

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS

RODRIGO HENRIQUE MACEDO BRAGA

**Um Estudo Climatológico da Interação Trópicos-Extratrópicos Através do Jato  
de Baixos Níveis**

São Paulo  
2006

RODRIGO HENRIQUE MACEDO BRAGA

**Um Estudo Climatológico da Interação Trópicos-Extratrópicos Através do Jato  
de Baixos Níveis**

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas  
da Universidade de São Paulo para obtenção  
de título de Mestre em Meteorologia.

Área de Concentração: Climatologia Dinâmica.  
Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Maria Assunção Faus da  
Silva Dias

São Paulo

2006

## DEDICATÓRIA

À minha família, aos meus amigos, à minha futura esposa, com todo amor, carinho e gratidão por todo apoio, incentivo e carinho ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos amados Avô Gildo e Tia Marlene (*in memoriam*), incentivadores de minha carreira científica, que mesmo “ausentes” me “acompanharam” em todos os meus desafios.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela minha família, por todos os desafios e por jamais me abandonar e sempre me confortar.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Maria Assunção Faus da Silva Dias, pela confiança demonstrada ao me orientar. Pelas valiosas discussões acerca da pesquisa, por sempre se mostrar solícita, compreensiva, paciente e pragmática em todos os momentos deste trabalho. E principalmente, pela amizade e apoio nos momentos mais difíceis.

Aos Professores do Departamento de Ciências Atmosféricas Dr<sup>o</sup> Ricardo de Camargo, Dr<sup>o</sup> Pedro Dias, Dr<sup>o</sup> Artêmio Fattori, Dr<sup>o</sup> Tércio Ambrizzi, Dr<sup>o</sup> Augusto Filho, Dr<sup>a</sup> Leila Carvalho e Dr<sup>a</sup> Fátima Andrade, que sempre estiveram dispostos a ouvir e discutir qualquer tipo de assunto, os meus sinceros agradecimentos.

Ao Professor Dr<sup>o</sup> Ronaldo Eustáquio, pelo empenho e dedicação na prorrogação do meu prazo de término do mestrado.

Expresso aqui os meus cordiais agradecimentos a todas as Secretárias do IAG, especialmente à Marisa Maiello e à Rosemary Feijó. E também ao secretário Marcel Yoshio Kimura.

Aos Técnicos em Informática do Departamento de Ciências Atmosféricas: Luciana Lemos, Samuel Silva e Fagner Gonçalves.

Aos Professores do Departamento de Meteorologia da UFPa Dr<sup>a</sup> Júlia Cohen, Dr<sup>o</sup> Ricardo Souza e Msc. Paulo Souza, pelo incentivo à carreira científica.

À Assistente Social Ieda Silva em nome do COSEAS, pela moradia e pelas valiosas discussões a respeito da moradia estudantil.

Às minhas queridas Avó Júlia Ferreira e Mãe Antonina Macedo, que mesmo distantes incentivavam e torciam pelo meu sucesso. E ao meu Pai Rubens Braga, por ser quem é e ter demonstrado isso nesses últimos meses.

Às minhas irmãs Juliana, Danielle e Elisângela por tomarem conta da nossa família na minha ausência. Aos meus primos e primas, que desde a infância são “irmãs” e “irmãos” e não sabem: Dilene Moraes, Patrícia Silva, Anderson Silva e Alan Silva.

Aos amigos que conviveram comigo nesse período, foram testemunhas da minha chatice e souberam suportar, pois foram sempre amigos: Ieda Pscheidt, Lena Castro, Adail Sousa, Alexandre Cândido, Jessé Américo e José Edílson.

À querida amiga Fabiana Victória Weykamp, pela amizade, companheirismo, pelos “cafés” diferenciados e pelas inestimáveis conversas sobre todos os assuntos.

À amiga Renata Loureiro, por acreditar em mim e não se deixar levar pela conversa dos outros, por ser, de fato, uma amiga para todas as horas.

Aos meus amigos, os de perto e os de longe, que não deixaram de me incentivar e torcer por mim nessa jornada, não posso deixar de citá-los: Michel Frade, Bruno Lins, Adriano Souza, Hército Silveira, Vanilze Gomes, André Santos, Cimélia Salgado, Ivana Lemos, Kattia Nina, Luciana Gonçalves, Renata Azedo, Joana Kátia, Pedro Loureiro, Danilo Lima, Renata Isoppo, Márcio Fernandes, Gérson Moraes, Welbert de Sousa, Fernando Mikhail e José Ribamar.

Aos colegas e amigos que de alguma forma contribuíram com sugestões, críticas e suporte ao longo do programa de mestrado: Maria Isabel Vitorino, Guilherme Martins, Cláudio Moisés, Kellen Lima, Marcos Longo, Rachel Albrecht, Aline Castro, Demerval Soares, Marcelo Schneider, Pedro Lopes, Leuda Oliveira, Edna Pinto, Ricardo Acosta, Michel Muza, Adriano Sousa, Gyrlene Silva, Taciana Toledo, Valdir Herrmann, André Souza, Anita Drumond, América Espinosa, Marcelo Pinheiro e Róbson Simão.

Aos amigos da Licenciatura em Matemática da UEPA: Vanderson, Fernando, Manoel, Marcos, Marcio e Monique pela amizade, companheirismo e incentivo.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Édson José Paulino da Rocha por ceder a infra-estrutura e o suporte técnico do Laboratório LEMHA-UFPA, que foi imprescindível para o término deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida. E ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Pedro Dias em nome do Projeto MOORE-LBA pela ajuda de custo após o término da bolsa do CNPq.

À Minha Pequena Vanessa B. Gomes, que mesmo de longe fazia eu me sentir amado e importante, por ter me esperado todo esse tempo, ter suportado toda a minha chatice, ter me visitado quando possível, ter me dado todo apoio e carinho nos momentos difíceis deste trabalho.

Agradeço, finalmente, ao IAG/USP pela oportunidade e instalações oferecidas nesse instituto, que é um dos melhores centros de pós-graduação do país.

“Nós, os que escrevemos, temos na palavra humana, escrita ou falada, grande mistério que não quero desvendar com o meu raciocínio que é frio. Tenho que não indagar do mistério para não trair o milagre. Quem escreve ou pinta ou ensina ou dança ou faz cálculos em termos de matemática, faz milagre todos os dias. É uma grande aventura e exige muita coragem e devoção e muita humildade. Meu forte não é a humildade em viver. Mas ao escrever sou fatalmente humilde. Embora com limites. Pois do dia em que eu perder dentro de mim a minha própria importância - tudo estará perdido.”

(Clarice Lispector, in 'Uma Aprendizagem ou o Livro dos Prazeres')

## RESUMO

BRAGA, R. H. M.: **Um Estudo Climatológico da Interação Trópicos-Extratrópicos Através do Jato de Baixos Níveis**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

O Jato de Baixos Níveis (JBN) que flui à leste dos Andes em níveis próximos de 850 hPa é o foco de estudos do projeto SALLJEX/VAMOS/CLIVAR (South American Low Level Jet/ Variability of the American Monsoon System/ Climate Variability Program) por ser um elemento básico do sistema de monção da América do sul que interliga pelo lado atmosférico as Bacias Amazônica e do Prata. Durante o verão de 2002/2003, foi levada a cabo uma campanha de medidas voltadas para identificação das estruturas espaciais e temporais do JBN, que permitiu um detalhamento de sua estrutura dinâmica e termodinâmica nunca antes obtido. Essa campanha ressaltou também alguns casos interessantes que evidenciam a complexidade das interações entre trópicos e extratropicos, entre o escoamento e a topografia acentuada dos Andes e o impacto desses fenômenos na formação de nuvens e chuvas que retro-alimentam o campo dinâmico. Wang e Fu (2002) mostram que há uma correlação entre os ventos de norte na Bacia Amazônica e a precipitação na região Amazônica e nos subtropicos da América do Sul. O presente trabalho é no sentido de caracterizar o impacto da componente de norte do vento na formação de precipitação sobre os Andes e o eventual impacto disso na intensificação do jato de baixos níveis. A análise climatológica foi feita através de reanálises do NCEP, os JBN foram contabilizados por dois critérios diferentes, que caracterizaram cada evento de maneira particular. As anomalias mensais mostraram que as oscilações na região equatorial não têm grande amplitude e que suas variações são pequenas. Os resultados das correlações corroboraram com aquilo que é esperado segundo a hipótese dinâmica discutida e o estudo da ocorrência de um episódio de JBN a leste dos Andes mostrou que o mesmo foi caracterizado pelas reanálises do NCEP, entretanto a magnitude do vento foi subestimada, enquanto o aquecimento diabático mostrou-se melhor caracterizado no nível de 500hPa nos dias de JBN intensos (20 e 21/01).

Palavras-chave: Jato de Baixos Níveis, Vento e Aquecimento Diabático.



## ABSTRACT

BRAGA, R. H. M.: **A Climatology Study of interactions Trópicos-Extratrópicos Through of the Low-Level Jets**. 2006. 84 f. M.Sc. Dissertation – Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences, University of São Paulo, São Paulo, 2006.

The Low-Levels jets (LLJ) that flows to east of Andes in levels next to 850 hPa is the focus of studies of this project SALLJEX/VAMOS/CLIVAR (South American Low Level Variability Jet of the American Monsoon System/Climate Variability Program) for being a basic element of the system monsoon of South America that establishes connection for the atmospheric side the Amazon Basin and the La Plata Basin. During the summer of 2002/2003, it was carried out a campaign of measures directed to identification of the space and secular structures of LLJ that allowed a detailing of its dynamic structure and thermodynamic structure never before obtained. This campaign also stood out some interesting cases that evidence the complexity of the interactions between tropics and extratropics, between draining and the accentuated topography of Andes and the impact of these phenomena in the formation of clouds and rains that backward-feed the dynamic field. Wang and Fu (2002) they show that there is a correlation among the north winds in the Amazonian Basin and the precipitation in the Amazon region and the subtropics of the South America. The present work is in the sense of characterizing the impact of the component north wind in the precipitation formation on Andes and the eventual impact of this in the intensification of Low Levels jets. The climatology analysis which was made from analysis of NCEP, the LLJ had been entered by two different approaches that characterized each event in a private way. The monthly anomalies had showed that the oscillations in the equatorial area don't have great amplitude and its variations are small. The result of the correlations corroborated with that was waited according to the discussed dynamic hypothesis and study of occurrence episode of LLJ the east of Andes showed the same it was characterized from analysis of the NCEP, however the magnitude of the wind was underestimated, while the diabatic heating was best characterized in the level of 500 hPa in the days of intense LLJ (20 and 21/01).

Keywords: Low-Level Jet. Wind and Diabatic Heating

## LISTA DE FÍGURAS

FÍGURA	PÁGINA
FÍG. 01: Diagrama esquemático dos elementos relevantes de um intenso transporte de umidade e calor através do JBN desde a Amazônia até a região de formação dos CCM's no sul do Brasil, norte da Argentina, Paraguai e Uruguai.	03
FÍG. 02: Diagrama conceitual dos diferentes caminhos do fluxo de umidade documentado para os padrões bimodal de ZCAS e NZCAS que ocorreram durante a campanha WETAMC-TRMM/LBA.	08
FÍG. 03: Regiões de ocorrência ou suspeita de ocorrência de JBN com regularidade (hachurada), áreas de formação de CCM's (caixas em aberto) e os quadrados representam regiões onde houve registro de JBN.	11
FÍG. 04: Esquematização do Critério 1 de Bonner.	17
FÍG. 05: Esquematização do Critério de Sugahara.	18
FÍG. 06: Localização das “caixas” na região tropical e subtropical. A caixa STC representa a caixa mais próxima da cidade Boliviana de Santa cruz. ADB é a caixa para análise do aquecimento diabático. E a caixa BLM, centrada na cidade de Belém, é representativa da penetração do alísios de NE.	20
FÍG. 07: Esquema das séries de 48 horas utilizadas para correlação antes do evento de JBN.	21
FÍG. 08 Climatologia mensal do vento horizontal e isotacas no nível de 200hPa para os 24 anos estudados.	23
FÍG. 09: Climatologia mensal do vento horizontal e isotacas no nível de 850hPa para os 24 anos estudados.	26
FÍG. 10: Climatologia média mensal da componente meridional do vento em 850hPa para os 24 anos estudados.	28
FÍG. 11: Séries temporais médias (diária, mensal e anual) da componente meridional do vento em 850hPa nas caixas BEL (a) e STC (c).	31
FÍG. 12: Anomalia média mensal da componente meridional do vento em 850hPa nas caixas BEL (a) e STC (c).	32
FÍG. 13: Distribuição Anual e Mensal do número de casos de JBN na cidade de Santa Cruz para os métodos de Bonner (a) e Sugahara (b),	33

respectivamente.

FÍG. 14:	Distribuição anual horária do número de casos de JBN na cidade de Santa Cruz para os métodos de Bonner e Sugahara, respectivamente.	35
FÍG. 15:	Distribuição mensal horária do número de casos de JBN na cidade de Santa Cruz para os métodos de Bonner e Sugahara, respectivamente.	36
FÍG. 16:	Percentual da distribuição de casos de JBN por estações do ano e por horários pelos critérios de Bonner (a) e Sugahara (b).	37
FÍG. 17:	Ciclo de maior incidência de casos de JBN por estações do ano através do critério de Bonner.	38
FÍG. 18:	Ciclo de maior incidência de casos de JBN por estações do ano através do critério de Sugahara.	39
FÍG. 19:	Correlações sazonais da componente zonal com a componente meridional do vento.	41
FÍG. 20:	Correlações sazonais da componente zonal com a velocidade vertical $\omega$ (omega).	42
FÍG. 21:	Correlações sazonais da componente zonal com o aquecimento diabático (J/Cp) em 700hPa.	44
FÍG. 22:	Correlações sazonais da componente zonal com o aquecimento diabático (J/Cp) em 500hPa.	45
FÍG. 23:	Correlações sazonais da componente meridional com a componente meridional do vento.	46
FÍG. 24:	Correlações sazonais da componente meridional com a velocidade vertical $\omega$ (omega).	47
FÍG. 25:	Correlações sazonais da componente meridional com o aquecimento diabático (J/Cp) em 700hPa.	49
FÍG. 26:	Correlações sazonais da componente meridional com o aquecimento diabático (J/Cp) em 500hPa.	50
FÍG. 27:	Seqüência de imagens do satélite GOES-8 no canal infravermelho no período de 19 a 22/01 no horário próximo as 00 e 12UTC, exceto para o dia 22/01 que apresenta os horários das 06 e 18UTC.	52
FÍG. 28:	Perfil vertical da componente zonal do vento em Santa Cruz no período de 18/19 de Janeiro (a) e 20/21 de janeiro nos horários das 06 e 18UTC. Linha Azul – 06UTC, Linha Verde – 18UTC; 19/01 –	54

Linha Vermelha – 06UTC, Linha Turquesa – 18UTC.

- FÍG. 29: Perfil vertical da componente meridional do vento em Santa Cruz no período de 18/19 de Janeiro (a) e 20/21 de janeiro nos horários das 06 e 18UTC. Linha Azul – 06UTC, Linha Verde – 18UTC; 19/01 – Linha Vermelha – 06UTC, Linha Turquesa – 18UTC 54
- FÍG. 30: Comportamento da circulação em baixos níveis (850hPa) mostrando a magnitude do vento e isotácas nos dias 20 (a, b, c e d) e 21/01 (e, f, g e h) nos horários das 00, 06, 12 e 18UTC. 55
- FÍG. 31: Comportamento do Aquecimento diabático no nível de 500hPa nos dias 20 (a, b, c e d) e 21/01 (e, f, g e h) nos horários das 00, 06, 12 e 18UTC. 57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	Alta da Bolívia
AS	América do Sul
ABLE-2B	Amazon Boundary Layer Expedition 2B
BLM	Caixa centrada em Belém
CCM's	Complexos Convectivos de Mesoescala
CLIVAR	Climate Variability Program
DAO	Data Assimilation Office
DJF	Dezembro, Janeiro e Fevereiro
ECMWF	European Center for Medium range Weather Forecasting
ET	Evapotranspiração
EUA	Estados Unidos da América
GOES-8	Geostationary Operational Environmental Satellite 8
GTE	Global Tropospheric Experiment
hPa	hectoPascals
JBN	Jato de Baixos Níveis
JJA	Junho, Julho e Agosto
Km	Quilômetros
MAM	Março, Abril e Maio
m/s	Metros por segundo
°K/dia	Graus Kelvin por dia
LBA	Large Scale Biosphere-Atmosphere
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
N	Norte
NE	Nordeste
NEB	Nordeste Brasileiro
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NW	Noroeste
NZCAS	Não Zona de Convergência do Atlântico Sul
S	Sul
SALLJEX	South American Low Level Jet

SCM	Sistemas Convectivos de Mesoescala
SE	Sudeste
SO	Sudoeste
SON	Setembro, Outubro e Novembro
STC	Caixa centrada em Santa Cruz
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
VAMOS	Variability of the American Monsoon System
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
WETAMC	Wet season Atmospheric Mesoscale Campaign
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Inter-Tropical

## LISTA DE SIMBOLOS

$\partial T$	Varição local da Temperatura
$\partial t$	Varição local
$V_h$	Vento Horizontal
$\nabla T$	Gradiente de Temperatura
$C_p$	Calor específico a pressão constante
$\alpha$	Volume específico
$\partial p$	Varição local de pressão
$\omega$	Velocidade vertical omega
$\dot{J}$	Resíduo
$R_a$	Constante Universal dos Gases
$T$	Temperatura
$p$	Pressão
$e$	Pressão de vapor d'água
$r$	Coefficiente de correlação
$s_{xy}$	Desvio padrão das variáveis x e y
$s_x$	Desvio padrão da variável x
$s_y$	Desvio padrão da variável y
$\sum_{i=1}^n$	Somatório de i igual a 1 até n
$\bar{x}$	Média da variável x
$\bar{y}$	Média da variável y

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	05
2.1. ATUAÇÃO DO JBN PELO GLOBO	11
2.2. ATUAÇÃO DO JBN NA AMÉRICA DOS UL	12
3. DADOS E METODOLOGIA	15
3.1 DADOS	15
3.2 METODOLOGIA	16
3.2.1. Critério de Bonner	16
3.2.2. Critério de Sugahara	17
3.2.3. Aquecimento Diabático	18
3.2.4. Correlações	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
4.1. CLIMATOLOGIA	22
4.2. CASOS DE JBN	33
4.3. CORRELAÇÕES	40
4.5. ESTUDO DE CASO	51
5. CONCLUSÕES	59
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63



## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUÇÃO**

O avanço da ciência em questões ambientais tem discutido o quanto as mudanças no uso do solo, o desmatamento, a perda da biodiversidade e as demais ações antrópicas - cujo objetivo é o desenvolvimento - são fatores que podem ou não provocar mudanças no tempo e no clima de uma região. No Brasil, a região Amazônica é alvo central dessa discussão, uma vez que a mesma encontra-se inserida nos principais aspectos da sociedade brasileira como na economia (geração de energia, minérios, madeira e etc.), na saúde (plantas medicinais e água potável) e agricultura (apesar do solo “pobre” o avanço da fronteira agrícola com o cultivo de soja é crescente).

Além dos aspectos sócio-econômicos, deve-se salientar a grande importância da Amazônia como fonte de umidade nas interações trópicos-extratrópicos. A América do Sul é uma das mais importantes regiões no Hemisfério Sul onde ocorre o

transporte de umidade entre trópicos e extratropicos (Newell, 1973; Newell et. al., 1992).

Localizada na região tropical da América do Sul (a partir daqui AS), a região Amazônica é uma grande fonte de calor (energia) para a atmosfera. Essa fonte de aquecimento é do tipo diabática e é gerada pela intensa atividade convectiva. Além disso, a Amazônia tem relações com o clima nas demais regiões do Brasil. Um importante sistema que atua de forma a transportar a umidade Amazônica para a região sul/sudeste do Brasil é o jato de baixos níveis que flui a leste dos Andes (daqui em diante denominado JBN).

O JBN é um escoamento de ar com um máximo espacial, tanto da direção transversal ao escoamento como na direção vertical, cuja magnitude é bastante elevada dentro dos primeiros 2 Km da baixa troposfera. Este sistema ocorre principalmente a leste de regiões com alta topografia (Paegle, 1998). A cordilheira dos Andes atua como um divisor geográfico dos ventos provenientes das altas subtropicais do pacífico sul e atlântico sul. Os ventos alíseos, que sopram de NE sobre parte das regiões Norte e Nordeste do Brasil (a partir daqui NEB), tornam-se de N/NO ao atingirem a barreira dos Andes.

O JBN é bastante importante para os transportes horizontais e verticais de calor e umidade, podendo estar associado ao desenvolvimento e evolução da convecção profunda na região em que atua. Conseqüentemente, o JBN é de fundamental importância para a compreensão do clima regional. Na AS, devido a sua localização, o JBN é o principal sistema que age de maneira a transportar o ar

quente e úmido das latitudes tropicais para as extratropicais. Fazendo assim a interligação, pelo lado atmosférico, entre as bacias Amazônica e do Prata/Paraná. A Figura 01, adaptada de Marengo et al. (2004), apresenta o diagrama esquemático dos elementos relevantes do JBN na AS.

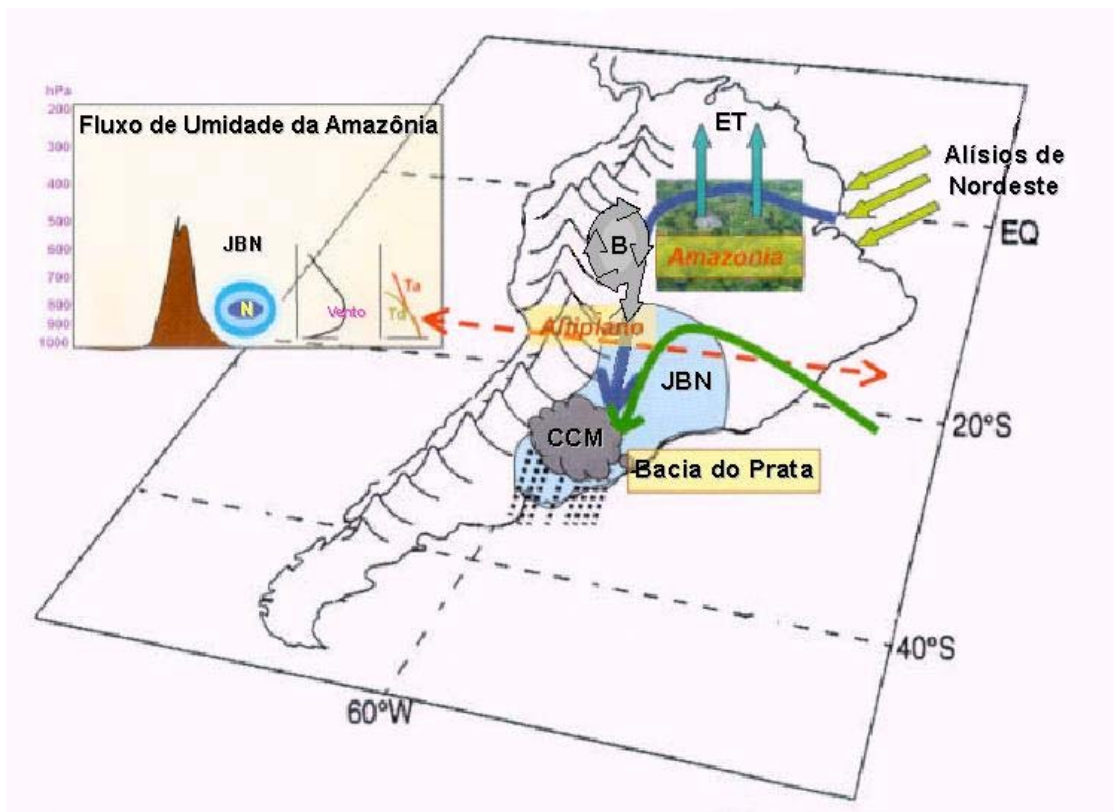


Figura 01: Diagrama esquemático dos elementos relevantes de um intenso transporte de umidade e calor através do JBN desde a Amazônia até a região de formação dos CCM's no sul do Brasil, norte da Argentina, Paraguai e Uruguai. Adaptado de Marengo et al. (2004).

Através do projeto SALLJEX/VAMOS/CLIVAR (South American Low Level Jet/ Variability of the American Monsoon System/ Climate Variability Program) foi realizada uma campanha para identificação das estruturas espaciais e temporais dos JBN. Durante a campanha alguns casos interessantes evidenciaram:

- a complexidade das interações trópicos e extratropicais;

- a complexidade das interações entre o escoamento e a topografia acentuada dos Andes;
- o impacto dos fenômenos na formação de nuvens e chuvas que retroalimentam o campo dinâmico.

Wang e Fu (2002) mostram que há uma correlação entre os ventos de norte na Bacia Amazônica e a precipitação na região Amazônica e nos subtrópicos da América do Sul. No caso em questão é evidente a entrada de um pulso mais forte de ar de norte na região equatorial. No entanto o foco do presente trabalho será no sentido de caracterizar o impacto dessa componente de norte na formação de precipitação sobre os Andes e o eventual impacto disso na intensificação do jato de baixos níveis.

A estrutura deste trabalho é a seguinte: a revisão bibliográfica é apresentada no capítulo 2; a metodologia no capítulo 3; no capítulo 4 são apresentados os resultados e no capítulo 5 as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

Virji (1981), usando dados de ventos estimados por satélite, descreveu a circulação da atmosfera tropical e subtropical para a estação de verão com um conjunto de dados de 1975-77. Em baixos níveis, o autor observou um fluxo de norte a leste dos Andes em 10°S 65°W com magnitude de 10 m/s com direção de NO, que transportaria umidade da região tropical para a região subtropical. Este estudo permitiu uma avaliação do movimento ascendente sobre a maior parte da região amazônica e apresenta evidência da existência de movimentos subsidentes sobre o NEB.

