25 abril).

O início da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil tem uma relação direta com a incursão de frentes frias na região. Oliveira (1986) observou que outubro é o período em que há maior ocorrência de frentes frias na Região Sudeste do Brasil. Neste estudo, obteve-se que o período de início da estação chuvosa ocorreu com maior frequência (9vezes) durante o mês de outubro.

Há uma grande variabilidade interanual com relação ao início da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil, porém na média a data de início ocorre entre meados de outubro e início de novembro, coerente com Cavalcanti et al. 2001.

6.1.1.1 - Anos de El Niño

A Figura 6.1, mostra a média das estações meteorológicas com registros de precipitação durante os anos em que ocorreu o episódio El Niño na Região Sudeste do Brasil. Os maiores dados de precipitação registrados em estações meteorológicas para o período analisado na Região Sudeste do Brasil mostram grande ocorrência de precipitação nas estações do verão e outono, sendo que a estação do verão é a que apresenta maior registro de precipitação nas estações meteorológicas durante os eventos El Niño (Figura 6.1).

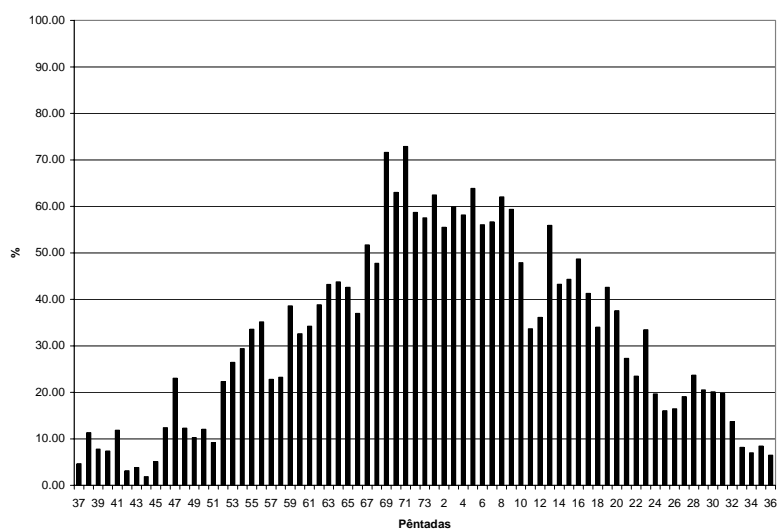
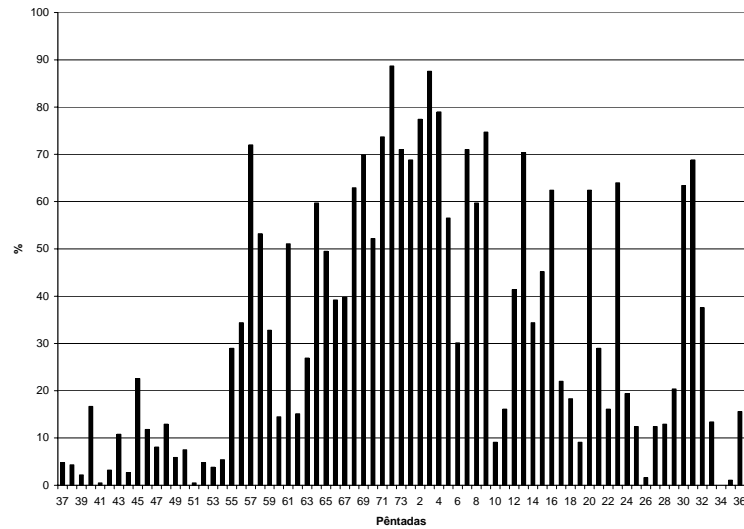
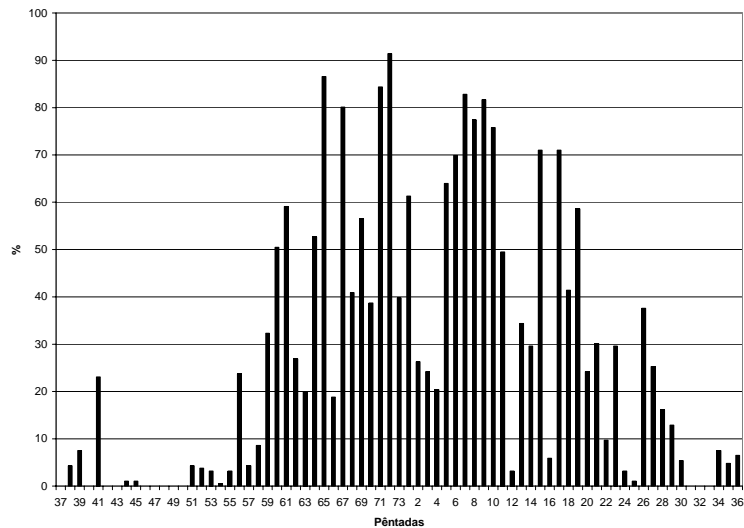


FIGURA 6.1 – Média da Distribuição pêntadal das estações pluviométricas com $r \geq 1$ para cada pêntada da Região Sudeste do Brasil com eventos El Niño.

A Figura 6.2(a), mostra que o ano de 1982-1983 foi o que apresentou os maiores registros de precipitação em estações meteorológicas, enquanto que 1994-1995 (Figura 6.2b) foi o que apresentou os menores registros de precipitação nas estações meteorológicas durante o período, na Região Sudeste.



(a)



(b)

FIGURA 6.2 – Distribuição pêntadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste em anos de El Niño (a) para o ano de 1982-1983 e (b) para o ano de 1994-1995.

Nos anos 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992 e 1994-1995 ocorreram períodos com diminuição da precipitação durante a estação chuvosa, chamados de breaks. A Figura 6.3, mostra o ano de 1994-1995, onde é observado um período, em que ocorreu a diminuição da precipitação por três pêntadas seguidas (pêntadas 2, 3 e 4), as quais mostram o número de estações meteorológicas com $r \geq 1$ abaixo de 30% de estações, caracterizando um período de break.

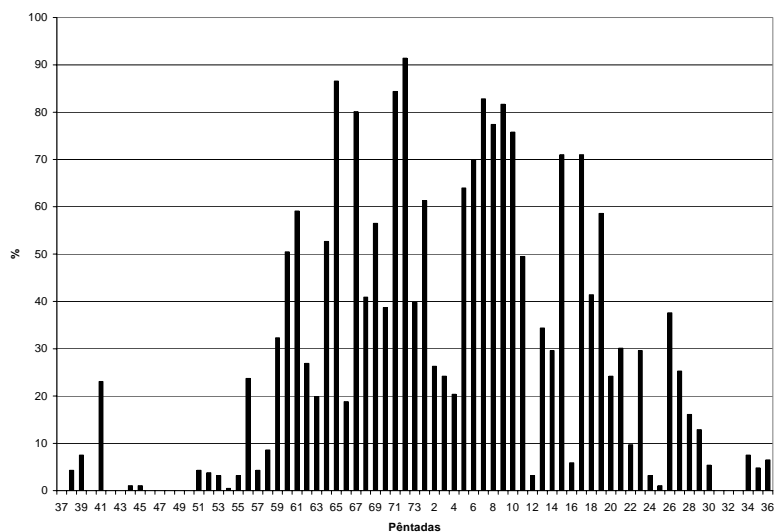


FIGURA 6.3 - Distribuição pênadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$, na Região Sudeste, durante o ano de 1994-1995.

No ano de 1993-1994 ocorreu uma diminuição da precipitação durante o verão, ficando cinco pênaldas seguidas com número de estações meteorológicas com registros de precipitação abaixo de 50% de estações meteorológicas acima da unidade. Após este período, o número de estações meteorológicas ultrapassou 50%, permanecendo assim por seis pênaldas seguidas, quando foi caracterizado o fim da estação chuvosa neste ano. Através das análises feitas, pode ser visto que a Região Sudeste apresenta uma grande variabilidade na precipitação durante o ano.

A Figura 6.4 mostra a média das estações meteorológicas com registros de precipitação durante os anos em que ocorreu o episódio El Niño na Região Sul do Brasil. Nos anos com eventos El Niño, observa-se que a precipitação é bem distribuída durante todo o ano, sendo que as estações da primavera, verão e outono são as que apresentam o maior número de estações meteorológicas com $r \geq 1$, não apresentando uma estação chuvosa bem definida. Durante o inverno observam-se picos de estações meteorológicas com registro de precipitação. Este número elevado de estações meteorológicas com registro de precipitação se deve em sua grande parte ao número de sistemas frontais que atingem a região (6-7) (Oliveira, 1986) e também a sistemas como CCMs e VCAN.

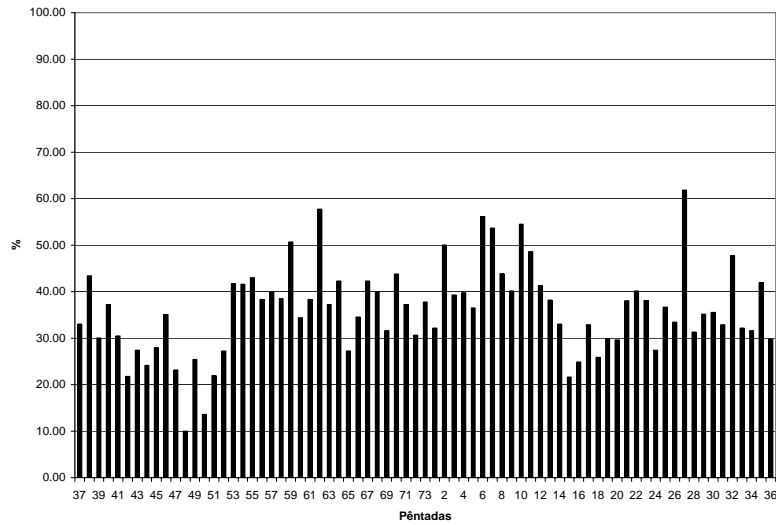
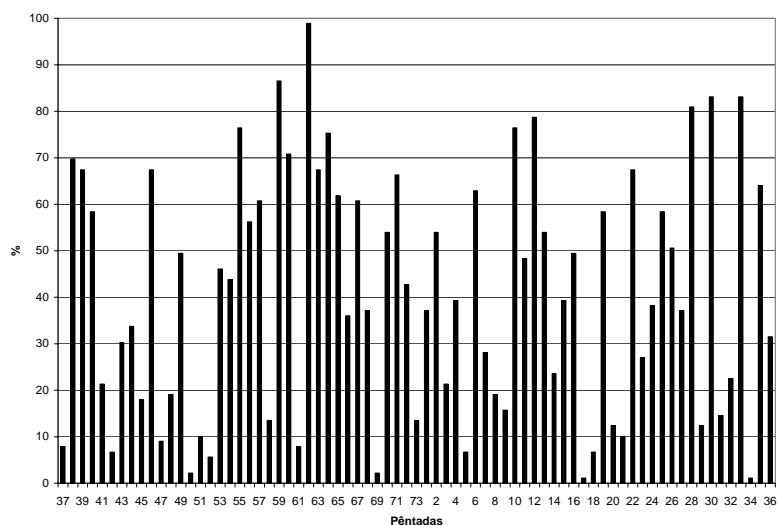


FIGURA 6.4 –Mesmo que Figura 6.1, exceto para Região Sul do Brasil.

A Figura 6.5, mostra o ano de 1982–1983, ano de evento El Niño, o qual ocorreu uma maior distribuição das chuvas durante as 4 estações do ano, sendo que a primavera foi a que apresentou registrou um pouco maior de precipitação, com um pico acentuado de estações meteorológicas com razão $r \geq 1$ no início de novembro. Grimm et. al. (1998) mostraram que em toda Região Sul ocorrem anomalias positivas de precipitação durante a primavera do ano de evento El Niño, com um pico acentuado em novembro. No presente estudo, observou-se que a estação da primavera é a que mais vez apresentou o maior número de estações meteorológicas com razão $r \geq 1$, seguida da estação do verão.

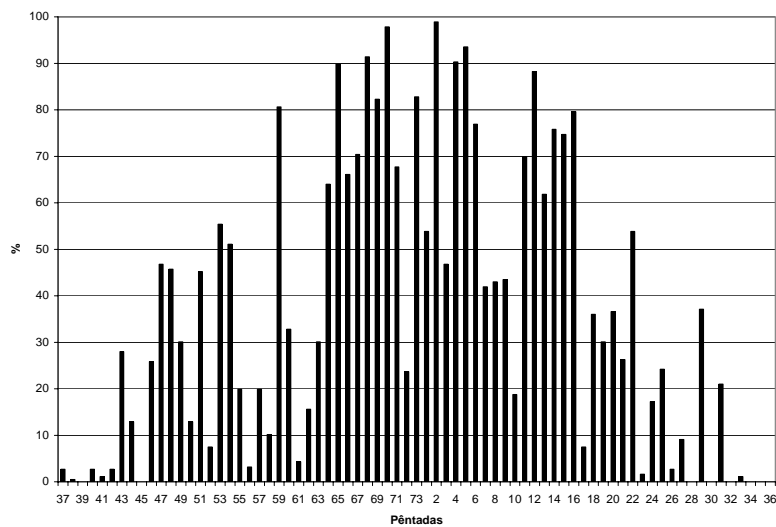


(a)

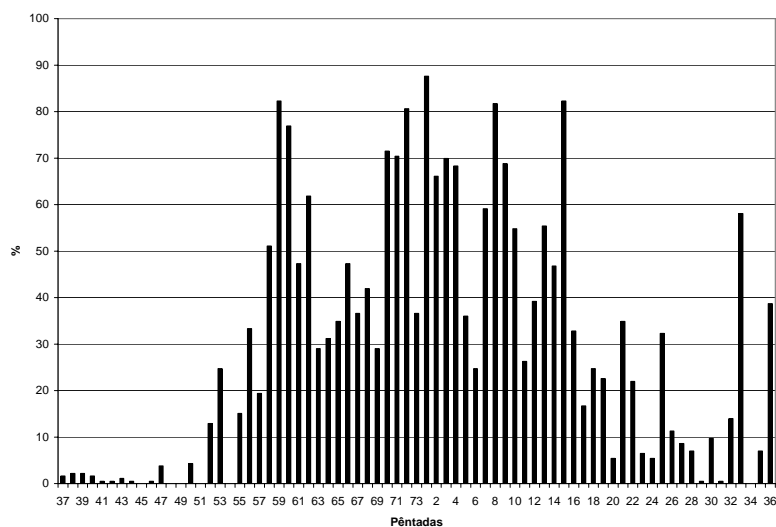
FIGURA 6.5 – Distribuição pêntadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para a Região Sul, no ano de 1982-1983, ano de evento El Niño.

