

BLOQUEIOS ATMOSFÉRICOS DE 1960 A 2000 SOBRE O OCEANO PACÍFICO SUL: IMPACTOS CLIMÁTICOS E MECANISMOS FÍSICOS ASSOCIADOS

MONICA C. D. MENDES¹, RICARDO M. TRIGO^{1,2}, IRACEMA F. A. CAVALCANTI¹ e CARLOS C. DACAMARA¹

¹Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa, Departamento de Física, Faculdade de Ciências
Campo Grande, Ed C8, Piso 3, 1749-016 Lisboa - Portugal - tel: +351 217500881

²Universidade Lusófona, Portugal

³Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Brasil
E-mail: mcmendes@fc.ul.pt, monica_damiao@bol.com.br

Recebido Dezembro 2003 - Aceito Janeiro 2005

RESUMO

Os bloqueios atmosféricos no Hemisfério Sul são caracterizados por anticiclones anômalos semi-estacionários localizados em torno de 60°S de latitude. Os bloqueios por sua vez produzem um brusco desvio dos sistemas transientes (frentes frias e os ciclones) quer pelo flanco equatorial quer pela região flanco polar. A partir de dados diários extraídos das reanálises do NCEP/NCAR, para o Hemisfério Sul, é calculada uma climatologia da região de formação, frequência, duração e intensidade de eventos de bloqueios para 5 regiões separadas do hemisfério. Dentre as regiões estudadas, a região do Pacífico Sul (180°W; 80°W) é a que apresenta maior atuação de bloqueios, cuja climatologia sazonal e interanual é exposta detalhadamente neste artigo. As características gerais da atmosfera em casos de bloqueio são identificadas, através dos campos de anomalias do escoamento em baixos e médios níveis, da altura geopotencial em 500 hPa, da vorticidade em 850 hPa, pressão ao nível do mar e cobertura de nuvens. O impacto dos bloqueios no clima é analisado a partir dos campos médios das temperaturas máximas e mínimas e da precipitação sobre o continente Sul-americano. Durante episódios de bloqueio é observada uma redução na precipitação sobre o Brasil, principalmente no verão, e um aumento nas temperaturas máximas e mínimas do sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e norte da Argentina, no inverno. A variabilidade interanual dos eventos de bloqueios é examinada com respeito aos anos de El Niño e La Niña, sendo possível verificar que o total de eventos de bloqueios e de *dius bloqueados* em anos de El Niño foi maior do que em anos de La Niña.

Palavras-chave: bloqueios, El Niño, variabilidade e impacto climático

ABSTRACT: BLOCKING EPISODES OVER THE SOUTHERN PACIFIC OCEAN FOR THE 1960-2000 PERIOD: CLIMATE IMPACTS AND ASSOCIATED PHYSICAL MECHANISMS

Blocking episodes in the Southern Hemisphere are characterized by persistent anticyclones, centred on the 60°S latitudinal belt, and they are important because they induce large meridional displacements of synoptic scale transient eddies. Here, we present a comprehensive multivariable characterization of the climate impacts of blocking over Southern Hemisphere, in particular, for the Southwestern and Southeastern Pacific sectors, using a 41-year (1960-2000) consistent dataset extracted from the NCAR/NCEP reanalysis. Anomaly fields of the atmospheric variables are analyzed, such as anomalous wind flow, 500 hPa anomalous geopotential height, anomalous vorticity at 850 hPa, sea level pressure and cloud cover. The impact of the blocking events on South America continent climate is performed based on precipitation rate, maximum and minimum temperatures. There is a reduction in precipitation rate over Brazil, mainly in summer, and increase of maximum and minimum temperature over southern Brazil, Paraguay, Uruguay and northern Argentina in the winter, during blocking. Finally, we have computed the impact of El-Niño and La Niña years on seasonal frequency of blocking episodes. Both the number of blocked days and blocking events increase during El Niño episodes, compared with La Niña years.

Key-words: blocking, El Niño, variability and climate impact

1. INTRODUÇÃO

A importância de se estudar os bloqueios atmosféricos reside no fato deste fenômeno causar uma interrupção persistente, em grande escala, na propagação normal dos sistemas transientes, causando assim anomalias nos campos da precipitação e temperatura, o que afeta de forma notória o clima

em algumas regiões. Registros meteorológicos mostraram que as regiões afetadas pelos bloqueios experimentam condições atmosféricas adversas como por exemplo: seca na região do anticiclone e enchentes no flanco polar e equatorial deste (Knox e Hay, 1984). A definição do fenômeno bloqueio usualmente utilizada segue os critérios qualitativos propostos e estabelecidos por Rex (1950a e 1950b). Esses critérios

foram adaptados para um critério mais objetivo utilizado em diversos estudos de diagnóstico de bloqueios, realizados para ambos os hemisférios (Lejenas e Okland, 1983; Trenberth e Swanson, 1983; Lejenas, 1984; Trenberth, 1986a; Tibaldi e Molteni, 1990; Tibaldi et al., 1994; Marques, 1996; Marques e Rao, 1999, 2000 e Trigo et al., 2004).

Os estudos que mostram de uma forma sistemática o impacto climático dos bloqueios nas regiões do globo são raros e realizados, essencialmente, para o Hemisfério Norte (Rex, 1950a,b; Wiedenmann et al., 2002 e Trigo et al., 2004). Para o Hemisfério Sul há um menor número de estudos quando comparamos com aqueles realizados para o Hemisfério Norte. Em ambos os hemisférios nos períodos de bloqueios, sobre as regiões afetadas por esse fenômeno, há um aumento significativo na qualidade da previsibilidade de curto e médio prazo (Trenberth e Mo, 1985 e Tibaldi et al., 1994), o que vem demonstrar a necessidade de se estudar detalhadamente o comportamento desse fenômeno e as características da circulação atmosférica durante a sua atuação. Apesar dos enormes avanços na previsão numérica de médio e longo prazo, existe ainda a necessidade de corrigir os erros sistemáticos dos modelos numéricos relacionados a sistemas meteorológicos persistentes como no caso do bloqueio atmosférico.

Sobre o Hemisfério Sul, nos últimos 20 anos, foram realizados vários estudos que exploraram apenas a climatologia da frequência e duração dos bloqueios. Dentre os quais destacam-se os trabalhos de Casarin (1983), Marques (1996), Sinclair (1996), Kayano (1999), Marques e Rao (2000, 2001) e Wiedenmann et al. (2002), que de uma forma geral, utilizando uma série de dados relativamente curta, mostraram que a região do Pacífico foi aquela que apresentou uma maior frequência de bloqueios. Marques (1996), usando uma série de dados diários do ECMWF para o período de 1980 a 1993, reafirmou a existência de uma nova região de formação de bloqueios próxima à costa oeste da América do Sul (Pacífico Sudeste). Essa região foi primeiramente discutida por Sinclair (1996) utilizando dados diários do ECMWF para o período de 1980 a 1989.

A série mais longa de dados (30 anos), para estudos de bloqueios sobre o Hemisfério Sul, foi utilizada por Wiedenmann et al. (2002), o qual, obteve uma climatologia de eventos de bloqueios extraída de dados sazonais das reanálises do NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction e National Centers for Atmospheric Research). Esses autores deram também ênfase à variabilidade interanual da frequência de bloqueios com respeito aos anos de ENSO (El Niño-Oscilação Sul), tendo sido possível detectar uma maior quantidade de bloqueios em anos de El Niño (EN) quando comparados com a quantidade de bloqueios observada em anos de La Niña (LN) e anos neutros. Salienta-se que esse resultado foi discordante daquele obtido por Marques (1996) e coerente com os resultados encontrados por Sinclair (1996). As dissimilaridades entre os resultados encontrados por Marques (1996), Sinclair (1996) e Wiedenmann et al. (2002), podem estar relacionadas com a definição de bloqueio usada, áreas

e/ou períodos definidos para o estudo.

Dando continuidade aos estudos sobre bloqueio atmosférico no Hemisfério Sul e, em particular, sobre a região do Pacífico (região denotada como sendo a faixa longitudinal entre 180°W e 80°W), esse artigo pretende elaborar uma climatologia mais detalhada das características dos bloqueios tais como: frequência, duração, intensidade, variabilidade interanual e sazonal durante o período de 1960 a 2000. Pretende-se ainda, com esse artigo verificar a relação entre as anomalias dos padrões atmosféricos e a atuação dos bloqueios sobre o Pacífico, bem como, estudar o impacto climático nos campos de precipitação e temperatura sobre a América do Sul. Para tanto, neste trabalho é utilizada, na determinação dos bloqueios, uma metodologia adaptada daquela proposta por Lejenas (1984), Tibaldi e Molteni (1990), Tibaldi et al. (1994) e estendida recentemente por Trigo et al. (2004) para o Hemisfério Norte. É importante ressaltar que a metodologia utilizada por Trigo et al. (2004) é a mesma proposta por Tibaldi e Molteni (1990), porém, estendida para um leque maior de latitudes.

2. DADOS E METODOLOGIA

2.1. Dados

Os eventos de bloqueios e conseqüentemente a quantidade de *dias bloqueados*¹ foram obtidos primeiramente para todo o Hemisfério Sul, onde este foi dividido em 5 regiões distintas classificadas como: Pacífico Sudoeste e Sudeste, Atlântico, Índico e Oceania. Essas regiões do Hemisfério Sul estão graficamente representadas na Figura 1. Salienta-se que o Pacífico Sul foi dividido em duas áreas, sendo a primeira localizada entre 180°W e 120°W (Pacífico Sudoeste) e a segunda entre (120°W e 80°W). Esses setores do Pacífico Sul diferem daqueles utilizados por outros autores, cujo objetivo foi separar os bloqueios encontrados no sudoeste do Pacífico que possivelmente tivessem a influência da topografia da Austrália e Nova Zelândia. Porém, nossa escolha parece não induzir a erros com relação ao diagnóstico dos bloqueios atmosféricos, bem como, com relação aos padrões atmosféricos associados a esse fenômeno, permitindo-nos assim fazer comparações com resultados anteriormente publicados. Para cada região de estudo e em cada 10° de longitude foram obtidas climatologias detalhadas de eventos de bloqueios onde o Pacífico Sul foi a região com um registro maior de frequência e de *dias bloqueados* durante o período de 1960 a 2000, por essa razão, nós decidimos expor essencialmente os resultados encontrados para essa região do Hemisfério Sul.