James e Anderson (1984) discutiram o campo médio sazonal do vento em 850hPa usando um ano de análises do vento de ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecasting), notaram que o fluxo de norte é pronunciado e persiste durante todo o ano sobre o sul do Brasil.

Silva Dias et al. (1988), usando dados de radiossondagens do experimento GTE/ABLE-2B (Global Tropospheric Experiment Amazon Boundary Layer Expedition 2B), mostraram que a variação diurna do escoamento troposférico na região amazônica é bem profunda na vertical e que há indícios de inversão da direção da componente meridional do vento no extremo oeste da bacia amazônica durante o ciclo diurno.

Maddox (1983), ao analisar as condições meteorológicas associadas a formação de complexos convectivos de mesoescala (CCM's) nos EUA, verificou a presença de um jato troposférico de baixos níveis de sul que adveceta ar quente e úmido em 850 hPa acoplado a um jato de nível superior. Nesse estudo a fonte de calor e umidade é o golfo do México. No caso do JBN da AS, a fonte de calor e umidade é terrestre: a Floresta Amazônica (Nogués-Paegle e Mo, 1997).

Guedes e Silva Dias (1984) encontraram que, para 14 casos estudados de CCM's, a advecção de calor e umidade por um jato de norte em 850 hPa associado à existência de um jato de oeste em altos níveis em 250 hPa, têm grande importância no processo formação dos CCM. A região de saída do JBN no Paraguai, norte da Argentina e sul do Brasil é caracterizada por ser uma região de formação de sistemas convectivos de mesoescala (a partir daqui SCM) evidenciando a sua importância na AS (Velasco e Fritsch, 1987). Aspectos dinâmicos dos CCM para a AS podem ser verificados em Silva Dias (1987) e uma descrição detalhada sobre o assunto em Houze Jr. (2004).

Ibañez (1995) mostra que os jatos nos Andes apresentam direção de N do lado oriental (leste) e de S no lado ocidental (oeste). O jato de N observado pelo autor descreve as mais importantes contribuições para o sul da AS: aporte de umidade ao longo da encosta leste dos Andes. Este jato também sofre significativa variação diurna apresentando-se com maior intensidade no período noturno quando se encontra bem próximo da encosta. No período diurno mantém-se a componente de norte, mas a mesma é mais espalhada na vertical e para leste em função dos processos de difusão turbulenta de calor que são muito mais eficientes neste período do dia.

Seluchi e Marengo (2000) mostram que o transporte de umidade entre os trópicos e os extratropicos é bastante intenso no hemisfério sul devido aos Andes. Esse transporte ocorre em duas regiões preferenciais: (i) Nas latitudes tropicais entre 20° e 30°S perto das montanhas dos Andes e (ii) associado ao estabelecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (a partir daqui ZCAS). Os autores observaram que a variabilidade do transporte meridional é maior do lado oriental devido à barreira da montanha, que favorece a atividade baroclínica e permite uma troca ativa de massas de ar em ambos os sentidos, principalmente no inverno. Durante o verão, as regiões do Chaco recebem massas de ar tropicais favorecidas pela radiação líquida positiva e pela intensa atividade convectiva, que é alimentada pela umidade das regiões tropicais. No inverno, a penetração de ar tropical para latitudes mais altas é esporádica.

Herdies et al. (2002), fazendo uso dos dados obtidos no experimento de campo WETAMC/LBA (Wet season Atmospheric Mesoscale Campaign / Large Scale

Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia) e análises do DAO (Data Assimilation Office) da NASA (National Aeronautics and Space Administration), identificou dois padrões distintos na circulação de verão sobre a América do Sul. Um padrão é associado à ocorrência da ZCAS e o outro é associado à ausência de ZCAS. Os resultados encontrados pelo autor mostram que o transporte de umidade se dá por dois caminhos principais, um associado a presença da ZCAS e o outro associado ao JBN a leste dos Andes. A Figura 02 mostra o diagrama com os regimes encontrados por Herdies et al. (2002) durante a campanha do WETAMC-TRMM/LBA.

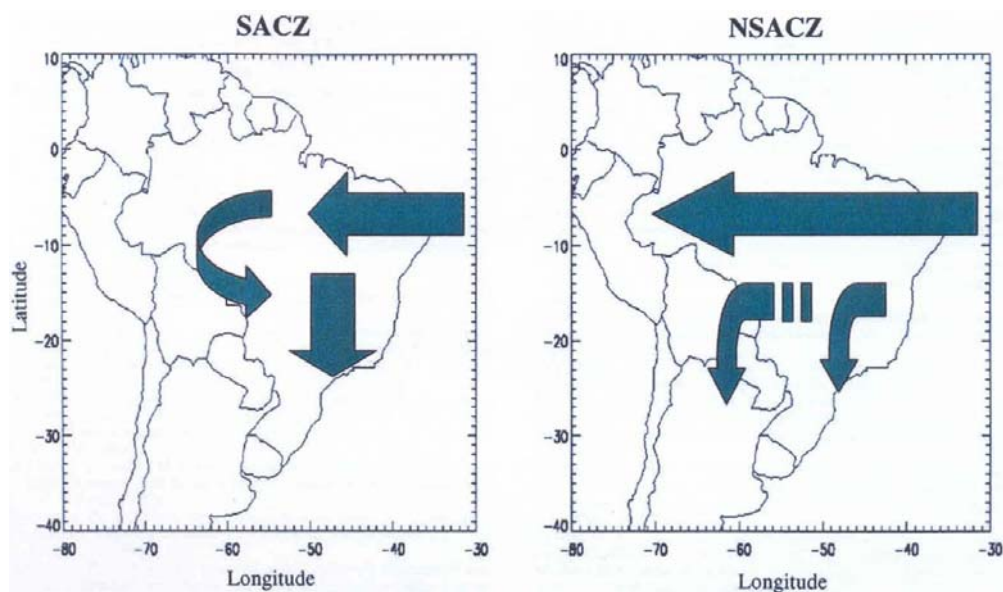


Figura 02: Diagrama conceitual dos diferentes caminhos do fluxo de umidade documentado para os padrões bimodal de ZCAS e NZCAS que ocorreram durante a campanha WETAMC-TRMM/LBA. Fonte: Herdies (2002).

A importância das forçantes diabáticas sobre a circulação tropical já foram citadas por diversos autores (Manabe e Smagorinsky, 1967; Gill, 1980; Nobre, 1983; Gandu e Geisler, 1992; Zhang e Krisnamurti, 1996). Em resumo, grande parte da circulação tropical observada está associada com a liberação de calor latente nesta área.



Wang e Fu (2002), utilizando dados do ECMWF, desenvolveram o *Índice V* baseado na componente meridional do vento nas proximidades da costa norte da América do Sul. De acordo com esse índice dois regimes de circulação foram identificados. O primeiro é quando o índice é de sul, a precipitação fica situada ao norte do equador. O segundo é quando o índice é de norte, a precipitação desloca-se para a região Amazônica e América do Sul subtropical. Assim, o *Índice V* é predominantemente de sul durante a estação seca da Amazônia e de norte durante a estação chuvosa.

Marengo e Soares (2002) mostram que as reanálises do NCEP (National Centers for Environmental Prediction) reproduzem as principais características básicas dos JBN como o fluxo de umidade vindo de norte a leste dos Andes e com a maior frequência entre os meses de dezembro a fevereiro.

Marengo et al. (2004) fizeram um estudo climatológico do JBN na AS a leste dos Andes utilizando 50 anos de dados de reanálises do NCEP. Para a contagem dos casos de JBN os autores utilizaram o *critério 1* de Bonner. Durante o verão foi identificado o transporte de umidade em níveis baixos. O ciclo diurno mostra que o jato é mais frequente e intenso no horário das 06 e 12UTC para o verão e 00 e 06UTC para o inverno. Salientaram que não se pode afirmar com grande certeza a relação entre eventos de El Niño com números de casos/intensidades do JBN. Porém, no EL Niño de 97/98, registraram eventos intensos de JBN em maior número que aqueles registrados na La Niña de 99 tanto em observações de ar superior e reanálises como de modelagem.

Saulo et al. (2000), com o intuito de descrever flutuações diurnas, características secundárias e subsinóticas do JBN, utilizaram o modelo regional ETA com ênfase à detecção e caracterização do JBN a leste dos Andes durante o verão de 97/98. O modelo conseguiu caracterizar a escala, estrutura e intensidade do JBN e identificou o transporte de umidade da bacia Amazônica para as latitudes subtropicais.

Berbery e Collini (2000), usando o mesmo modelo de Saulo et al. (2000), reproduziram de maneira satisfatória o JBN à leste dos Andes com o ciclo diurno mostrando o máximo de intensidade à noite, favorecendo a convergência de umidade, ascensão do ar e conseqüente precipitação na região S/SE da AS. Esses resultados são consistentes com estudos observacionais realizados anteriormente para a região (Garreaud e Wallace, 1997).

Lau e Zhou (2002) descreveram a circulação de verão e as anomalias de precipitação da AS para os verões (dezembro, janeiro e fevereiro) de 97/98 (El Niño) e 98/99 (La Niña). Os sinais mais pronunciados de precipitação no verão de 97/98 incluem (i) excessiva precipitação no norte do Peru e Equador, (ii) deficiência de precipitação na região norte e central do Brasil e (iii) precipitação acima do normal nas regiões sul e sudeste da AS. O JBN pode ser um importante regulador da variabilidade da precipitação nos subtropicais da AS através do transporte de umidade da Amazônia.

Wang e Fu (2004), utilizando o mesmo conjunto de dados de Wang e Fu (2002), observaram variações em escala sazonal e sinótica do JBN a leste dos

Andes. As análises mostraram grandes relações entre casos de JBN com a precipitação sobre a AS e a intensidade da ZCAS.

## 2.1. ATUAÇÃO DO JBN PELO GLOBO:

São várias as referências na literatura especializada sobre a ocorrência de JBN pelo mundo. Para uma melhor compreensão, a Figura 03 mostra as diversas regiões de atuação do JBN.

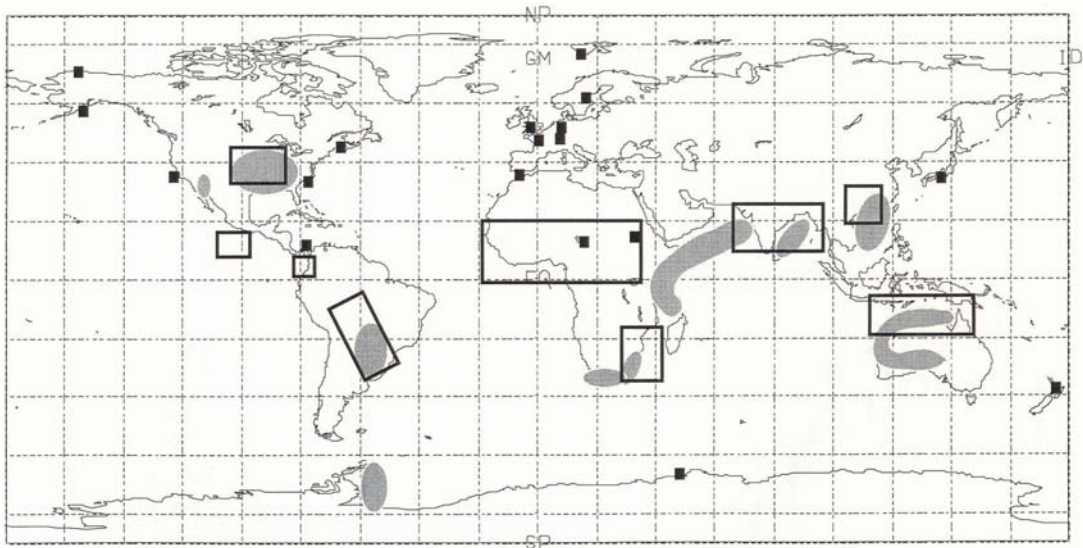


Figura 03: Regiões de ocorrência ou suspeita de ocorrência de JBN com regularidade (hachurada), áreas de formação de CCM's (caixas em aberto) e os quadrados representam regiões onde houve registro de JBN. Adaptado de Stensrud (1996).

Stensrud (1996) destaca que, apesar de ocorrerem em todos os continentes, a maior frequência ou suspeita de ocorrência de JBN é na América do Norte (Douglas, 1993) possivelmente devido a sua extensa “rede” de coleta de dados de ar superior. As outras regiões em que há a documentação de episódios de JBN são a África (Jury e Tosen, 1989), Austrália (Keenan et al., 1989), Ásia (Tao e Chen,

1987), Antártida (Chiba e Kobayashi, 1986) e a de maior interesse nesse trabalho: a América do Sul (Virji, 1981). Uma característica comum a essas regiões está na localização do JBN, estes têm ocorrência maior à leste de regiões elevadas como montanhas ou quando há gradientes de temperatura entre o oceano e o continente. Nas latitudes médias, os JBN têm maior frequência durante os meses de verão.

## 2.2. ATUAÇÃO DO JBN NA AMÉRICA DO SUL:

Vários estudos observacionais e de modelagem foram realizados a fim de investigar as características do JBN a leste dos Andes (Sugahara et al., 1994; Paegle, 1998; Douglas et al., 1998; Seluchi e Marengo, 2000). Marengo e Soares (2002) aplicando o *critério 1 de Bonner* para uma pequena série de dados de reanálises do NCEP em Santa Cruz na Bolívia identificaram eventos de JBN durante todo o ano com uma predileção para estação de verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Embora haja casos bem intensos como os estudados por Sias (2003) que ocorreu durante o inverno e o de Marengo e Soares (2002) que ocorreu durante o outono.

Segundo Vera (2002) alguns aspectos da caracterização e da variabilidade do JBN podem ser assim descritos: (i) o jato a leste dos Andes é modulado pela barreira orográfica que bloqueia e canaliza a circulação dos ventos alíseos vindos do N/NE da AS, passando pela região amazônica e por circulações ciclônicas na baixa troposfera, tanto no verão como no inverno. (ii) Segundo estudos numéricos, os jatos mais intensos de sul estão associados às perturbações ciclônicas que ocorrem

durante a propagação de trens de ondas baroclínicas na alta troposfera. (iii) Modelos regionais mostram que o jato de norte se origina em torno de 18°S e estende-se até 30°S quando é muito intenso. (iv) Eventos de jato na região do Chaco, observados em reanálises, indicam períodos típicos entre 1 e 5 dias estendendo-se até a 10 dias. (v) Critérios como os de Bonner precisam ser revistos para a AS.

Ainda de acordo a autora, a relação entre o JBN e o desenvolvimento de precipitação tem alguns aspectos tais como: (i) Os SCM da América do Norte e do Sul parecem ser mantidos por advecção de ar tropical, potencialmente quente e úmido, via transporte pelo JBN existente nas regiões.(ii) O ciclo diurno do JBN observado mostra um máximo noturno consistente com a atividade noturna dos SCM. (iii) Análises sugerem que 45% da precipitação do verão austral sobre a bacia do Prata podem ser explicadas pela ocorrência de eventos de JBN. (iv) As discussões relacionadas à intensificação do JBN e ausência de ZCAS e vice-versa, mostram que essa relação causa impacto significativo na precipitação da AS. (v) Diferenças no padrão de circulação entre as estações de chuva e de seca influenciam diretamente na intensidade e na direção do JBN.

Em função dos trabalhos existentes na literatura, aqui será focado especificamente:

- caracterização climatológica do JBN segundo os diversos critérios existentes;
- a climatologia mensal de ocorrência dos JBN segundo os diferentes critérios;

- a relação entre o JBN e os ventos na costa norte do Brasil;
- a relação entre os ventos na costa norte do Brasil, a ocorrência de JBN e a convecção na AS.
- um estudo de caso.

A metodologia de análise é descrita no próximo capítulo.

## CAPÍTULO III

### 3. DADOS E METODOLOGIA

#### 3.1. DADOS

Os dados que estão sendo utilizados nessa pesquisa são:

- Reanálises do NCEP com resolução de  $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$  de latitude-longitude nos horários das 00, 06, 12 e 18UTC no período de 1980 a 2003. Um maior detalhamento dos dados das reanálises do NCEP pode ser visto em Kalnay et al., 1996.
- Imagens do satélite GOES-8 no canal infra-vermelho.
- Radiossondagens atmosféricas realizadas em Santa Cruz na Bolívia no verão de 2002/2003 durante o experimento de campo do SALJJEX nos horários das 06 e 18UTC.

A campanha de coleta de dados do SALLJEX se deu entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003 em diversos sítios experimentais, contou com a participação de diversos países da AS (Peru, Bolívia, Paraguai, Argentina e Brasil) e Estados Unidos cujo objetivo principal foi a investigação da ocorrência de eventos de JBN. Coletou-se dados de estações meteorológicas, de radiossondagens e até mesmo foram feitos vôos com o avião P-3 da NOAA em eventos específicos de JBN.

### 3.2. METODOLOGIA:

Para destacar a diferença entre um escoamento qualquer e um JBN é necessário aplicar algum tipo de critério para análise. Por essa razão optou-se por utilizar as propostas comumente aplicadas no estudo de JBN na AS: Bonner (1968) e Sugahara et al (1994).

#### 3.2.1. Critério de Bonner:

Bonner (1968), num trabalho climatológico sobre a ocorrência de JBN nos EUA, estabeleceu 3 critérios para identificação de JBN:

- *Critério 1:* Estabelece que a magnitude máxima do vento é de, no mínimo, 12 m/s abaixo de 1,5 Km de altura (~850 hPa) e que diminui de, no mínimo, 6 m/s até a altura de 3 Km (entre 850 e 700 hPa).
- *Critério 2:* Estabelece que a magnitude máxima do vento é de, no mínimo, 16 m/s abaixo de 1,5 Km de altura (~850 hPa) e que diminui de, no mínimo, 8 m/s até a altura de 3Km (entre 850 e 700 hPa).



- *Critério 3*: Estabelece que a magnitude máxima do vento é de, no mínimo, 20 m/s abaixo de 1,5 Km de altura (~850 hPa) e que diminui de, no mínimo, 10 m/s até a altura de 3 Km (entre 850 e 700 hPa).

O autor ainda estabelece o *Critério 0*, que é o da não-consideração dos dados de vento nos primeiros 1,5 Km acima da superfície. Este último critério é similar àqueles usado por Blackadar (1957). Ou seja, não são levados em consideração os valores do vento nos primeiros 1,5 Km acima da superfície. A Figura 04 esquematiza o *critério 1 de Bonner*, critério adotado para contagem de casos nessa pesquisa

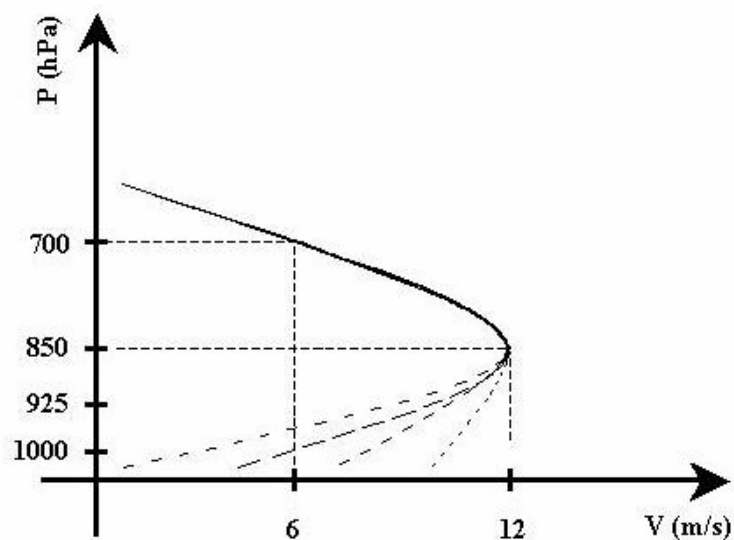


Figura 04: Esquematização do *Critério 1 de Bonner*.

### 3.2.2. Critério de Sugahara:

Sugahara et al. (1994) e Sugahara e Rocha (1996) estabeleceram um critério para identificação do JBN na América do sul. Esse critério tinha as seguintes características na camada entre os níveis de 1000 e 700 hPa:

- Máxima intensidade da componente meridional ( $v$ ) do vento de norte em 850 hPa, com intensidade maior que 8m/s.
- Intensidade do cisalhamento vertical de no mínimo 1m/s a cada 150 hPa entre 1000 hPa e 850 hPa e 2 m/s a cada 150hPa entre 850 hPa e 700 hPa.

A Figura 05 apresenta a esquematização do *Critério de Sugahara*, segundo critério adotado na pesquisa.

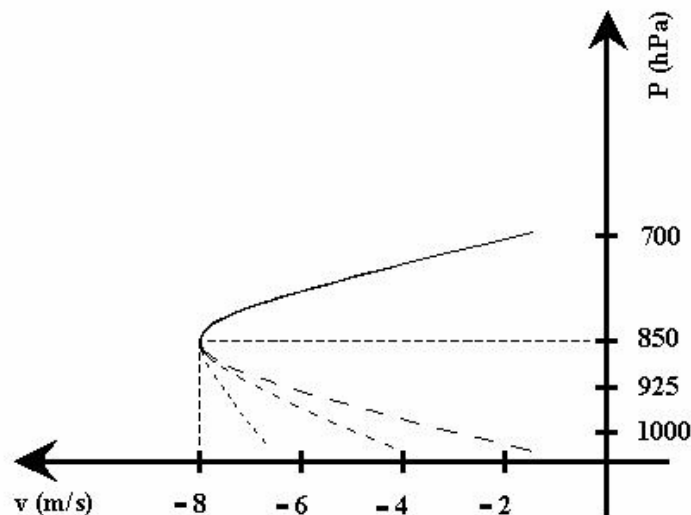


Figura 05: Esquematização do *Critério de Sugahara*.

### 3.2.3. Aquecimento Diabático:

Segundo Silva Dias (1998), o aquecimento diabático tem características associadas ao tipo de situação que o gerou. Numa região seca, a superfície é fonte de calor sensível e os máximos diabáticos localizam-se próximos da superfície. Quando essa fonte diabática se localiza na média ou alta troposfera, está associada à liberação de calor latente associada à convecção rasa ou profunda, dependendo do nível em que se encontra.

O cálculo do aquecimento diabático para o estudo de caso, estudo climatológico e para indicativo de convecção na região Andina será obtido como resíduo da equação da energia termodinâmica:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + V_h \cdot \nabla T - \left( \frac{\alpha}{c_p} - \frac{\partial T}{\partial p} \right) \omega = \frac{J}{c_p}$$

Onde:

$$\alpha = \frac{R_a T}{p - (1 - \varepsilon) e}$$

- $\frac{\partial T}{\partial t}$  – Tendência de temperatura (variação local).
- $V_h \cdot \nabla T$  – Advecção de temperatura pelo vento horizontal.
- $\left( \frac{\alpha}{c_p} - \frac{\partial T}{\partial p} \right) \omega$  – Advecção de temperatura pela velocidade vertical  $\omega$  (omega).
- $\frac{J}{c_p}$  – Aquecimento diabático associado à liberação de calor latente, trocas de calor sensível e a processos radioativos.

#### 3.2.4. Correlações:

As correlações entre o pulso de norte na região equatorial e a intensificação do JBN foram feitas através de séries em “caixas”, num determinado nível, cuja análise buscou algum tipo de relação entre as mesmas. As “caixas” possuem 3 pontos, ou seja de 5°x5°. A variável da caixa de BLM foi correlacionada com a

variável da caixa de STC juntamente com todos os outros pontos da grade utilizada. Foram analisadas as 48 horas anteriores aos eventos de JBN determinados pelo critério que melhor se adequou à pesquisa.

A intenção de analisar apenas as 48 horas antes dos eventos é devido ao fato de se poder avaliar qual a real correlação que existe entre a entrada de ar na região equatorial e a intensificação dos eventos de JBN. Procurou-se separar a influência de eventos anteriores de JBN nas 48 horas analisadas. Ou seja, optou-se por investigar apenas aqueles casos em que dentro das 48 horas anteriores aos eventos selecionados não houve nenhum caso de JBN identificado pelo critério adotado. A Figura 06 mostra a localização das “caixas” enquanto a Figura 07 apresenta um esquema do modo que se deu a correlação nas 48 horas anteriores aos eventos selecionados.

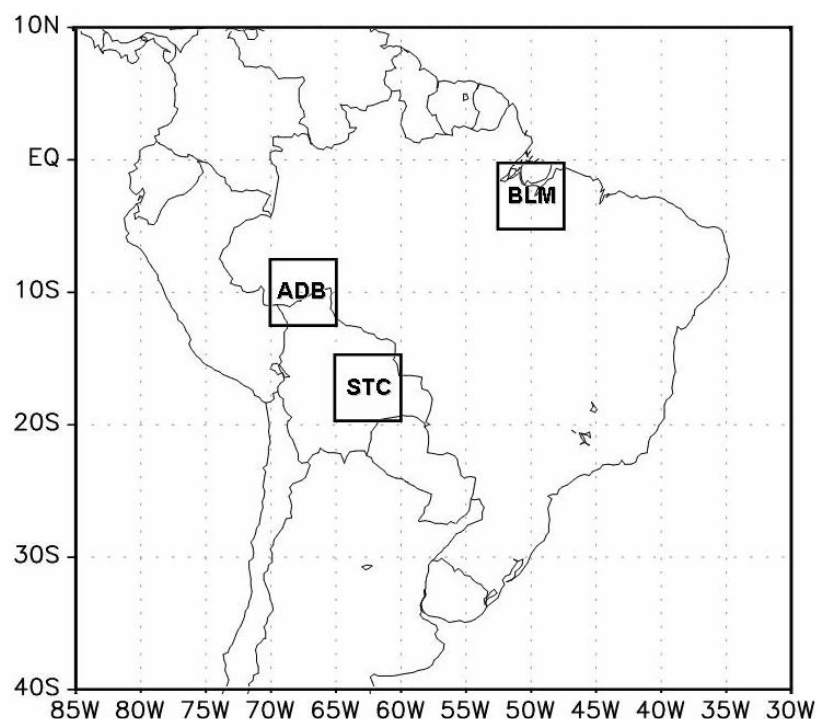


Figura 06: Localização das “caixas” na região tropical e subtropical. A caixa STC representa a caixa mais próxima da cidade Boliviana de Santa cruz. ADB é a caixa para análise do aquecimento diabático. E a caixa BLM, centrada na cidade de Belém, é representativa da penetração dos alísios de NE.