6.1.1.2 - Anos de La Niña

Em anos de eventos La Niña, na Região Sudeste do Brasil, observou-se que a estação chuvosa não é bem definida pelo critério utilizado neste estudo, pois mostra períodos (quatro ou mais pêntadas seguidas, onde o número de estações meteorológicas está abaixo de 50% e acima de 30% de estações) dentro da estação chuvosa com uma diminuição de estações meteorológicas com registros de precipitação. Estes períodos de ocorrência da diminuição da precipitação são observados na Figura 6.6, nos anos de (a) 1984-1985 nas pêntadas 7 a 10, (b) 1988-1989 nas pêntadas 63 a 69 e (c) 1995-1996 nas pêntadas 65 a 69 e 4 a 7. Assim, em anos de eventos La Niña, não é aconselhado o uso desta metodologia para identificar o período da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil. Os períodos caracterizados como breaks ocorrem apenas uma vez durante os anos de evento La Niña, em 1983-1984(Figura 6.6d) nas pêntadas 65, 66 e 67.

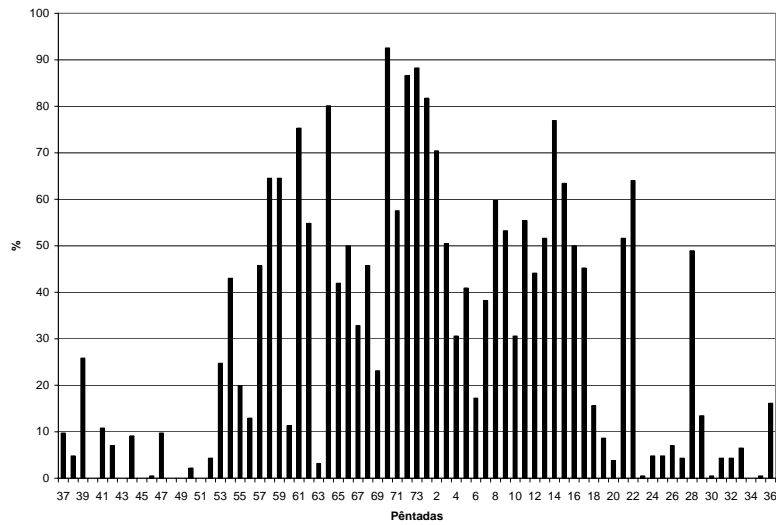


(a)

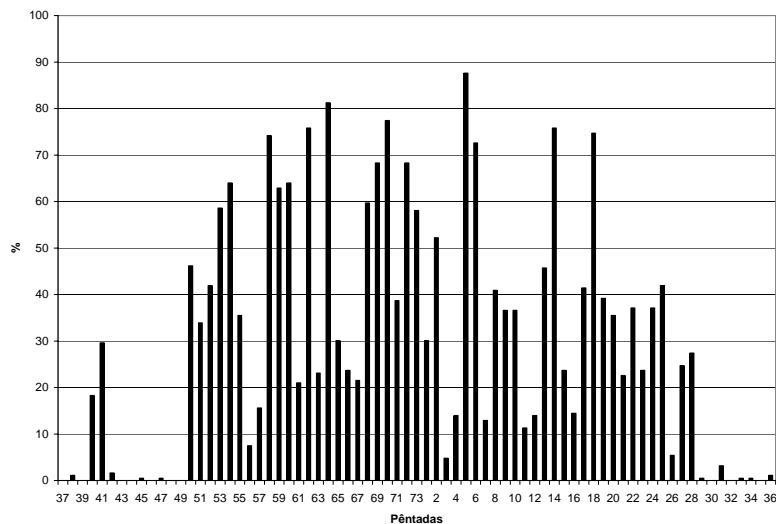


(b)

FIGURA 6.6 – Distribuição pêntadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste do Brasil para eventos La Niña, durante os anos de: (a) 1984-1985, (b) 1988-1989, (c) 1995-1996 e (d) 1983-1984. (Continua)



(c)



(d)

FIGURA 6.6 – Conclusão

A Figura 6.7 mostra a média das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste em anos de evento La Niña. Durante este período, a região mostra baixo número de estações meteorológicas com $r \geq 1$, acima de 50% do número de estações. A estação do ano em que apresenta o maior número de estações meteorológicas com $r \geq 1$, ocorre

durante o verão. Cavalcanti et al. (2003) encontraram nos anos de eventos La Niña 1984-1985 e 1988-1989 baixa precipitação na maioria dos meses de primavera e verão.

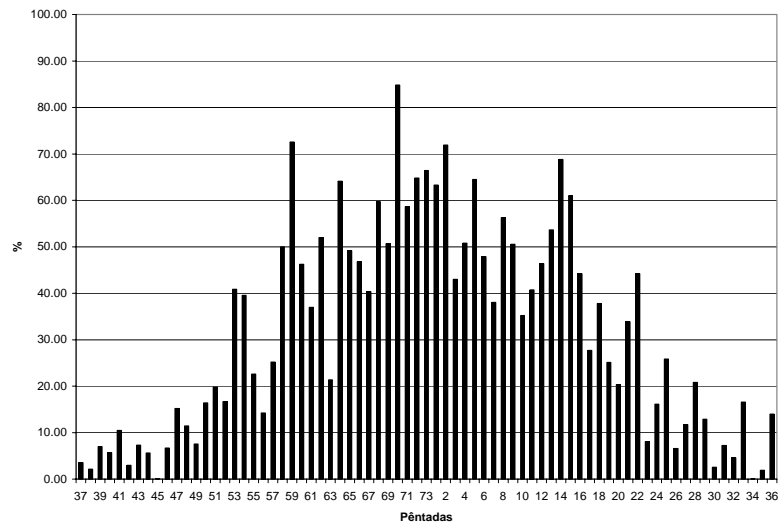


FIGURA 6.7 – Média da Distribuição pêntadal das estações pluviométricas com $r \geq 1$ na Região Sudeste, para eventos de La Niña.

A Figura 6.8, mostra a média das estações meteorológicas com dados de precipitação durante os anos em que ocorreu o episódio La Niña na Região Sul do Brasil. Durante este período, observou-se que a estação do verão é a que mais apresenta estações meteorológicas com $r \geq 1$ e durante a primavera o número de estações meteorológicas diminui significativamente. Grimm et al. (1998) observaram que durante eventos La Niña anomalias secas predominam em toda região, com um máximo de magnitude em novembro.

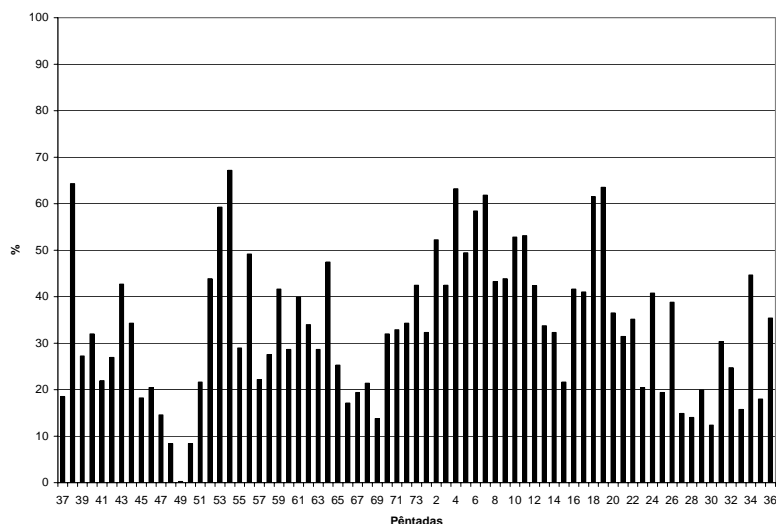


FIGURA 6.8 –Mesmo que Figura 6.7, exceto para a Região Sul do Brasil.

6.1.1.3 - Anos Neutros

A Figura 6.9 mostra a média das estações meteorológicas com dados de precipitação durante os anos considerados neutros na Região Sudeste do Brasil. Durante este período observa-se que uma precipitação mais regular ocorre durante as estações da primavera e verão, enquanto que nas estações do outono e inverno ocorre uma diminuição da precipitação.

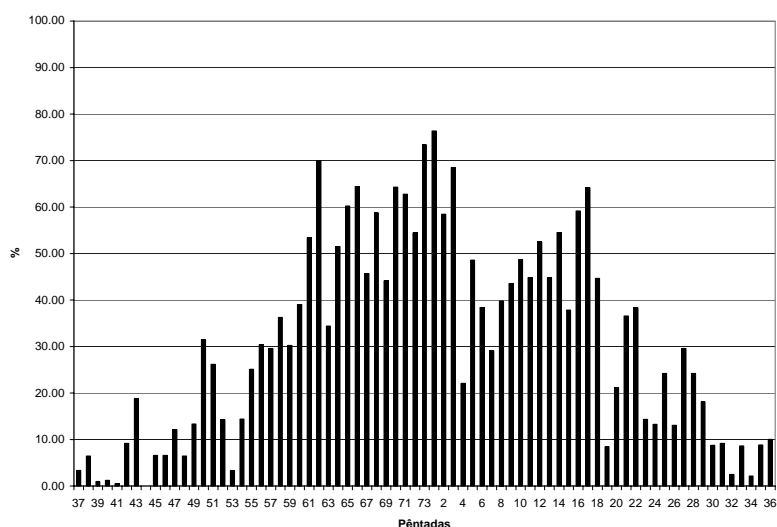
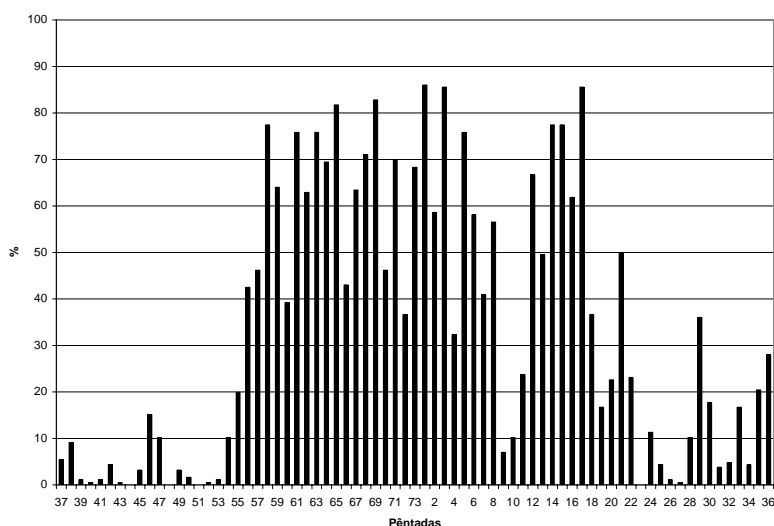


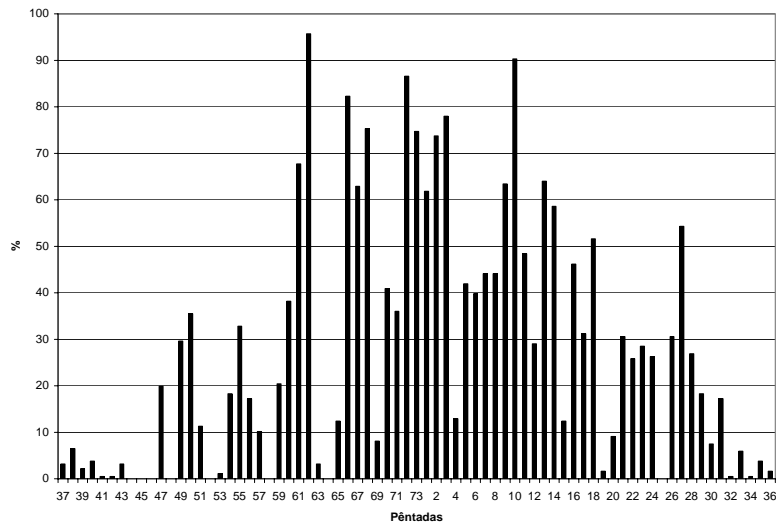
FIGURA 6.9 – Média da Distribuição pêntadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para a Região Sudeste do Brasil com anos neutros.

A Figura 6.10, mostra a distribuição do número de estações meteorológicas com $r \geq 1$ para a Região Sudeste, nos anos considerados neutros. Durante o ano 1981-1982 (Figura 6.10a), observa-se que a primavera e o verão foram as estações em que ocorreu maior precipitação, entretanto também foi observado uma diminuição da precipitação durante três pântadas seguidas (pântadas 9, 10 e 11), o que caracteriza uma situação de break. No ano de 1985-1986 (Figura 6.10b) o período do verão foi o que apresentou maior número de estações meteorológicas com $r \geq 1$ e no ano de 1989-1990 (Figura 6.10c) no final da primavera, começo e meio do verão foram os períodos que apresentaram maior número de estações meteorológicas com $r \geq 1$. Em 1985-1986, ocorreu um caso de break durante as pântadas 63, 64 e 65, e no ano de 1989-1990 ocorreram dois breaks nas pântadas 4, 5, 6, 7, 8, e 13, 14, 15.

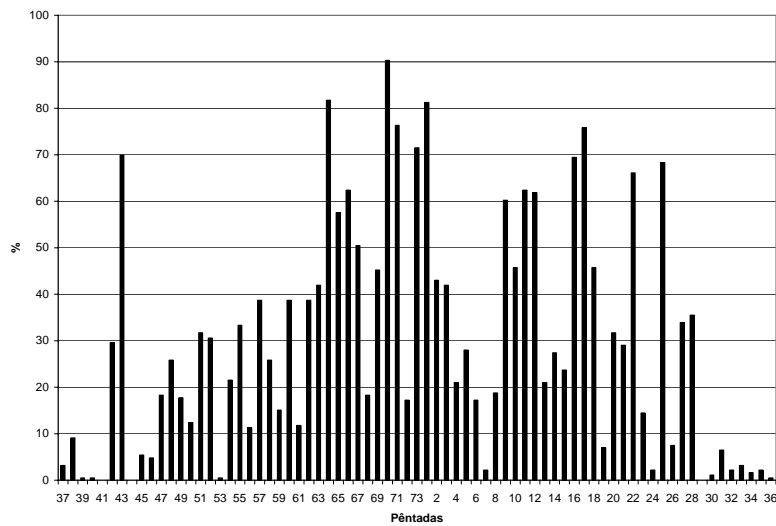


(a)

FIGURA 6.10 – Distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste para anos neutros, para (a) ano de 1981-1982, (b) ano de 1985-1986 e (c) ano de 1989-1990. (Continua)



(b)



(c)

FIGURA 6.10 – Conclusão

A Figura 6.11 mostra a média das estações meteorológicas com dados de precipitação durante os anos considerados neutros na Região Sul do Brasil, onde é observada a distribuição da precipitação durante o ano. Durante este período, observa-se que o número de estações meteorológicas com $r \geq 1$ é bem distribuída durante as quatro estações do ano.