Na determinação dos eventos de bloqueios foram utilizados dados diários da altura geopotencial em 500 hPa em pontos de grade 2,5° x 2,5° lat/lon, extraídos das reanálises do NCEP/NCAR, para o período compreendido entre 1960 e 2000. Os dados extraídos apenas para a região do Pacífico Sul compreendem um domínio de 40 por 37 pontos de grade, o que equivale, respectivamente, à faixa longitudinal de 180°W a 80°W e à faixa latitudinal de 0° a 90°S. Ressalta-se que os

¹O conceito de *dias bloqueados* pode ser consultado em Tibaldi et al., 1994; Renwick, 1998; Trigo et al., 2004 e Wiedenmann et al., 2002.

dados
uma e
é usad
et al.
vanta;
NCAR
(2004

(diári
zonal
da pr
total e
modu
sobre
e min
percei
as det
diário
extraí
para c
da pr
minin
de ve
condi.
Para
tempe
(teste
ao ni
grade
t-criti
encon
graus
no in
utiliza
evento

Figur

dados de reanálises do NCEP/NCAR foram obtidos através de uma assimilação via modelagem numérica idêntica àquela que é usada no sistema operacional de previsão do NCEP (Kalnay et al., 1996). Outros comentários a respeito da qualidade, vantagens e desvantagens do uso das reanálises do NCEP/NCAR podem ser verificados em Reid et al. (2001), Trigo et al. (2004) e Wiedermann et al. (2002).

Dados de reanálises do NCEP/NCAR das 00:00 TMG (diários) da altura geopotencial em 500 hPa, da componente zonal e meridional do vento nos níveis de 850, 500 e 200 hPa, da pressão ao nível médio do mar, temperatura em 850 hPa e total de cobertura de nuvens, foram utilizados nas análises das modulações causadas pela presença dos bloqueios atmosféricos sobre a circulação em grande escala. As temperaturas máxima e mínima, a precipitação e o total da cobertura de nuvens (em percentagem) estão na grade de $1,875^\circ \times 1,875^\circ$ graus, enquanto as demais variáveis estão na grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ graus. Dados diários da precipitação e das temperaturas máxima e mínima, extraídos das reanálises do NCEP/NCAR, foram utilizados para obter os compostos do total da precipitação, das anomalias da precipitação e das anomalias das temperaturas máxima e mínima para as estações de inverno e verão, cujo objetivo foi de verificar quais áreas sobre a América do Sul experimentam condições adversas devido à presença dos eventos de bloqueios. Para os compostos das anomalias do total da precipitação e temperaturas foi aplicado ainda um teste estatístico apropriado (*teste-t*), onde foram analisados os resultados mais significantes ao nível de 95%. Este teste foi realizado para cada ponto de grade, para a hipótese nula de igual média, unilateral com *t-critico* dependente da quantidade de eventos de bloqueios encontrados em cada setor e em cada estação do ano (n° de graus de liberdade). Por exemplo, para o Pacífico Sudeste, no inverno, para o nível de significância de 95%, o *t-critico* utilizado foi de 1,6759 onde $n=56$ (o que corresponde a 56 eventos registrados).

2.2. METODOLOGIA

a) Obtenção e definição dos bloqueios

O estudo da ocorrência dos bloqueios é de grande importância meteorológica porque permite diagnosticar os impactos causados nas áreas adjacentes e na região bloqueada. Os critérios para definir um bloqueio foram durante muitos anos baseados em um caráter subjetivo (e.g. Elliot e Smith, 1949; Rex, 1950 a,b; Austin 1980; Treidl et al., 1981). Nas duas últimas décadas, com o advento da utilização dos computadores, surgiram definições mais objetivas que estão diretamente ligadas à existência de importantes anomalias temporais e espaciais na altura geopotencial na média troposfera (e.g. Lejenas e Okland, 1983; Dole 1986; Tibaldi e Molteni, 1990; Liu, 1994). Aqui, foi aplicado um procedimento semelhante àquele desenvolvido por Tibaldi e Molteni (1990) e recentemente estendido por Trigo et al., (2004) para o Hemisfério Norte.

Com base nos dados diários foram obtidos dois gradientes meridionais da altura geopotencial em 500 hPa (GHGS e GHGN) para um intervalo de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ de longitude. Esses dois gradientes meridionais foram calculados separadamente para cada região do Hemisfério Sul e em cada 10 graus de longitude, utilizando as equações (1) e (2) a seguir:

$$GHGS = Z(\lambda, \phi_1) - Z(\lambda, \phi_2) \quad (1)$$

$$GHGN = Z(\lambda, \phi_{n1}) - Z(\lambda, \phi_n) \quad (2)$$

onde: $\phi_{n1} = 40^\circ S + \Delta$; $\phi_{n1} = 55^\circ S + \Delta$; $\phi_{02} = 50^\circ S + \Delta$; $\phi_2 = 65^\circ S + \Delta$

e $\Delta = 10,0^\circ; -7,5^\circ; -5,0^\circ; -2,5^\circ; 0^\circ$

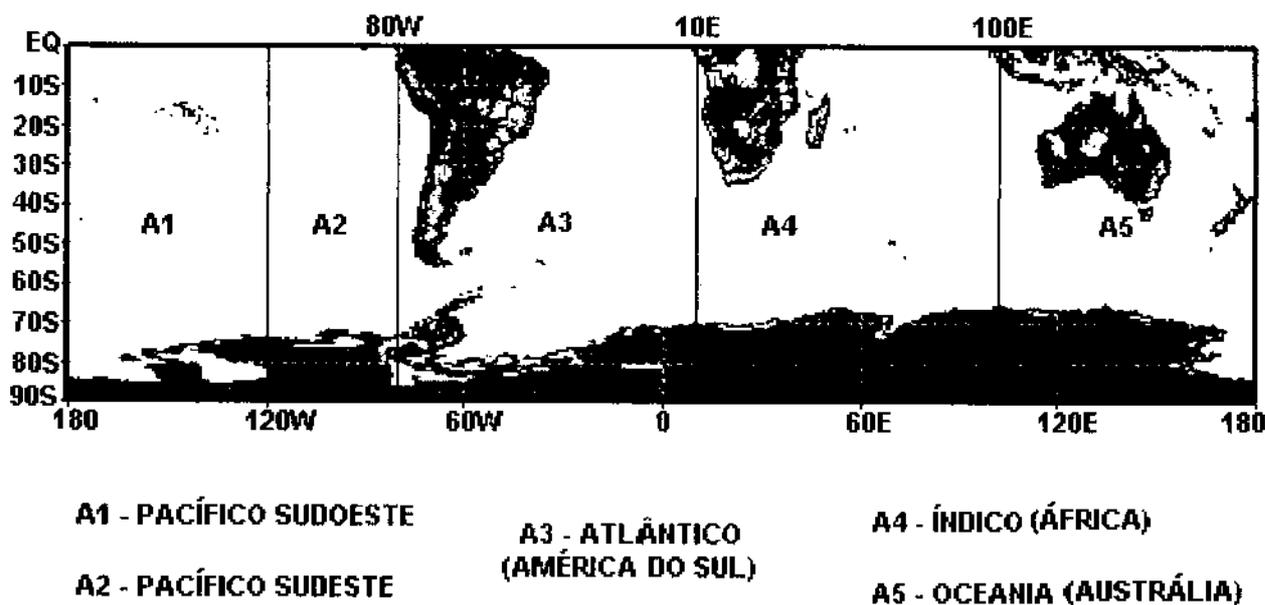


Figura 1: Esquema gráfico longitudinal das áreas de estudo.

Por sua vez, $z(\lambda, \phi)$ é a altura geopotencial em 500 hPa, ϕ é a latitude, λ é a longitude e Δ é um contador latitudinal que pode assumir os 5 valores indicados acima. Adicionalmente, uma longitude λ é definida como tendo um bloqueio, em um determinado instante de tempo, quando ambos os gradientes referidos acima satisfizerem em, pelo menos, um valor de Δ às seguintes condições:

- a) $GHGN > 0$
 b) $GHGS < -10 \text{ mgp}$

Onde a condição "b" assegura que não seja considerado uma situação de bloqueio quando o ciclone (baixa pressão desprendida) é anormalmente deslocado para sul (Tibaldi et al., 1994). Ainda, para que seja identificado um episódio de bloqueio são necessários que ocorram conjuntamente os seguintes critérios:

- 1) Que as condições a) e b) sejam verificadas em pelo menos três longitudes consecutivas dentro de uma área mínima de 40° de longitude;
- 2) Que o critério 1) seja observado no mínimo por cinco dias consecutivos;
- 3) Que em todo o episódio de bloqueio exista apenas um único dia intermediário que não satisfaça o critério 1).

Desta forma, é necessário realçar que os conceitos de *dia bloqueado* e de *episódio de bloqueio* são diferentes. Por exemplo, durante o período analisado foi possível observar alguns conjuntos de *dias bloqueados* (1, 2, 3 e/ou 4) que não chegam a constituir um episódio de bloqueio, sendo assim removidos dos nossos resultados. O conceito de *dia bloqueado* (Tibaldi et al., 1994; Renwick, 1998; Trigo et al., 2004 e Wiedenmann et al., 2002) refere-se ao "dia" onde o índice de bloqueio foi verificado, enquanto que cada *episódio de bloqueio* corresponde à somatória dos *dias bloqueados*, desde que seja verificado um mínimo de 5 dias. O início de um bloqueio é definido como a transição entre um dia com escoamento zonal e um dia com escoamento bloqueado em um dado setor. Por sua vez, os eventos de bloqueios terminam quando não se observam mais *dias bloqueados*. Para ambas as regiões do Pacífico Sul, a intensidade dos eventos de bloqueios foi analisada graficamente através do valor máximo da anomalia positiva de altura geopotencial em 500 hPa associada ao anticiclone de bloqueio semi-estacionário, enquanto que a duração foi computada somando o número de dias em que o índice de bloqueio foi registrado de acordo com as definições dadas anteriormente.

b) Obtenção da variabilidade dos bloqueios

Para obter a variabilidade sazonal determinou-se a quantidade de *dias bloqueados* e a frequência de bloqueios durante o período de 41 anos, enquanto a variabilidade interanual foi observada com base no total de eventos de bloqueios registrados. O cálculo da frequência de *dias*

bloqueados foi obtido segundo o critério utilizado por Marques (1996), onde o total de *dias bloqueados* para cada mês, dentro do período de estudo, foi dividido pela quantidade de dias do mês multiplicado pelo número de anos e posteriormente multiplicado por 100. Adicionalmente, nesse trabalho foi verificada a variabilidade interanual dos bloqueios com relação aos anos de EN e LN, baseando-se nos totais de eventos e de *dias bloqueados*. Finalmente, sobre a série interanual dos eventos de bloqueios foi aplicada uma tendência linear simples, mesmo sabendo que essa possa ser influenciada pelos valores iniciais e finais da série temporal. O objetivo de se fazer uma tendência linear simples foi de verificar a evolução temporal dos bloqueios registrados sobre o Pacífico Sudoeste e Sudeste, ou seja, se esses vêm tendo um aumento ou uma diminuição gradual nos últimos anos. A definição de ENSO utilizada foi obtida dos trabalhos de Rasmusson e Carpenter (1982) e Ropelewski e Halpert (1987), enquanto que os anos de EN e LN utilizados foram obtidos do CPTEC/INPE através do site: www.cptec.inpe.br/products/clima.