Figura 07: Esquema das séries de 48 horas utilizadas para correlação antes do evento de JBN.

Para obter a medida do grau de associação da relação entre séries das duas variáveis das “caixas” foi usado o coeficiente de correlação de Pearson de acordo com Siegel (1975), definido como:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y}$$

Onde:

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

$x_1, x_2, \dots, x_n$  e  $y_1, y_2, \dots, y_n$  são os valores medidos de ambas as variáveis, além disso,

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

são as médias aritméticas de ambas as variáveis.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES:

#### 4.1. CLIMATOLOGIA:

Para se fazer uma análise dos 24 anos estudados, foram feitas médias mensais de todo o período. A Figura 08 apresenta a climatologia média mensal do vento horizontal e de isotacas dos 24 anos estudados no nível de 200 hPa. Observa-se que nos mês de janeiro (a) é possível verificar bem caracterizada a Alta da Bolívia (daqui em diante AB) com centro próximo de 17,5°S e 62,5°S. Enquanto que a região de vento zonalmente mais intensos está localizada em latitudes acima de 20°S. No mês de fevereiro (b), a AB não varia de maneira considerável o seu centro de localização em relação ao mês de janeiro. A partir de março (c), o seu centro desloca-se para próximo de 15°S. No mês de abril (d), a região de ventos mais intensos começa a deslocar-se mais para o norte e a AB atinge o seu ponto mais ao norte (12,5°S e 60°W). No mês de maio (e), observam-se núcleos de jatos de 33m/s no norte da Argentina e não há mais a presença da AB. Essa intensificação cobre

uma maior área no mês de junho (f), julho (g) e agosto (h). No mês de setembro (i), os núcleos são mais intensos e chegando a 35m/s com centro próximo de 30°S e 60°W. A partir do mês de outubro (j) inicia-se o movimento anti-ciclônico em altos níveis próximo a região Amazônica, a corrente de jato de altos níveis continua no norte da Argentina e sul do Brasil. Já em novembro (k), o núcleo da AB fica bem caracterizado em 12,5°S e 62,5°W, a região de jato se torna mais fraca e começa a migrar para o sul. Em dezembro (l), o jato não está mais intenso, sua localização é mais ao sul do Brasil e o centro da AB localiza-se em 15°S e 62,5°W.

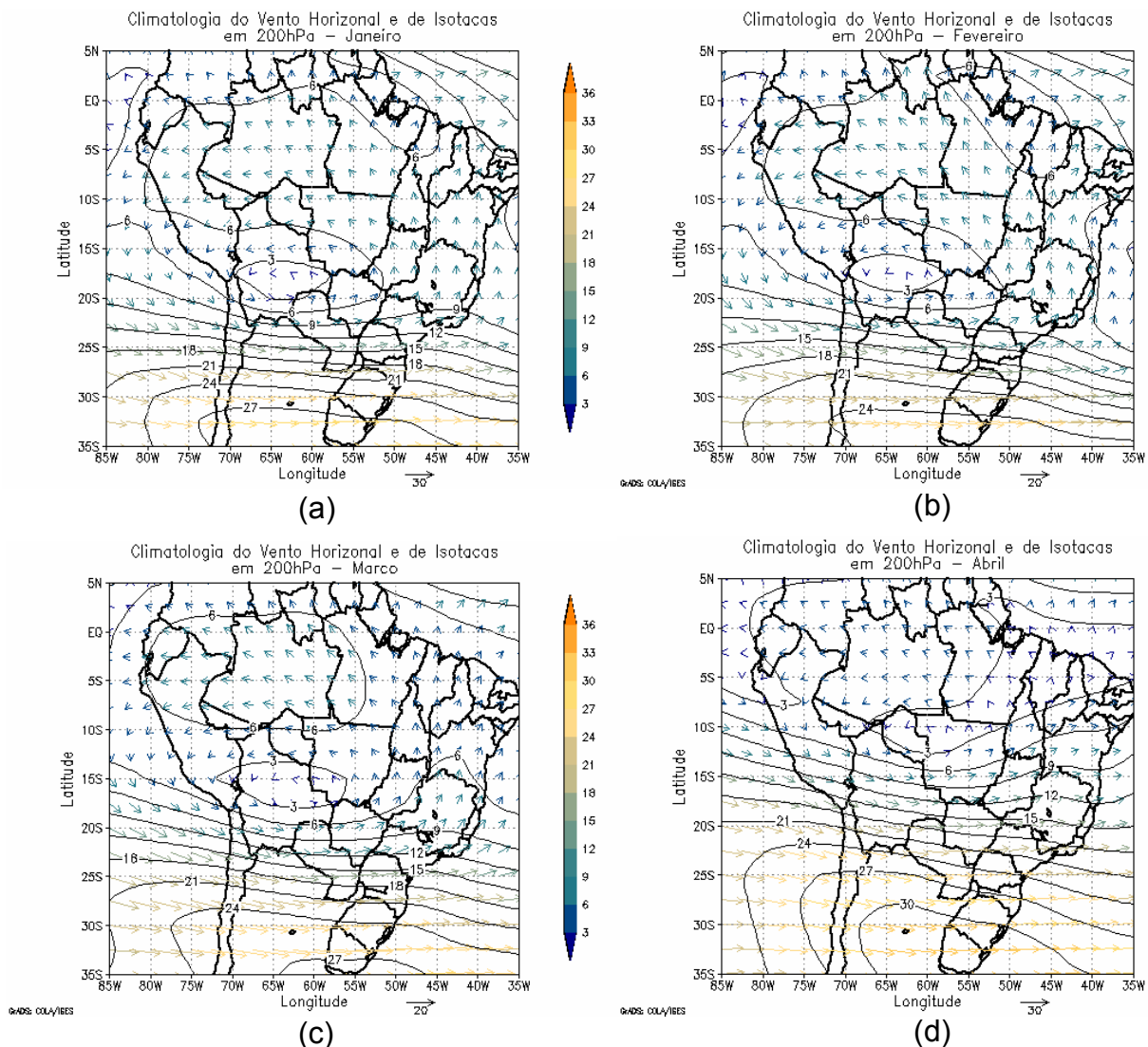


Figura 08: Climatologia mensal do vento horizontal e isotacas no nível de 200 hPa para os 24 anos estudados.

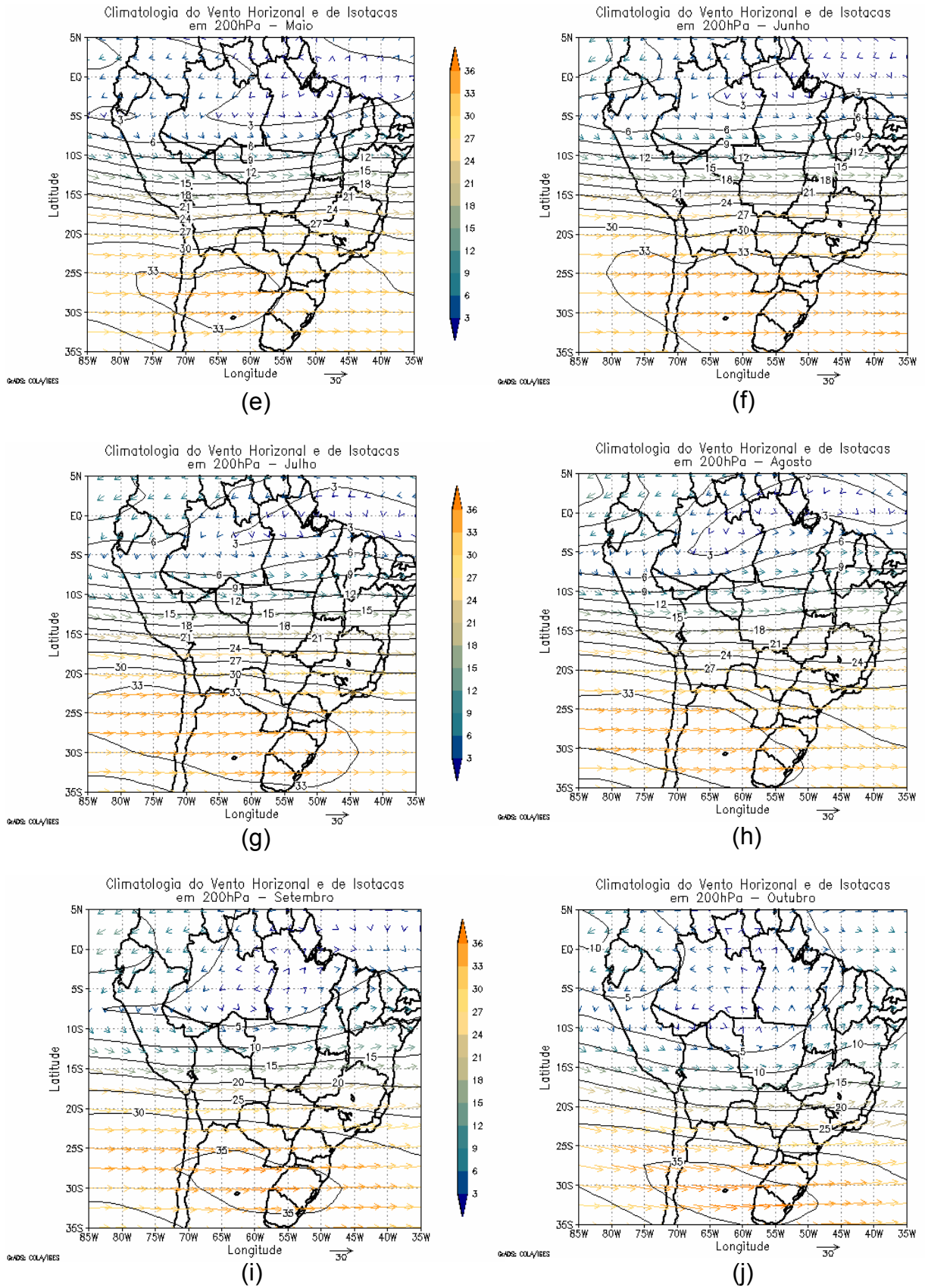


Figura 08: Continuação.



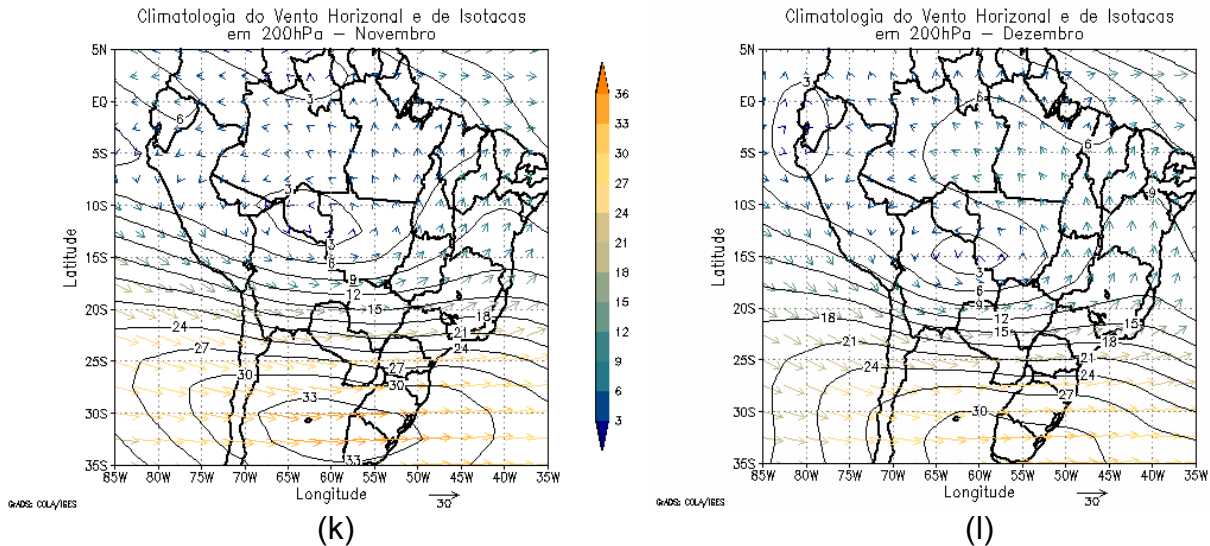


Figura 08: Final.

A Figura 09 apresenta a climatologia média mensal do vento horizontal e de isotacas dos 24 anos estudados no nível de 850hPa. Observa-se que o vento horizontal no nordeste da AS tem caráter zonal nos primeiros meses do ano. Junto à costa Atlântica, a magnitude do vento atinge 11m/s. Esse vento tem direção nordeste e apresenta uma mudança de 90° em sua orientação a partir de 7,5°S. Com essa situação forma-se um “corredor” como orientação NW/SE desde o norte da Bolívia até o norte do Paraguai sugerindo a atuação dos JBN à leste dos Andes. Entretanto, há uma variação na magnitude desse vento ao longo dos meses. O seu valor varia de 3m/s em abril (d) até 6m/s em julho (g) e agosto (h).

Observa-se também uma outra banda de ventos no sentido NW/SE desde o oceano até o noroeste do estado de Minas Gerais. Essa banda se apresenta bem configurada nos meses de janeiro a março e também de outubro a dezembro. Essa configuração esta associada a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

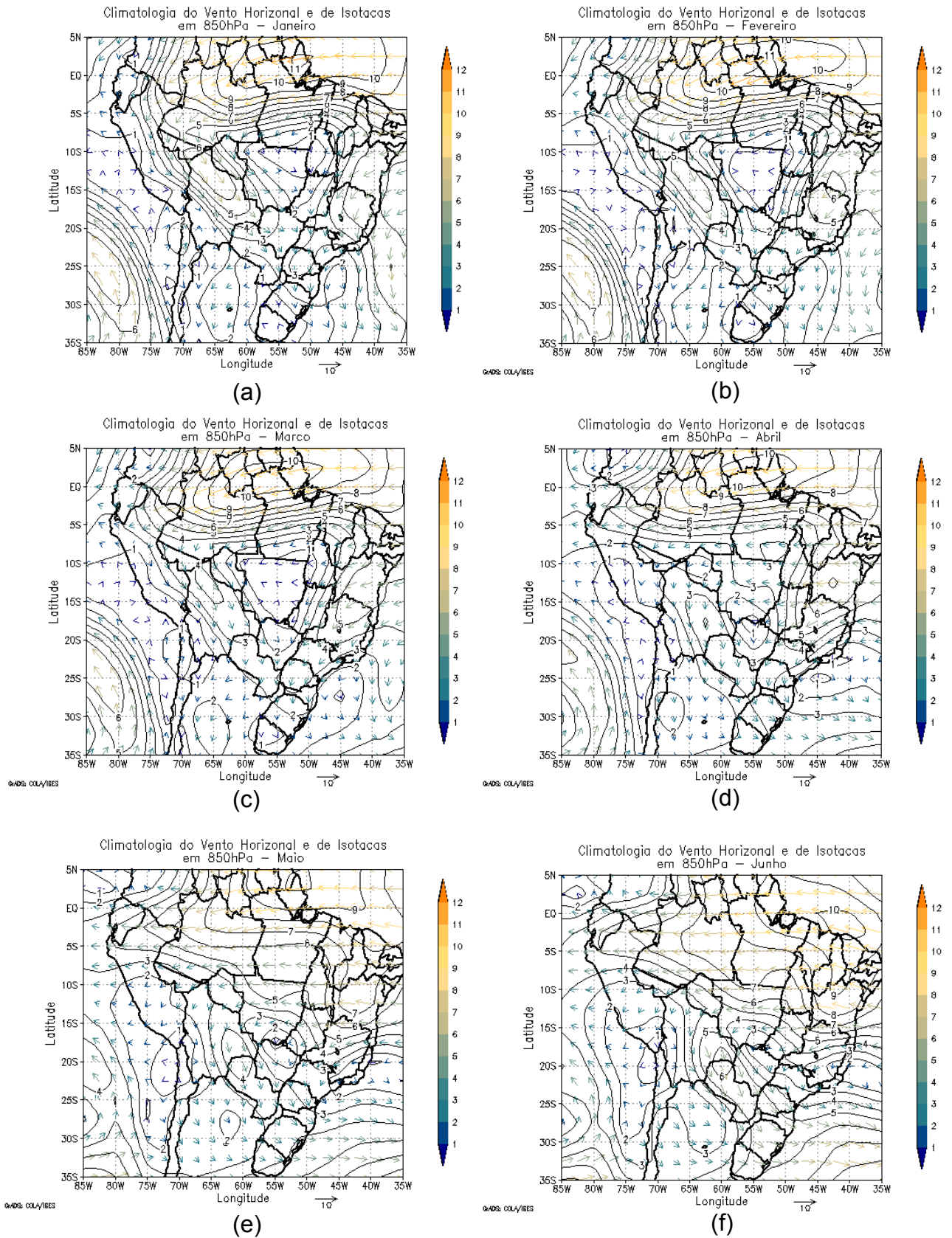


Figura 09: Climatologia mensal do vento horizontal e isotacas no nível de 850 hPa para os 24 anos estudados.

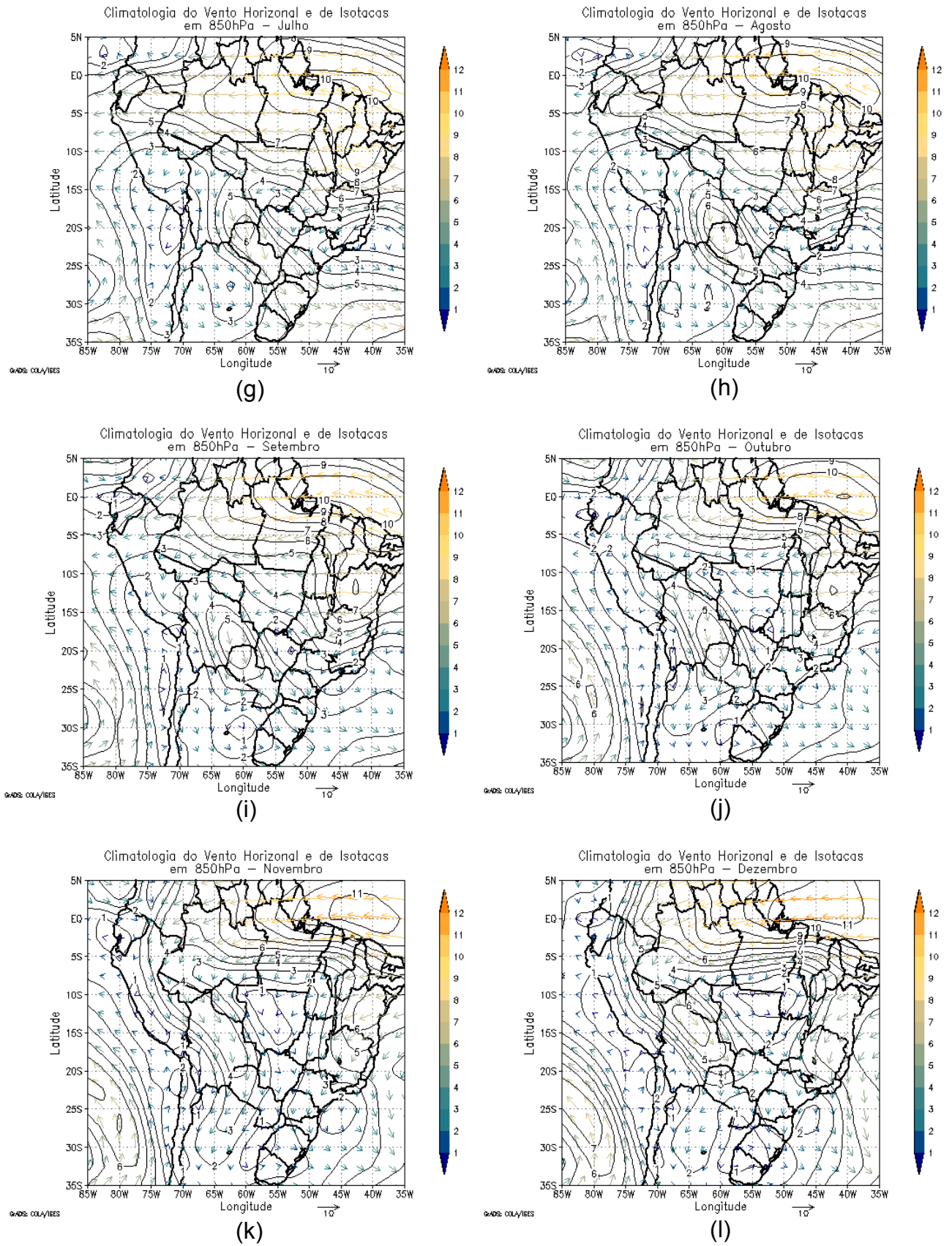


Figura 09: Final.

A Figura 10 apresenta a climatologia média mensal da componente meridional do vento em 850 hPa nos 24 anos estudados. Observa-se que nos meses de janeiro (a) a março (c), os núcleos de maior intensidade da componente de norte ocorrem na região central da Amazônia aproximadamente em 0° de latitude e 60°W de longitude. Enquanto que na região a leste dos Andes forma-se uma faixa orientada no sentido NW/SE desde o sul do Acre até o sul da Bolívia caracterizando o JBN naquela região.

Nesses mesmos meses há a predominância de componente de norte desde o sul do Brasil até o estado de Minas Gerais. No sudeste esse vento tem configuração no sentido NW/SE, ou seja, típico de configuração de ZCAS. A partir do mês de abril (d), os núcleos de norte não caracterizam a faixa como a de uma ZCAS. Entretanto, a leste dos Andes os JBN começam a se intensificar desde maio (e) até agosto (h), porém sem núcleos intensos na região tropical, que só voltam a se intensificar a partir de setembro (i). Do mês de outubro (j) até dezembro (l) surge novamente sobre o sudeste do Brasil a configuração orientada no sentido NW/SE que chega até o NEB.

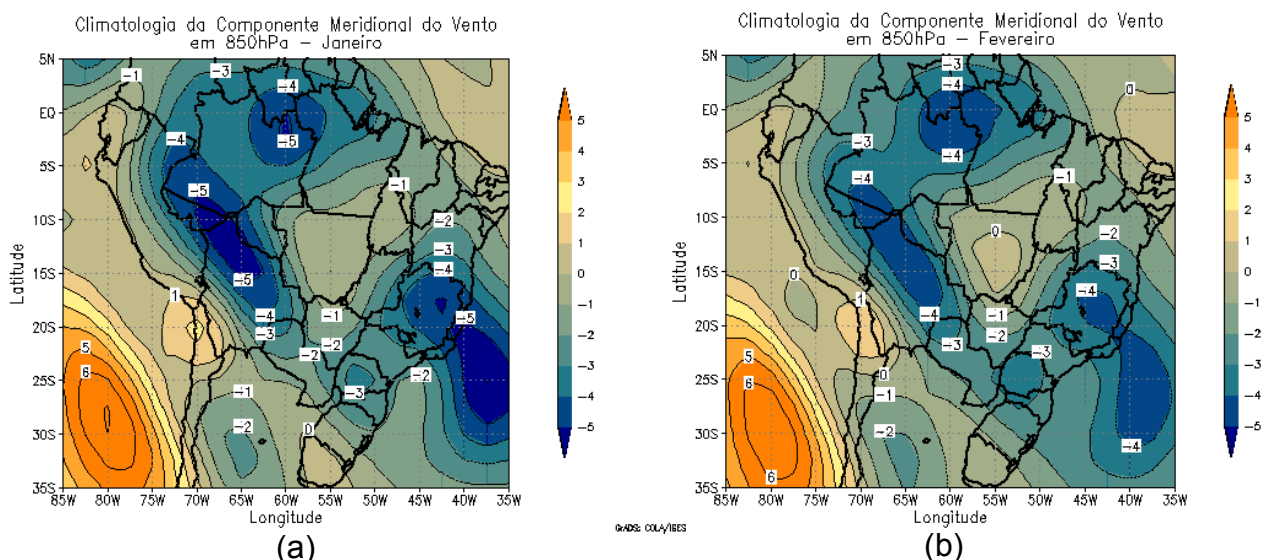
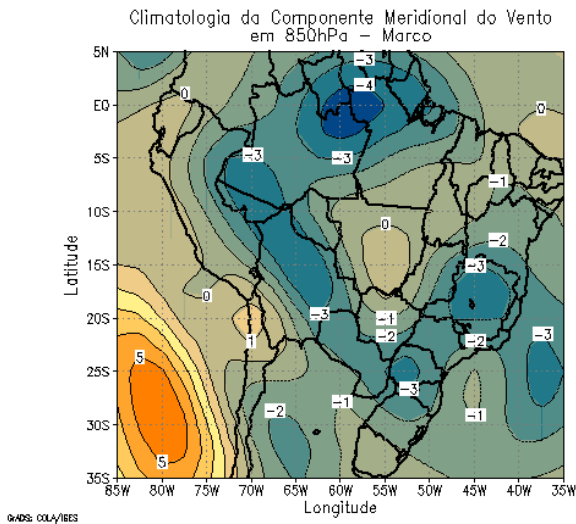
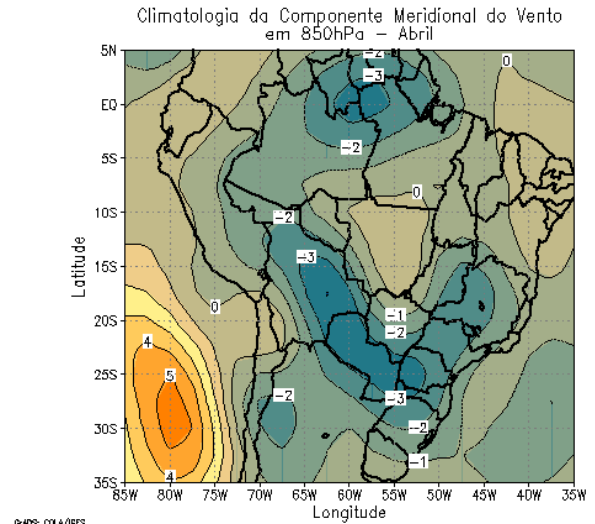


Figura 10: Climatologia média mensal da componente meridional do vento em 850hPa para os 24 anos estudados.