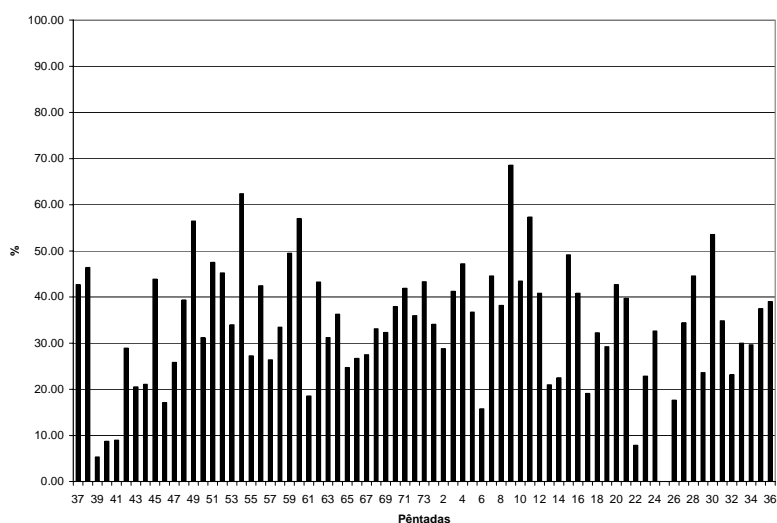


FIGURA 6.11 – Mesmo que Figura 6.9, exceto para Região Sul do Brasil.

A Tabela 6.2 mostra o início e fim da estação chuvosa com dados de precipitação para a Região Sudeste do Brasil, a menor e maior estação chuvosa, o início e fim da estação chuvosa que ocorreu mais cedo e mais tarde, e número de breaks ocorridos durante a estação chuvosa.

TABELA 6.2 – Data de início e fim da estação chuvosa anualmente (pêntadas) na Região Sudeste do Brasil. A coluna duração mostra o número de pêntadas da estação chuvosa para cada ano e número de ocorrência de breaks, com dados de precipitação.

Ano	Evento	Início E.Ch.	Fim E.Ch.	Duração E.Ch.	Início E.Ch.	Fim E.Ch.	Breaks
81-82	N	58	17	37	58	21	1
82-83	EL	57	23	40**	57	23**	1
83-84	LA	53	6	27	53*	6	1
84-85	LA	64	16	26	64	16	-
85-86	N	61	18	31	61	18	1
86-87	EL	67	14	21	67	14	1
87-88	EL	63	16	27	63	16	-

(Continua)

TABELA 6.2 – Conclusão

88-89	LA	58	15	31	58	15	-
89-90	N	64	17	27	64	17	2
90-91	EL	58	18	34	58	18	-
91-92	EL	69	12	17*	69**	12	2
92-93	EL	61	11	24	61	11*	-
93-94	EL	69	17	22	69**	17	-
94-95	EL	60	10	24	60	10	1
95-96	LA	58	17	32	58	17	1
96	N	61	-	-	61	-	-

* menor estação chuvosa e início e fim da estação chuvosa mais cedo, ** maior estação chuvosa e início e fim da estação chuvosa mais tarde.

6.1.2 – Através de dados de ROL, em anos de El Niño, La Niña e Neutros.

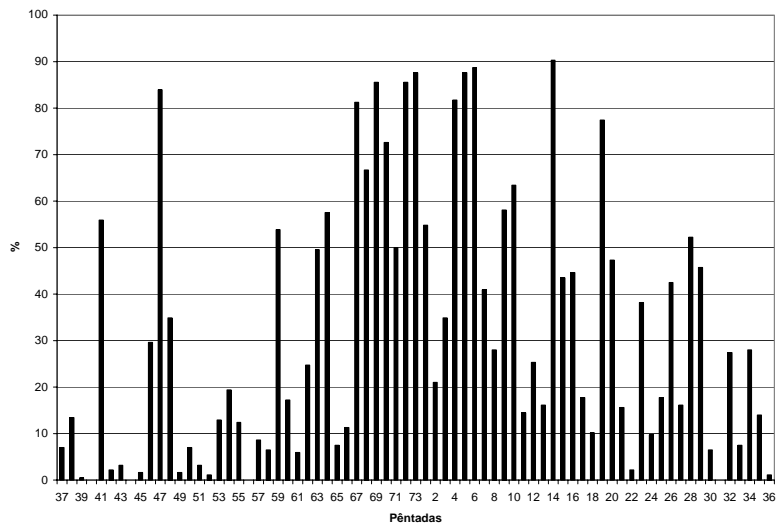
No estudo interanual com dados de ROL para a Região Sudeste do Brasil, observou-se que os anos de 1982–1983 e 1983-1984 anos de eventos El Niño e La Niña, respectivamente, foram os que apresentaram os períodos de maior estação chuvosa, com um total de 53 pântadas, e o menor período de estação chuvosa ocorreu no ano de 1995-1996, ano de evento La Niña, com um total de 37 pântadas. A data de início mais cedo da estação chuvosa ocorreu nos anos de 1983-1984, 1992-1993 e 1996, anos de eventos La Niña, El Niño e neutro, respectivamente, na pântada de número 50 (3-7 setembro) A data de início mais tarde ocorreu nos anos de 1984-1985 e 1987-1988, anos de La Niña e El Niño, respectivamente, na pântada de número 58 (13-17 outubro). A data final mais cedo ocorreu em 1995 - 1996, ano de evento La Niña, na pântada de número 22 (16-20 abril), e a mais tarde ocorreu em 1982 - 1983, ano de El Niño, na pântada de número 34 (15-19 junho).

As análises de ROL apresentadas acima se justificam pela faixa de nebulosidade convectiva que se desenvolve no noroeste da região Amazônica, e começa a se deslocar para as Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, no final de agosto e começo de setembro.

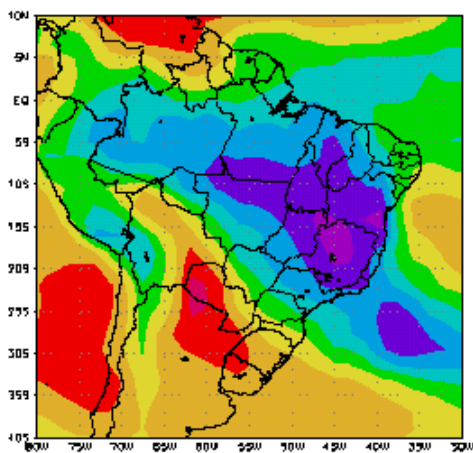
Durante seu deslocamento a faixa de nebulosidade convectiva se conecta com a nebulosidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). No começo da estação chuvosa na Região Sudeste, a faixa de nebulosidade atinge as regiões oeste e noroeste do Estado de Minas Gerais, penetrando na região na direção sudeste, e em seguida, atingindo toda a região.

Durante a estação chuvosa, observa-se que quando ocorrem períodos de diminuição da precipitação, a nebulosidade diminui de intensidade e não está presente sobre toda a região, apenas em uma parte dela. No final da primavera e durante o verão, geralmente quando ocorrem os picos de estações meteorológicas com registro de precipitação, forma-se uma faixa de nebulosidade caracterizando a ZCAS (Casarin e Kousky, 1986).

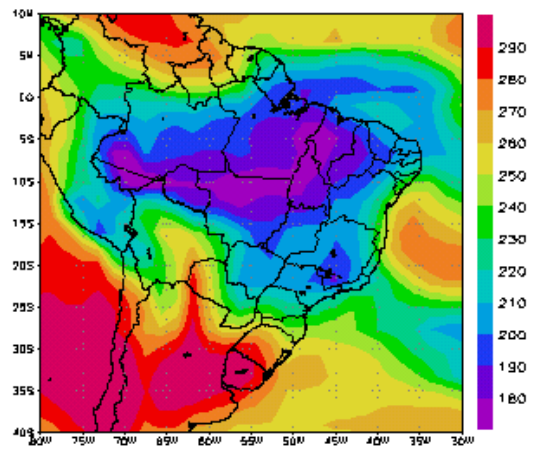
A Figura 6.12 a, mostra a distribuição das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para cada pântada durante o ano de 1986-1987, onde se podem observar os picos de estações meteorológicas com precipitação e os períodos de diminuição da precipitação. Para o mesmo período é mostrado o campo de pântadas de ROL, para as pântadas (b) 73, (c) 4, (d) 5, (e) 6, (f) 60, (g) 61 e (h) 62, ambas da Figura 6.12. Observa-se que durante as pântadas 73, 4, 5 e 6 a presença de uma faixa de nebulosidade com valores menores que 240 W m^2 com direção noroeste-sudeste, a qual caracteriza a ZCAS, e durante as pântadas 60, 61 e 62 esta faixa está presente em uma pequena área da região, ocorrendo uma diminuição da precipitação.



(a)

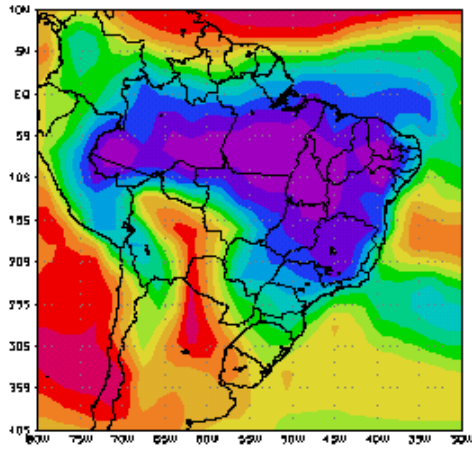


(b)

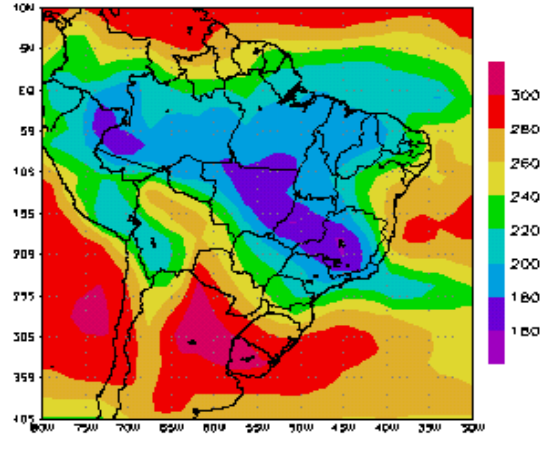


(c)

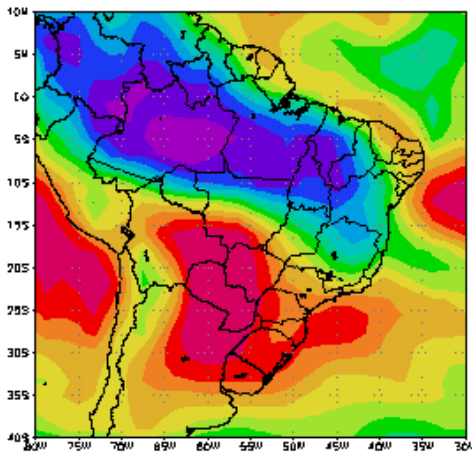
FIGURA 6.12 – (a) distribuição pêntadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para cada pêntada no ano de 1986-1987, na Região Sudeste. (b) campo de ROL para pêntada 73, (c) mesmo que (b), exceto para pêntada 4, (d) mesmo que (b), exceto para pêntada 5, (e) mesmo que (b), exceto para pêntada 6, (f) mesmo que (b), exceto para pêntada 60, (g) mesmo que (b), exceto para pêntada 61 e (h) mesmo que (b), exceto para pêntada 62. (Continua)



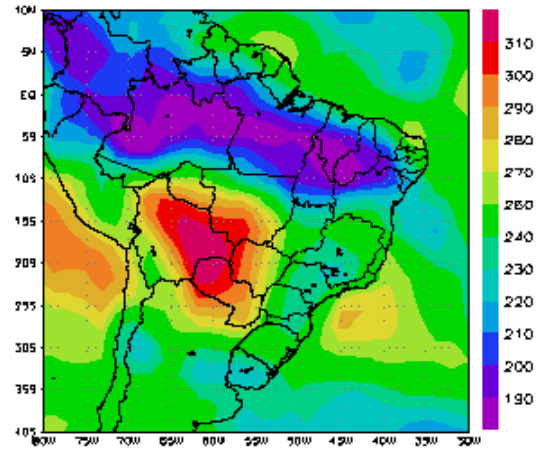
(d)



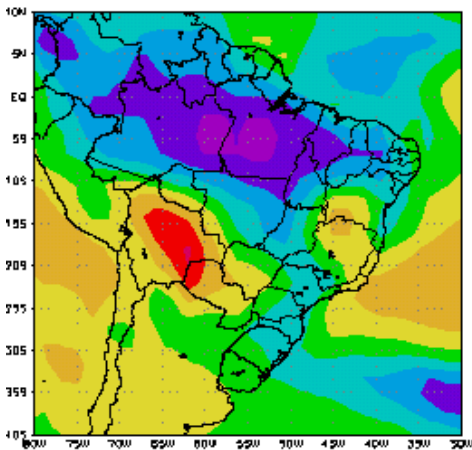
(e)



(f)



(g)



(h)

FIGURA 6.12 – Conclusão

Na Região Sul do Brasil, por não haver uma estação chuvosa bem definida, observa-se que a precipitação é distribuída durante o ano todo. Assim, a presença da nebulosidade convectiva pode ser vista por vários períodos durante o ano. Esta nebulosidade pode estar associada muitas vezes com nuvens do tipo cirrus, as quais aparecem na vanguarda das frentes frias. Durante a estação do inverno as faixas de nebulosidade que chegam na região, principalmente no Rio Grande do Sul, (que em geral estão relacionadas aos picos de estações meteorológicas com registro de precipitação), estão associadas a sistemas frontais que penetram na região vindos da Argentina. Muitas vezes estas faixas de nebulosidade se deslocam para leste, em direção ao Oceano Atlântico; também é observado o deslocamento destas faixas de nebulosidade em direção a Região Sudeste atingindo o Estado de São Paulo.

