

**Southern Hemisphere Storm Tracks, Blocking, and Low-Frequency Anomalies in a  
Primitive Equation Model**

JORGEN S. FREDERIKSEN

*CSIRO, Division of Atmospheric Research, Mordialloc, Victoria, Australia*

CARSTEN S. FREDERIKSEN

*Bureau of Meteorology Research Centre, Melbourne, Victoria, Australia*

(Manuscript received 24 July 1992, in final form 18 February 1993)

# Introdução

- Interesse em explicar a natureza e as causas das teleconexões atmosféricas e dos fenômenos de baixa frequência através de estudos teóricos, observacionais e numéricos na última década;
- SOI ( Walker 1923, 1924): associado com mudanças no fluxo de larga escala – principais centros de convecção – frequência e localização de bloqueios e storm tracks;
- Austrália: inverno de 1982/83: SOI -, secas : fortes circulação anticiclônica e bloqueios;  
1988: SOI +, períodos úmidos;
- Estudos observacionais recentes para o HS – baixa frequência e teleconexões:

**Trenberth and Swanson (1983), Mo and White (1985), Mo and Ghil (1987), Kidson (1988), Karoly (1989a,b), Karoly et al. (1989), and Berbery et al. (1992).**

# Hipótese

- Dadas as fortes interações e interdependência entre as anomalias de baixa frequência, os bloqueios e os storm tracks, seria de esperar conseguir entender sua dinâmica essencial dentro de uma única estrutura teórica;
- Essa estrutura teórica foi proposta por Frederiksen (1982) - teoria da instabilidade tridimensional aplicada a ciclogênese, bloqueios, padrões de teleconexão, monções, aquecimentos estratosféricos repentinos e oscilações intrasazonais, discutido e revisado por Frederiksen e Webster (1988) e Frederiksen (1993);
- Aplicação dessa teoria foi concentrada para o HN, pouca atenção para o HS.

# Objetivo

Corrigir parcialmente esse desequilíbrio, fazendo um estudo bastante detalhado da ciclogênese, dos bloqueios e dos modos anômalos de baixa frequência para os fluxos climatológicos de janeiro e julho do HS

# Estrutura

2 - Modelo

3 - Estados básicos

4 - Taxas de crescimento e frequências de fase

5 - Estrutura dos modos de perturbação

6 - Conclusões

## 2. Descrição do modelo

- Modelo de dois níveis de equação primitiva de autovalor, formulado em FF (1992). O modelo é formulado em termos da média da função de corrente, da função corrente de cisalhamento, da velocidade potencial, da temperatura potencial média e do parâmetro de estabilidade estática;
- As equações de autovalor-autovetor para o problema de instabilidade são derivadas das equações primitivas linearizadas conforme descrito em FF;
- A metodologia para a teoria da instabilidade e a relação entre os modos normais e os distúrbios observados, ou distúrbios encontrados em simulações não-lineares são discutidos com mais detalhes em outros trabalhos FF.

# 3. Estados básicos

- Médias mensais de Janeiro e Julho de 1979 – 1984 obtidos das análises do ECMWF;
- Campos médios de fluxo (vento) global em 700 mb e 300 mb para representar o nível inferior e superior do modelo, respectivamente;