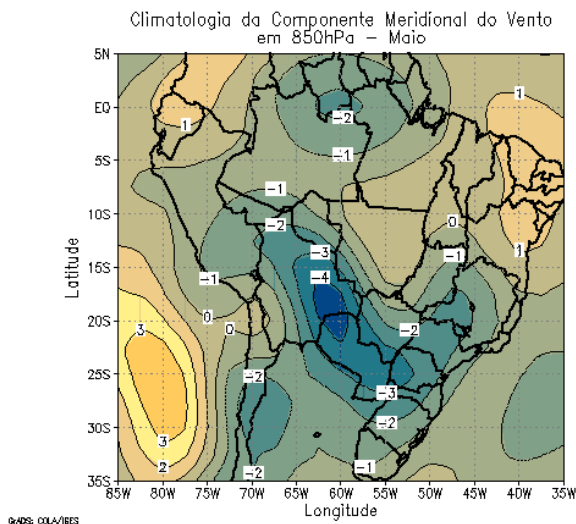




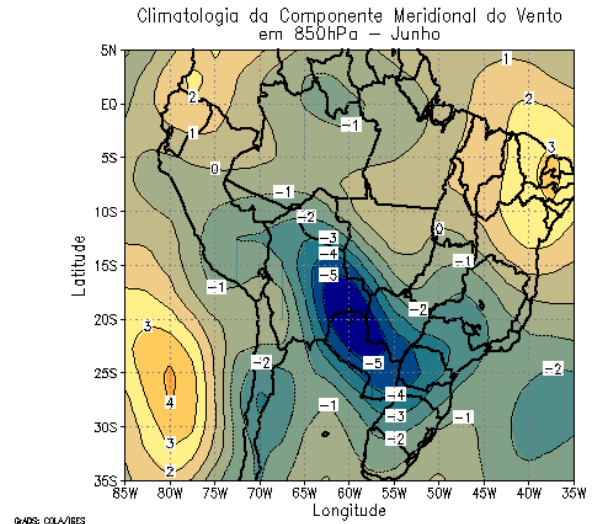
(c)



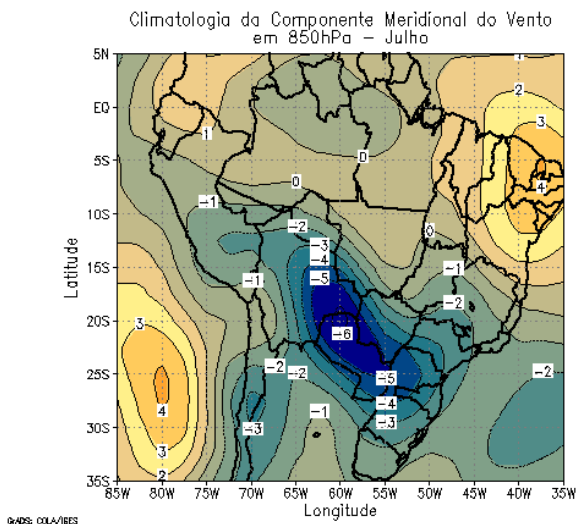
(d)



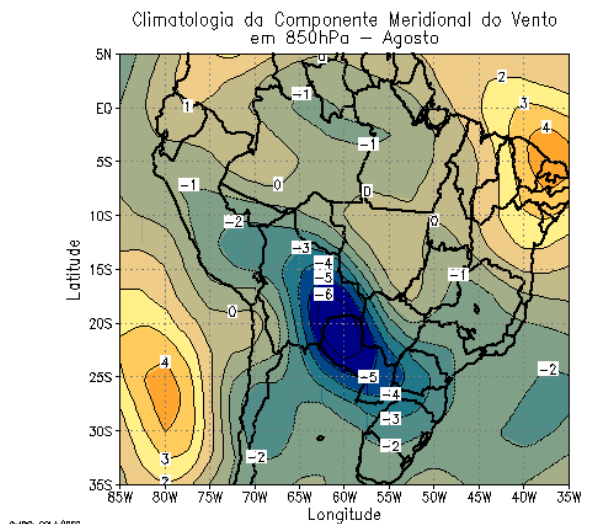
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 10: Continuação

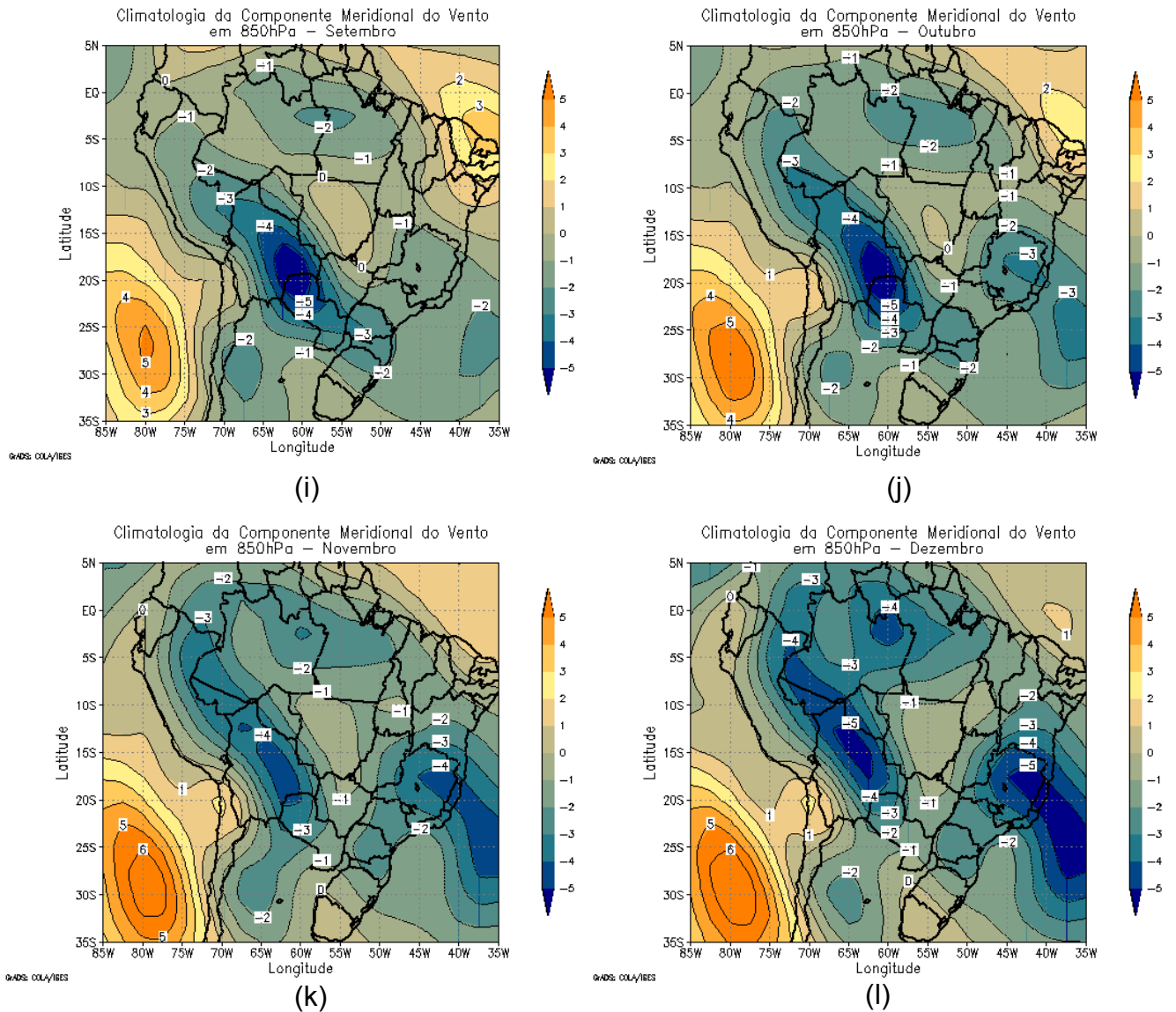


Figura 10: Final.

A Figura 11 mostra a série temporal média da componente meridional do vento no nível de 850 hPa nas caixas BLM (a) e STC (b) (veja Figura 06 com a localização das caixas). As três séries (diária, mensal e anual) estão plotadas no mesmo gráfico. Observa-se que a oscilação em ambas as caixas possui sinal, em sua maior parte, negativo. Na caixa centrada em Santa Cruz, as oscilações possuem maior amplitude nos anos de 1997/98.

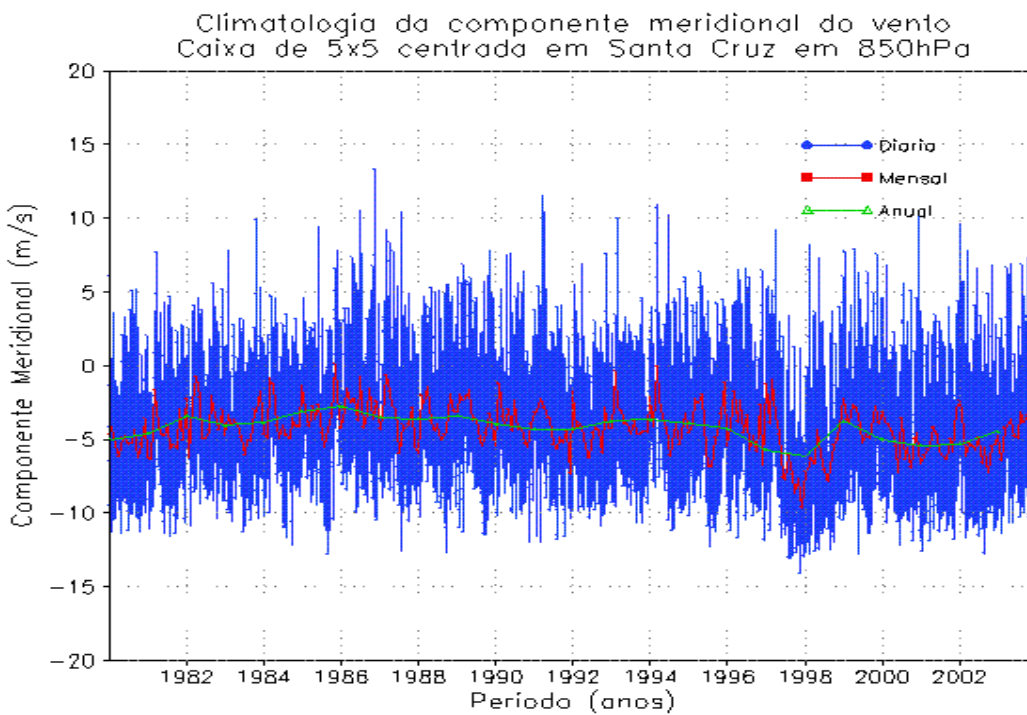
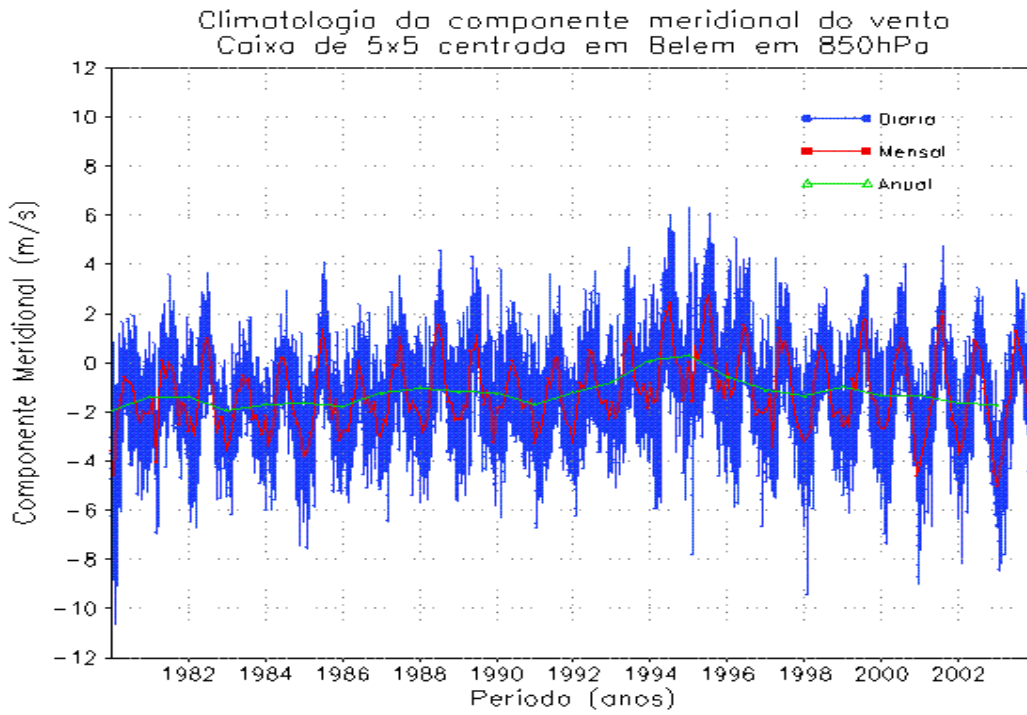
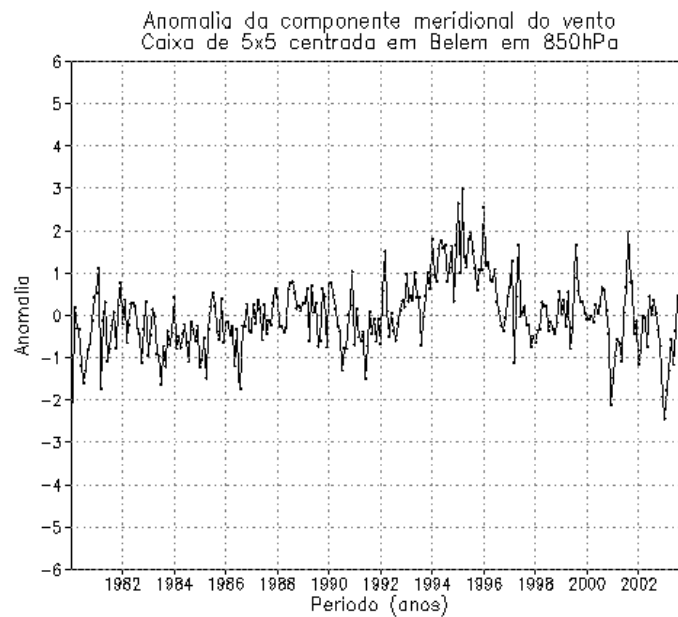


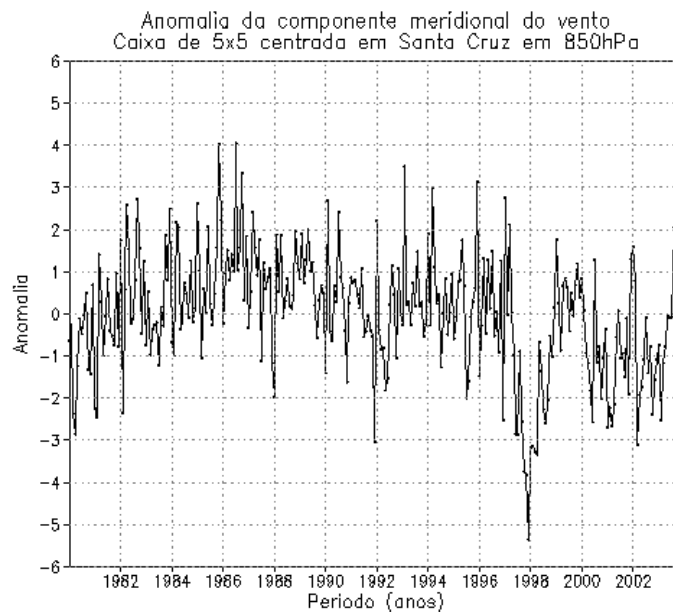
Figura 11: Séries temporais médias (diária, mensal e anual) da componente meridional do vento em 850hPa nas caixas BEL (a) e STC (c).

A Figura 12 apresenta a anomalia média mensal da componente meridional do vento no nível de 850 hPa nas caixas BLM e STC. Observa-se que as anomalias são, de maneira geral, positivas em grande parte do período. Na caixa de STC, no

fim de 1997 e início de 1998, as anomalias são consideravelmente negativas. Marengo e Soares (2002) observaram que não se pode afirmar com grande certeza a relação entre eventos de El Niño com números de casos/intensidades do JBN. Porém verificaram que no EL Niño de 97/98 foram registrados mais eventos intensos de JBN do que na La Niña de 99 tanto em observações de ar superior como em reanálises e modelagem.



(a)



(b)

Figura 12: Anomalia média mensal da componente meridional do vento em 850hPa nas caixas BEL (a) e STC (c).



## 4.2. CASOS DE JBN:

A Figura 13 mostra os totais anuais de casos de JBN e a sua distribuição por meses pelo *critério 1 de Bonner* (a) e pelo *método de Sugahara* (b), respectivamente. Pode-se observar a variabilidade anual no número de casos em ambos os métodos. Os critérios apresentam tendências de casos semelhantes diferindo bastante apenas nos anos de 97/98. A maior quantidade de jatos segundo o critério de Bonner ocorreu no ano de 1980 com 54 no total e seus meses preferenciais são dezembro, janeiro e fevereiro.

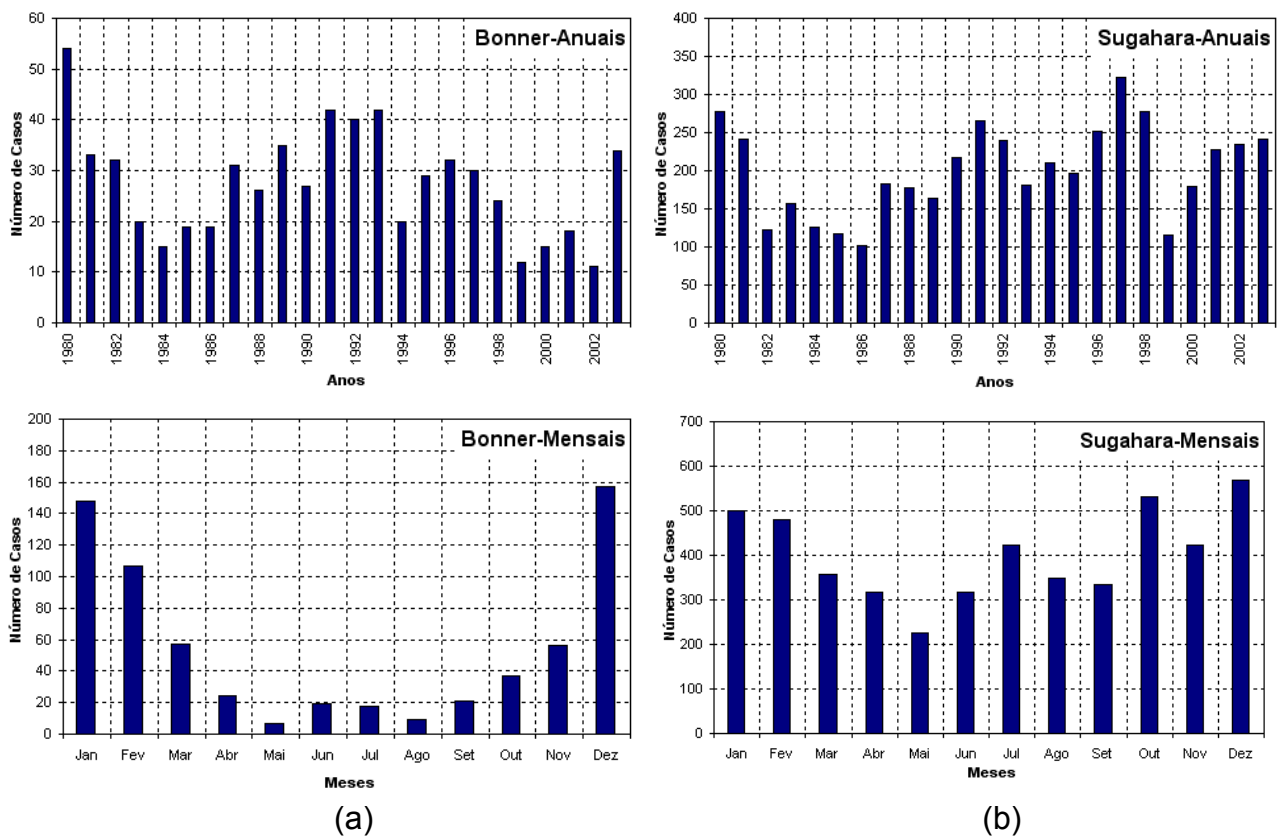


Figura 13: Distribuição Anual e Mensal do número de casos de JBN na cidade de Santa Cruz para os métodos de Bonner (a) e Sugahara (b), respectivamente.

Observa-se que o padrão encontrado pelo método de Bonner na Figura 13 (a) é semelhante àquele encontrado por Marengo et al. (2004). As poucas diferenças

encontradas na distribuição anual e mensal podem ser em decorrência da quantidade de dados empregada em cada pesquisa e também porque em Marengo et al. (2004) os autores consideraram apenas 5 meses (Novembro a Fevereiro) para a contagem anual do número de casos. O método de Sugahara apresenta um maior número de casos em comparação ao critério de Bonner. No critério de Sugahara, o ano com a maior quantidade de eventos foi o de 1997 e os meses com maior predileção são: dezembro, outubro e janeiro, respectivamente. A evolução da média mensal de casos de JBN é ligeiramente diferente, do ponto de vista qualitativo, nos dois casos. No entanto, os dois critérios apresentam um máximo relativo nos invernos além do máximo absoluto no verão.

A Figura 14 mostra as mesmas distribuições da Figura 13 com ênfase nos horários dos casos de JBN anualmente. Observa-se que no método de Bonner a variabilidade anual dos horários dos eventos é menor quando comparado àquela do método de Sugahara. Observa-se também que o horário preferencial de ocorrência de JBN ao longo dos anos é às 06UTC seguido pelo horário das 12 UTC. O critério de Sugahara apresenta variações na predominância do horário de formação do JBN ao longo dos anos.

A Figura 15 é similar à Figura 14 com ênfase nos horários dos casos de JBN mensalmente. Observa-se que os JBN ao longo dos meses, no critério de Bonner, têm horário preferencial de desenvolvimento às 06 UTC. Isso não ocorre apenas nos meses de Junho e Julho, quando o horário preferencial torna-se o das 00 UTC. No critério de Sugahara, o horário preferencial de desenvolvimento é o das 06 UTC nos meses de outubro a maio. Nos meses de junho a agosto, o horário preferencial é o

das 00 UTC. O segundo horário preferencial, no critério de Sugahara, é o das 12 UTC, exceto nos meses de julho a agosto quando o mesmo é o das 18UTC. De maneira geral verifica-se que o critério de Sugahara apresenta mudanças na predominância do horário de formação do JBN tanto anualmente como mensalmente. No critério de Bonner essa mudança é pouco observada.

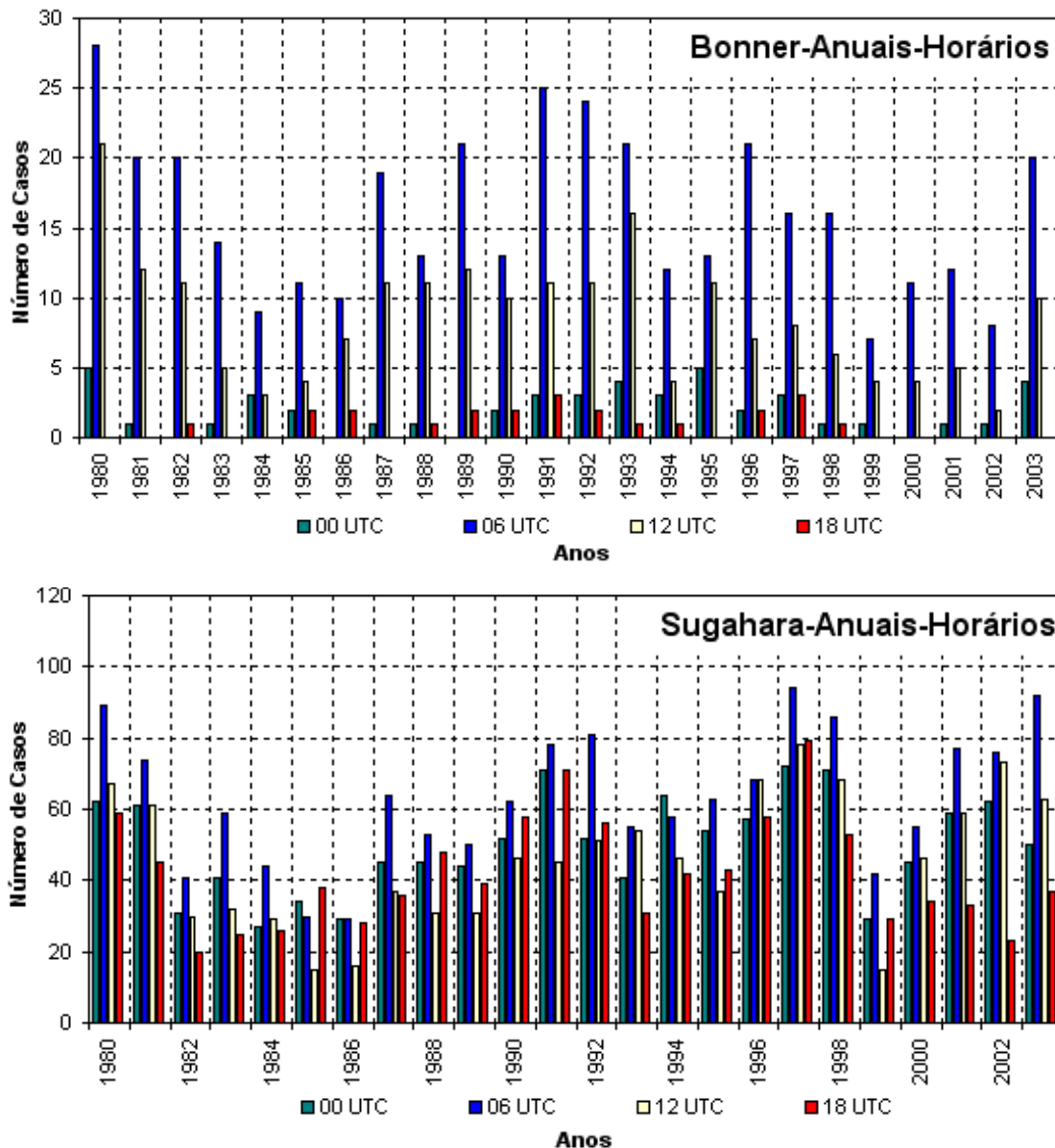


Figura 14: Distribuição anual horária do número de casos de JBN na cidade de Santa Cruz para os métodos de Bonner e Sugahara, respectivamente.