3. RESULTADOS

3.1. Climatologia dos bloqueios

Nesta seção vamos descrever alguns resultados encontrados com relação às áreas preferenciais de atuação, intensidade e duração dos bloqueios sobre o Hemisfério Sul. De fato, com base na distribuição longitudinal da frequência de eventos de bloqueios (*dias bloqueados*) para cada 10° de longitude (fig. 2) é possível observar que sobre o Pacífico Sul (180°W a 80°W) os eventos de bloqueios se concentram praticamente entre as longitudes de 180°W e 120°W. Esse resultado poderá estar relacionado à posição e intensidade dos jatos polar e subtropical, ou seja, durante a atuação de um bloqueio o jato polar mostra-se bastante intenso em comparação com o jato subtropical, enquanto que na região do anticiclone de bloqueio os ventos são fracos e negativos no seu centro. Assim, o vento tende a mudar de direção o que confirma o método de Lejenas e Okland (1983) utilizado para localizar bloqueios atmosféricos através de um índice zonal (Marques, 1996).

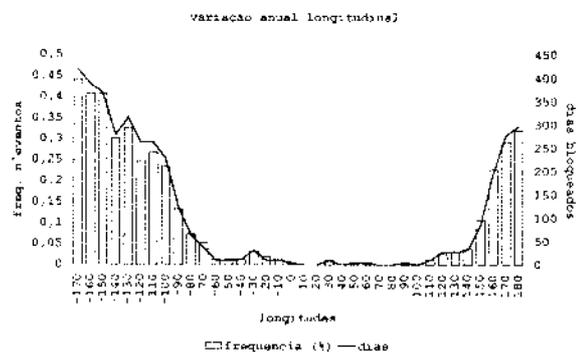


Figura 2: Distribuição longitudinal da frequência (linhas) de eventos de bloqueios (em porcentagem) e de *dias bloqueados* (colunas) para o período de 1960 a 2000.

a) Val
a 80°

núme
para
outon
Sudes
bloqu
3b,c).
outros
e Rac
O fat
meses
ao gra
época
e subt
foram
no Pa

b) Va
a 120

283 e
corres
l, ver

PAC
DU

7
M
ML
B
Tabel
bloqu

a) Variabilidade Sazonal para o Oceano Pacífico Sul (180°W a 80°W)

A maior frequência de eventos de bloqueio e o maior número de *dias bloqueados*, quando calculados e analisados para todo o Pacífico Sul, ocorrem nos meses de inverno e outono (fig. 3a), enquanto que, para o Pacífico Sudoeste e Sudeste, há ocorrência maior de eventos e de número de *dias bloqueados* nos meses de inverno e início da primavera (fig. 3b,c). Estes resultados são coerentes com aqueles exposto por outros autores como por exemplo: Marques (1996), Marques e Rao (1999), Sinclair (1996) e Wiedenmann et al. (2002). O fato dos bloqueios ocorrerem com maior frequência nos meses de inverno e início da primavera, pode estar associado ao gradiente térmico meridional mais intenso observado nessa época do ano e ao posicionamento mais a norte dos jatos polar e subtropical (Climanálise 10 anos, 1996). Nos meses de verão, foram encontradas as menores frequências de bloqueios, tanto no Pacífico Sudoeste quanto no Pacífico Sudeste (fig. 3b,c).

b) Variabilidade Sazonal para o Pacífico Sudoeste (180°W a 120°W)

Durante o período analisado foram registrados 283 eventos de bloqueios sobre o Pacífico Sudoeste, o que corresponde a uma taxa de 6,9 bloqueios por ano. Na Tabela I, verifica-se que no período de inverno foram identificados

97 eventos, enquanto que nas estações da primavera, verão e outono foram registrados respectivamente, 59, 54 e 73 eventos. Nos meses de inverno a ocorrência dos bloqueios é praticamente o dobro daquela observada sobre o verão. Cerca de 25% dos bloqueios nessa área do Pacífico tiveram um período de vida igual ou superior a 10 dias, numa totalidade de 81 bloqueios. A análise sazonal da quantidade e duração de dias bloqueados mostrou que para o inverno e primavera os bloqueios apresentaram um valor mediano de 9 e 7 dias, respectivamente. Já nos meses de verão e outono os bloqueios tiveram respectivamente uma duração mediana de 6 e 8.

Ressalta-se que o uso da mediana em vez da média justifica-se pelo fato da média aritmética ser fortemente influenciada pela presença pontual de valores extremos, como por exemplo, dos bloqueios com mais de 15 dias de duração ocorridos nesse setor do Pacífico Sul e também no Pacífico Sudeste (Tabela I), podendo assim induzir uma representação da duração média afastada excepcionalmente do valor central da amostra. Dessa maneira, decide-se utilizar a mediana pois estatisticamente essa não sofre a influência de valores extremos, obtendo assim, o valor mais representativo da duração média dos eventos de bloqueios em cada setor do Pacífico Sul. Sobre o Pacífico Sul, em especial sobre o Pacífico Sudeste (fig. 3c), a variação sazonal é bastante acentuada, podendo ser, de certa forma, explicada pela variação sazonal dos jatos polar e subtropical.

PACIFICO SUDOESTE

PACIFICO SUDESTE

Duração	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Duração	Inverno	Primavera	Verão	Outono
5	15	12	21	12	5	14	13		8
6	17	3	7	15	6	15	4	3	7
7	10	16	7	8	7	6	5	1	4
8	6	7	5	8	8	3	3	2	1
9	9	6	6	10	9	5	2	2	2
10	8	2	2	2	10	6	2		1
11	8	4	3	2	11	2	1		
12	2	2		5	12				
13	6	1	1	1	13				1
14	5	1		3	14	1			1
15	2	1	1	1	15	1			
16	1	2		2	16				
17	1				17	1			1
18	1				18	1			
19	1		1	3	19				
20	1	1		1	20				
21	2				21				
22	1				22				
23	1				23	1			
28		1			28				
Total	97	59	54	73	Total	56	30	8	26
Média	8	9	7	11	Média	7	6	7	6
Mediana	9	7	6	8	Mediana	6	6	7	6
Moda	5	7	5	6	Moda	6	5	6	5

Tabela 1: Total de eventos de bloqueios sobre o Pacífico Sudoeste (esquerda) e Sudeste (direita) com relação à quantidade de *dias bloqueados* para o período de 1960 a 2000. A média e mediana se referem à duração do bloqueio.

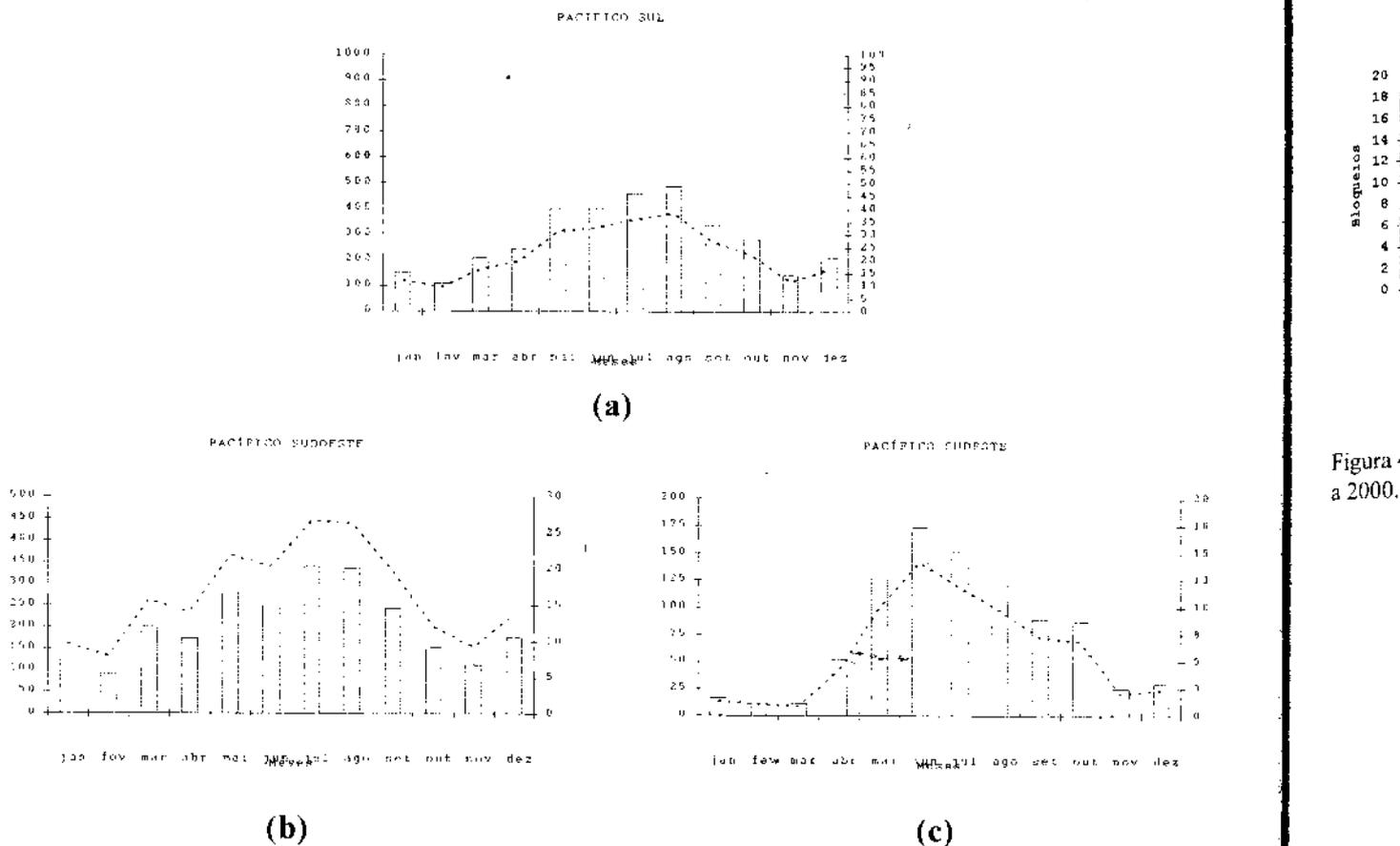


Figura 4 a 2000.