Na estação da primavera quando ocorre o início da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil, a Região Sul é atingida pela faixa de nebulosidade convectiva vinda do sudeste. Por fazer fronteira, o Estado do Paraná apresenta uma ocorrência de nebulosidade convectiva parecida com a que ocorre no Estado de São Paulo. A nebulosidade que atinge São Paulo vinda do norte e centro-oeste do Brasil, muitas vezes chega até o Estado do Paraná e também a Santa Catarina.

A Tabela 6.3 mostra o início e fim da estação chuvosa com dados de ROL para a Região Sudeste do Brasil, a menor e maior estação chuvosa, o início e fim da estação chuvosa mais cedo e mais tarde.

TABELA 6.3 - Data de início e fim da estação chuvosa anualmente (pêntadas). A coluna duração mostra o número de pêntadas da estação chuvosa para cada ano e número de ocorrência de breaks, com dados de ROL.

Ano	Evento	Início E.Ch.	Fim E.Ch.	Duração E.Ch.	Início E.Ch.	Fim E.Ch.	Breaks
81-82	N	55	23	42	55	23	1
82-83	EL	55	34	53**	55	34**	2
83-84	LA	50	29	53**	50*	29	2

(Continua)

TABELA 6.3 – Conclusão

84-85	LA	58	26	42	58**	26	2
85-86	N	55	28	47	55	28	3
86-87	EL	57	30	47	57	30	2
87-88	EL	58	24	40	58**	24	-
88-89	LA	55	26	45	55	26	2
89-90	N	55	29	48	55	29	2
90-91	EL	55	30	49	55	30	2
91-92	EL	53	28	49	53	28	3
92-93	EL	50	26	50	50*	26	1
93-94	EL	51	24	48	51	24	1
94-95	EL	54	27	47	54	27	3
95-96	LA	57	22	37*	57	22*	1
96	N	50	-	-	50*	-	1

* menor estação chuvosa e início e fim da estação chuvosa mais cedo, ** maior estação chuvosa e início e fim da estação chuvosa mais tarde.

6.2 – Configuração atmosférica com dados interanuais para o período de 1981 a 1996.

Neste estudo procurou-se identificar as características da circulação atmosférica da América do Sul durante a estação chuvosa nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil para o período de 1981 a 1996. O continente sul-americano está localizado entre dois centros de alta pressão, um no oceano Pacífico Sul e outro no oceano Atlântico Sul, denominados de alta subtropical do Pacífico Sul e alta subtropical do Atlântico Sul. No decorrer do ano, estes centros sofrem variações de intensidade e posição, estando mais próximos do equador durante o inverno e se deslocando em direção ao pólo durante o verão (Hastenrath, 1985).

O período da estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil apresenta uma ligação com o posicionamento e intensidade da alta subtropical do oceano Atlântico Sul e também do deslocamento dos sistemas frontais que chegam a ela. A estação chuvosa na Região

Sudeste tem início quando os ventos fortes de leste (procedentes da circulação anticiclônica do Atlântico Sul) que atingem a região enfraquecem, fazendo com que a mesma seja atingida pelo escoamento fraco de nordeste associado à circulação anticiclônica do Atlântico Sul e também pelo escoamento de noroeste, o qual transporta umidade da Região Amazônica para as Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil.

Nas pântadas em que ocorrem os inícios da estação chuvosa nos anos em estudo observa-se a presença de frentes frias sobre a Região Sudeste do Brasil. A Figura 6.13 foi colocada no texto como um exemplo da presença de uma frente fria sobre o litoral da Região Sudeste durante o período de 28 de outubro a 1 de novembro de 1992 (pântada 61), período no qual teve início a estação chuvosa. Este sistema foi intensificado na presença de um aglomerado convectivo formado no sul do Paraguai, causando chuvas fortes no Rio Grande do Sul e Santa Catarina nos dias 28 e 29. Associado à convecção tropical, ocorreu chuva forte no noroeste de São Paulo e Minas Gerais, e moderada a fraca nos demais estados afetados pelo sistema. Nos dias 30 e 31 a frente fria manteve-se estacionária sobre o Rio de Janeiro (Climanálise 1992).

Freqüentemente as frentes frias que se deslocam em direção a Região Sudeste do Brasil, associam-se a um sistema de baixa pressão em superfície sobre o Paraguai, conhecido como Baixa do Chaco e intensificam-se. Quando isto ocorre, as frentes frias muitas vezes permanecem semi-estacionárias sobre o litoral da Região Sudeste, isso ocorre quando existe um vórtice ciclônico em altos níveis sobre a Região Nordeste do Brasil. A permanência das frentes frias na Região Sudeste, organiza a convecção tropical nas Regiões Central e Norte do Brasil caracterizando a formação da ZCAS, ocasionando muita precipitação sobre a região (Lemos e Calbete 1996).

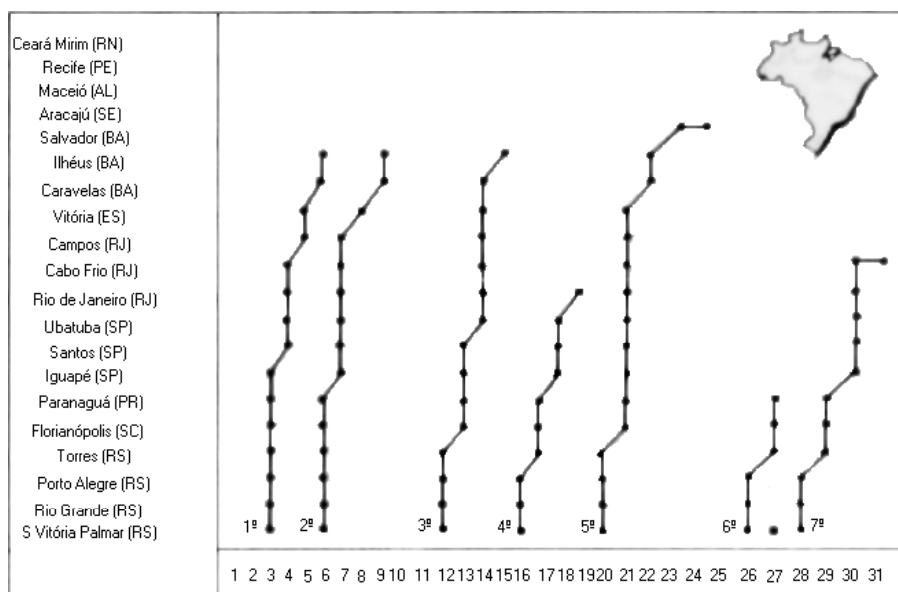


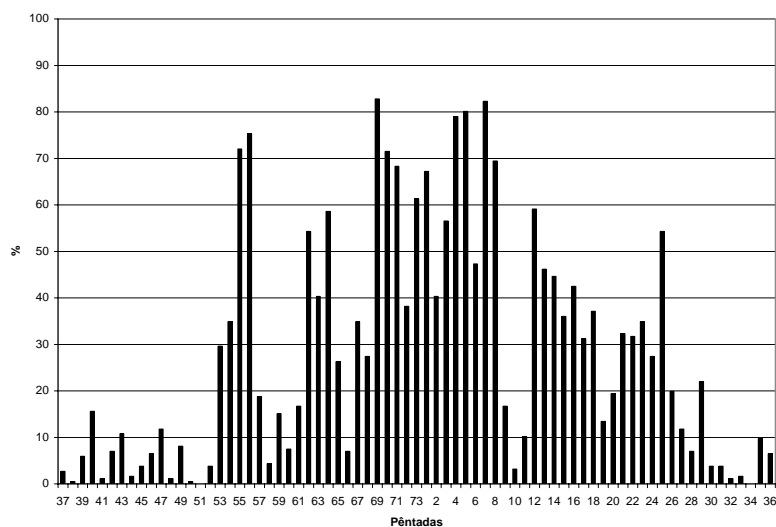
FIGURA 6.13 – Seções estação versus tempo dos sistemas frontais que penetraram no Brasil em outubro de 1992. A linha indica que a frente passou pela estação entre as 09:00 (H.L.) do dia anterior e às 09:00 (H.L.) do dia indicado.

FONTE: Climanálise, CPTEC/INPE, v.7, n. 10, Out. 1992

Kodama (1992) mostra que uma das condições para o estabelecimento da ZCAS é a ocorrência de um escoamento de ar úmido em baixos níveis em direção aos pólos, à oeste da alta subtropical do Atlântico Sul, reforçado por outro fluxo de noroeste vindo da Região Amazônica. Observações indicam uma associação entre períodos de enchentes de verão na Região Sudeste e seca na Região Sul com a permanência da ZCAS por períodos prolongados sobre a Região Sudeste; por outro lado, períodos extremamente chuvosos no sul coincidem com seca na Região Sudeste, indicando a presença de ZCAS mais ao sul.

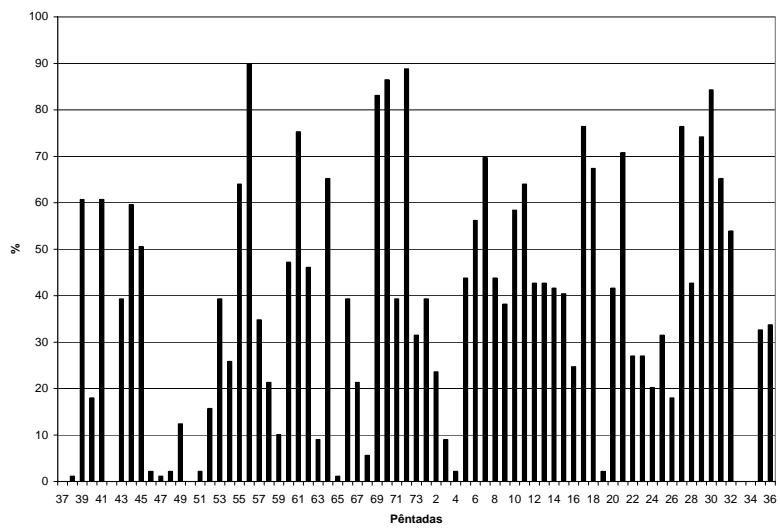
A Figura 6.14 (a) e (b) mostra a distribuição pentadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ de 1991-1992 para as Regiões Sudeste e Sul. Na Figura 6.14 (a), observa-se na pênstada 4, o número de estações meteorológicas com $r \geq 1$ de aproximadamente 80% durante duas pênstadas seguidas, enquanto que na Figura 6.14 (b) no mesmo período o número de estações meteorológicas com $r \geq 1$ é muito baixo. Na Figura 6.14 (c) no

campo de ROL, observa-se uma faixa de nebulosidade com orientação noroeste-sudeste sobre a Região Sudeste, caracterizando um episódio de ZCAS, na Região Sul apenas no estado do Paraná e oeste de Santa Catarina mostra uma nebulosidade com valor menor que 240 W m^2 , no restante da região esta faixa esta com valores maiores que 240 W m^2 . Na Figura 6.14 (d, e, f) no campo de divergência em baixos e médios níveis, observa-se convergência sob a região das ZCAS, ocorrendo movimentos ascendentes ocasionando precipitação na região. Na Região Sul observa-se divergência em baixos níveis e convergência em médios e altos níveis sobre a região, ocasionando movimentos descendentes, diminuindo a precipitação sobre a região.

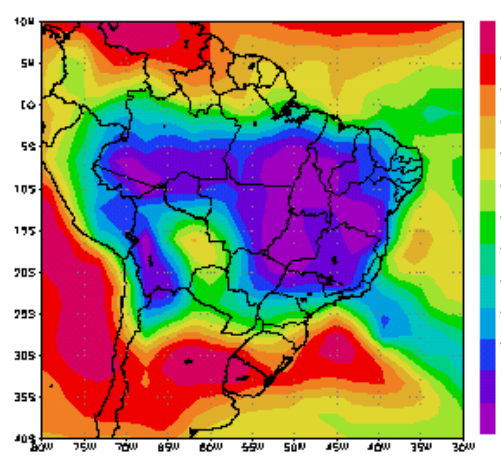


(a)

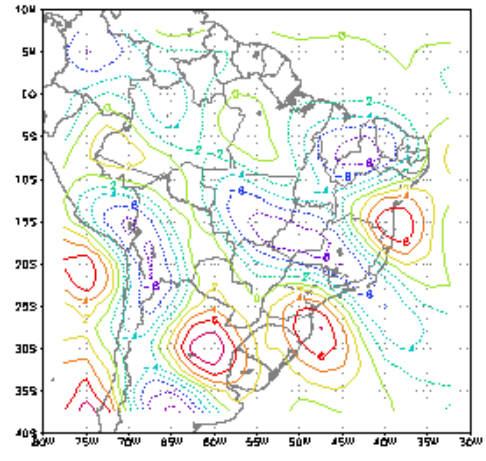
FIGURA 6.14- (a) Distribuição pêntadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para Região Sudeste e (b) mesmo que (a), exceto para a Região Sul, (c) campo de ROL, (d) campo de convergência em 925 hPa, (e) campo de convergência em 500 hPa e (f) campo de convergência em 300 hPa. (Continua)



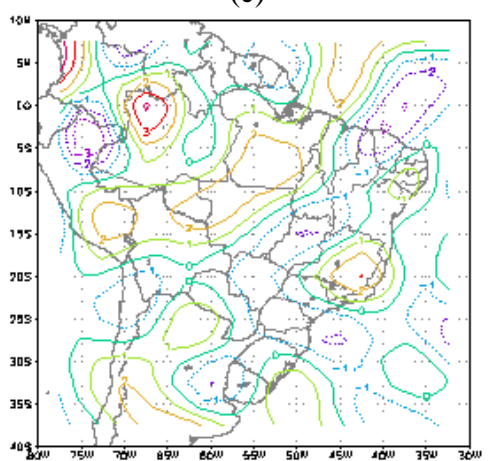
(b)