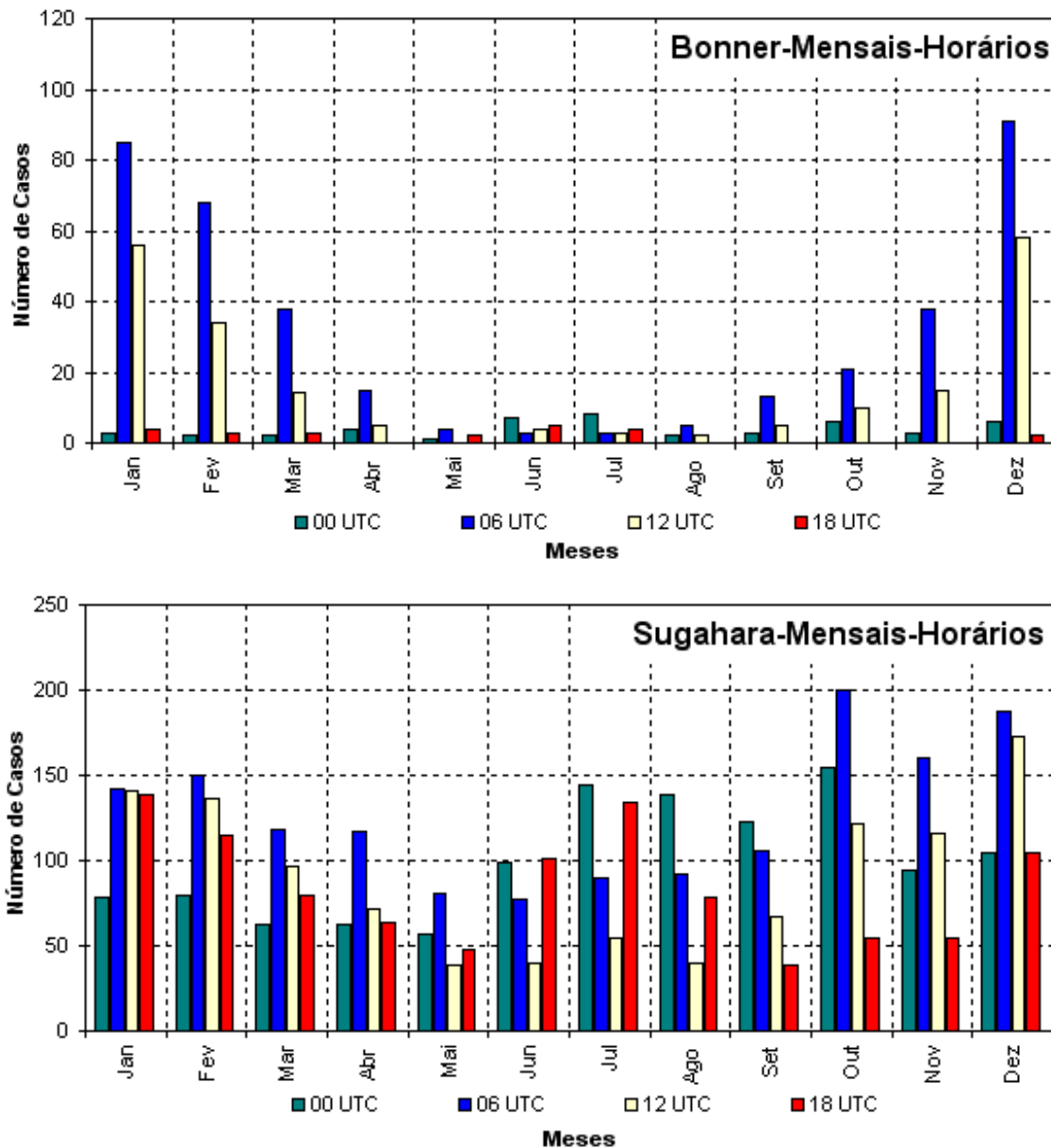


Figura 15: Distribuição mensal horária do número de casos de JBN na cidade de Santa Cruz para os métodos de Bonner e Sugahara, respectivamente.

A Figura 16 apresenta os percentuais de casos de JBN divididos entre estações do ano e horários de ocorrência para o período estudado. Observa-se em (a) que o horário predominante para evento de JBN, segundo o critério de Bonner, é o das 06UTC com 59% de todos os casos e logo em seguida o horário das 12 UTC com 31%. Ainda segundo esse critério, a estação de verão (dezembro, janeiro e fevereiro – DJF) possui a maior quantidade de eventos de JBN. Posteriormente vem o outono com 17%, a primavera com 13% e o inverno com apenas 7%.

De acordo com o critério de Sugahara (b), tanto na distribuição por horários de ocorrência como por estações há um padrão menos heterogêneo que o de Bonner. Assim os horários preferenciais são os das 06UTC com 31%, 00 UTC com 25%, 12 UTC com 23% e 18 UTC com 21%. Nesse critério, sazonalmente, foram registrados 31% dos casos no verão, 27% na primavera, 23% no inverno e 19% no outono.

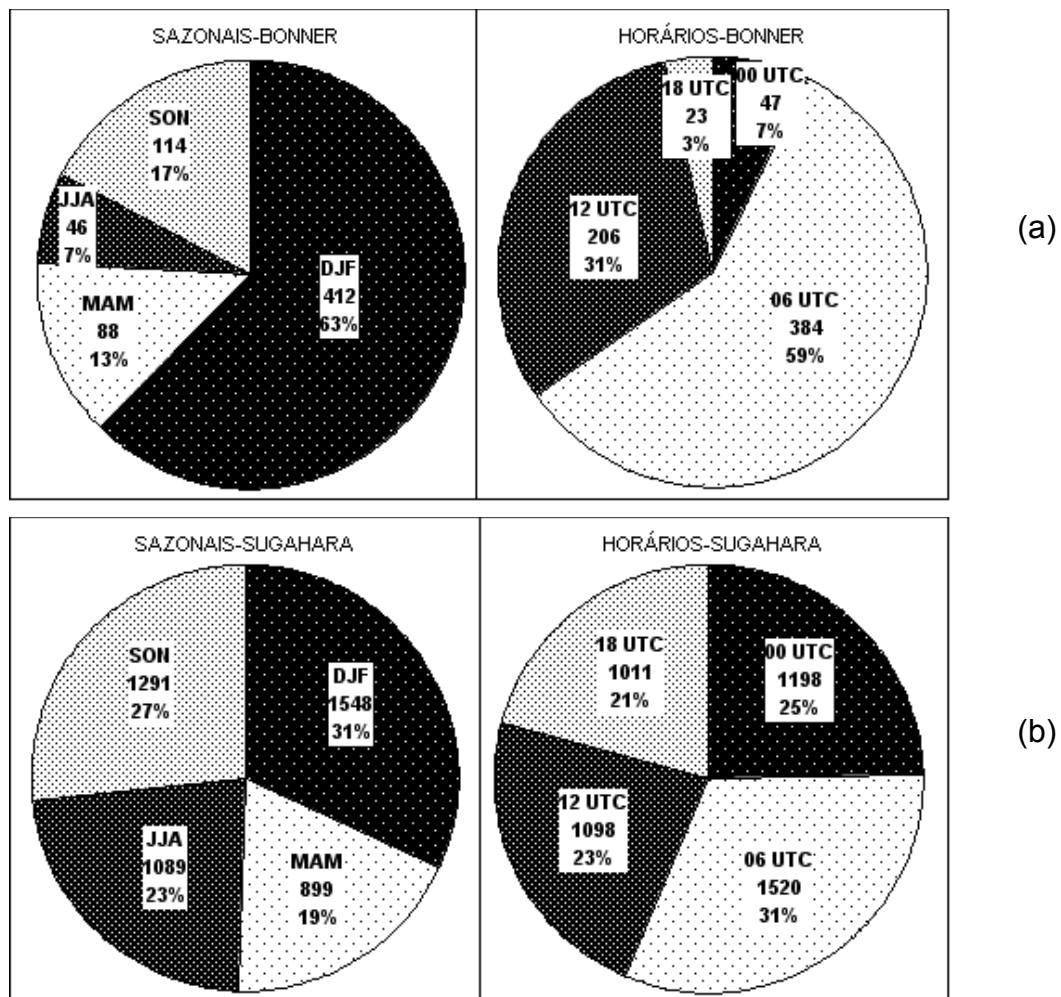


Figura 16: Percentual da distribuição de casos de JBN por estações do ano e por horários pelos critérios de Bonner (a) e Sugahara (b).

A Figura 17 apresenta o ciclo diurno dos eventos de JBN de acordo com a estação do ano em que o mesmo ocorre utilizando o método de Bonner. Observa-se que durante o verão (DJF) 59% dos eventos acontecem às 06UTC de maneira

similar ao que ocorre quando se analisa o período inteiro. Quando se entra no outono (b) (março, abril e maio - MAM), esse percentual aumenta para 64% e o segundo horário continua sendo às 12UTC com apenas 22% dos casos. No inverno (c) (junho, julho e agosto – JJA), o horário de maior incidência de eventos passa a ser o das 00UTC com 36% e logo em seguida o horário das 06UTC com 24% e empatados os horários das 12 e 18UTC com 20% cada um.

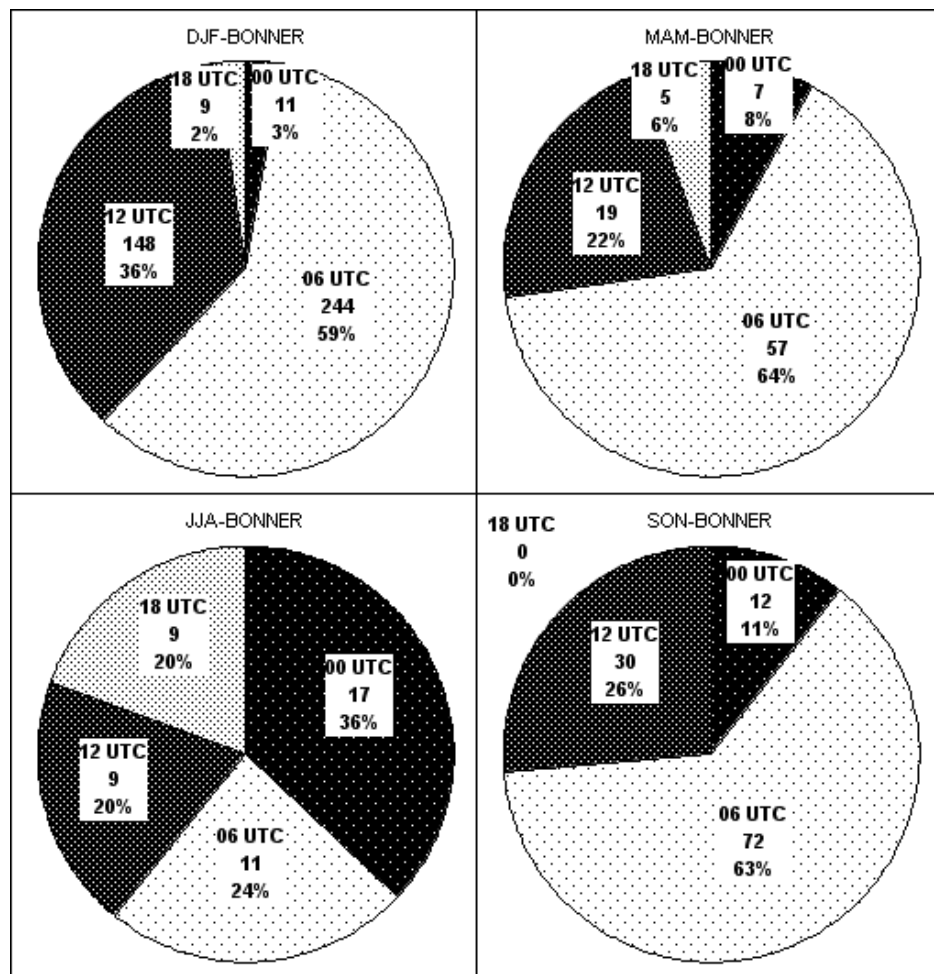


Figura 17: Ciclo de maior incidência de casos de JBN por estações do ano através do critério de Bonner.

A Figura 18 é similar à Figura 16 com a diferença de ter sido utilizado o método de Sugahara. Segundo esse critério, o horário das 06UTC continua sendo o de maior frequência durante o verão (a) com 31%. Entretanto, sem uma grande

diferença para o horário seguinte (12UTC com 29%). Essa característica permanece no outono e muda bastante durante o inverno. No inverno, os horários com maior frequência são os das 00 e 18UTC, respectivamente.. Durante a primavera, a seqüência de horários é restabelecida.

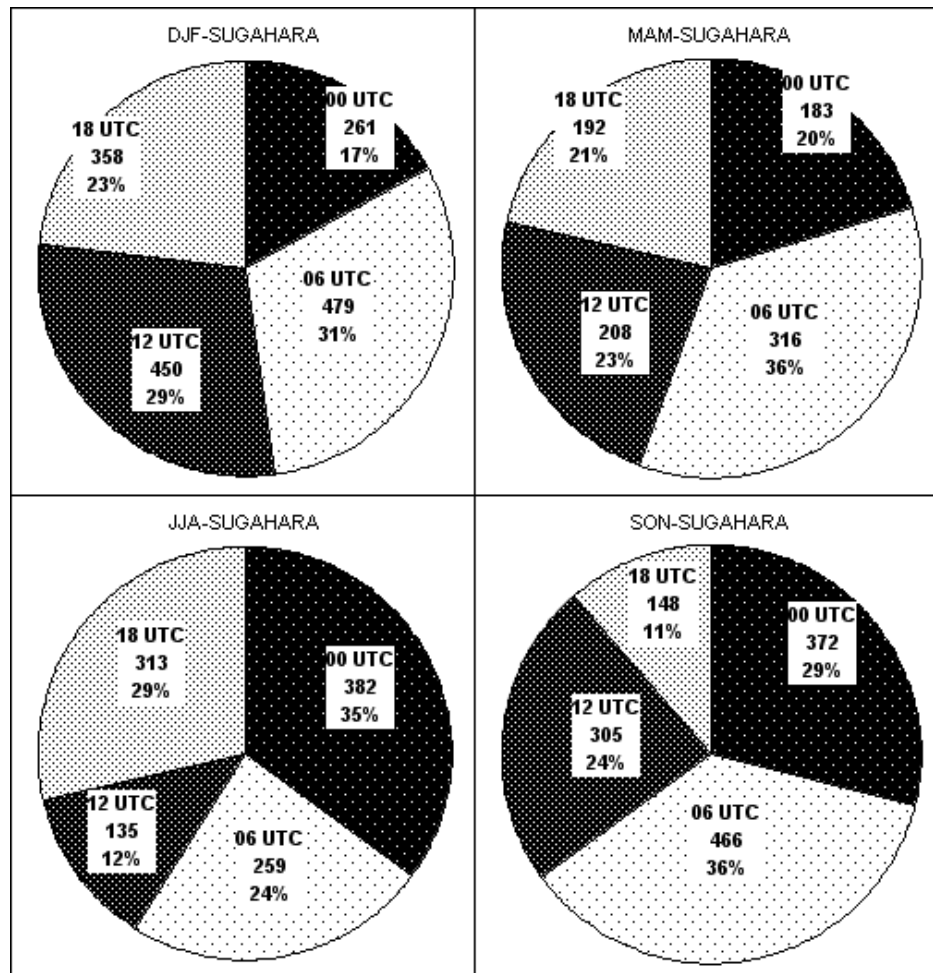


Figura 18: Ciclo de maior incidência de casos de JBN por estações do ano através do critério de Sugahara.

A ocorrência de máximo de vento às 06:00UTC pode ser associada ao desacoplamento da camada limite planetária, em geral abaixo dos 1000 m de altura da atmosfera (Paegle 1998), que ocorre durante a noite com o estabelecimento da camada superficial estável, próxima à superfície.

### 4.3. CORRELAÇÕES:

Correlacionar a entrada de ar na região tropical que pode vir a influenciar na intensificação do JBN a leste dos Andes na Bolívia, é um dos focos dessa pesquisa. Nesse sentido, após a contagem dos casos e de suas separações por horários, optou-se por correlacionar a componente zonal e meridional na região equatorial (BLM) com a componente de norte de todo o domínio da grade, observando a resposta mais a leste dos Andes (STC), ambas em 850hPa.

Na região tropical, apesar da predominância do vento ser de leste (zonal), é importante avaliar a componente de norte também (meridional). Assim qualquer intensificação do vento nessa região pode ocasionar um pulso mais intenso que poderá ir de encontro à barreira dos Andes.

Além disso, correlacionou-se essa mesma série zonal e meridional do vento com a velocidade vertical  $\omega$  (omega) e aquecimento diabático ( $J/c_p$ ) em 700 e 500 hPa da mesma forma que se fez com o vento meridional e zonal. As séries temporais de cada ponto de grade foram extraídas e correlacionadas com uma outra série fixa, no caso a da caixa BLM.



#### 4.3.1. Correlações Sazonais (Zonal X “Variável”).

A predominância do vento junto à linha da costa da AS é zonal, no sentido de leste para oeste, em grande parte do ano. Portanto, a seguir são mostradas as correlações entre a série de vento zonal e a variável que se deseja correlacionar.

##### 4.3.1.1. Vento Zonal (BLM) X Vento Meridional

A Figura 21 apresenta a correlação entre a componente zonal em BLM com a meridional do restante da grade. Observa-se que no verão existe uma pequena correlação positiva, que persiste até outono, para deixar de existir nas estações seguintes (inverno e primavera). Essa situação pode ser explicada, em grande parte, pelo deslocamento que existe da ZCIT para o hemisfério sul nesse período. Há, então, maior convergência em baixos níveis e conseqüente intensificação da componente zonal durante o verão e o outono, fato que não ocorre quando chega o inverno e depois a primavera.

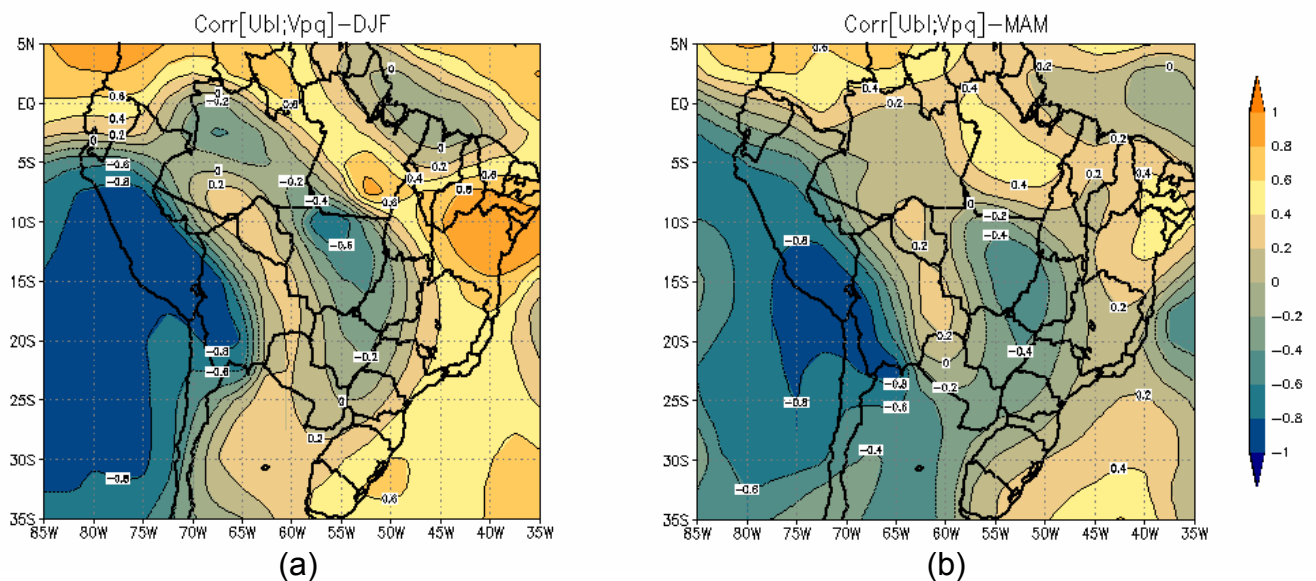


Figura 19: Correlações sazonais da componente zonal com a componente meridional do vento.

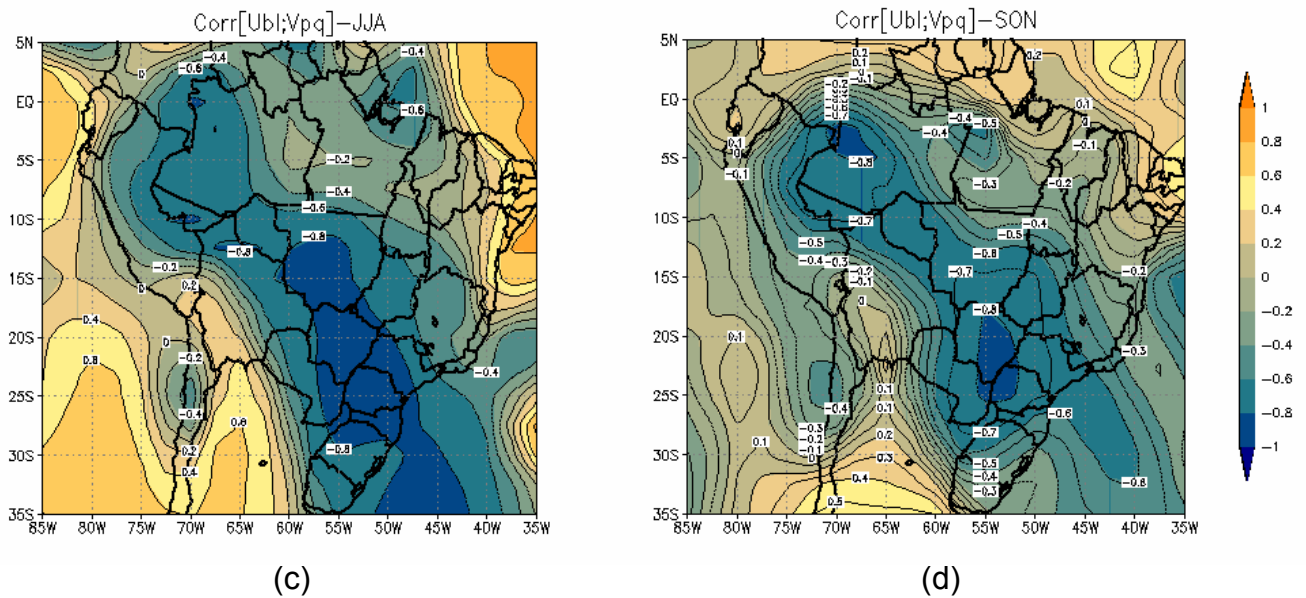


Figura 19: Final.

#### 4.3.1.2. Vento Zonal (BLM) X Velocidade Vertical $\omega$ (omega)

A Figura 20 mostra a correlação entre a componente zonal em BLM com a velocidade vertical  $\omega$  (omega) no restante da grade. Observa-se claramente que existe uma forte correlação positiva (núcleos de 0.8) entre a entrada de vento zonal com a velocidade vertical junto à cordilheira dos Andes, na área de formação dos JBN. Essa situação permanece durante o outono e menos intensa no inverno também.