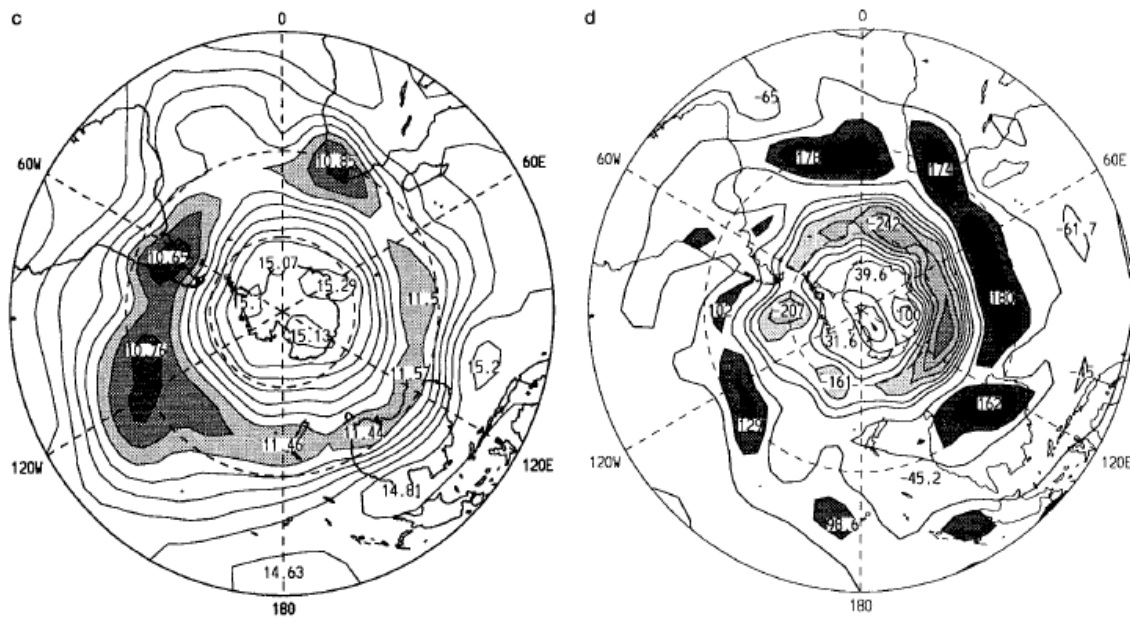
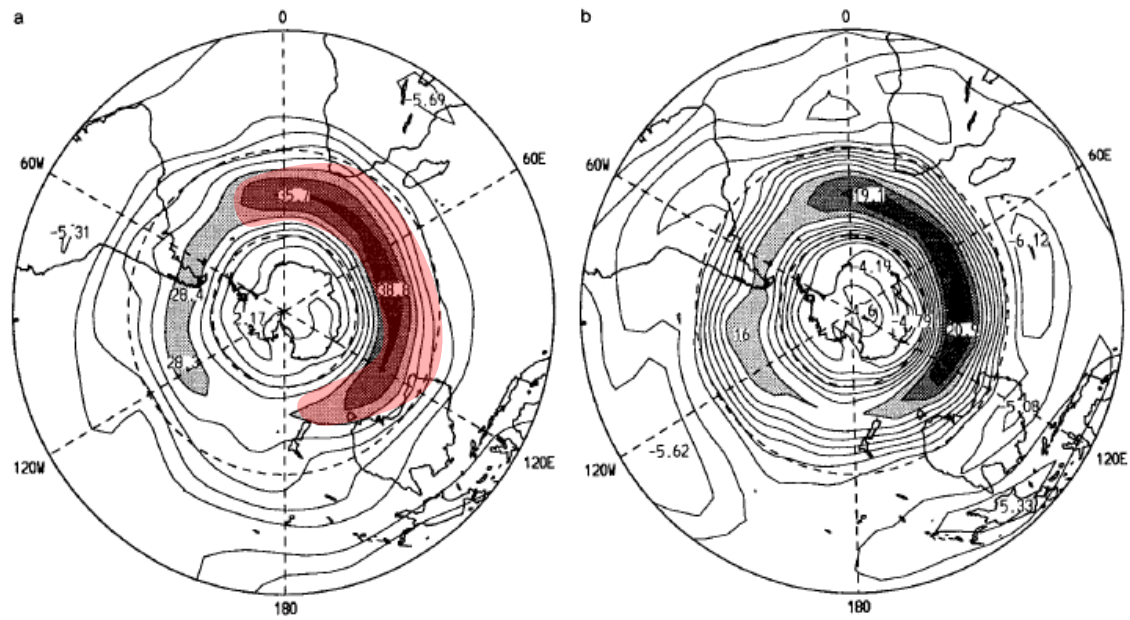
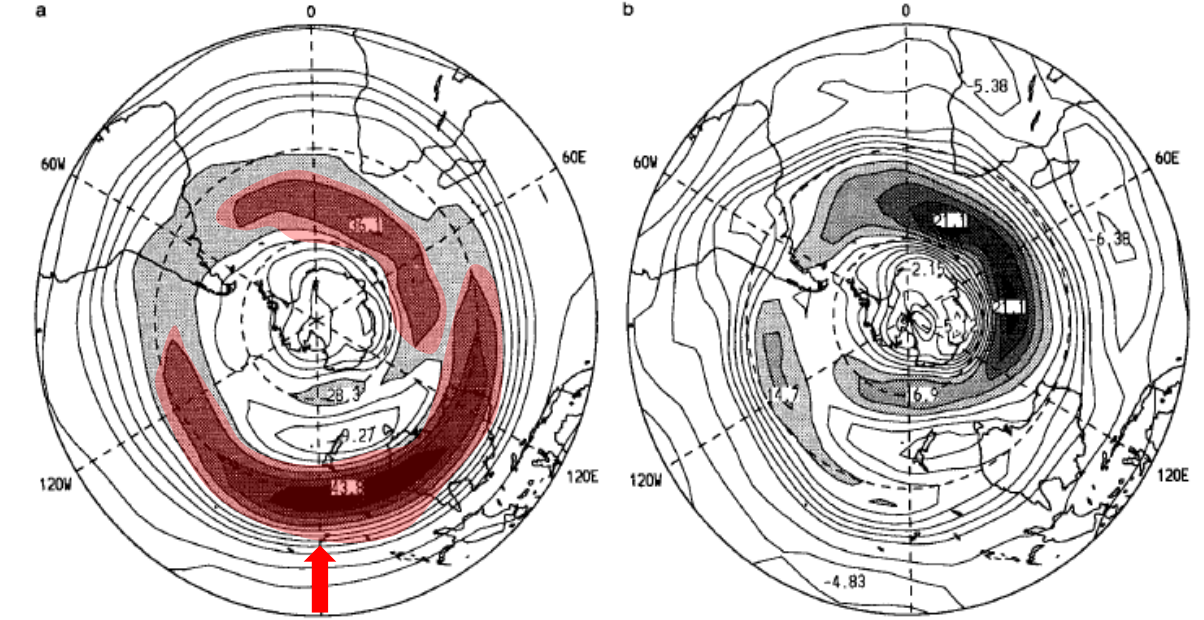