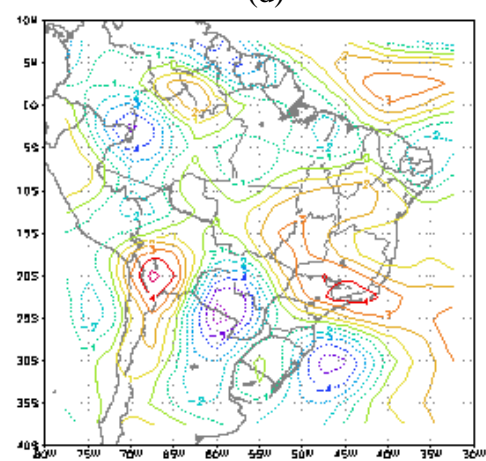
(c)



(d)



(e)

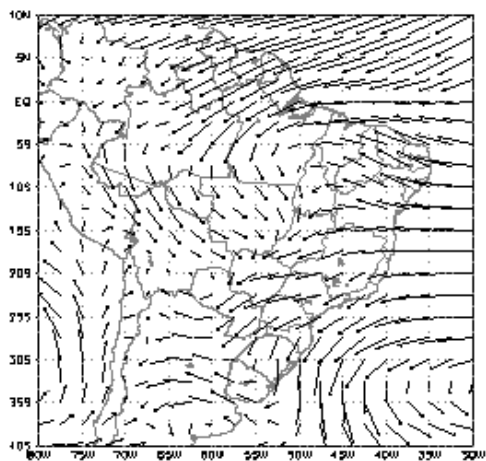


(f)

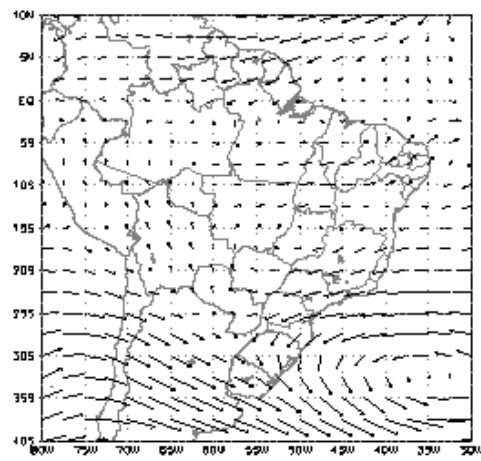
FIGURA 6.14 – Conclusão

Nos anos em estudo foi observado que durante a estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil ocorrem períodos de diminuição da precipitação (breaks). Gan et. al (2002) observaram que a Região Central do Brasil apresenta períodos secos e de intensas chuvas durante a estação chuvosa, associadas à circulação de baixos níveis. Para os períodos secos os autores observaram que os fluxos de nordeste são mais fracos sobre o sul da Amazônia, e não giram para leste; logo, a umidade vinda da Amazônia não atinge a região do Brasil central. Assim, a estação seca no Brasil central está associada aos fluxos de leste.

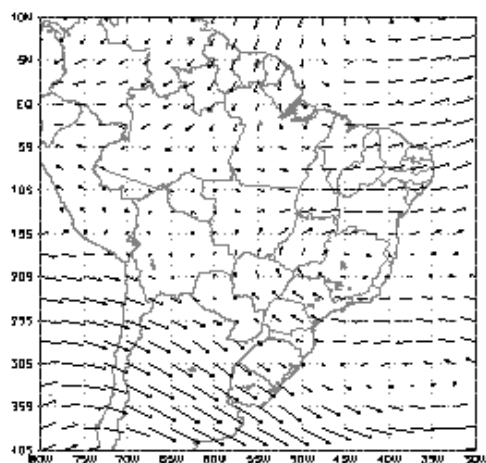
A Figura 6.15 mostra no campo de escoamento em baixos, médios e altos níveis, um período de break (pêntadas 9, 10 e 11) ocorrido durante a estação chuvosa de 1991-1992, onde é observado o deslocamento do anticiclone subtropical do Atlântico Sul em direção ao sul. Neste estudo, observou-se que durante os períodos de breaks ocorridos na Região Sudeste o anticiclone subtropical do Atlântico Sul desloca-se em direção ao sul, aproximadamente entre 25°S e 30°S. Devido a este deslocamento a Região Sudeste do Brasil é atingida por ventos fortes de leste em baixos níveis chegando aproximadamente a 55°W a 60°W, mudando para o sul e algumas vezes para o noroeste. Em médios e altos níveis também ocorre o deslocamento do anticiclone em direção ao sul da América do Sul. No nível de 300 hPa ocorre uma circulação ciclônica sobre a Região Sudeste, formando uma zona de convergência em altos níveis, favorecendo movimento descendente sobre a região, diminuindo a precipitação.



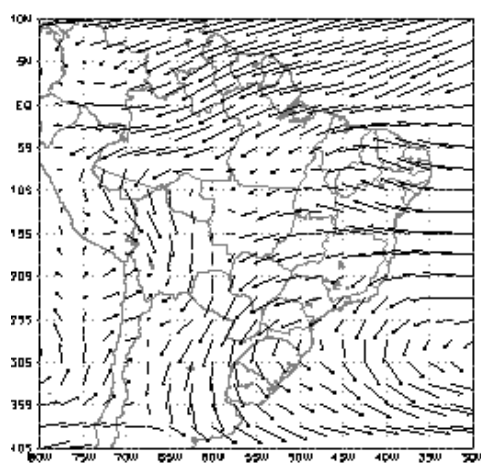
(a)



(b)

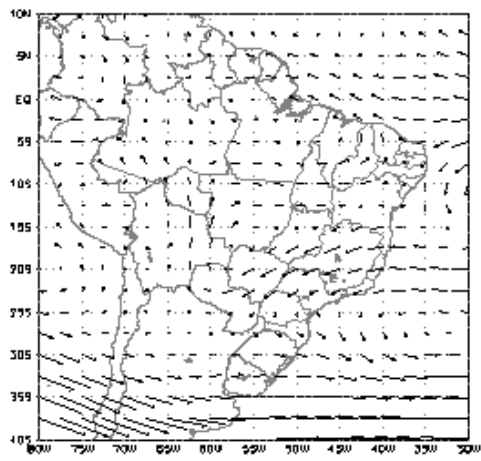


(c)

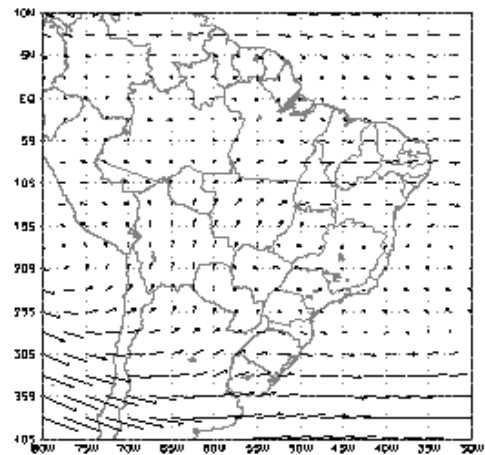


(d)

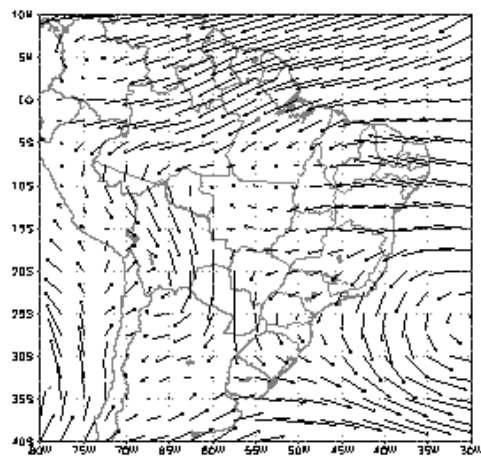
FIGURA 6.15 – Campo de vento para, (a) (b) (c) pântada 9 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente, (d) (e) (f) pântada 10 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente, (g) (h) (i) pântada 11 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente, ambas de 1991 – 1992. (Continua)



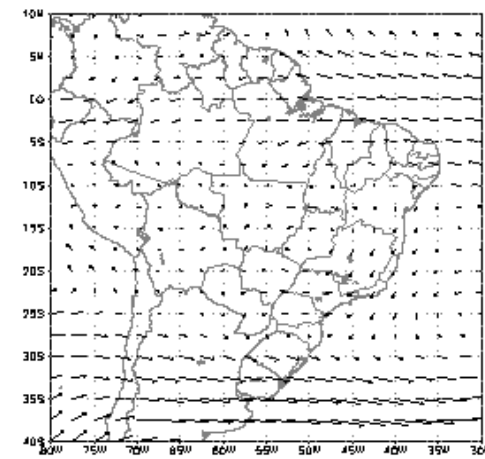
(a)



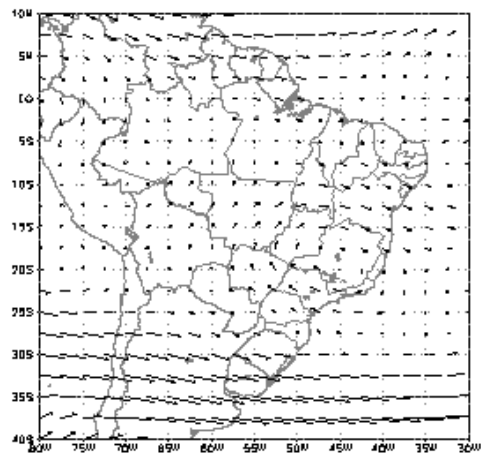
(f)



(b)



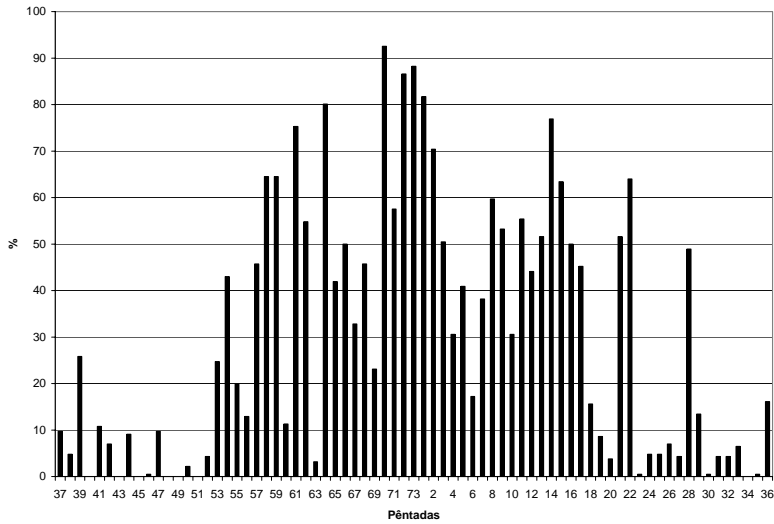
(h)



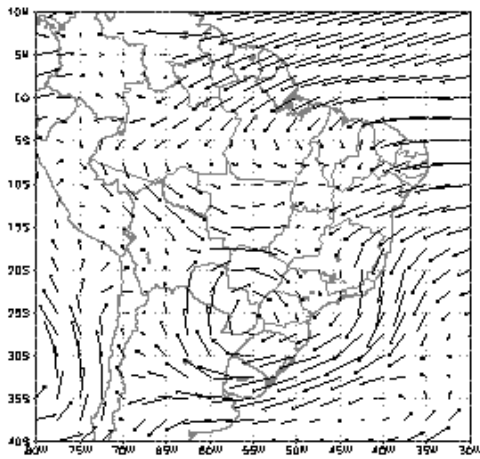
(i)

FIGURA 6.15 – Conclusão

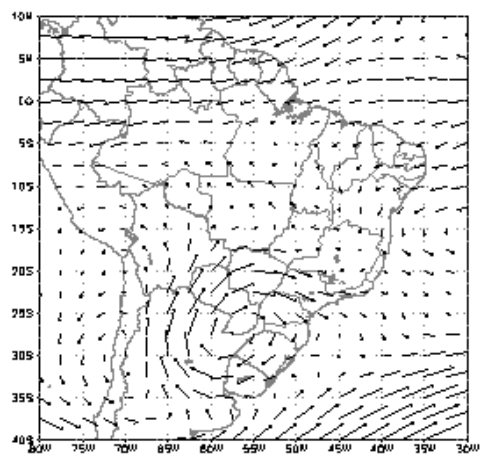
Nos períodos em que são observados picos elevados de estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste, observa-se que o escoamento de nordeste em baixos níveis ao atingir a região diminui de intensidade. Assim, o escoamento de noroeste que transporta umidade da região amazônica atinge a Região Sudeste do Brasil, havendo uma confluência destes ventos com ventos de nordeste associados ao anticiclone do Atlântico Sul. Sobre a região há então, uma área de convergência em baixos níveis favorecendo movimento ascendente. A Figura 6.16 mostra a distribuição pênadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ e os campos de vento e divergência em baixos, médios e altos níveis para 1995-1996. Na Figura 6.16(a) observa-se nas pênadas 72 e 73 elevados números de estações meteorológicas com $r \geq 1$. Isso é devido a presença de uma circulação ciclônica sobre o Paraguai e parte da Região Sul do Brasil, esta circulação pode ser vista em médios e altos níveis. Em 300 hPa, observa-se que a AB esta deslocada ao norte de sua posição climatológica, fazendo com que o escoamento da circulação ciclônica e da AB atinjam a região (Figura 6.16 b c d), a qual faz com que ocorra forte precipitação na Região Sudeste, pois favorece o transporte de umidade e o aumento de convergência de massa e de umidade em baixos e médios níveis para a região, (Figura 6.16 h i j). A Figura 6.16 (e f g), mostra em baixos níveis uma circulação ciclônica sobre parte da Região Sul e Sudeste, em médios níveis esta circulação se desloca um pouco para leste e a região é atingida por um escoamento de oeste proveniente da AB. A Figura 6.16 (h l m), mostra convergência em baixos e médios níveis, favorecendo o transporte de umidade para a região.