Figura 3: Variabilidade mensal dos *dias bloqueados* (colunas) e da frequência dos eventos de bloqueios (linhas) para: (a) Pacífico Sul, (b) Sudoeste e (c) Sudeste do Pacífico Sul.

c) Variabilidade Sazonal para o Pacífico Sudeste (120°W a 80°W)

Nesse setor do Pacífico foram identificados 120 eventos, correspondendo a uma taxa de 2,9 bloqueios por ano. De forma semelhante ao setor sudoeste, nos meses de inverno é encontrada uma quantidade maior de eventos (56), enquanto nas estações da primavera, verão e outono foram registrados respectivamente apenas 30, 8 e 26 eventos de bloqueios. Novamente, nos meses de verão foram registradas as menores frequências de bloqueios. Sobre o Pacífico Sudeste apenas 18% dos bloqueios tiveram um período de vida igual ou superior a 10 dias, chegando aos 23 dias no inverno de 1986 (Tabela I). No verão a duração mediana dos bloqueios é de 7 dias, enquanto que nas demais estações a duração mediana dos bloqueios é de 6 dias de vida.

d) Variabilidade Interanual dos bloqueios sobre o Pacífico Sul

A variabilidade interanual da quantidade dos eventos de bloqueios (fig. 4) é analisada de forma a ter em conta a sua potencial relação com os anos de EN e LN. Com esta análise

pretende-se confirmar a ocorrência de maior número de bloqueios durante os anos de El Niño em comparação com a totalidade dos eventos em anos de La Niña, resultado esse encontrado por Wiedenmann et al., 2002. Esse resultado difere daquele encontrado por Marques (1996). As dissimilaridades nos dois resultados podem ser explicadas pelo curto período de dados utilizado por Marques (1996). Em ambas as regiões do Pacífico Sul, e para todas as estações do ano, a quantidade de eventos é maior nos anos de EN do que em anos de LN. A aplicação de uma tendência linear simples (fig. 4) permite também verificar que os eventos sobre o Pacífico Sudeste têm tido um aumento gradual ao longo das últimas décadas, enquanto que para o Pacífico Sudoeste existe uma ligeira tendência de diminuição na quantidade de eventos de bloqueios. Essas tendências podem estar relacionadas com variabilidade na escala decadal do Oceano Pacífico (Salinger et al., 2001), e por sua vez, estar diretamente associada à variabilidade em longa duração da temperatura da superfície do mar (TSM). No entanto, uma análise da razão entre este tipo de tendência e a variabilidade de baixa frequência está fora do contexto do presente artigo. Durante os 41 anos de dados inspecionados é visível a elevada variabilidade interanual da frequência de bloqueios sobre o Pacífico Sul, o

Figura 5 observação inverno,

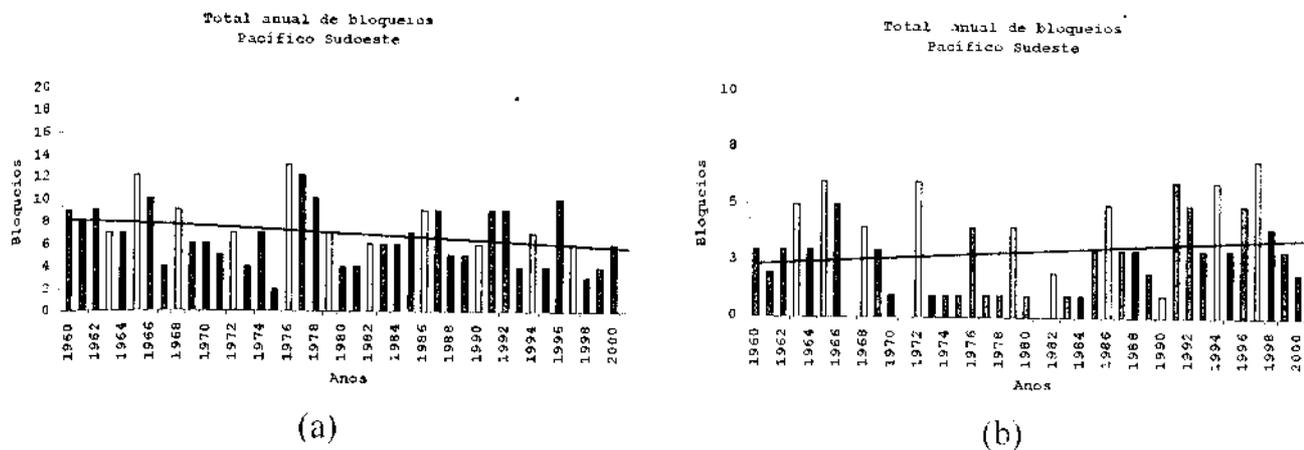


Figura 4: Variabilidade interanual do total de eventos de bloqueio para o Pacífico (a) Sudoeste e (b) Sudeste para o período de 1960 a 2000. As colunas em pontos cinza correspondem aos anos de El Niño e as colunas em preto correspondem aos anos de La Niña.

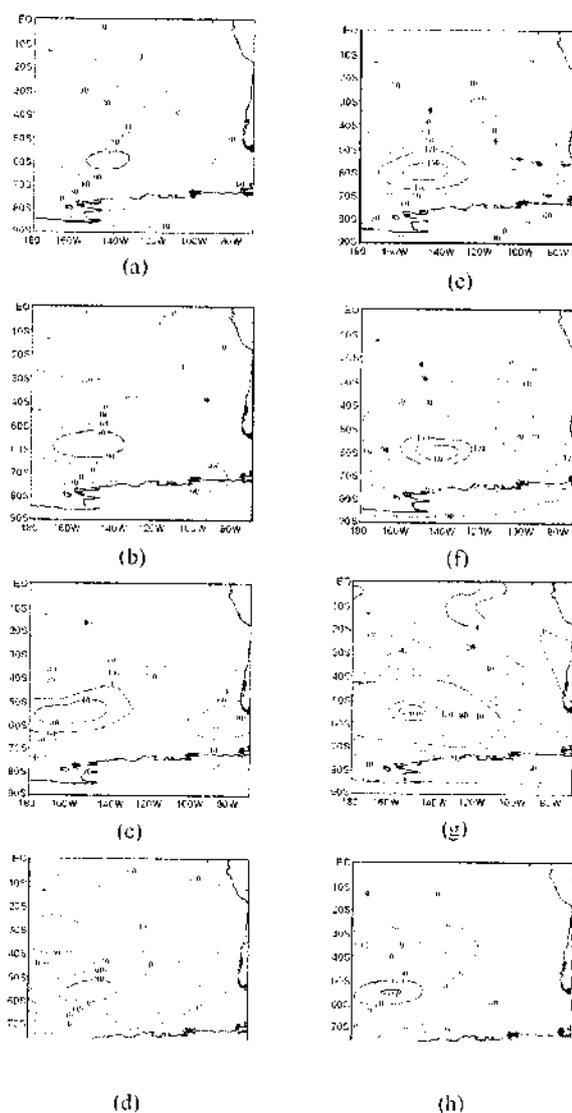


Figura 5: Compostos de 41 anos (1960-2000) da anomalia da altura geopotencial em 500 hPa (m_{gp}), correspondentes aos bloqueios observados nos anos de EN (esquerda) e LN (direita) sobre o Pacífico Sudoeste. Os compostos correspondem às estações de (a, e) inverno, (b, f) primavera, (c, g) verão e (d, h) outono.

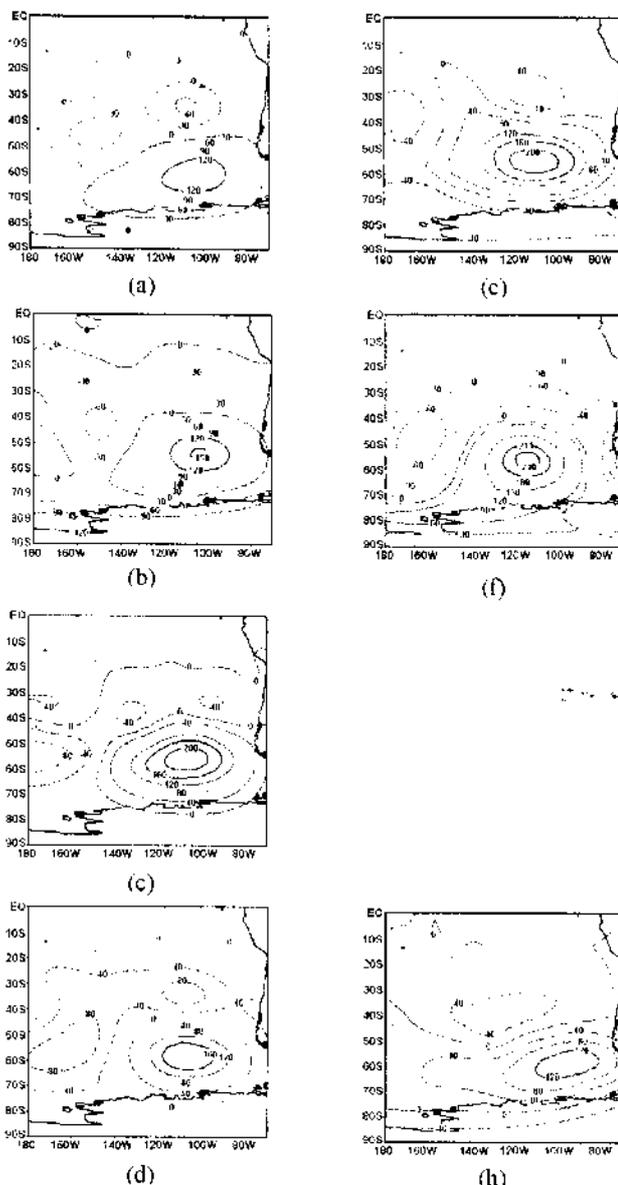


Figura 6: Tal como a Figura 5 só que para o Pacífico Sudeste.

que parece estar relacionada com a variabilidade interanual da bifurcação do vento em altos níveis, associada com a posição do jato subtropical e do jato polar (Taljaard, 1972; Mo, 1983; Trenberth e Swanson, 1983; Trenberth, 1986b; Marques e Rao, 1999, 2001). Baseando-se no valor máximo da anomalia positiva da altura geopotencial em 500 hPa, os bloqueios mais intensos foram encontrados nos anos de LN, exceto para o verão e outono no Pacífico Sudoeste, em comparação com os anos de EN (figs. 5 e 6). Esse resultado assemelha-se àquele encontrado para o Pacífico Norte (D'Andrea et al., 1998; Watson e Colluci, 1999 e Wiedenmann et al., 2002).