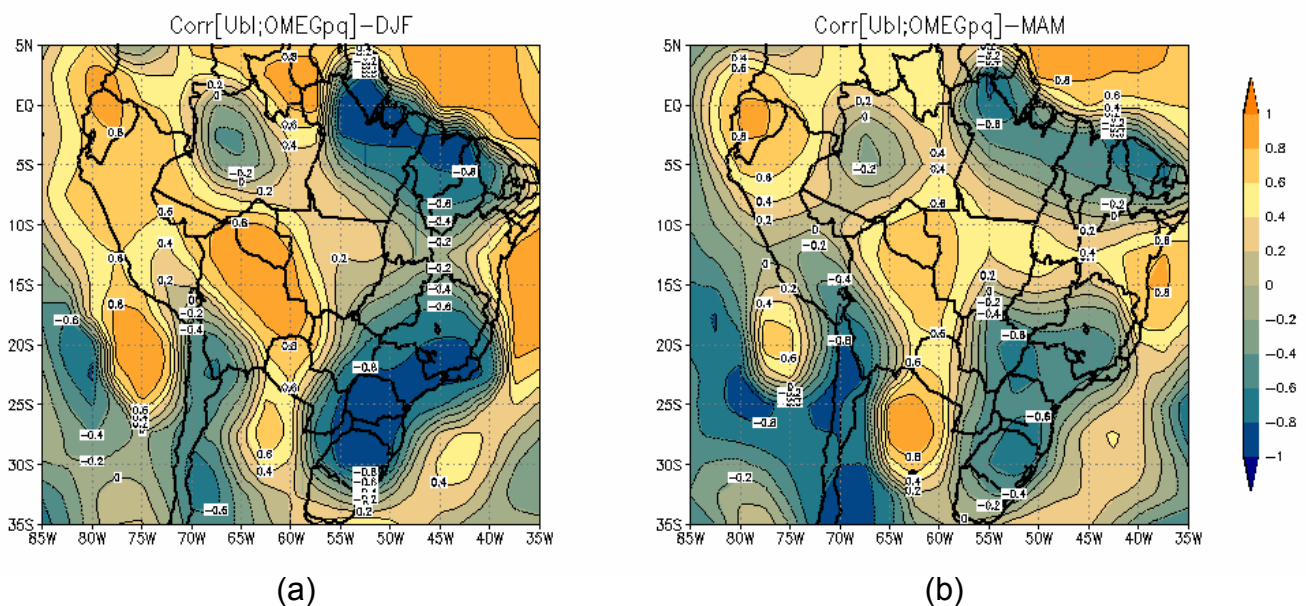


Figura 20: Correlações sazonais da componente zonal com a velocidade vertical  $\omega$  (omega)

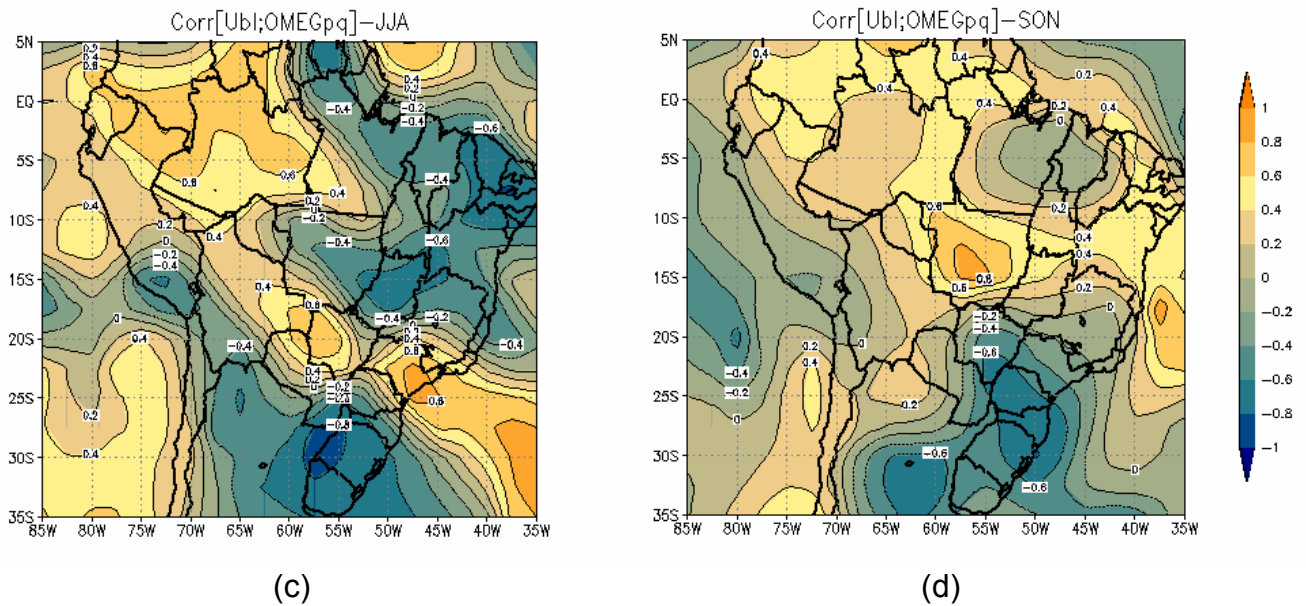


Figura 20: Final.

#### 4.3.1.3. Vento Zonal (BLM) X Aquecimento Diabático (J/Cp) em 700hPa.

A Figura 21 apresenta a correlação entre componente zonal de BLM com o aquecimento diabático no nível de 700 hPa. Verifica-se que existe uma correlação negativa entre a componente zonal em BLM e a região de formação do JBN em STC. Porém isso não mostra que as séries não se correlacionam entre si, muito pelo contrário, é preciso observar que o aquecimento diabático é positivo quando há atividade convectiva, logo, quando o mesmo for correlacionado com uma série negativa como de BLM, é normal que o valor seja negativo e essa correlação exista como sinal da interação que existe.

Observa-se também que essa situação prossegue no outono e que no inverno há a formação de uma configuração no sentido NO/SE indicando pelo menos a passagem de sistemas frontais na região do Brasil central.

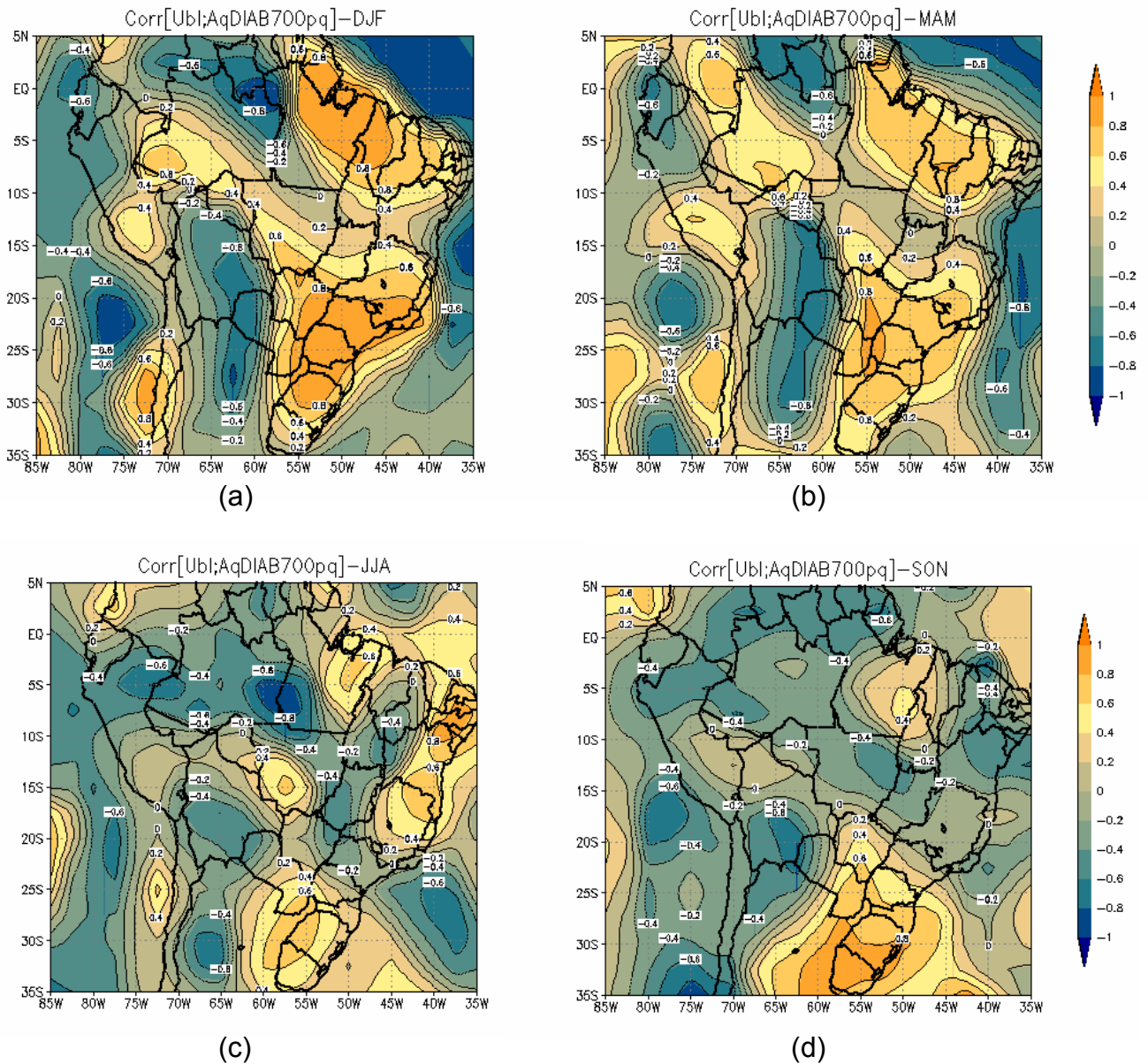


Figura 21: Correlações sazonais da componente zonal com o aquecimento diabático ( $J/C_p$ ) em 700hPa.

#### 4.3.1.4. Vento Zonal (BLM) X Aquecimento Diabático ( $J/C_p$ ) em 500hPa.

A Figura 22 é similar à Figura 21 com a diferença no nível em que o aquecimento diabático foi calculado – 500 hPa. Pode-se Observar que as características da Figura anterior são bem visíveis e mais realçadas. Vale a pena



ressaltar a Figura 22 (c) do inverno, nela a configuração de um sistema frontal fica bem evidente.

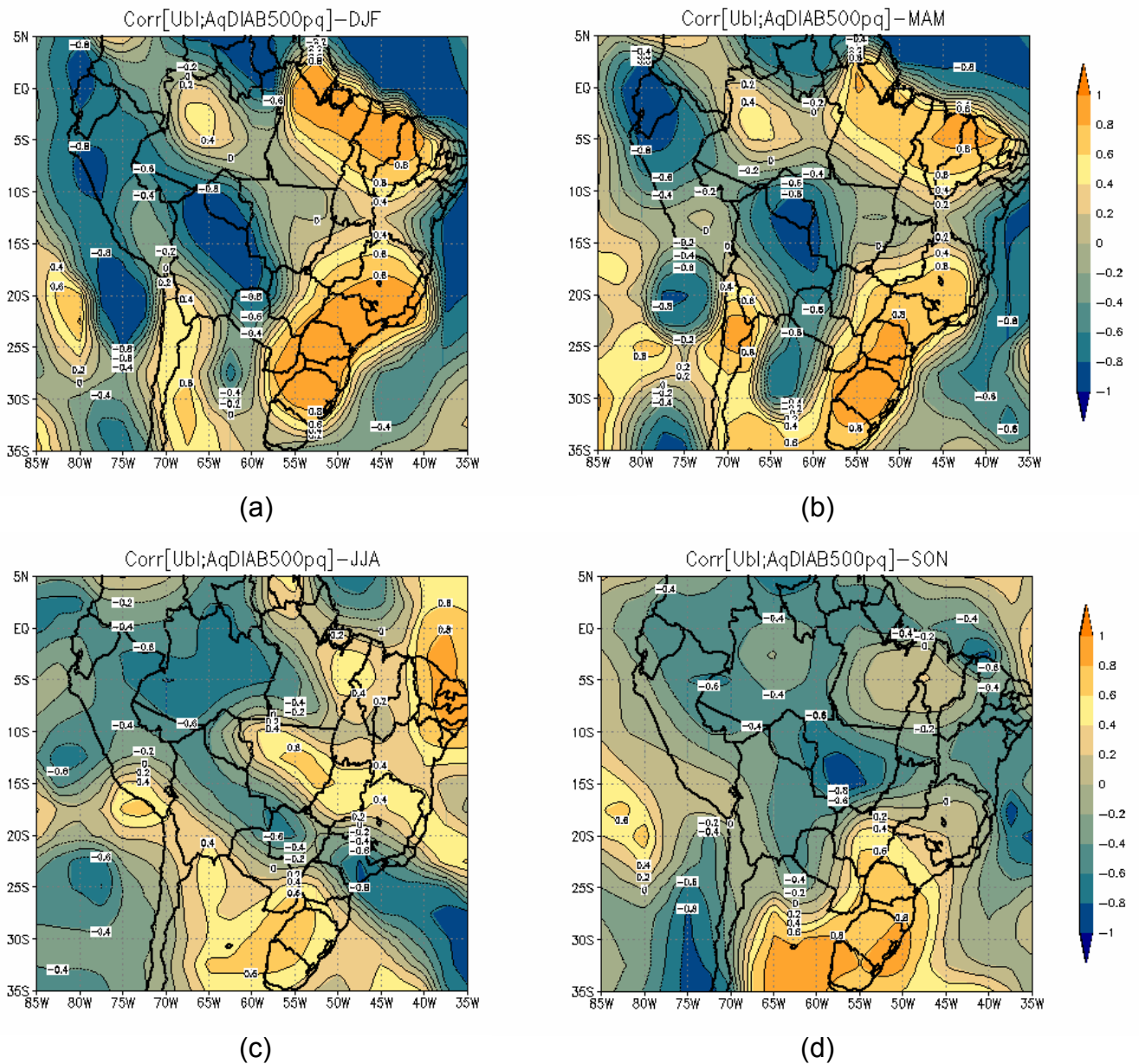


Figura 22: Correlações sazonais da componente zonal com o aquecimento diabático ( $J/C_p$ ) em 500hPa.

#### 4.3.2. Correlações Sazonais (Meridional X “Variável”).

O vento meridional na caixa centrada em BLM também foi correlacionado com as demais variáveis da grade no intuitivo de se verificar algum tipo de correlação que seja favorável a interação entre BLM e STC.

##### 4.3.2.1. Vento Meridional (BLM) X Vento Meridional

A Figura 23 apresenta a correlação existente entre a componente meridional centrada em BLM com a componente meridional do restante da grade. Observa-se que a correlação existente no verão é baixa (0.2), entretanto há um significativo aumento na estação seguinte, o outono. E outro maior no inverno, mostrando assim que o JBN formado nas estações de outono, inverno e primavera se correlaciona de maneira positiva com a componente meridional de BLM.

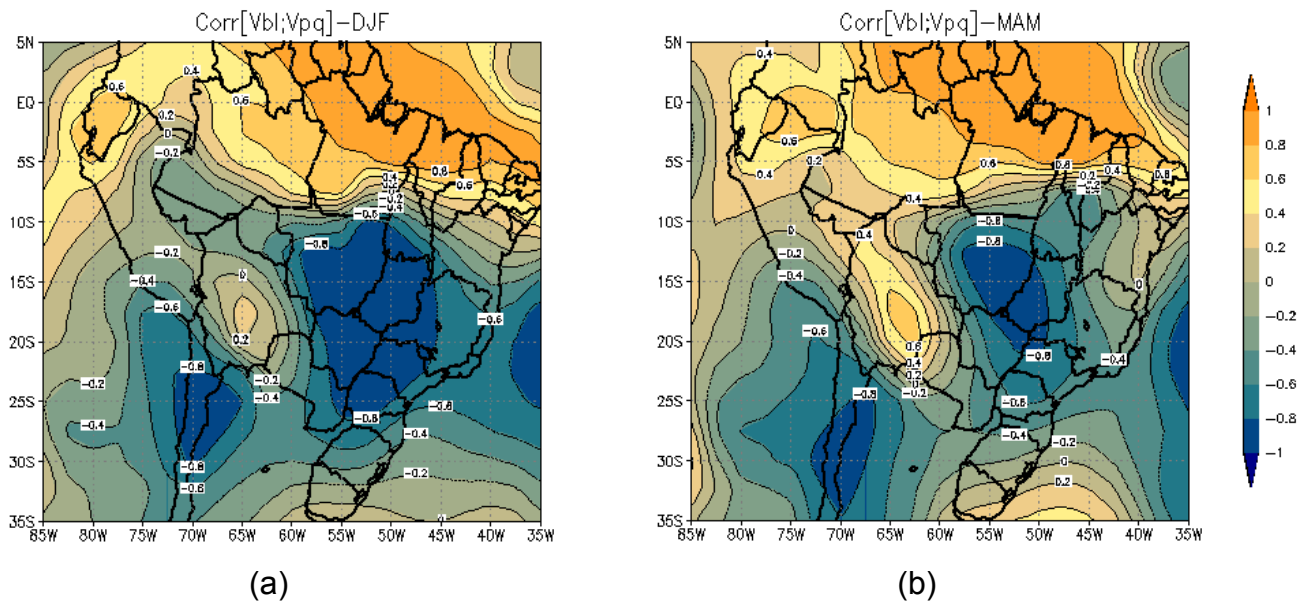


Figura 23: Correlações sazonais da componente meridional com a componente meridional do vento.

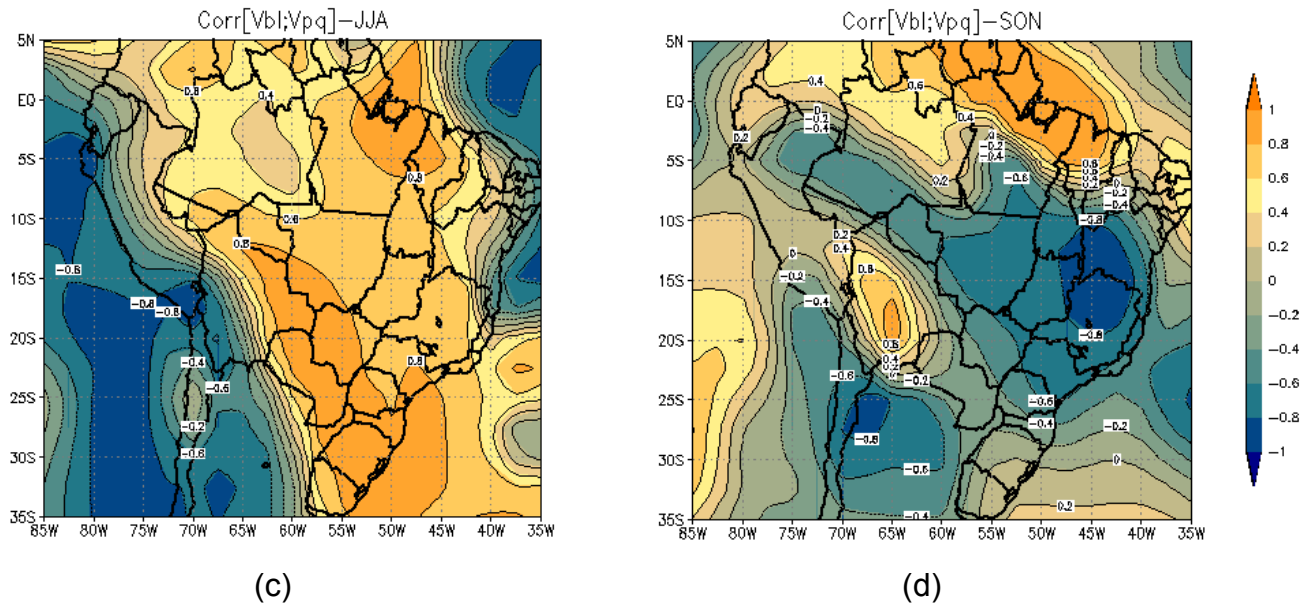


Figura 23: Final.

#### 4.3.2.2. Vento Meridional (BLM) X Velocidade Vertical $\omega$ (omega)

A Figura 24 apresenta a correlação entre a componente meridional do vento em BLM com a velocidade vertical  $\omega$  (omega) da grade utilizada. Observa-se que a correlação é bem pronunciada (0.8) à leste dos Andes na estação de verão, diminuindo alguns núcleos na estação de outono e no inverno, para não ter mais uma boa correlação durante a primavera.

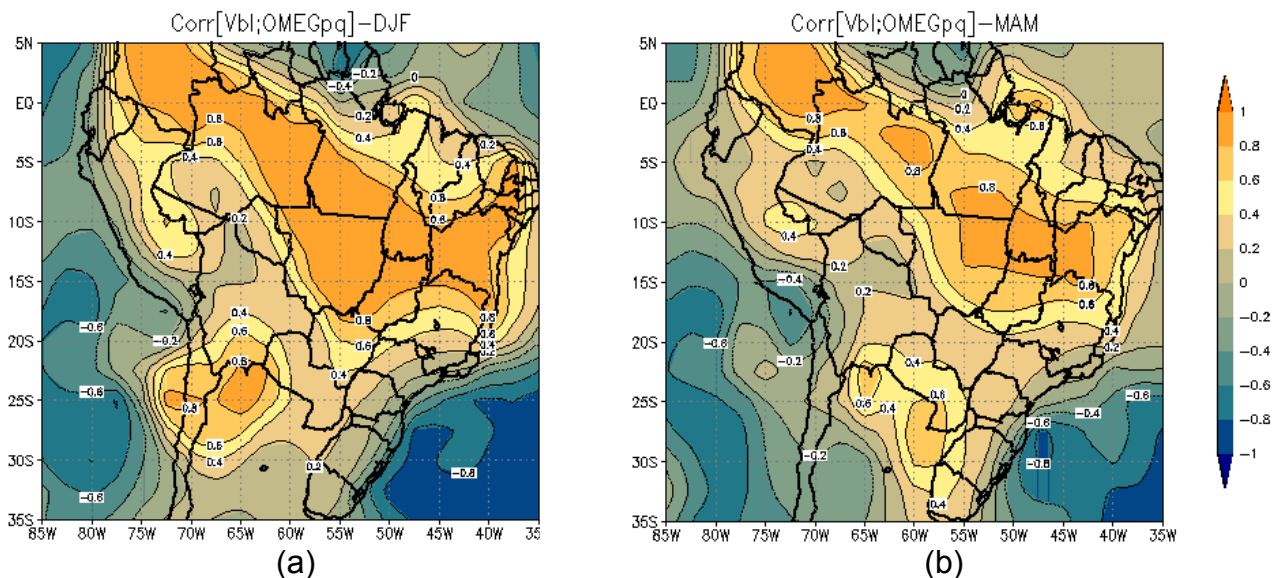


Figura 24: Correlações sazonais da componente meridional com a velocidade vertical  $\omega$  (omega).

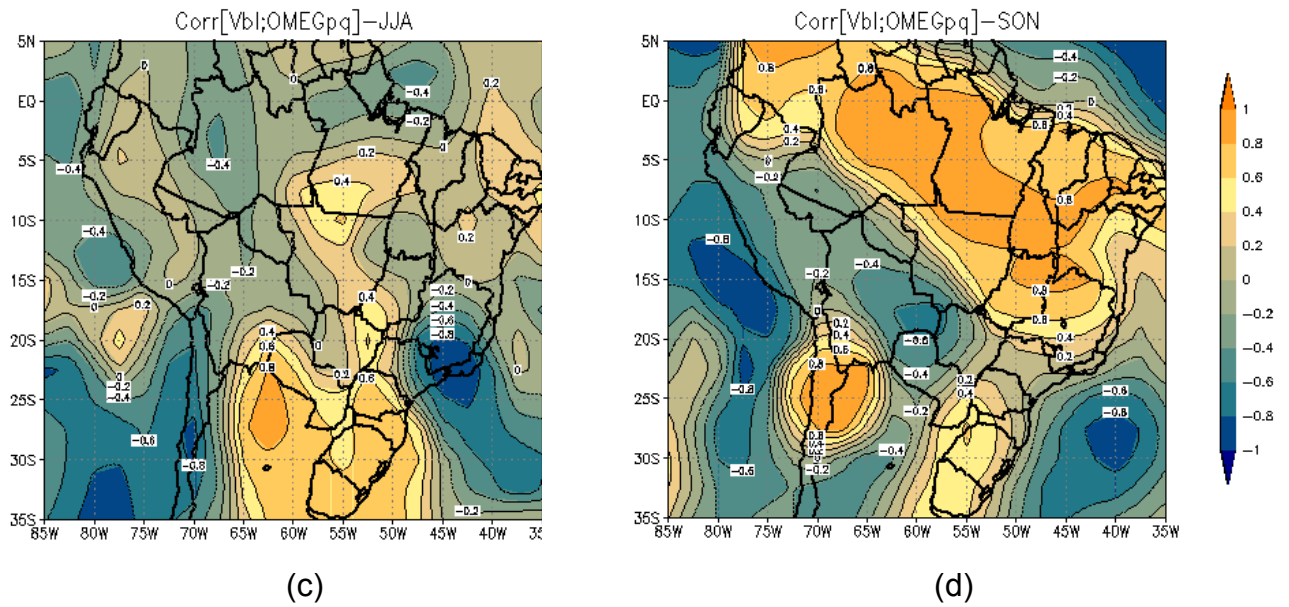


Figura 24: Correlações sazonais da componente meridional com a velocidade vertical  $\omega$  (omega).

#### 4.3.2.3. Vento Meridional (BLM) X Aquecimento Diabático (J/Cp) em 700hPa.

A Figura 25 apresenta a correlação entre a componente meridional do vento em BLM com o aquecimento diabático em 700 hPa. Verifica-se que a correlação existente entre BLM e o setor a leste dos Andes é bastante estreito e positivo nas estações de verão, outono e primavera. No inverno não há uma boa definição para essa correlação.