(a)

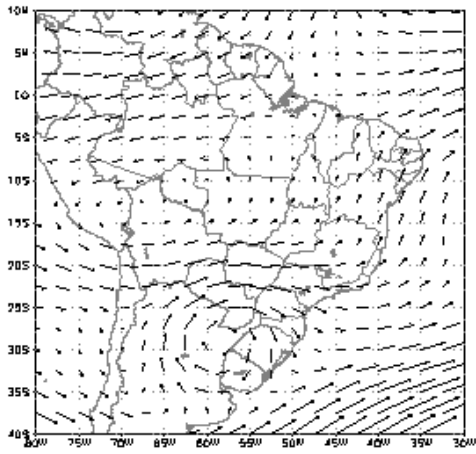


(b)

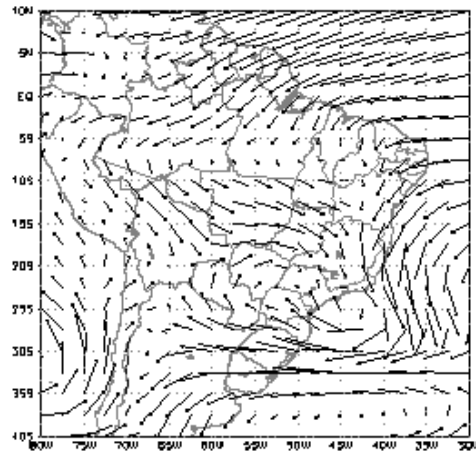


(c)

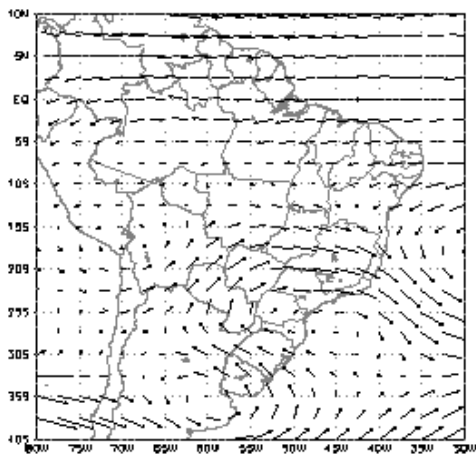
FIGURA 6.16– (a) Distribuição pênadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sudeste para 1995-1996, (b) (c) (d) campo de vento para pênada 72 (final de dezembro) para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente, (e) (f) (g) campo de vento para pênada 73 (final de dezembro) para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente, (h) (i) (j) campo de divergência para pênada 72 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente, (k) (l) (m) campo de divergência para pênada 73 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, respectivamente. (Continua)



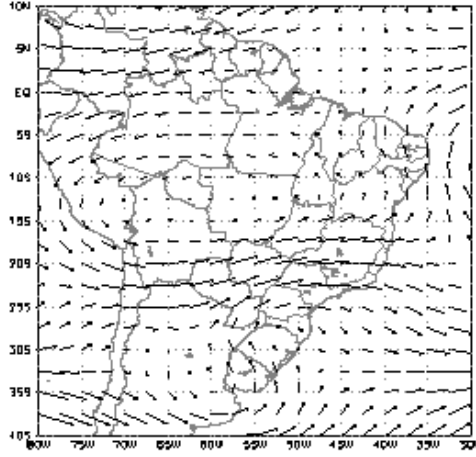
(d)



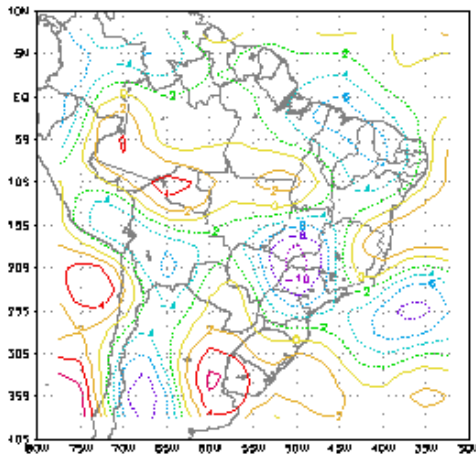
(e)



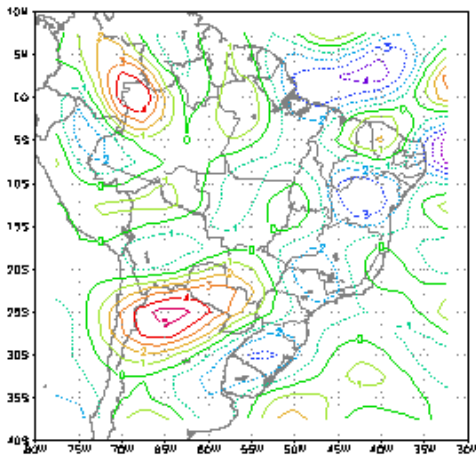
(f)



(g)



(h)



(i)

FIGURA 6.16 – (Continua)

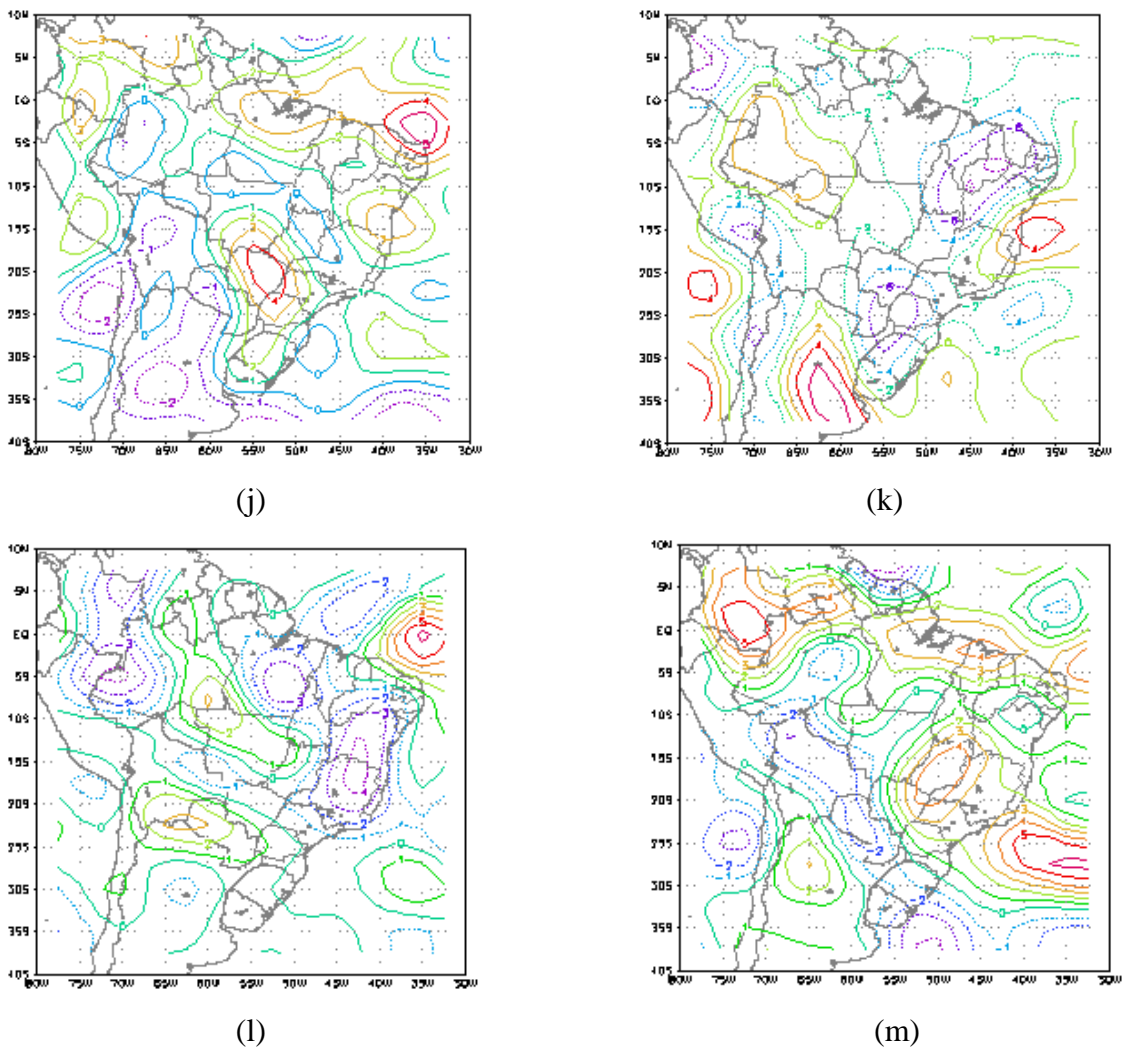
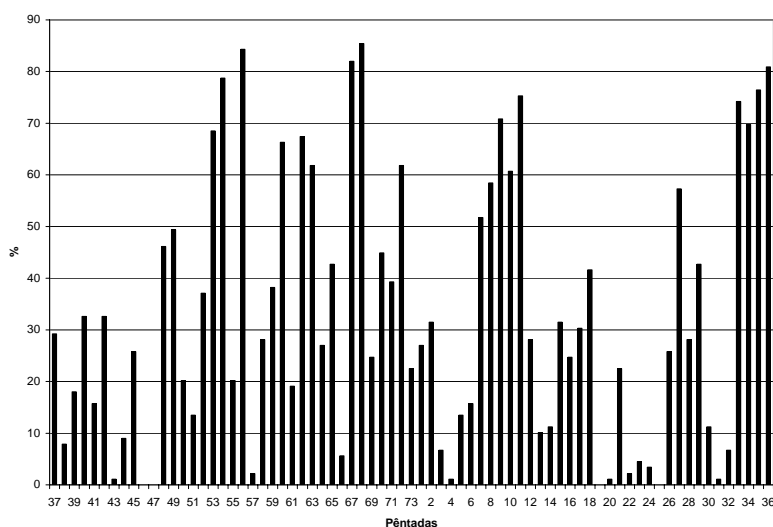


FIGURA 6.16 – Conclusão

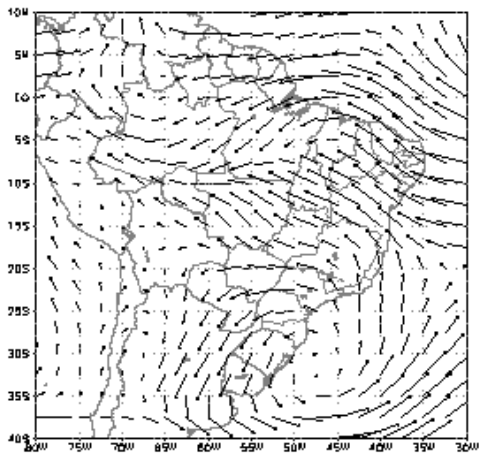
A Figura 6.17(a) mostra a distribuição pântadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ para o ano de 1981-1982. Observa-se que na Região Sul do Brasil, quando o anticiclone está próximo do litoral do Rio Grande do Sul (Figura 6.17 (b,c,d e h,i,j)), os ventos fortes de nordeste em baixos níveis atingem a região, diminuindo a precipitação, a Figura 6.17 (c d) mostra em médios e altos níveis que ocorre uma bifurcação no escoamento de oeste sobre a região ocasionando sobre esta, ventos de sul e sudoeste. Na Figura 6.17 (i j) ocorre o deslocamento da AB um pouco ao sul de sua posição climatológica, fazendo com que o escoamento de oeste atinja a Região Sul com direção sudoeste. Quando este se desloca para leste (Figura 6.17 (e,f,g e k,l,m)) os ventos de nordeste diminuem de intensidade em baixos níveis e a região começa a ser atingida por

um escoamento de noroeste, trazendo umidade da região amazônica e aumentando a precipitação. Nas Figuras 6.17(e,f,g e k,l,m) observa-se que parte da Região Sul é atingida por ventos de noroeste, os quais transportam umidade da Amazônia para a região. Quando o anticiclone esta posicionado ao sul do Uruguai, a região é atingida por ventos de leste (no Rio Grande do Sul) e sudeste (em Santa Catarina e Paraná) em baixos níveis, os quais também provocam uma diminuição da precipitação sobre a região, pois a região não é atingida pelo escoamento de noroeste.

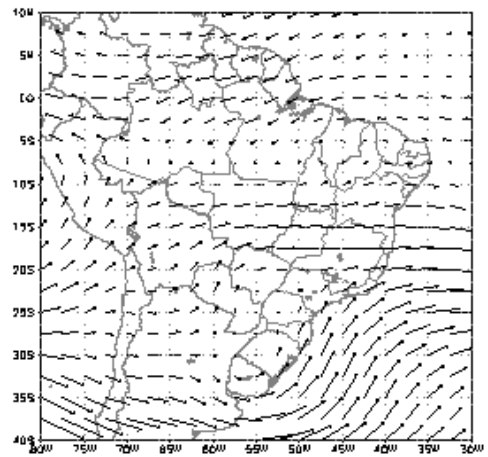


(a)

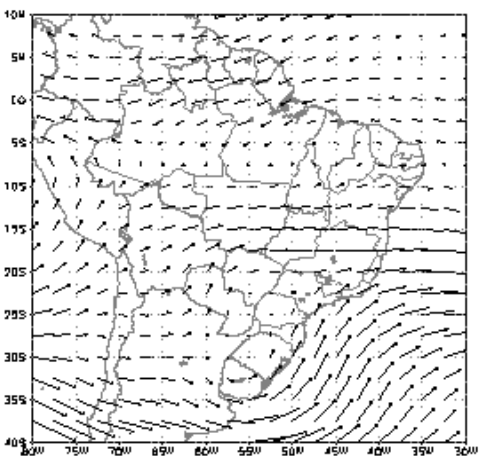
FIGURA 6.17 – (a) Distribuição pênadal das estações meteorológicas com $r \geq 1$ na Região Sul no ano de 1981-1982, (b) (c) (d) campo de vento para a pênada 47 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente, (e) (f) (g) campo de vento para a pênada 48 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente, (h) (i) (j) campo de vento para a pênada 4 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente e (k) (l) (m) campo de vento para a pênada 7 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa respectivamente, ambas para 1981-1982. (Continua)



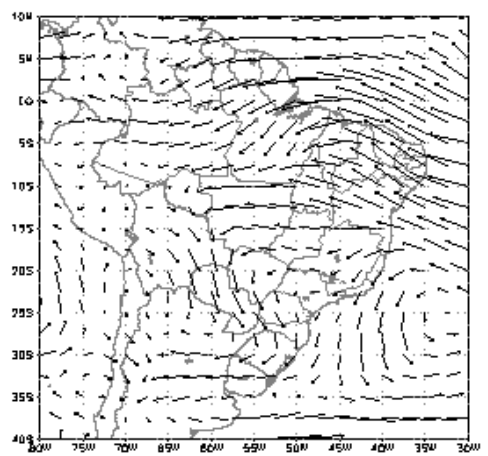
(b)