Ressalta-se que, de certa forma, essas anomalias positivas da altura geopotencial em 500 hPa podem ser influenciadas pelo número de eventos de bloqueios computados e pelo deslocamento das áreas de máximas anomalias positivas

de ano para ano, de forma que o composto com maior número de eventos tende a apresentar-se com anomalias um pouco mais suavizadas.

3.2. Padrões da circulação atmosférica no período de bloqueios

Nessa seção mostraremos as modulações na atmosfera causadas pela presença dos eventos de bloqueios sobre o Pacífico Sul, através de compostos de diferentes variáveis atmosféricas, obtidos para o período de ocorrência de bloqueios registrados em cada setor do Pacífico, separadamente. Esses compostos foram utilizados na caracterização da circulação atmosférica em grande escala e representam o campo médio das variáveis atmosféricas

quando e Sude bloquei mais fr apenas demais foram inverno

ocorrêr de dad anomal em 850 temper Nos co níveis, bastant ao anti se este altos n eventos em alte uma gr para (Trenb pela ex observ: de nebl Figura níveis c de bloc

níveis anomal bloque (fig.7d) pelas is máxim da pre Figura positiv: do bloc (fig. 7f) em 850 são vis enquan encont 850 hP

do mar do anti (repres hPa) e també associa anôma

quando há ocorrência de bloqueio sobre o Pacífico Sudoeste e Sudeste, durante os anos analisados. Devido ao fato dos bloqueios no inverno, em ambas as áreas do Pacífico, serem mais frequentes e duradouros, neste artigo, serão apresentados apenas os compostos relacionados a essa estação do ano. Nas demais estações do ano, as características gerais da atmosfera foram semelhantes àquelas encontradas para a estação de inverno.

A Figura 7 apresenta os compostos dos dias de ocorrência de bloqueios no Pacífico Sudeste, em 41 anos de dados, das anomalias do vento em altos e baixos níveis, anomalias da altura geopotencial em 500 hPa, vorticidade em 850 hPa, pressão ao nível médio do mar, precipitação, temperatura em 850 hPa e percentagem do total de nuvens. Nos compostos das anomalias do vento, em altos e baixos níveis, verifica-se uma região com circulação anticiclônica bastante intensa centrada em torno de 60°S e 150°W, associada ao anticiclone de bloqueio (fig.7a,b). As anomalias do vento se estendem de forma barotrópica equivalente dos baixos aos altos níveis, confirmando a localização quase-estacionária dos eventos de bloqueios. No flanco equatorial do bloqueio, o vento em altos níveis (fig.7c) é praticamente zonal, compreendendo uma grande área longitudinal, que pode favorecer o caminho para sistemas transientes (tempestades/storm tracks), (Trenberth, 1986b; Marques, 1996). Esta sugestão é reforçada pela existência ao longo dessa faixa de uma anomalia positiva observada nos campos da precipitação (fig. 7d) e pelos níveis de nebulosidade elevados encontrados nessa região (fig. 7e). Na Figura 7c nota-se também a típica bifurcação do jato em altos níveis e uma região de ventos mais fracos na área do anticiclone de bloqueio.

Na configuração da vorticidade relativa em baixos níveis é visível um padrão tipo dipolo, com um centro de anomalias positivas intensas (associada ao anticiclone de bloqueio) e outro de anomalias negativas ao norte deste (fig.7d). Este dipolo no campo da vorticidade (representado pelas isolinhas) está diretamente associado aos correspondentes máximos (mínimos) positivos (negativos) do campo anômalo da precipitação, representados pelas áreas sombreadas na Figura 7d. Em 500 hPa ressalta-se o centro de anomalias positivas da altura geopotencial em 500 hPa sobre a região do bloqueio e anomalias negativas ao norte e a sudeste deste (fig. 7f). Adicionalmente, anomalias negativas da temperatura em 850 hPa (representadas na Figura 7f pelas áreas em cores) são visivelmente notadas no flanco leste da região de bloqueio, enquanto na área onde se localiza o anticiclone de bloqueio são encontradas anomalias intensas e positivas de temperatura em 850 hPa.

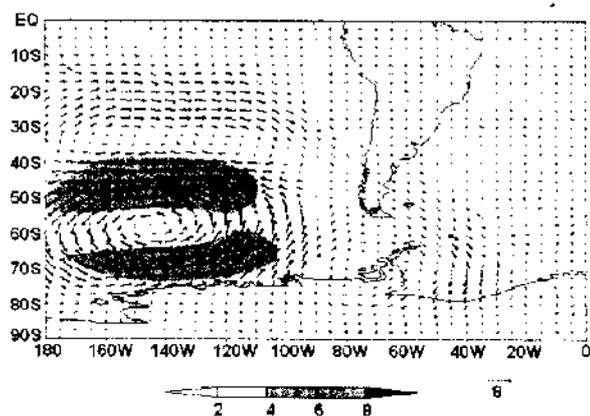
No composto da anomalia de pressão ao nível médio do mar é evidente a presença de pressões mais altas na região do anticiclone anômalo centrado em torno de 60°S e 150°W (representado pelo valor positivo da anomalia acima de 10 hPa) e pressões mais baixas ao norte deste (fig.7e). Nota-se também um centro de pressão baixa sobre a península Antártica, associada à circulação ciclônica em baixos níveis e ao cavado anômalo em 500 hPa.

Na Figura 8 são apresentados os compostos das anomalias das mesmas variáveis atmosféricas, citadas na Figura 7, sendo essas relacionadas aos períodos de bloqueios identificados para a região sudeste do Pacífico. Nos compostos das anomalias do vento nos níveis de 850 e 200 hPa verificam-se duas regiões distintas de circulação, sendo a primeira de circulação anticiclônica (localizada em torno de 60°S) e a segunda de circulação ciclônica (localizada em torno de 30°S). Essa configuração da circulação atmosférica em altos e baixos níveis, sobre o Pacífico Sudeste, é bem mais acentuada do que no Pacífico Sudoeste, onde se observa uma circulação anticiclônica intensa em torno de 60°S e outra circulação ciclônica de menor intensidade localizada em torno de 30°S (fig. 8a,b). Essas circulações se estendem também de forma barotrópica equivalente dos baixos aos altos níveis, sendo mais intensa nos altos níveis. Adicionalmente, o anticiclone de bloqueio pode ser observado, no composto das anomalias de pressão ao nível médio do mar, pela região de anomalias positivas superiores a 15 hPa (fig. 8c).

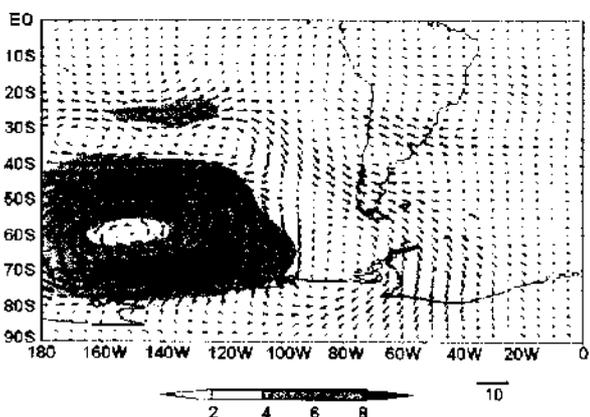
Neste caso, nota-se também um centro de pressão baixa sobre o Atlântico Sudoeste, associado ao cavado anômalo a leste do anticiclone de bloqueio.

Verifica-se um padrão tipo dipolo nos compostos da vorticidade relativa em baixos níveis, com anomalias positivas na região do anticiclone de bloqueio e anomalias negativas no flanco equatorial deste (fig. 8d), e também no campo de anomalias da altura geopotencial em 500 hPa (fig.8f). Além disso, este dipolo no campo da vorticidade em 850 hPa, junto à costa oeste da América do Sul, pode estar associado a anomalias encontradas no campo da razão de precipitação (fig. 8d). As anomalias positivas no campo da vorticidade em 850 hPa favorecem o aumento do escoamento anticiclônico e consequentemente de subsidência, inibindo a formação de nuvens. Em contrapartida, anomalias negativas verificadas no campo de vorticidade em 850 hPa indicam a presença de atividade ciclônica, que favorece a ascensão do ar e a formação de nuvens (fig. 8d). Outras explicações sobre a associação entre anomalias do campo da vorticidade em 850 hPa e a precipitação podem ser encontradas em trabalhos semelhantes para o Hemisfério Norte, utilizando igualmente dados de reanálises do NCEP (Trigo et al., 2002; Trigo et al., 2004). Anomalias positivas de precipitação ocorrem na região de saída do jato e do cavado ao norte do anticiclone de bloqueio. Estas anomalias podem também estar relacionadas à passagem de sistemas transientes tais como sistemas frontais e ciclogêneses, ao norte da alta de bloqueio.

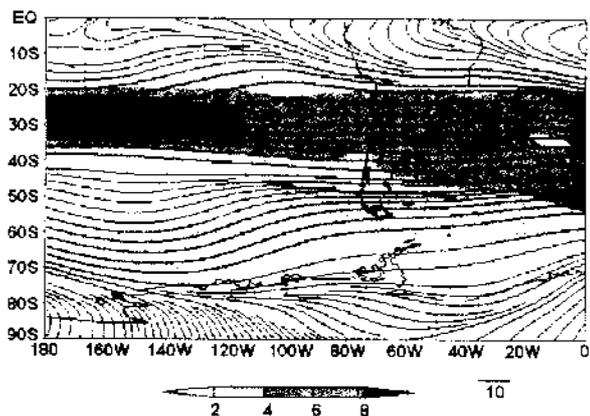
Da mesma forma, para o Pacífico Sudoeste, é possível notar uma diminuição da temperatura em 850 hPa no flanco leste da região de bloqueio, enquanto na área do anticiclone de bloqueio existe um aumento marcante das temperaturas (fig. 8f). Esse aumento das temperaturas na área do anticiclone de bloqueio pode ser explicado pela subsidência de ar seco e quente existente na região de alta pressão e ausência de nebulosidade. Na região do jato em altos níveis nota-se a presença de uma crista intensa durante a atuação dos eventos de bloqueios, onde é perceptível a presença de ventos mais fracos sobre a região de bloqueio (fig. 8c).