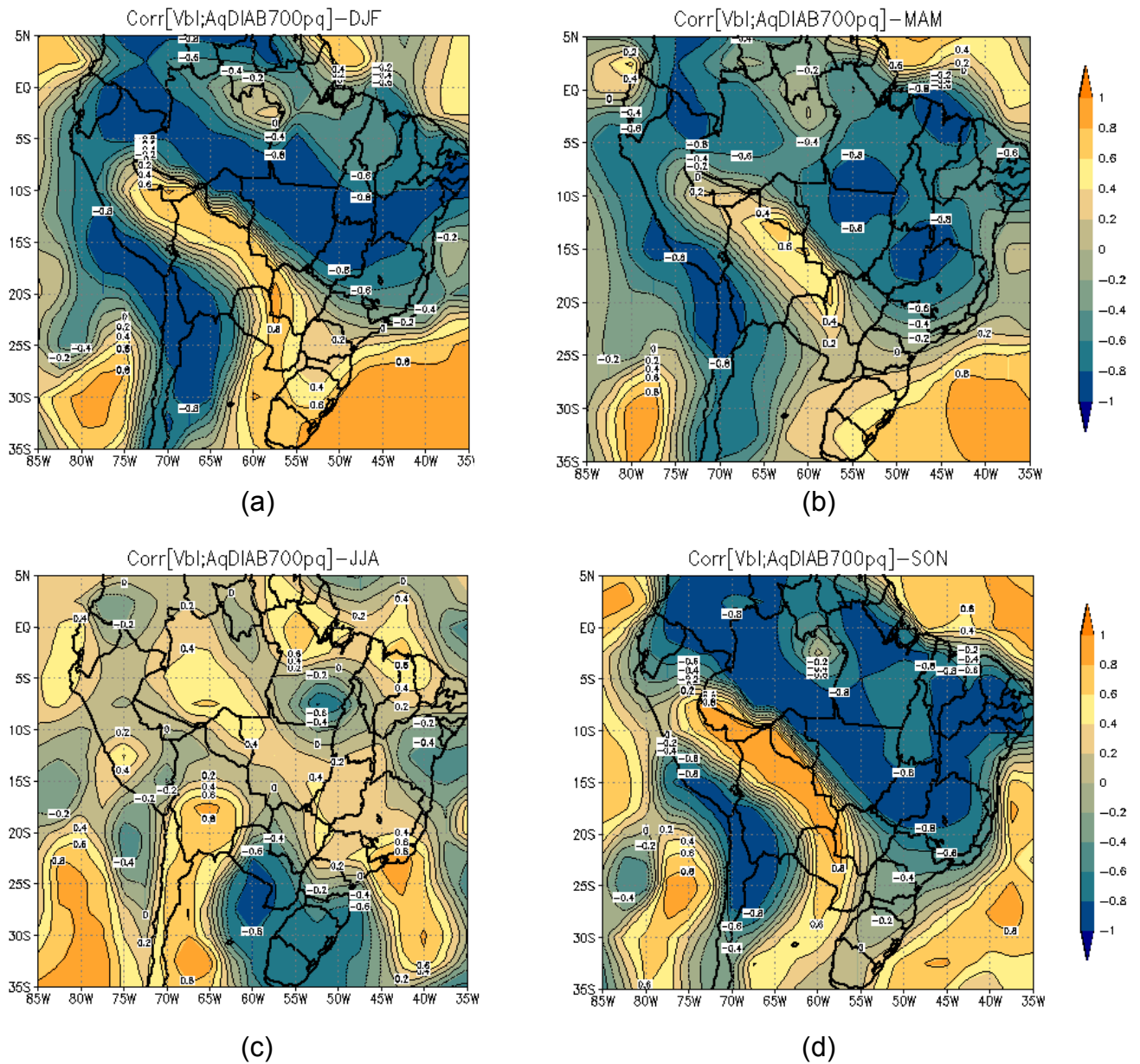


Figura 25: Correlações sazonais da componente meridional com o aquecimento diabático ( $J/C_p$ ) em 700hPa.

#### 4.3.2.4. Vento Meridional (BLM) X Aquecimento Diabático ( $J/C_p$ ) em 500hPa.

A Figura 26 é similar à Figura 25, mas para o aquecimento diabático no nível de 500 hPa. Observa-se que não existe correlação entre a componente meridional do vento em BLM com o aquecimento diabático em 500hPa na estação de verão,

outono e inverno. A correlação só fica positiva na primavera, quando os casos de JBN não são tão intensos.

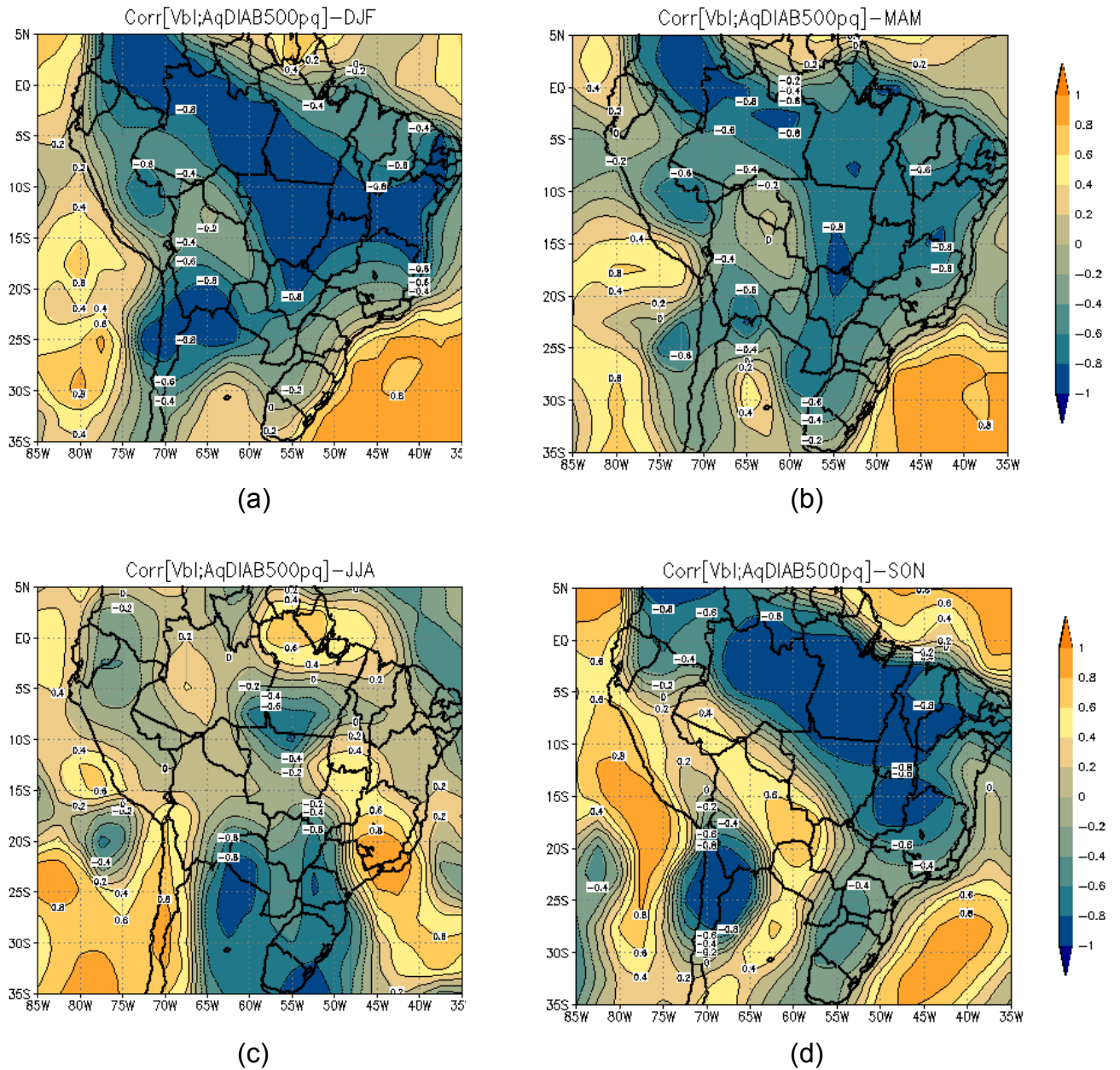


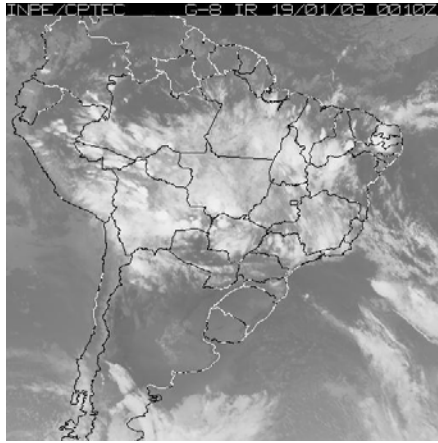
Figura 26: Correlações sazonais da componente meridional com o aquecimento diabático ( $J/C_p$ ) em 500hPa.

#### 4.5. ESTUDO DE CASO

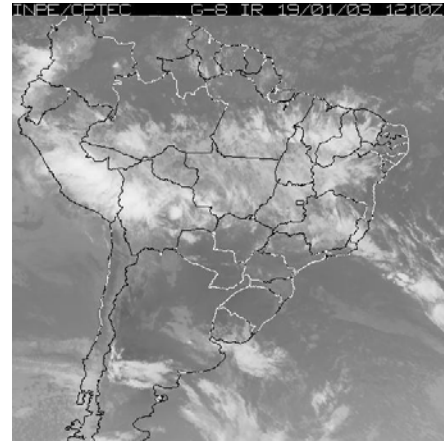
A Figura 27 apresenta uma seqüência de imagens do satélite GOES-8 no canal infra-vermelho, verifica-se intensa atividade convectiva ao longo dos Andes e na região central do Brasil durante o dia 19/01 às 00UTC, nesse mesmo dia observa-se uma frente fria deslocando-se para o Atlântico e sinais de um vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN) sobre o nordeste brasileiro (NEB) no horário das 12UTC.

Durante o dia 20/01 às 00UTC a atividade convectiva diminui sobre a Bolívia e sobre a região central do Brasil e há a formação de um sistema convectivo no sul do Brasil que logo dá origem a um sistema frontal às 12UTC no dia 21/01 às 00UTC a atividade convectiva sobre a região sudeste do Brasil interage com a frente fria.

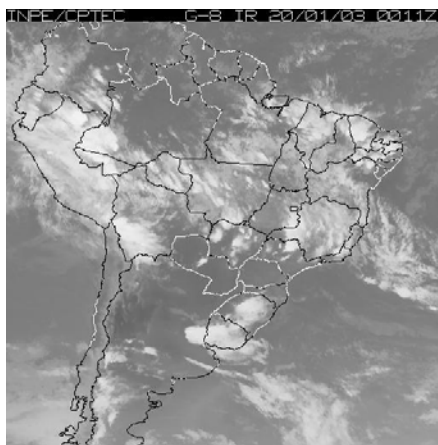
À medida que o sistema frontal se desloca, há a formação de sistemas convectivos sobre o norte da Argentina e sul do Paraguai. No horário próximo ao das 12UTC observa-se que a frente fria perde parte de sua característica frontal sobre o Atlântico, enquanto que no norte da Argentina e no sul do Paraguai os sistemas convectivos perdem intensidade, no dia 22/01 às 06UTC a atividade convectiva relacionada ao sistema frontal do dia 20/01 é restabelecida sobre o sudeste e Atlântico e há novamente a caracterização de VCAN sobre o NEB, como também mostrado na Climanálise (2003), observa-se também sistemas convectivos sobre o centro da Argentina, sul do Paraguai e sul do Brasil, ainda no dia 22/01 no horário das 18 UTC os sistemas convectivos perdem intensidade e voltam a caracterizar um sistema frontal no sul do Brasil/ leste da Argentina.



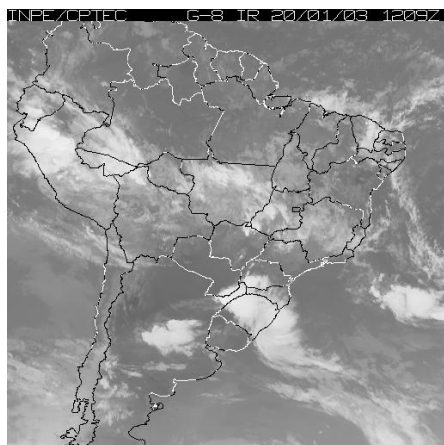
(a) 19/01 as 00UTC



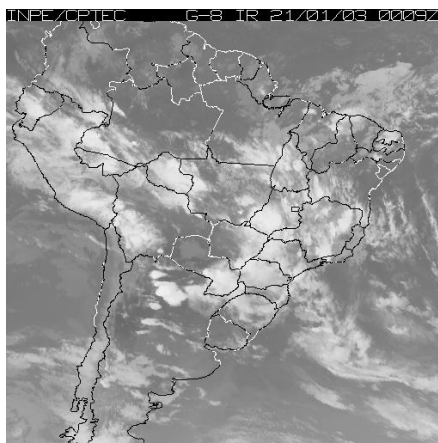
(b) 19/01 as 12UTC



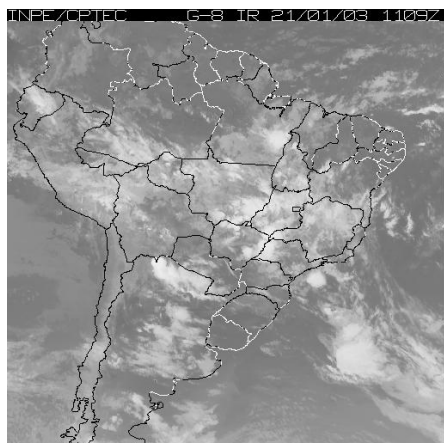
(c) 20/01 as 00UTC



(d) 20/01 as 12UTC

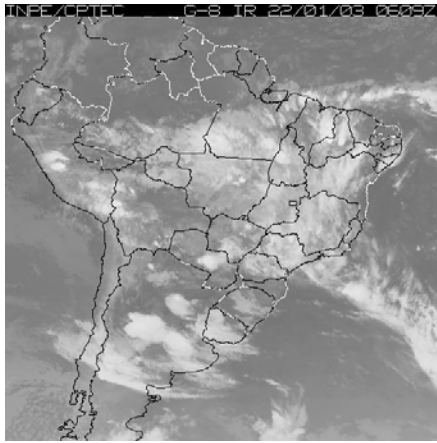


(e) 21/01 as 00UTC

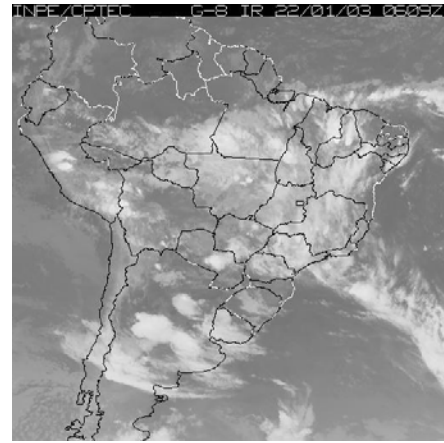


(f) 21/01 as 11 UTC

Figura 27: Seqüência de imagens do satélite GOES-8 no canal infravermelho no período de 19 a 22/01 no horário próximo as 00 e 12UTC, exceto para o dia 22/01 que apresenta os horários das 06 e 18UTC.



(g) 22/01 as 06UTC



(h) 22/01 as 18UTC

Figura 27: Final.

A Figura 28 apresenta o perfil vertical da componente zonal do vento na cidade de Santa Cruz do dia 18 até o dia 21 de janeiro no horário das 06 e 18UTC. Observa-se que nos baixos níveis a direção do vento é de oeste em todas as sondagens. As maiores magnitudes da componente de oeste ocorreram no dia 20/01 as 18UTC (linha vermelha do gráfico b) com valor de 23m/s a uma altura de aproximadamente 1700m (~ 820 hPa) e dia 21/01 às 06UTC (linha amarela do gráfico b) com valor de 19m/s a uma altura de 2430m (790 hPa).

A Figura 29 é semelhante à Figura 28 só que apresentando o perfil vertical da componente meridional do vento. Observa-se que o fluxo é preferencialmente de norte em baixos níveis, exceto no dia 19/01 às 06UTC (linha amarela no gráfico a). As maiores magnitudes são observadas no dia 20/01 às 18UTC (linha vermelha) com valor de 19 m/s a uma altura de 1180 m (877 hPa) e dia 21/01 às 06UTC (linha amarela) com valor de 18 m/s a uma altura de 1240 m (908 hPa).

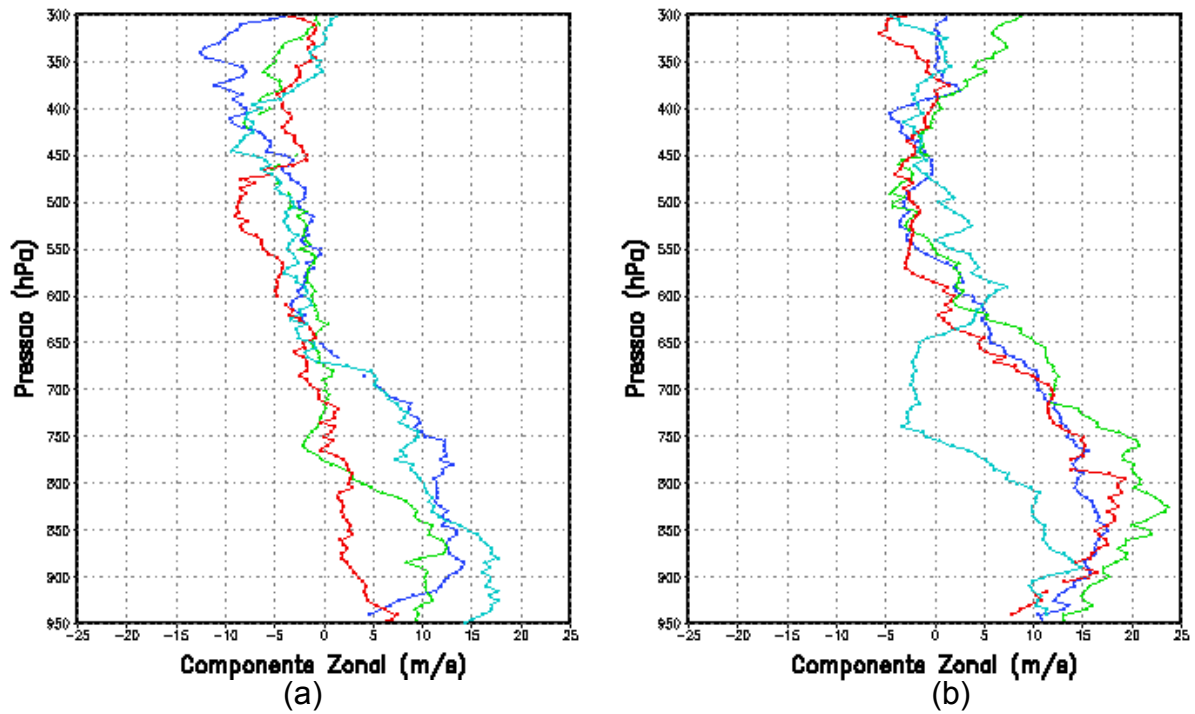


Figura 28: Perfil vertical da componente zonal do vento em Santa Cruz no período de 18/19 de Janeiro (a) e 20/21 de janeiro nos horários das 06 e 18UTC. Linha Azul – 06UTC, Linha Verde – 18UTC; 19/01 – Linha Vermelha – 06UTC, Linha Turquesa – 18UTC

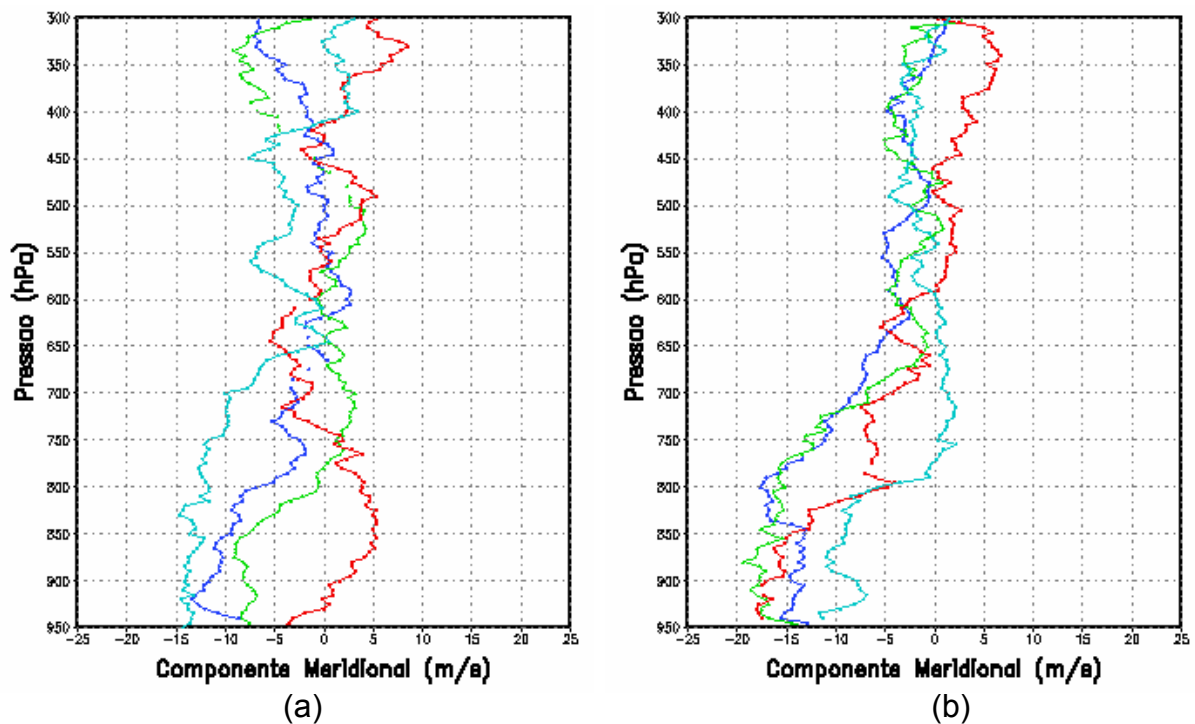


Figura 29: Perfil vertical da componente meridional do vento em Santa Cruz no período de 18/19 de Janeiro (a) e 20/21 de janeiro nos horários das 06 e 18UTC. Linha Azul – 06UTC, Linha Verde – 18UTC; 19/01 – Linha Vermelha – 06UTC, Linha Turquesa – 18UTC



A Figura 30 de (a) até (h) apresenta o comportamento da circulação em baixos níveis derivado das reanálises do NCEP para os dias em que o JBN esteve mais intenso, ou seja, entre os dias 20 e 21/01. Observa-se que o fluxo de nordeste a leste dos Andes intensifica-se a partir das 06UTC do dia 20/01 (b) apresentando núcleos de 18m/s de magnitude. Em seguida (c) às 12UTC, esse jato está sobre o oeste da Bolívia e posteriormente sobre o norte do Paraguai (d). Na Figura 30 (e) no dia 21/01 às 00UTC pode-se observar que o fluxo de noroeste da Amazônia torna-se de nordeste na latitude de 10 °S, no horário das 06UTC (f) o JBN perde intensidade e restringe-se mais ao oeste da Bolívia, voltando a ficar intenso e de escala sub-sinótica e mesoescala às 12 (g) e 18UTC (h).

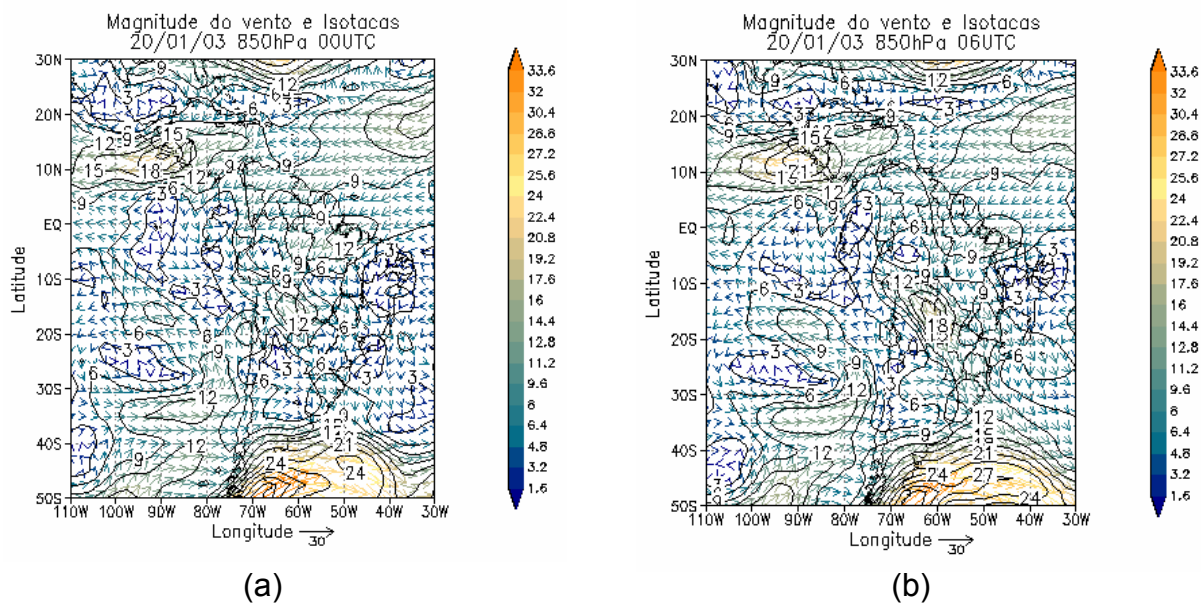
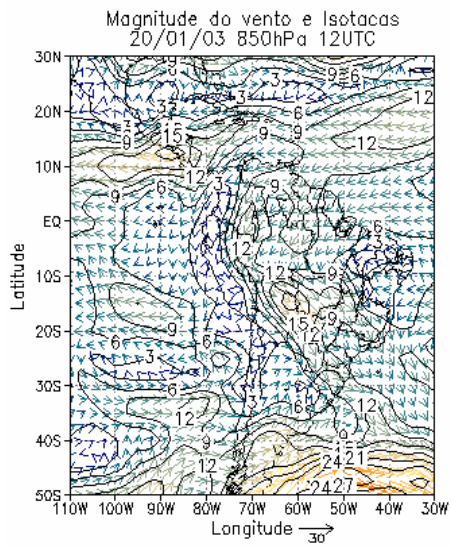
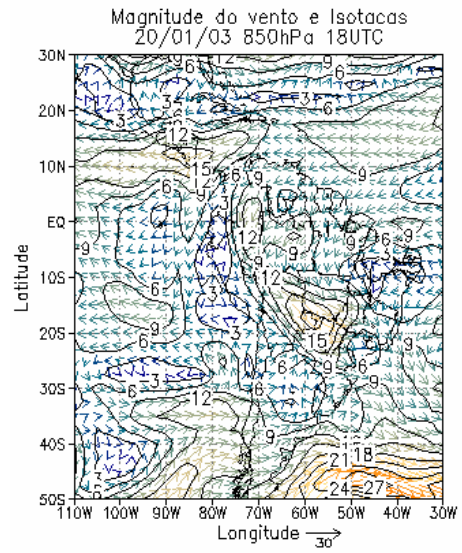


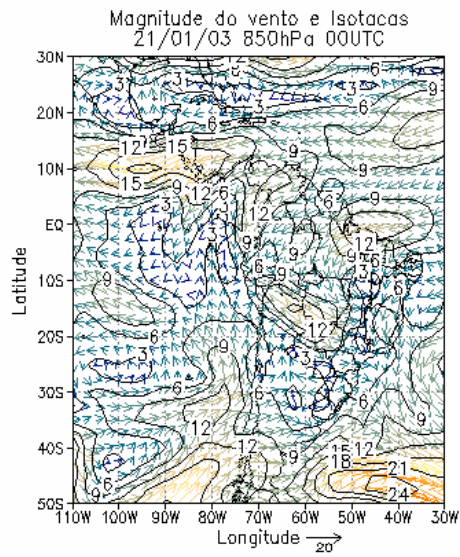
Figura 30: Comportamento da circulação em baixos níveis (850hPa) mostrando a magnitude do vento e isotácas nos dias 20 (a, b, c e d) e 21/01 (e, f, g e h) nos horários das 00, 06, 12 e 18UTC.