FIG. 1. The Southern Hemisphere January basic state averaged over the years 1979–84. (a) The upper-level (300 mb) zonal wind  $\bar{u}^{1d}$  and (b) the lower-level (700 mb) zonal wind  $\bar{u}^{1d}$  in meters per second; (c) the static stability parameter  $\bar{\sigma}^d$  in kelvin; and (d) the vertical mean vorticity  $\bar{f}^d$  (in  $s^{-1}$  scaled by  $10^7$ ). Contour intervals are (5, 2, 1.5, 40), respectively.



Diferença na localização dos Storm Tracks

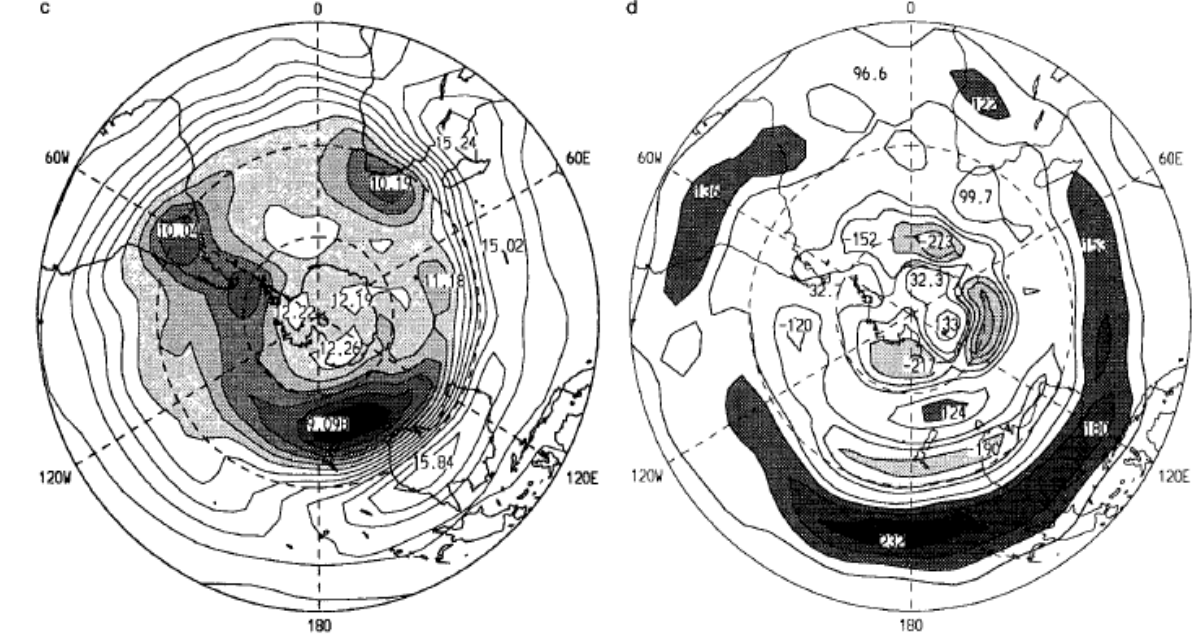


FIG. 2. As in Fig. 1 but for the July basic state. Contour intervals are (5, 2, 1.5, 50), respectively.