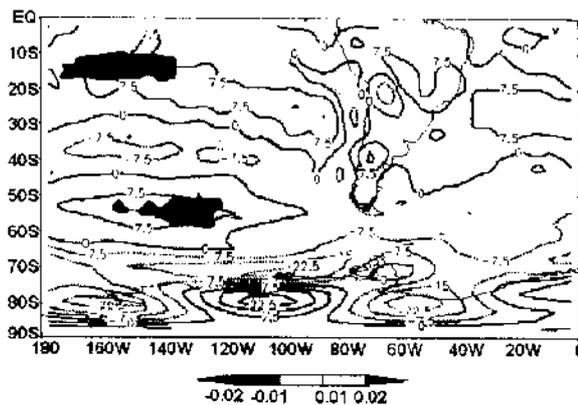
(a)



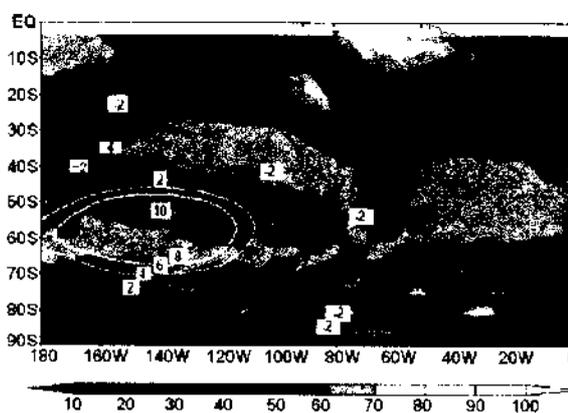
(b)



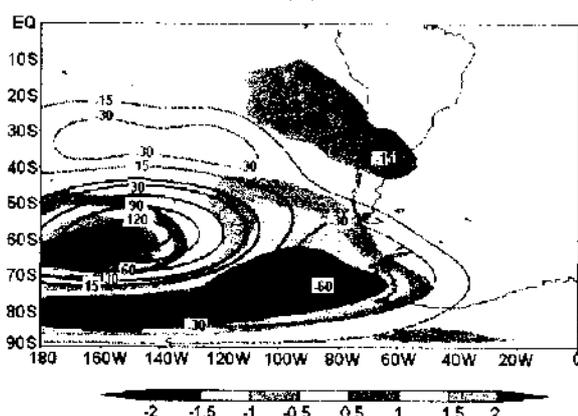
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 7: Compostos de 41 anos (1960-2000) nos meses de inverno, relacionados com as épocas de bloqueios sobre o Pacífico Sudoeste: anomalia do vento e da magnitude (ms^{-1}) em 850 hPa (a), anomalia do vento e da magnitude (ms^{-1}) em 200 hPa (b), linha de corrente e magnitude do vento em 200 hPa (c), anomalia da precipitação ($10^3 kg/m^2/s$) e vorticidade ($10^6 s^{-1}$) em 850 hPa (d), anomalia da pressão ao nível médio do mar (hPa) e total da cobertura de nuvens em percentagem (e) anomalia da altura geopotencial em 500 hPa (m) e temperatura ($^{\circ}C$) em 850 hPa (f).

E
10
20
30
40
50
60
70
80
90

E
10
20
30
40
50
60
70
80
90

E
10
20
30
40
50
60
70
80
90

Figur
3.3.1

temp
assoc
obtid
Pacíf
Por
apen

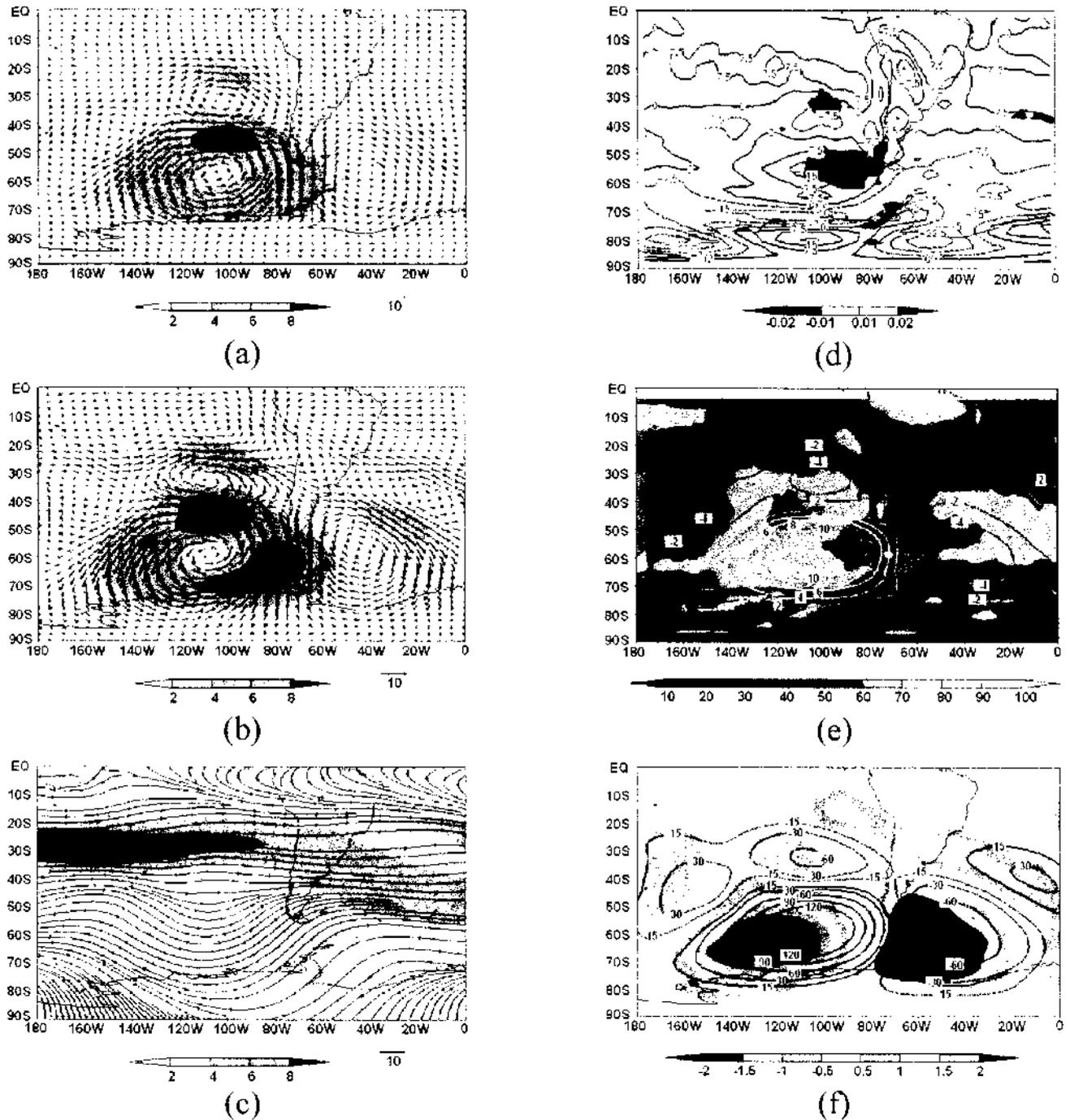


Figura 8: Tal como a Figura 7 mas para o composto dos bloqueios da região do Pacífico Sudeste.

3.3. Impacto nos campos das temperaturas e precipitação

Nessa seção é analisado o impacto nos campos de temperatura e do total da precipitação, sobre a América do Sul, associados à atuação dos bloqueios atmosféricos. Esta análise é obtida apenas para os períodos de bloqueios do setor sudeste do Pacífico, dada a sua proximidade do continente Sul-americano. Por outro lado, os campos das anomalias são apresentados apenas para os pontos de grade onde os valores das variáveis

atmosféricas de tempo e clima (temperaturas e precipitação) são significativamente diferentes da climatologia ao nível de 95% (*teste-t*). Analisando os compostos das anomalias das temperaturas máxima e mínima nos meses de inverno (figs. 9,10) detecta-se que a região sul da América do Sul é a mais afetada pelos bloqueios, apresentando no inverno temperaturas máximas e mínimas (figs. 9a e 10a) mais altas que a climatologia no sul do Brasil, norte da Argentina, Uruguai e Paraguai, e temperaturas mais baixas que a climatologia na

região da Patagônia (sul da Argentina). Pelas configurações das variáveis atmosféricas no inverno, analisadas no item 4, nota-se que a situação estacionária da crista (do cavado) a oeste (a leste) do sul da América do Sul, em latitudes ao sul de 50°S, proporciona a entrada de ar frio, essencialmente, no sul do continente, o que é consistente com anomalias negativas de temperatura encontradas apenas no extremo sul da América do Sul (figs. 9a e 10a). Normalmente, a situação de bloqueio impede o deslocamento de frentes frias sobre o continente, o que favorece a ocorrência de temperaturas mais altas sobre grande parte da Argentina e sul do Brasil.

No entanto, no verão (figs. 9b e 10b), observa-se que,

ao contrário da situação verificada no inverno, as anomalias de temperatura são essencialmente de sinal negativo em toda a América do Sul, ou seja, não apresentam o aspecto dipolar observado no inverno. De fato, a extensão dessa anomalia é superior para a temperatura máxima (fig. 9b) do que para a temperatura mínima (fig. 10b). Assim, no caso da temperatura máxima a anomalia estende-se por toda a Argentina. Uma explicação para a queda na temperatura máxima, nos meses de verão no norte da Argentina, pode estar associada à cobertura de nuvens devido à presença freqüente de sistemas semi-estacionários e/ou da formação rápida de sistemas transientes tais como os CCMs e ciclones.