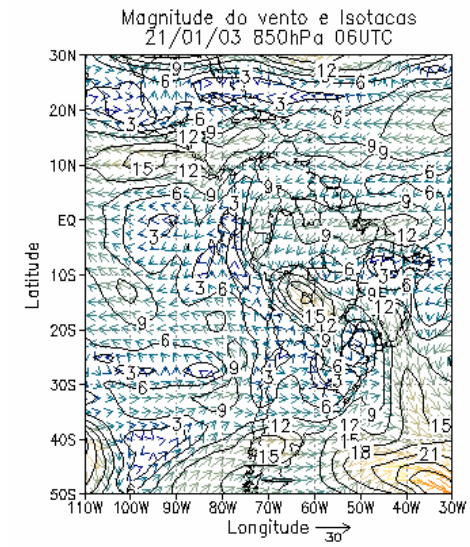
(c)



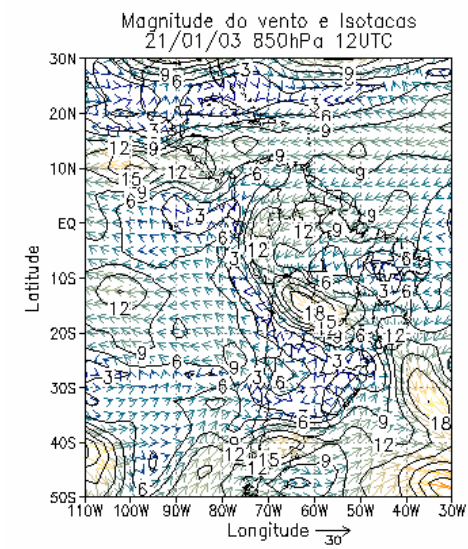
(d)



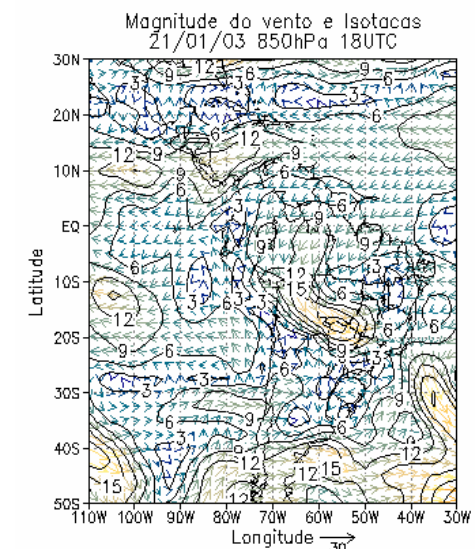
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 30: Final.



A Figura 31 de (a) até (h) mostra o comportamento do aquecimento diabático no nível de 500 hPa nos dias em que o JBN esteve mais intenso (20 e 21/01). A Figura 31 (a) do dia 20/01 às 00UTC apresenta aquecimento diabático positivo e igual a 9 °K/dia, entretanto esse aquecimento não parece estar ligado a atuação do JBN. A partir do horário das 06UTC (b), o aquecimento tem localização próximo a saída do JBN no norte do Paraguai/ sul do MS no Brasil com valor de 12 °K/dia, persistindo no horário das 12UTC (c) com 21 °K/dia e diminuindo as 18UTC (d) para 18 °K/dia. A caracterização do aquecimento diabático no dia 21/01 relacionado ao JBN é bem evidente no horário das 18UTC (h) com orientação NW/SE desde o sul da Bolívia.

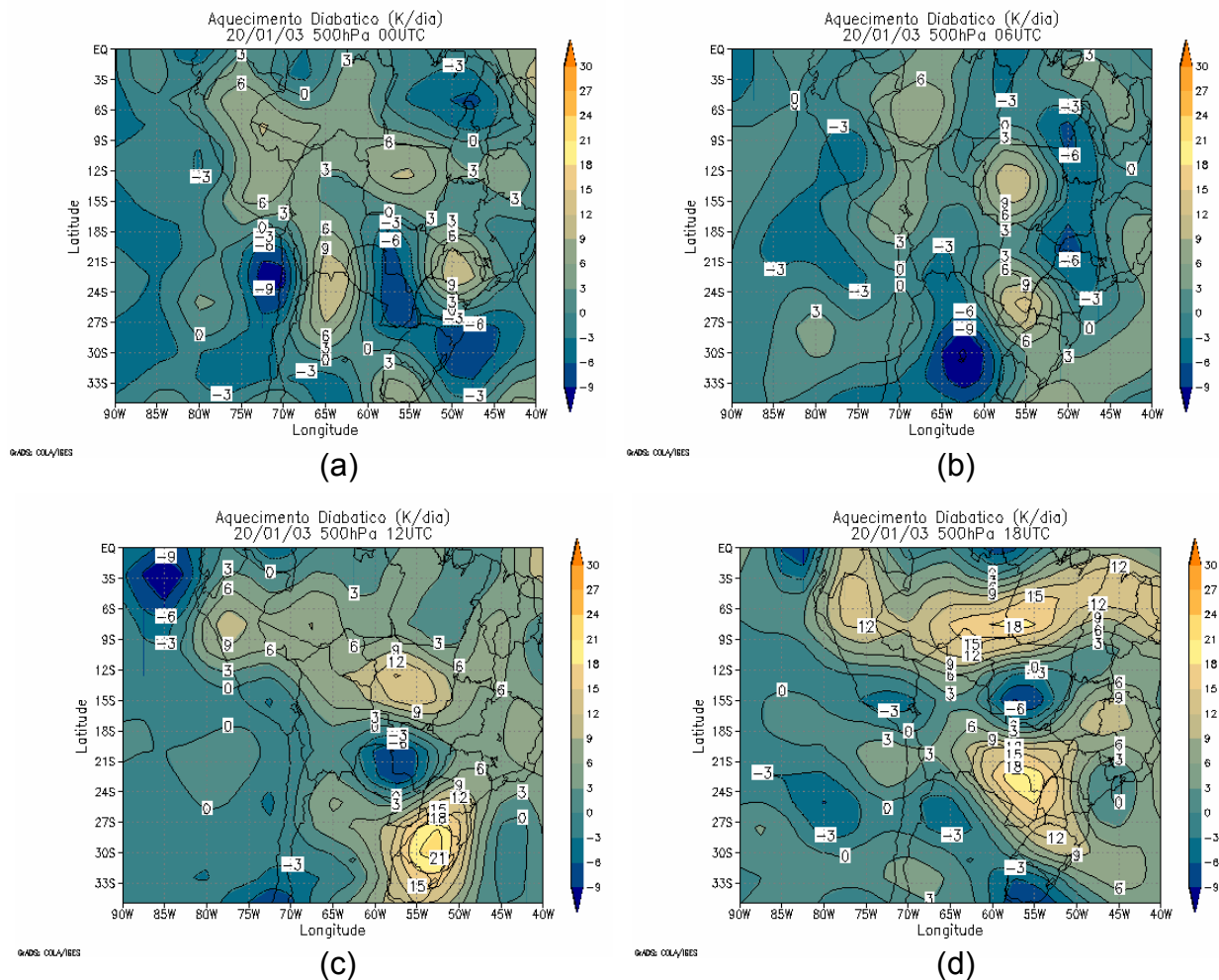


Figura 31: Comportamento do Aquecimento diabático no nível de 500hPa nos dias 20 (a, b, c e d) e 21/01 (e, f, g e h) nos horários das 00, 06, 12 e 18UTC.

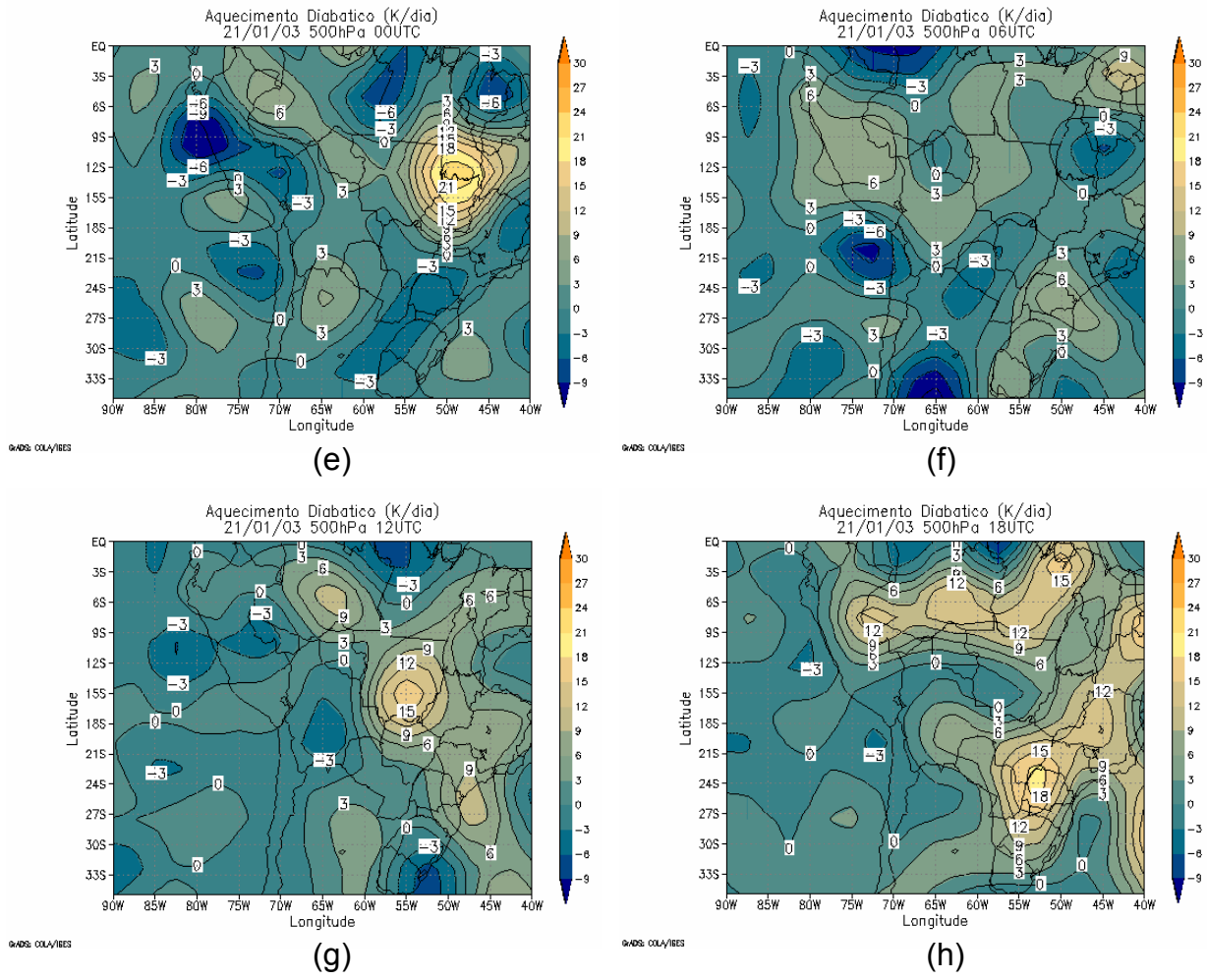


Figura 31: Final.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:

O estudo da ocorrência de JBN a leste dos Andes foi realizado através da análise climatológica utilizando as reanálises do NCEP. O JBN foi contabilizado por dois critérios diferentes para se ter uma melhor compreensão do fenômeno. E também para estabelecer aquele que melhor identifica o JBN à leste dos Andes. Os critérios empregados têm semelhanças, no entanto, caracterizam de uma forma particular os seus eventos. O critério de Bonner, quando aplicado à América do Sul, parece ser bastante restritivo. No entanto tem grande aceitação no meio científico. Os resultados mostram que uma possível modificação desse critério pode fazer com que a representação dos jatos seja melhor analisada usando as reanálises do NCEP. O critério de Sugahara apresenta bons resultados quantitativos, identificando um conjunto maior de casos nas reanálises apesar que, estas, muitas vezes, subestimam o valor real da magnitude do vento na América do Sul como observado por Marengo e Soares (2002).

As anomalias mensais mostraram que as oscilações na região equatorial não têm grande amplitude e que suas variações são pequenas. Para a caixa centrada em Santa Cruz, as anomalias mostraram que mensalmente os pulsos de norte são bem evidentes. As anomalias negativas de 1997 e 1998 estão relacionadas ao fenômeno El Niño e precisam ser mais aprofundadas.

A análise climatológica dos dados das reanálises situados em pontos de grade em regiões estratégicas da América do Sul forneceram uma boa correlação entre o fluxo oriundo de norte na região equatorial e a formação do JBN a leste dos Andes, como foi sugerido por Wang e Fu (2002). Os resultados das correlações corroboraram com aquilo que é esperado segundo a hipótese dinâmica já discutida anteriormente. De uma forma mais simples, espera-se que as correlações - quando forem analisadas “caso a caso” - possam elucidar de que forma essa interação acontece nas duas regiões..

O estudo da ocorrência de um episódio de JBN a leste dos Andes foi realizado através de imagens de satélite, dados de radiossondagens da atmosfera realizadas em Santa Cruz na Bolívia e reanálises do NCEP. O JBN foi caracterizado pelas reanálises do NCEP, entretanto a magnitude do vento foi subestimada. As poucas observações de ar superior e de superfície nessa região da América do sul, inviabilizam uma maior confiabilidade nos dados das reanálises. O aquecimento diabático mostrou-se melhor caracterizado no nível de 500hPa nos dias de JBN intensos (20 e 21/01). É importante destacar que os estudos de casos com os dados

do experimento SALLJEX são de grande importância para a compreensão real do que verdadeiramente acontece na atmosfera.

## CAPÍTULO VI

### 6. SUGESTÕES PARATRALHOS FUTUROS

Os padrões espaciais associados ao JBN na América do Sul podem ser analisados de forma mais ampla através do uso de outras técnicas estatísticas como, por exemplo, a análise de componentes principais, que pode revelar outras relações que não foram aqui consideradas.

A composição de dados com critérios baseados no aquecimento diabático também deve resultar em aspectos não tratados neste trabalho. Da mesma forma, um balanço de momentum na região leste dos Andes seria uma forma de aprofundar nos aspectos dinâmicos da intensificação e desintensificação do fenômeno.

A ressalva em todos esses casos é de que as reanálises são baseadas em poucos dados e portanto a incerteza nos resultados observados em séries desse tipo poderão persistir. Assim a recomendação mais forte seria de que a rede de observações fosse melhorada de forma operacional na região de atuação do JBN.

## CAPÍTULO VII

### 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BLACKADAR, A. K.: Boundary Layer Wind Maxima and Their Significance for the Growth of Nocturnal Inversions. *Bul. of the Am. Met. Soc.*, v. 38, No. 05, p. 283–290, 1996.

BERBERY, E. H.; COLLINI, E. A.: Springtime Precipitation and Water Vapor Flux over Southeastern South America. *Mon. Wea. Rev.*, v. 128, n. 5, p. 1328-1346. 2000.

BONNER, W.D.: Climatology of the low level jet. *Mon. Wea. Rev.*, v. 96, p. 833-50, 1968.

CAMPETELLA, C. M., VERA, C.: The Influence of the Andes Mountains on the South American Low-Level Flow. *Geo. Res. Let.* v. 29, n. 17, p. (7) 1-4, 2002.

- CHIBA, O.; KOBAYASHI, S.: A Study of The Structure of Low-Level Catabatic winds at Mizuho Station, East Antarctica. ***Bound.-Layer Meteor.***, n.37, p. 343-355, 1986.
- DOUGLAS, M W.: The Summertime Low-Level Jet Over the Gulf of California Mean Structure and Synoptic Variation. ***20<sup>th</sup> Con. Hurricanes and Tropical Meteor.***, San Antonio, TX, Amer. Meteor. Soc., p. 504-507, 1993.
- DOUGLAS, M. W.; NICOLINI, M.; SAULO, C.: Observational evidences of a low level jet east of the Andes during January-March 1998. ***Meteorologica***, v. 3, p. 63-72, 1998.
- FIGUEROA, S.N.R.: Estudos dos Sistemas de Circulação de Verão sobre a América do Sul e suas Simulações com Modelos Numéricos. Tese de Doutorado em Meteorologia, INPE – São José dos Campos (SP), 191p, 1997.
- GARREAUD, R. D.; WALLACE, J. M.: The Diurnal March of Convective Cloudiness over the Americas. ***Mon. Wea. Rev.***, v. 125, n. 12, p. 3157–3171, 1997.
- GUEDES, R. L.: Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a região central da América do Sul. Dissertação de Mestrado – IAG-USP, São Paulo, Brasil, 1985.



HASTENRATH, S.: In Search Of Zonal Circulations in the Equatorial Atlantic Sector From The NCEP-NCAR Reanalysis. vol 21. p. 37-47, 2001.

HOUZE Jr, R. A.: Mesoscale Convective Systems. *Rev. Geophys.*, 42, RG4003, doi:10.1029/2004RG000150. 2004.

JAMES, I. N.; ANDERSON, D. L. T.: The Seasonal Mean Flow and Distribution of Large-scale Weather Systems in The Southern Hemisphere: The Effects os Moisture Transports. *Quart. J. R. Met. Soc.*, n. 110, p. 943-966, 1984.

JURY, M. R., TOSEN, G. R.: Characteristics of the Winter Boundary Layer Over the Agrican Plateau: 26 degrees S. *Bound.-Layer Meteor.*, n. 49, 53-76, 1989.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, B.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K.C.; Ropelewski, C.; WANG, J.; JENNE, R.; JOSEPH, D.: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bul. of the Am. Met. Soc.*, v. 77, n. 03, p. 437–472, 1996.

KEENAN, T. D.; MCBRIDE, J.; HOLLAND, G.; DAVIDSON, N.; GUNN, B.: Diurnal Variations During the Australian Monsoon Experiment (AMEX) Phase II. *Mon. Wea. Rev.*, n. 117, p. 2535-2552, 1989.

- KAYANO, M.T.; KOUSKY, V.E.: Tropical Circulation Variability with Emphasis on Interannual and Intraseasonal Time Scales. *Rev. Bras. de Met.*, 11(1/2), 6 - 17, 1996.
- MADDOX, R. A.: Large scale meteorological conditions associated with mid-latitude mesoscale convective complexes. *Mon. Wea. Rev.*, v. 111, n. 7, p. 1745-1493, 1983.
- MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.: Episódios de Jato de Baixos níveis ao leste dos Andes durante 13-19 de Abril de 1999. *Rev. Bras. de Met.*, v. 17, n. 1, p. 35-52, 2002.
- MARENGO, J. A., DOUGLAS, M. W., SILVA DIAS, P. L.: The South American Low-Level Jet east of the Andes During the 1999 LBA-TRMM and LBA-WET AMC Campaign. *Jour. Geophys. Res.* vol. 107, p. (47) 1-11, 2002.
- MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M.: Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. *Journal of Climate*. v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004.
- NEWELL, R. E., KIDSON, J. W., VICENT, D. G. & BOER, G. J.: The General Circulation of the Tropical Atmosphere. v. 1. MIT Press. Cambridge, Massachusetts, 1972.

NEWELL, R. E., NEWELL, E. N., ZHU, Y., SCOTT, C.: Tropospheric Rivers? – A Pilot Study. **Geo. Res. Let.**, v. 12, n. 24, p. 2401-2404, 1992.

NOGUÉS-PAEGLE, J.; MO, K.: Alternating wet and dry conditions over south America during summer. **Mon. Wea. Rev.**, v. 125, p. 279-291, 1997.

PAEGLE, J.: A comparative review of a South American low level jets. **Meteorologica**, v. 3, p. 73-82, 1998.

SALIO, P., NICOLINI, M., SAULO, A. C.: Chaco Low-Level Jet Events Characterization During The Austral Summer Season. **Jour. Geophys. Res.**, vol. 107, p. ACL (32) 1-17, 2002.

SAULO, C.; NICOLINI, M.; CHOU, S. C.: Model characterization of the South American low-level flow during the 1997-98 spring-summer season. **Clim. Dyn.**, v. 16, p. 867-81, 2000.

SELUCHI, M.; MARENGO, J. A.: Tropical-Mid Latitude Exchange of Air Masses during Summer and Winter in South America: Climate aspects and extreme events. **Int. J. Climatol.**, v. 20, p. 1167-119, 2000.

SIAS, E. E. K.: Precipitação Extrema no Inverno de São Paulo: Um Estudo de Caso Sobre o Papel do Jato de Baixos Níveis na Manutenção dos Sistemas convectivos. Dissertação de Mestrado – IAG-USP, São Paulo, Brasil, 2003.

- SIEGEL, S.: **Estadística no paramétrica**. Ed. Trillas 1975, Mexico. 346p.
- SILVA DIAS, M. A. F.: Sistemas de Mesoescala e Previsão de Tempo a Curto Prazo. **Rev. Bras. de Met.** v. 2, p. 133-150, 1987.
- SILVA DIAS, P. L.; NOBRE, C. A.; SANTOS, M. A. R.; COHEN, J. C. P.; ROCHA, E. J. P.; GUEDES, R. L.; FERREIRA, R. N.; SANTOS, I. A.: Variação Diurna da Troposfera Durante o ABLE-2B. V Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro-RJ. 1988.
- SILVA DIAS, P. L.: Uma Introdução ao Efeito de Fontes Diabáticas de Calor na Evolução de Sistemas de Tempo. Apostila do Curso de Dinâmica da Atmosfera. IAG-USP. 1998.
- STENSRUD, D. J.: Importance Of Low-Level Jets to Climate: A Review. **Journal Of Climate**, v. 09, n. 08, p. 1698-1711, 1996.
- SUGAHARA, S.; ROCHA, R. P.; RODRIGUES, M. L.: Condições atmosféricas de grande escala associadas a jato de baixos níveis na América do sul. In: VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, Anais, v. 2, p. 573-577, 1994.
- SUGAHARA, S. ; ROCHA, R. P.: Climatologia das Correntes de Jato de Baixos Níveis sobre a região da América do Sul. In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET. Anais, p. 1383-1386, 1996.

TAO, S.; CHEN, L.: A Review of Recent Research on the East Asian Summer Monsoon in China. Monsoon Meteorology, C. P. Chang and T. N. Krishnamurti, Eds., Oxford University Press, 60-92, 1987.

UCCELLINI, L. W.: On the role of upper tropospheric jet streak and lee side cyclogenesis in the development of low-level jets in the great plains. *Mon. Wea. Rev.*, v. 108, n. 10, p. 1639-1676, 1980.

VELASCO, I.; FRITSCH, J. M.: Meso-scale convective complexes in the Américas. *Jour. Geophys. Res.*, 92, p. 9591-9613, 1987.

VERA, C.: VAMOS/CLIVAR/WCRP Conference on South American low-level jet. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 5-7 February 2002.

VIRJI, H.: A Preliminary Study of Summer Time Tropospheric Circulation Patterns Over South America From Cloud Winds. *Mon. Wea. Rev.*, n. 109, p. 599-610, 1981.

VITORINO, M. I.: Análise das oscilações intrasazonais sobre a América do Sul e oceanos adjacentes utilizando a análise de ondeletas. Tese de Doutorado em Meteorologia, INPE – São José dos Campos (SP), 344p, 2002.

WANG, H; FU, R.: Cross-Equatorial Flow and Seasonal Cycle of Precipitation over South America. ***Journal Of Climate***, v. 15, n. 13, p. 1591–1608, 2002.

WANG, H; FU, R.: Influence of Cross Flow on the South American Low-Level Jet. ***Journal Of Climate***, v. 17, n. 06, p. 1247-1262, 2004.

YANG, H., ZHANG, Q., ZHONG, Y., VAVRUS, S., LIU, Z.: How Does Extratropical Warming affect ENSO? ***Geo. Res. Let.*** v. 32, 2005.

YANG, H., LIU, Z.: Tropical-Extratropical Climate Interaction as Revealed Idealized Coupled Climate Model Experiments. ***Clim. Dyn.***, v. 24, n. 7, Call Number, 2005.