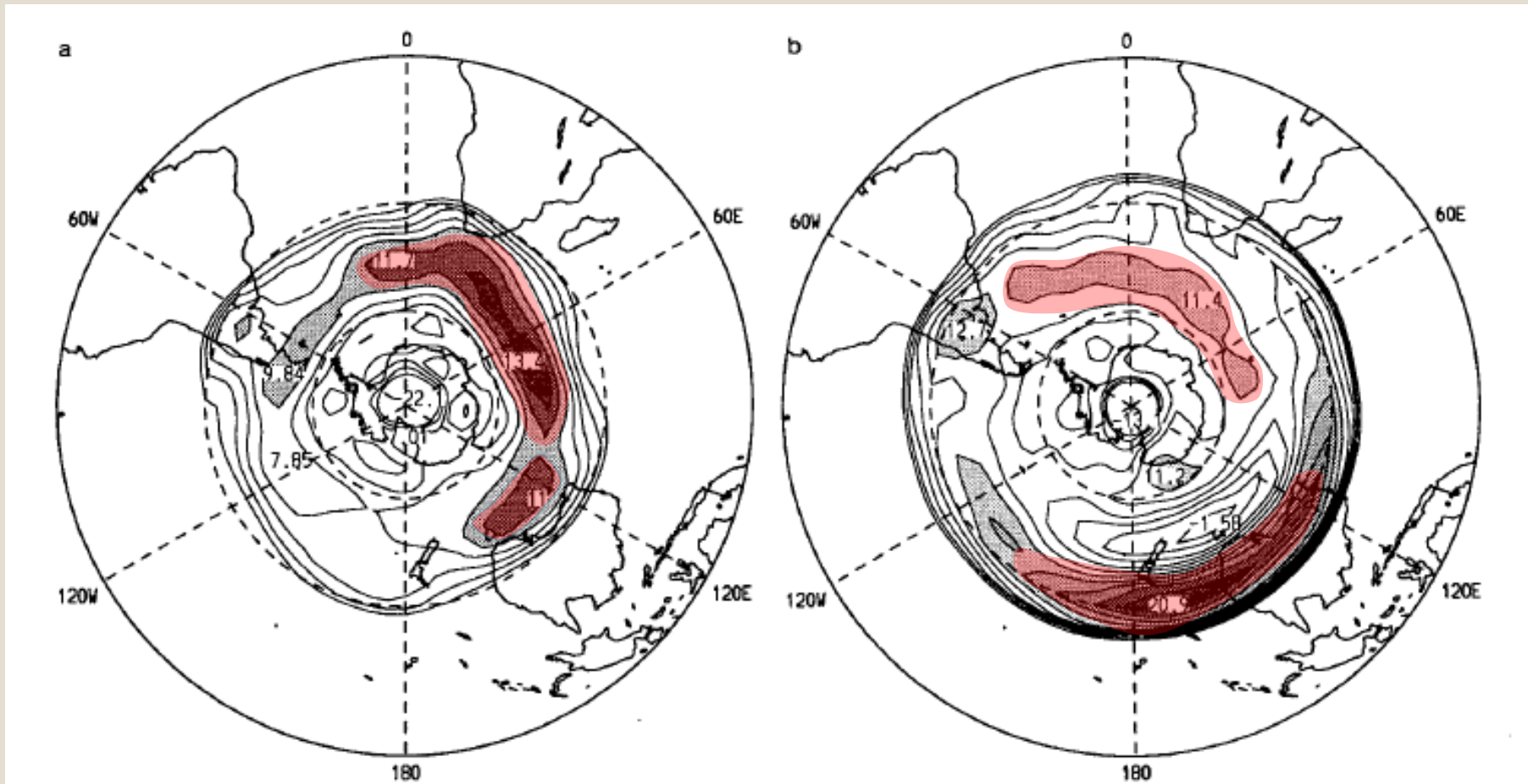


FIG. 3. The Phillips (1954) criterion for **baroclinic instability** ( $\text{m s}^{-1}$ ) applied to (a) the January basic state and generalized to spherical geometry and the full zonal wind and (b) to the July basic state. Contour intervals are (2, 2), respectively.