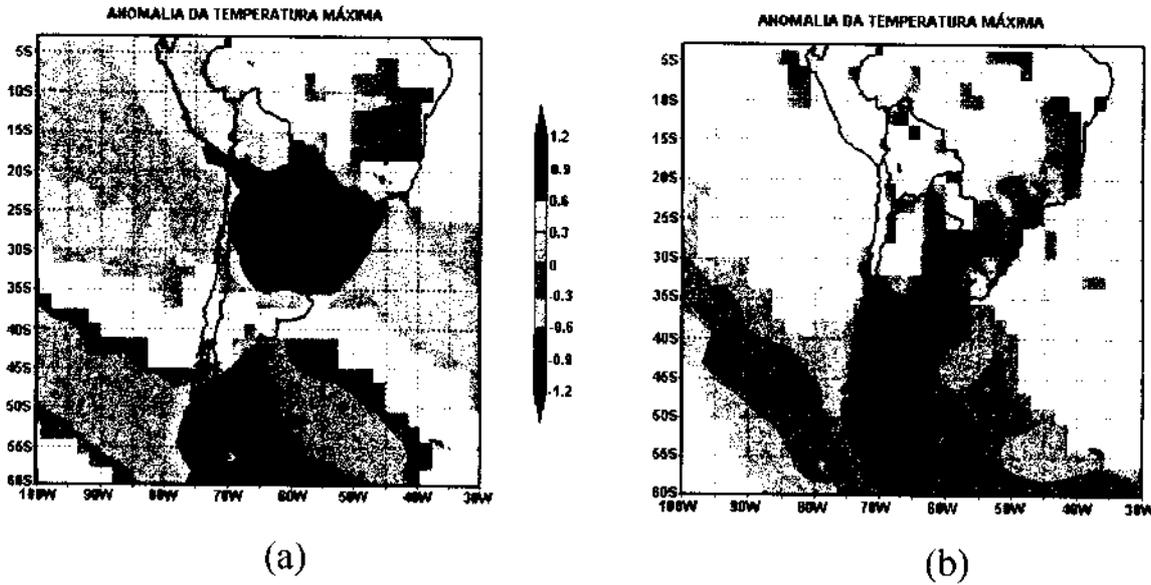


Figura 9: Composto das anomalias das temperaturas máximas (°C) nas épocas de bloqueios sobre o Pacífico Sudeste nos meses de inverno (a) e verão (b) no período de 1960 a 2000. As áreas em cores mostram as regiões onde as anomalias são significativamente distintas da climatologia ao nível de significância de 95%.

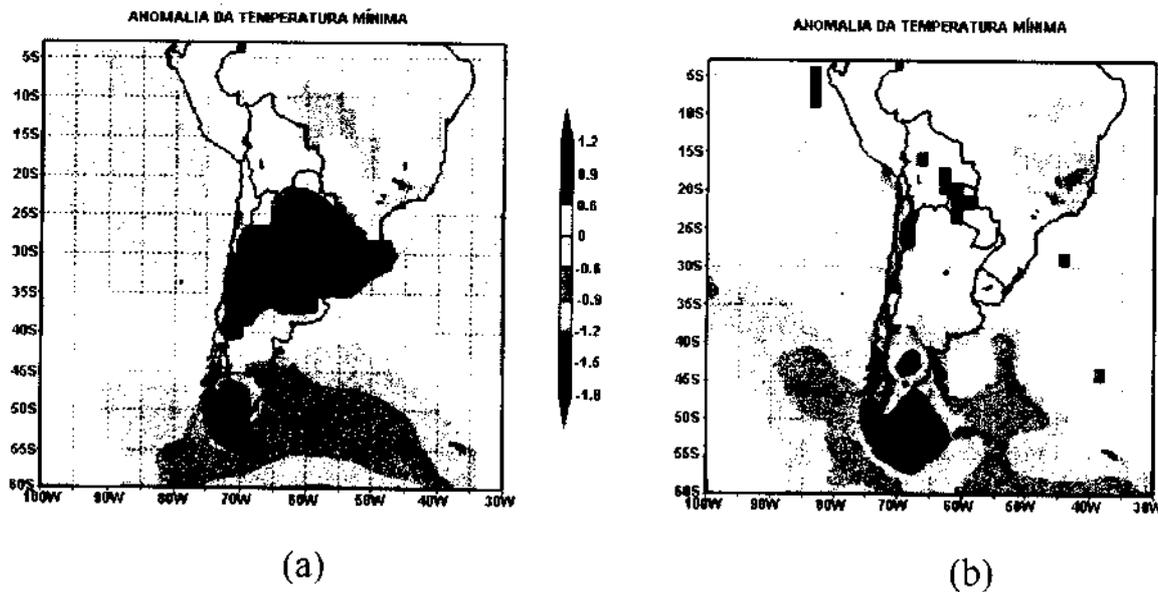


Figura 10: Tal como na Figura 9 mas para a temperatura mínima (°C).

Fig

da p
aos
é ap
pre
esse

As
pre
mai
atu
oco
aur
das
mai
esta
pri
con
sob
o A
indi
regi
entr
ond
Nor
Arg
as a
se n
obs

4. S

atua
oco

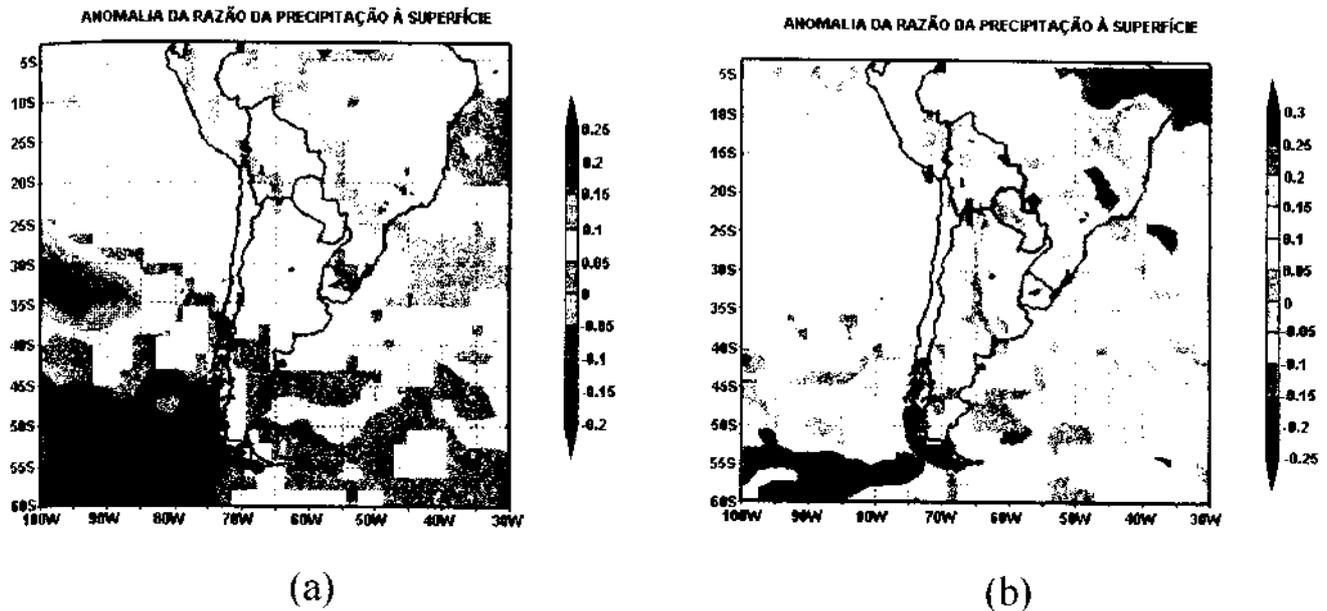


Figura 11: Tal como na Figura 9 mas para a taxa de precipitação ($10^3 \text{ kg/m}^2/\text{s}$).

A Figura 11 mostra o composto da anomalia do total da precipitação durante a atuação dos bloqueios. Semelhante aos compostos das temperaturas, sobre o total da precipitação é aplicado o teste-t ao nível de 95%, onde o campo anômalo da precipitação é representado apenas nos pontos de grade onde essa variável é significativamente diferente da climatologia. As regiões com diferenças significativas encontram-se preferencialmente sobre os oceanos, apresentando um caráter mais disperso sobre o continente. Sobre o continente, a atuação de bloqueio favorece, em determinadas regiões, a ocorrência de veranicos (períodos com dias sem chuva), o que aumenta a alta variabilidade temporal e espacial e a qualidade das chuvas, o que parece, de certa forma, explicar o padrão mais disperso das chuvas encontrado na Figura 11. Nas duas estações do ano, ocorrem anomalias negativas de precipitação principalmente sobre o Brasil, no verão, que é consistente com o menor número de sistemas frontais que se deslocam sobre o continente. Anomalias positivas são observadas sobre o Atlântico Sul próximo ao extremo sul da América do Sul, indicando um possível aumento de sistemas frontais sobre essa região. Ainda na Figura 11, se verifica que as maiores diferenças entre os meses de inverno e verão ocorrem sobre o continente, onde anomalias negativas são vistas sobre as regiões Sudeste e Nordeste do Brasil e anomalias positivas sobre o centro-norte da Argentina. Sobre o oceano, na região de bloqueio, nota-se que as anomalias durante o inverno são mais definidas e localizam-se mais ao norte em comparação com aquelas correspondentes observadas nos meses de verão.

4. SUMÁRIO E CONCLUSÃO

Com relação à climatologia, conclui-se que a maior atuação de bloqueios sobre o setor sudoeste e sudeste do Pacífico ocorre durante o inverno e início da primavera, enquanto que os

meses de verão são aqueles com menor atividade de bloqueios. Esse resultado é coerente com aquele encontrado por Lejenas (1984), Marques (1996), Sinclair (1996), entre outros. Este resultado confirma aquele obtido por Marques e Rao (1999, 2000, 2001), onde os bloqueios sobre o sudoeste do Pacífico parecem estar associados à presença do jato mais intenso e de uma onda n° 3 sobre as regiões subtropicais (Trenberth 1982, 1986a,b, Marques, 1996). Durante a estação de inverno os bloqueios mais duradouros chegaram a 28 dias de vida no ano de 1977 no Pacífico Sudoeste e 23 dias em 1986 no Pacífico Sudeste. Na variabilidade interanual verificou-se mais bloqueios e *dias bloqueados* nos anos de El Niño quando comparados com os anos de La Niña, e assim, esse resultado veio confirmar aquele encontrado por Wiedenmann et al., 2002. Com base nas análises da intensidade das anomalias positivas de altura geopotencial em 500 hPa, associadas ao anticiclone de bloqueio, nota-se que em anos de La Niña os bloqueios aparentemente são mais intensos.