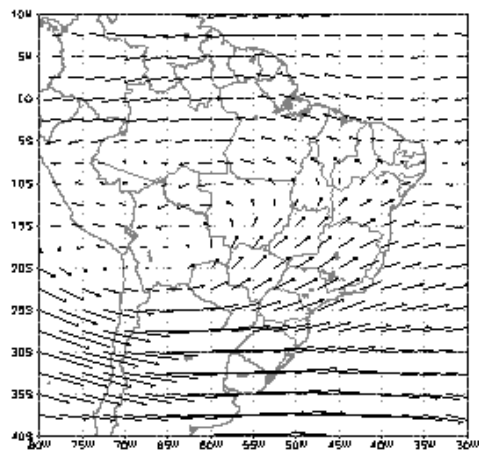
(c)



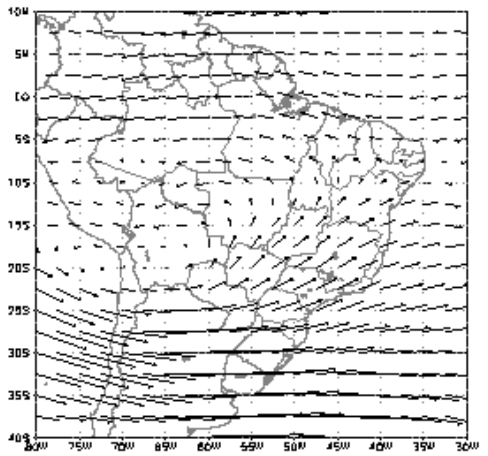
(d)



(e)

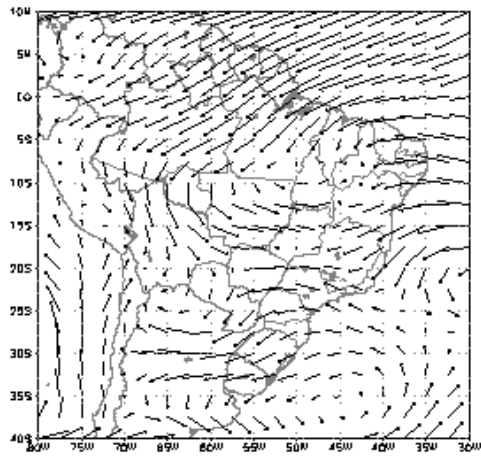


(f)

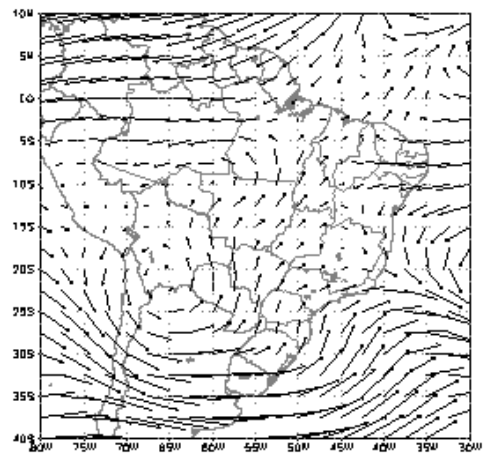


(g)

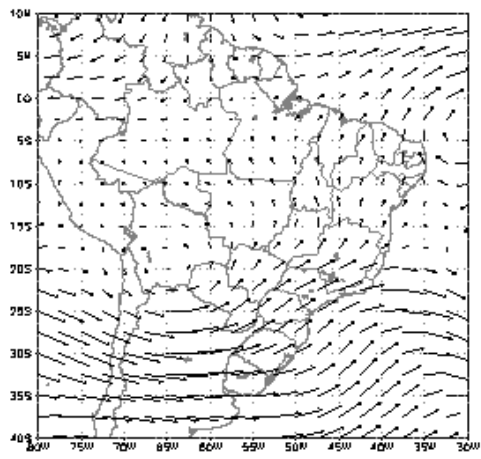
FIGURA 6.17 – (Continua)



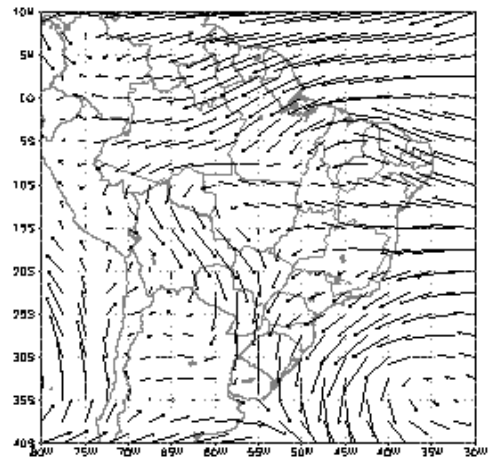
(h)



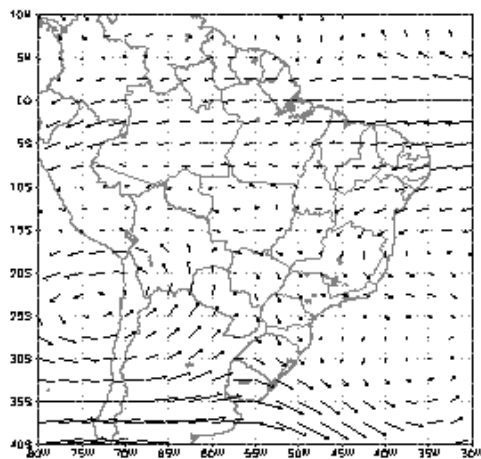
(i)



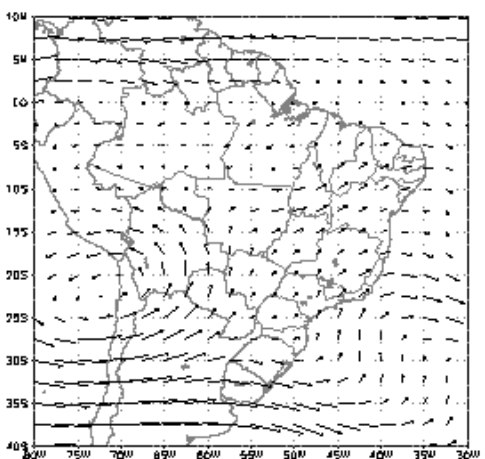
(j)



(k)



(l)



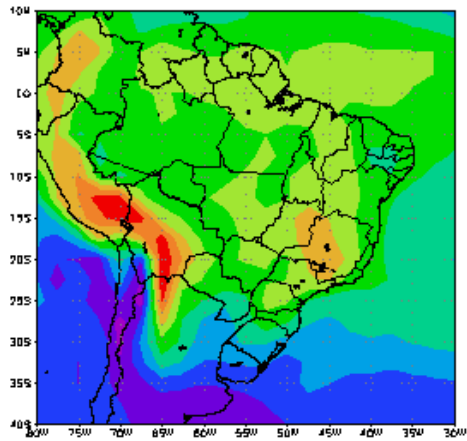
(m)

FIGURA 6.16 – Conclusão

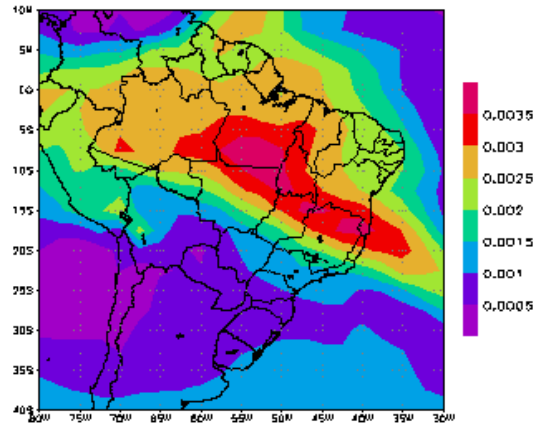
No campo de umidade específica, observou-se que quando a banda de nebulosidade da região noroeste da América do Sul começa a atingir a Região Sudeste a umidade passa a ter um pequeno aumento em baixos níveis (aproximadamente em meados de outubro). A Figura 6.18 mostra o campo de umidade específica em baixos, médios e altos níveis para as pên-tadas 23 e 71 de 1992-1993, em meados de dezembro (Figura 6.18 a b c), a umidade específica apresenta outro aumento chegando a 17 g kg^{-1} valor que permanece durante todo o verão. Este valor diminui em meados de abril (Figura 6.18 d e f), quando a banda de nebulosidade começa a deixar a região em direção ao norte do Brasil.

Na Região Sudeste, em baixos níveis os maiores valores de umidade específica são vistos nos setores oeste, centro-oeste de Minas Gerais e na divisa de Minas Gerais com São Paulo, enquanto que os menores valores se encontram em todo o litoral da região (São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo) e na região sul de São Paulo na divisa com Paraná (Figura 6.18).

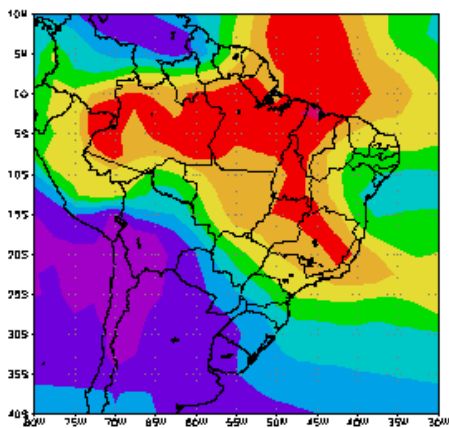
Na Região Sul do Brasil, observa-se que a umidade específica começa a aumentar o seu valor máximo no final de outubro e começo de novembro. Em meados de dezembro ocorre um novo aumento, permanecendo por todo o verão. Estes valores máximos são vistos no Estado do Paraná, sendo parecidos aos encontrados em São Paulo (Figura 6.18 a b c). Os valores máximos de umidade específica na Região Sul começam a diminuir juntamente com a Região Sudeste. Os valores mínimos são encontrados na metade sul do Rio Grande do Sul, mostrando uma grande variabilidade devido às massas de ar frio que chegam à região (Figura 6.18 d e f).



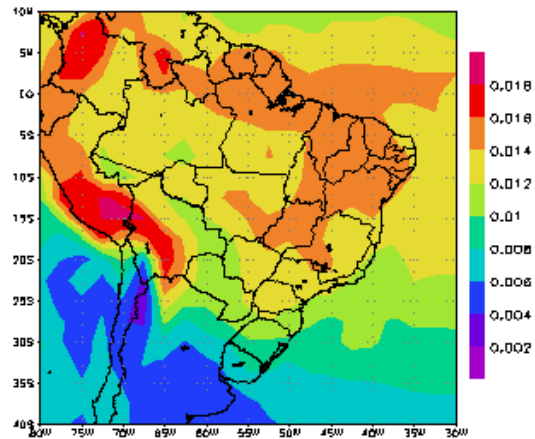
(a)



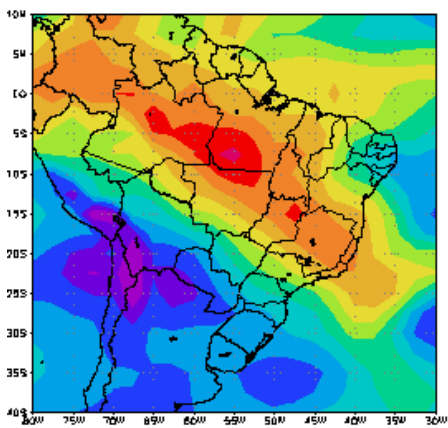
(b)



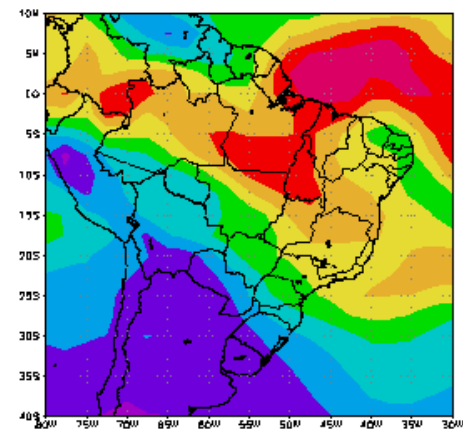
(c)



(d)



(e)



(f)

FIGURA 6.18 – (a) (b) (c) campo de umidade específica para a pênstada 71 de 1992-1993 para os níveis de 925, 500 e 300 hPa, (b) mesmo que (a) exceto para pênstada 23.

As temperaturas nas Regiões Sul e Sudeste apresentam variações nos seus valores, estando em geral associadas à movimentação das massas de ar que chegam às regiões. Na Região Sudeste as temperaturas começam a se elevar no começo de novembro. Durante o verão as temperaturas se mantêm elevadas apresentando pequenas quedas quando da passagem de frentes frias pela região voltando a diminuir em meados de abril. Na Região Sul, as temperaturas apresentam grandes variações, principalmente no Rio Grande do Sul, por ser uma região muito influenciada pelas massas de ar frio que chegam na retaguarda dos sistemas frontais, como mencionado anteriormente.

A Figura 6.19 mostra os campos de vento e temperatura referentes as pênitadas 9 e 12 de 1990-1991. O campo de vento (pênitada 9) mostra a confluência dos ventos de sul em direção ao Rio Grande do Sul devido a um anticiclone sobre a Argentina e um ciclone sobre o oceano Atlântico Sul (35°-40°S e 40°-45°W). A temperatura no Rio Grande do Sul durante a pênitada 9 varia entre 15° e 20°C. Na pênitada 12, no campo do vento, observa-se que o Rio Grande do Sul está sendo atingido por escoamentos de noroeste e nordeste, e a temperatura está variando de 20° a 24°C, do litoral à região oeste do estado.

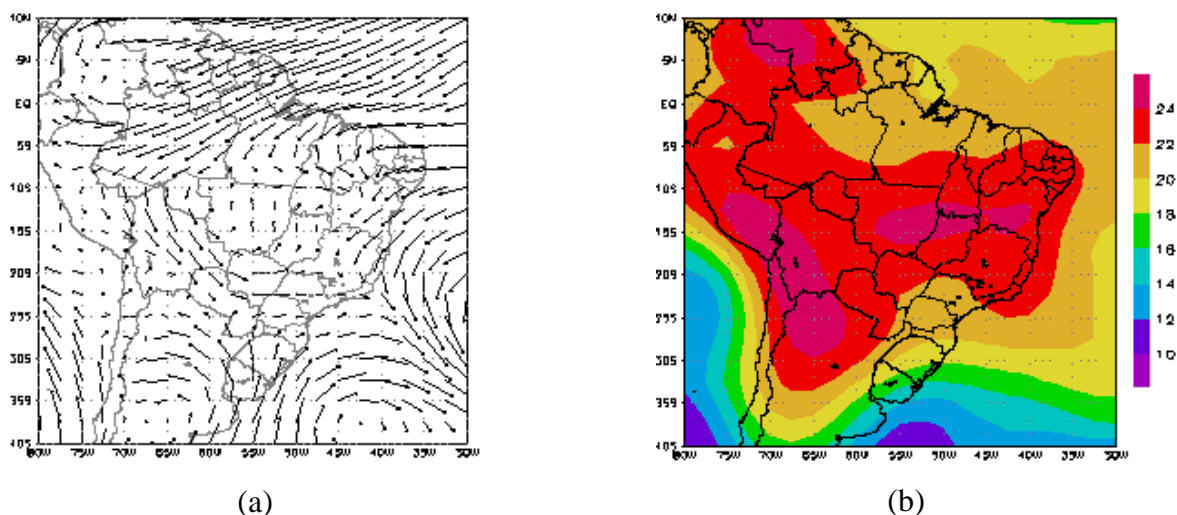
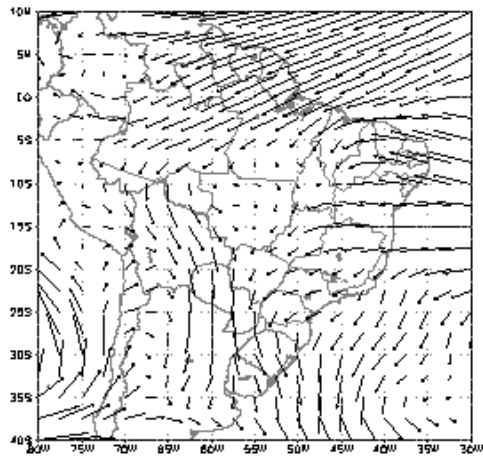
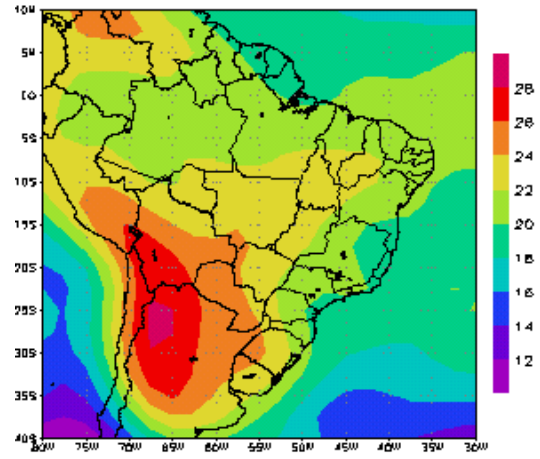


FIGURA 6.19 - (a) escoamento durante a pênitada 9, (b) campo de temperatura durante a pênitada 9, (c) mesmo de (a) exceto para pênitada 12 e (d) mesmo de (b) exceto para pênitada 12. (Continua)



(c)



(d)

FIGURA 6.19 – (Conclusão)

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

Durante o período analisado, observou-se que pelos dados de ROL, a estação chuvosa na Região Sudeste do Brasil, ocorre do final de setembro início outubro a início de maio. Já através dos dados de precipitação, observa-se que a estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro a março. Através dos dados de ROL a estação chuvosa tem início no período de 28 de setembro - 2 outubro (pêntada 55) e o término em 1-5 de maio (pêntada 25) e através dos dados de precipitação a estação chuvosa ocorre no período de 18-22 de outubro (pêntada 59), com término em 27-31 de março (pêntada 18).

As definições de início e fim da estação chuvosa com dados de ROL, mostram início antecipado e finais tardios, comparados com os dados de precipitação, isto devido os dados de ROL indicarem somente a nebulosidade convectiva e não necessariamente a precipitação. Assim, a data de início e fim da estação chuvosa com dados de precipitação são mais confiáveis do que com dados de ROL.

Na Região Sul do Brasil, através da análise climatológica foi observado que a região não apresenta uma estação chuvosa bem definida, devido à distribuição da precipitação durante todo o ano.

Durante o período da estação chuvosa na Região Sudeste, os maiores valores de umidade específica em baixos níveis são vistos nas regiões oeste, centro-oeste de Minas Gerais e na divisa de Minas Gerais com São Paulo, enquanto que os menores valores se encontram em todo o litoral da região e na região sul de São Paulo, na divisa com Paraná. Na Região Sul, os valores máximos são encontrados no Paraná, na fronteira com São Paulo, e os mínimos são encontrados na metade sul do Rio Grande do Sul.

A estação chuvosa através dos dados de precipitação tem início, quando os ventos de leste diminuem de intensidade e a região começa a ser atingida por ventos de nordeste e também de noroeste em baixos níveis (925 hPa). Em médios e altos níveis quando

ocorre o início da estação chuvosa o escoamento zonal de oeste diminui de intensidade na faixa latitudinal de 10° a 25°S, assim, a região é atingida por ventos de nordeste fraco. Quando ocorre o final da estação chuvosa os ventos de leste em baixos níveis voltam a atingir a região novamente e em altos níveis o escoamento zonal de oeste volta a ser forte até 10°S.

Durante os períodos de breaks, ocorridos na Região Sudeste, observou-se o deslocamento do anticiclone do Atlântico Sul em direção ao sul. Na Região Sul, a presença de um anticiclone próximo do litoral da região e ao sul do Uruguai, faz com que ocorra diminuição da precipitação sobre a região.

Finalmente por meio deste estudo, usando dados de precipitação e ROL, verificou-se que a Região Sudeste apresenta claramente uma estação chuvosa e outra seca. Foi observado que estas estações têm um pequeno desvio em relação ao início da estação chuvosa entre um ano e outro. A evolução temporal desta distribuição evidenciou um deslocamento meridional das chuvas entre as estações chuvosas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Casarin, D. P. **Um estudo observacional sobre os sistemas de bloqueio no Hemisfério Sul**. 1982. 82 p. (INPE – 2638 – TDL / 114). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1982.

Casarin, D. P.; Kousky, V. E. Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações na circulação atmosférica, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, n. 2, p. 83-90, (dez. 1986.)

Cavalcanti, I. F.A.; Souza, C. A.; Kousky, V. E.; Barbosa, E. B. M. **Desvios de Precipitação na Região Sudeste do Brasil**. São José dos Campos: INPE 2001. 15 p. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/energia/saiba/portalpop2.shtml> > Acesso em: 10 mar. 2003.

Cavalcanti, I. F.A.; Kousky, V. E. **A estiagem durante o verão e outono de 2001 no Brasil e as características atmosféricas associadas**. São José dos Campos: INPE 2002. 8 p. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/energia/saiba/cripop.shtml> > Acesso em: 10 mar. 2003.

Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise Climática. São José dos Campos: INPE, Edição Comemorativa de 10 anos, Out.1996. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/index1.shtml>>. Acesso em 07 abr. 2003.

Climanálise: Boletim de Monitoramento e Análise Climática. São José dos Campos: INPE, v.7, n.10, out.1992. 21 p.

Gan, M. A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do atlântico sul e leste do Brasil.** 1982. (INPE-2685-TDL/126) Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1982.

Gan, M. A.; Kousky, V. E.; Ropelewski, C. F. The south America monsoon circulation and its relationship to rainfall over west – central Brazil. **Journal of Climate**, (v. 17, n. 1, p. 47 – 66, Jan. 2004.)

Gan, M. A.; Moscati, M. C. L. Estação chuvosa de 2001/2002 na região centro-oeste do Brasil, (**Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 18, n. 2, p. 183-196); (dez. 2003.)

Gan, M. A.; Rao, V. Surface cyclogenesis over south america. **Monthly Weather Review**, v. 119, n. 5, p. 1893-1302, mai. 1991.

Gan, M. A.; Ropelewski, C.; Kousky, V. E. The south america climate aspects. **The scientific assembly of international association of meteorology and atmospheric sciences** – IAMAS. Innsbruck, Austria, SO6.2 – PO2, 2001.

Grimm, A. M.; Ferraz, S. E. T.; Gomes, J. Precipitatin anomalies in southern Brazil associated with El Niño and Lã Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, n. 11, p. 2863-2880, (Nov. 1998.)

Gruber, A.; Krueger, A. F. The status of the NOAA outgoing longwave radiation data set, **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 65, n. 9, p. 958-962, 1984.

Guedes, R. L. **Condições de grande escala associada a sistemas convectivos de mesoescala sobre a região central da América do Sul.** São Paulo. 1985. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Guedes, R. L.; Machado, L.; Silveira, J.; Alves, M.; Waltz, R. Trajetórias dos sistemas convectivos sobre o continente americano. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8., 1994, Belo Horizonte. **Anais... II**, p. 77-80.

Horel, J.; Hahmann, A.; Geisler, J. An investigation of the annual cycle of the convective activity over the tropical Americas. **Journal of Climate**, v. 2, n. 11, p. 1388-1403, (Nov. 1989)

Kalnay, E.; Coauthors, The NCEP/NCAR 40 year reanalysis project. **Bulletin of the American Meteorological Society**; v. 77, n. 3, p. 437-471, (Mar. 1996)

Kodama, Y. M. Large – escale common features of subtropical precipitation zone (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. **Journal Meteorological Society Japan**, v. 70, n. 4, p. 813-836, (Aug. 1992)

Kousky, V. E.; Gan, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical south atlantic. **Tellus**, v.33, n. 6, p. 538-550, 1981.

Kousky, V. E.; Cavalcanti, I. F. A. Eventos oscilação sul – el niño: características, evolução e anomalia de precipitação. **Ciência e Cultura**, v. 36, n. 11, p. 1888-1899, 1984.

Kousky, V. E.; Kagano, M. T.; Cavalcanti, I. F. A. The southern oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies, **Tellus**, v. 36A, n. 5, p. 490-504, 1984.

Kousky, V. E. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, n. 1, p. 217-231, (Jun. 1988)

Kousky, V. E., Ropelewski, C. F. Extremes in the southern oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South American region. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 4, p. 351-363, 1989.

Liebmann, B.; Hartmann, D. L. Annual variations of outgoing IR associated with tropical circulation changes during 1974-1978, **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 39, n. 5, p. 1153-1162, 1982.

Liebmann, B.; Marengo, J.; Glick, J. D.; Kousky, V. E.; Wainer, I. C. and Massambani, O. A comparison of rainfall, outgoing longwave radiation, and divergence over the Amazon basin. **Journal of Climate**, v. 11, n. 11, p. 2898-2908, Nov. 1998.

Lourenço, M. C. M. **Vórtices ciclônicos em altos níveis que atuam no sul da América do sul**. 1996. 77 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1996.

Madden, R.; Julian, P. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal Wind in the tropical Pacific, **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 28, n. 5, p. 702-708, 1971.

Marengo, J.; Liebmann, B.; Kousky, V.; Filizola, N.; Wainer I. On the onset and end of the rainy season in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 4, n. 5, p. 833-852, 2001a.

Marengo, J.; Alves, L. M.; Castro, C. A. C.; Mendes, D. **Informações sobre o início da estação chuvosa nas regiões sudeste, centro-oeste e sul do nordeste, afetadas pela crise de energia**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <http://cptec.inpe.br/~energia/>
Acesso em: (10 mar. 2003.)

Marques, R. F. C. **Bloqueio atmosférico no Hemisfério Sul**. 1996. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1996.

Nimer, E. **Climatologia do Brasil. Superintendência de recursos naturais meio ambiente**, IBGE/SUPREM. Rio de Janeiro, 1979. 422p.

Oliveira, A. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia**. 1986. (INPE-4008-TDL/239). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.

Quadro, M. F. L. **Um estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. (INPE-6341-TDI/593). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

Rao, V. B.; Erdogan, S. The atmospheric heat source over the Bolivian plateau for a mean january. **Boundary-Layer Meteorological**; v. 46, n. 1-2, p. 13-33, (Jan. 1989)

Rao, V. B.; Hada, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the southern oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 42, n. 2, p. 81-91, 1990.

Rao, V. B.; Hada, K. Annual variation of rainfall over Brazil and atmospheric circulation over South America. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. **Anais... VIII**. p. 81-84.

Rao, V. B.; G. V.; Cavalcanti, I. F. A; Hada, K. Annual variations of rainfall over Brazil and water vapor characteristics of south America. **Journal of Geophysical Research**, v. 101, 1996.

Rao, V. B.; Santo, C. E.; Franchito, S. H. **Início da estação seca e chuvosa: São José dos Campos: INPE, 2001. 2 p.**

Disponível em:<<http://www.cptec.inpe.br/energia/saiba/inicio01.shtml>>

Acesso em: 10 mar. 2003.

Rao, V. B., Santo, C. E., Franchito, S. H.: A diagnosis of rainfall over South America during the 1997/98 El Niño event. Part I: Validation of NCEP/NCAR reanalysis rainfall data. **Journal of Climate**, v. 15, n. 5, p. 502-511, 2002

Ropelewski, C. F.; Halpert, M. Global and regional scale precipitation patterns associated with the el niño / southern oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, Aug. 1987

Satyamurty, P.; Mattos, L. F. Climatological lower tropospheric frontogenesis in the midlatitudes due to horizontal deformation and divergence. **Monthly Weather Review**, v. 117, n. 6, p. 1355-1364, Jun. 1989.

Satyamurty, P.; Nobre, C.; Dias, P. S. South América: tropics meteorology of the southern hemisphere. **American Meteorological Society**, v. 27, n. 49, p. 119-139, 1998.

Silva, V. B. S.; Kousky, V. E. Variabilidade de precipitação sobre o Brasil durante o verão de 1999/2000. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, 2000, Rio de Janeiro. **Anais... CD - ROM**. p.3069 – 3073.

Souza, E. B.; Ambrizzi, T. Precipitação climatológica pentadal sobre o Brasil e os mecanismos atmosféricos associados: Resultados preliminares. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais... CD – ROM**. p. 561 – 572.

Velasco, I.; Fritsch, J. M. Mesoscale convective complexes in the Americas. **Journal of Geophysical Research**, v. 92, n. D8, p. 9591-9613, Aug. 1987.

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.