Em linhas gerais, nota-se que as configurações de anomalias das variáveis atmosféricas foram semelhantes, nas duas regiões analisadas do Pacífico. Porém, as anomalias da precipitação foram mais intensas na região do bloqueio sobre o setor sudeste do Pacífico em comparação com aquelas observadas no setor sudoeste. Nessas áreas, durante todo o ano, os bloqueios tendem a modular principalmente as componentes do vento e da vortacidade em 850 hPa, onde anomalias visivelmente marcantes são verificadas, especialmente, na região de bloqueio. Áreas com temperaturas baixas (altas) em 850 hPa são observadas no flanco leste da (sobre a) região de bloqueio, enquanto que a difluência do vento em altos níveis, ao norte do anticiclone de bloqueio, tende a aumentar a quantidade da precipitação nas regiões adjacentes. Devido à presença do anticiclone de bloqueio, há, além da possível ausência de nebulosidade, movimentos

descendentes do ar sobre essa região, enquanto que temperaturas altas permanecem concentradas na baixa e média troposfera, ocasionando assim anomalias positivas e intensas da temperatura do ar.

Nos padrões atmosféricos, de uma forma geral, observa-se que as anomalias de baixa pressão se posicionam no flanco equatorial da região de bloqueio, favorecendo o desenvolvimento de sistemas transientes que, ao deslocarem-se para leste, provocam o aparecimento de maior quantidade de nuvens e conseqüentemente mais chuva. Por outro lado, a existência de um centro de altas pressões provoca a advecção de ar quente tropical ao longo do flanco oeste, bem como, a advecção de ar frio polar no flanco leste. Este esquema é responsável pelos campos anômalos da temperatura do ar na baixa troposfera, registrados para os compostos de ambas as regiões de formação, Pacífico Sudeste e Sudoeste. Estes resultados são consistentes com discussão semelhante em Trigo et al. (2004), para o Hemisfério Norte, onde temperaturas mais elevadas foram encontradas na região de bloqueio. Nos compostos do escoamento e da altura geopotencial em 500 hPa nota-se a ocorrência de uma estrutura barotrópica equivalente, o que pode sugerir, como discutido em Marques (1996), Marques e Rao (1999), que a formação dos bloqueios se deve, em parte, à troca de energia barotrópica do fluxo zonal. Finalmente, os maiores impactos nos campos das temperaturas são observados sobre a região sul da América do Sul, que apresenta temperaturas máximas e mínimas, no inverno, significativamente mais altas que a climatologia, no sul do Brasil, norte da Argentina, Uruguai e Paraguai. Temperaturas mais baixas que a climatologia são essencialmente encontradas na região da Patagônia, possivelmente associadas à entrada de sistemas frontais. Já no verão, se observam temperaturas máximas mais baixas, principalmente, sobre a Argentina e temperaturas mínimas ligeiramente mais baixas sobre o sudeste do Brasil. Com relação à precipitação, em geral, há menos precipitação sobre o Brasil no inverno e verão e mais sobre o sul da Argentina e oceano Atlântico Sul.

5. AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi financiado pela Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT) no âmbito do programa de bolsa de investigação POCTI/BD/8480/2002. Os autores agradecem ainda ao NCEP/ NCAR pela disponibilidade dos dados utilizados, através do site: www.cdc.noaa.gov/dataset e aos revisores pelas suas sugestões que contribuíram no enriquecimento do texto oroginal.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTIN, J.F. The blocking of middle latitude westerly winds by planetary waves. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 106, 327-350, 1980.

CASARIN, D.P. Um estudo observacional sobre os sistemas de bloqueios no Hemisfério Sul. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, INPE-2638-TDL/114, 1983.

CLIMANÁLISE. Edição especial de 10 anos, 1996. Disponível em <<<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/>>>

D'ANDREA, F.; TIBALDI, S.; BLACKBURN, M.; BOER, G.; DEQUE, M.; DUGAS, B.; FERRANTI, L.; HUNT, B.; KITHO, A.; RANDALL, D.; ROECKNER, E.; ROWELL, D.; STRAUS, D.; SATO, N.; VAN DEN DOOL, H.; WILLIAMSON, D. Northern Hemisphere atmospheric blocking as simulated by 15 atmospheric general circulation models in the period 1979-1988. *Clim. Dyn.*, 14, 385-407, 1998.

DOLE, R.M. Persistent anomalies of the extratropical Northern Hemisphere wintertime circulation: structure. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 178-207, 1986.

ELLIOT, R.D.; SMITH, T.B. A study of the effect of large blocking highs on the general circulation in the northern hemisphere westerlies. *J. of Meteor.*, 6, 67-85, 1949.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOLLEN, J.; ZHU, Y.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; 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. *Bull. Am. Met. Soc.*, 77, 437-471, 1996.

KAYANO, M. Southeastern Pacific blocking episodes and their effect on South American Weather. *Met. Atm. Phys.*, 69, 145-155, 1999.

KNOX, J.; HAY, J. Blocking signature in northern hemisphere: Rationale and Identification. *Atm.-Ocean*, 22, 36-47, 1984.

LEJENAS, H.; OKLAND, H. Characteristics of northern hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data. *Tellus*, 35, 350-362, 1983.

Agri
LEJ
as
Qu
LIU
46A
MA
Sul
Car
MA
blo
Rev
MA
blo
J. o
MA
Blo
J. M
MC
Cir
on
An
RA
sea
wit
354
RE
DA
circ
con
247
RE
of
199
RE
effe
acti

- LEJENAS, H. Characteristics of southern hemisphere blocking as determined from a long time series of observational data. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 110, 967-979, 1984.
- LIU, Q. On the definition and persistence of blocking. *Tellus*, 46A, 286-290, 1994.
- MARQUES, R. F.C. **Bloqueio Atmosférico no Hemisfério Sul. São José dos Campos.** Tese de Doutorado. São José dos Campos, INPE-6742-TDI/632. 1996.
- MARQUES, R.F.C.; RAO, V.B. A diagnosis of a long-lasting blocking event over the Southeast Pacific Ocean. *Mon. Wea. Rev.*, 127, 1761-1776, 1999.
- MARQUES, R.F.C.; RAO, V.B. Interannual variations of blocking in the Southern Hemisphere and their energetics. *J. of Geophys. Res.*, 105, 4625-4636, 2000.
- MARQUES, R.F.C.; RAO, V.B. A Comparison of Atmospheric Blocking over the Southeast and Southwest Pacific Ocean. *J. Met. Soc. Japan*, 863-874, 2001.
- MO, K.C. **Persistent anomalies of the Southern Hemisphere Circulation.** In preprints from the first international conference on Southern Hemisphere Meteorology. São José dos Campos. American Meteorological Society, 70-72, 1983.
- RASMUSSEN, E.M.; CARPENTER, T.H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 354-384, 1982.
- REID, P.A.; JONES P.D.; BROWN O.; GOODESS C.M.; DAVIES T.D. Assessments of the reliability of NCEP circulation data and relationships with surface climate by direct comparisons with station based data. *Clim. Research*, 17, 247-261, 2001.
- RENWINCK, J.A. ENSO-related variability in the frequency of South Pacific blocking. *Mon. Wea. Rev.*, 126, 3117-3123, 1998.
- REX, D.F. Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate I-An aerological study of blocking action. *Tellus*, 2, 196-211, 1950a.
- REX, D.F. Blocking action in the middle troposphere and its effects upon regional climate II-The climatology of blocking action. *Tellus*, 2, 275-301, 1950b.
- ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 2352-2362, 1987.
- SALINGER, M.J.; RENWICK, J.A.; MULLAN, A.B. Interdecadal Pacific Oscillation and South Pacific Climate. *Int. Journ. Climat.*, 21, 1705-1721, 2001.
- SINCLAIR, M.R.A. Climatology of anticyclones and blocking for the Southern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, 24, 245-263, 1996.
- TALJAARD, J. J. **Synoptic meteorology of the Southern Hemisphere.** In: Newton, C. W. ed. Meteorology of the Southern Hemisphere, Meteorological Monographs, Boston, MA, American Meteorological Society, 13, n.35, 139-213, 1972.
- TIBALDI, S.; MOLTENI, F. On the operational predictability of blocking. *Tellus*, 42, 343-365, 1990.
- TIBALDI, S.; TOSI E; NAVARRA A; PEDULLI L. Northern and Southern Hemisphere seasonal variability of blocking frequency and predictability. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 1971-2003, 1994.
- TREIDL, R.A.; BIRCH E.C.; SAJECKI P. Blocking action in the Northern Hemisphere: a climatological study. *Atm.-Ocean*, 19, 1-23, 1981.
- TRENBERTH, K.E. Seasonality in Southern Hemisphere eddy statistics at 500mb. *J. Atm. Sci.*, 39, 2507-2520, 1982.
- TRENBERTH, K.E.; SWANSON, G.S. **Blocking and persistent anomalies in the Southern Hemisphere.** In Preprints from the First International Conference on Southern Hemisphere Meteorology. São José dos Campos. American Meteorological Society, 73-76, 1983.
- TRENBERTH K.E.; MO, K.C. Blocking in the Southern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 3-21, 1985.

- TRENBERTH, K.E. The Signature of a blocking episode on the general circulation in the Southern Hemisphere. *J. Atm. Sci.*, 43, 2061-2069, 1986a.
- TRENBERTH, K.E. An assessment of the impact of transient eddies on the zonal flow during a blocking episode using localized Eliassen-Palm flux diagnostics. *J. Atm. Sci.*, 43, 2070-2087, 1986b.
- TRIGO, R.M.; OSBORN, T.J.; CORTE-REAL, J.M. The North Atlantic Oscillation influence on Europe: climate impacts and associated physical mechanisms. *Clim. Research*, 20, 9-17, 2002.
- TRIGO, R.M.; TRIGO, I.M.; DAÇAMARA, C.C.; OSBORN, T. Climate impact of the European winter blocking episodes from the NCEP/NCAR Reanalyses. *Clim. Dyn.*, 23 (1), 17-28, 2004.
- WATSON, J.S.; COLLUCI, J. **Is there a connection between Northern Hemisphere blocking and ENSO?** Preprints in Eighth Conference on Climate Variation. Denver, CO. American Meteorological Society, 30-33, 1999.
- WIEDENMANN, J.M.; LUPO, A.R.; MOKHOV, I.; TIKHONOVA, E.A. The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemisphere block intensity as a diagnostic. *J. Climate*, 15, 3459-3473, 2002.