Regiões onde se espera ter ciclogênese

$$\bar{u}^{1d} - \bar{u}^{3d} - \frac{bc_p \bar{\sigma}^d (1 - \mu^2)^{1/2}}{a\Omega \mu^2} \geq 0, \quad (3.1)$$

# 4 - Taxas de crescimento e frequências de fase

TABLE 1. Classification of the first 34 fastest-growing eigenmodes with significant amplitudes in the Southern Hemisphere for the January basic state. Also shown are the corresponding dimensional phase frequencies ( $|\omega_r^d|$ ), periods ( $T_r^d$ ), growth rates ( $\omega_i^d$ ), and  $e$ -folding times ( $\tau_i^d$ ).

Mode	Class	$ \omega_r^d $ (deg day <sup>-1</sup> )	$T_r^d$ (days)	$\omega_i^d$ (day <sup>-1</sup> )	$\tau_i^d$ (days)
1	I	165.1	2.181	0.324	3.088
2	I	190.2	1.893	0.319	3.131
3	I	140.2	2.569	0.295	3.387
6	I	215.3	1.672	0.279	3.582
9	I	116.5	3.091	0.238	4.200
13	I	240.3	1.498	0.203	4.925
15	I	104.2	3.461	0.176	5.692
19	I	124.5	2.891	0.164	6.101
20	I	83.6	4.308	0.163	6.131
24	I	95.1	3.787	0.146	6.832
25	II*	65.5	5.497	0.138	7.260
26	I	144.6	2.490	0.132	7.597
32	II	47.5	7.586	0.110	9.103
35	II	57.5	6.264	0.103	9.676
38	IV	6.8	52.924	0.100	10.038
39	I	265.7	1.355	0.099	10.089
40	III	23.9	15.071	0.097	10.336
41	I	69.8	5.156	0.096	10.379
42	II	38.1	9.455	0.096	10.461
45	I	88.3	4.076	0.088	11.346
47	I	66.7	5.394	0.087	11.528
50	I	16.5	2.183	0.075	13.348
51	II	36.0	9.996	0.072	13.832
52	I	76.4	4.711	0.068	14.757
56	IV	15.82	22.755	0.061	16.402
57	II	47.5	7.587	0.060	16.697
58	I	73.7	4.886	0.059	16.836
59	I	93.8	3.838	0.059	17.076
60	III	22.2	16.214	0.051	19.556
61	III	29.3	12.198	0.050	19.885
62	IV	1.1	317.616	0.047	21.190
63	III	26.5	13.585	0.046	21.943
64	IV	9.7	37.028	0.045	22.125
65	IV	3.3	108.119	0.043	23.266

- Equações resolvidas no modelo para o domínio global, resultando em modos nos dois hemisférios;

Modos com amplitude significativa:  
Janeiro : 34/65

Julho: 90% de 60 modos, por isso foi feito um subconjunto com os principais

I – Ciclogênese:  $T < 5.5$  dias

II – Bloqueios:  $5.5 \leq T < 11$  dias

III – Intermediário:  $11 \leq T < 17$  dias

IV – Modos de baixa frequência:  $T \geq 17$  dias

TABLE 2. As in Table 1 but for some of the more interesting faster growing modes for the July basic state.

Mode	Class	$ \omega_r^d $ (deg day <sup>-1</sup> )	$T_r^d$ (days)	$\omega_i^d$ (day <sup>-1</sup> )	$\tau_i^d$ (days)
1	I	187.0	1.925	0.261	3.839
2	I	160.9	2.237	0.260	3.853
3	I	128.2	2.808	0.240	4.161
4	I	102.3	3.518	0.222	4.512
5	I	213.4	1.687	0.209	4.790
6	I	78.1	4.609	0.203	4.928
7	I	138.5	2.599	0.193	5.180
8	I	87.0	4.138	0.192	5.214
9	I	110.3	3.264	0.189	5.284
10	I	119.7	3.008	0.174	5.741
11	IV	2.0	177.062	0.163	6.131
13	I	133.3	2.701	0.156	6.400
14	I	104.4	3.448	0.156	6.425
16	I	151.3	2.38	0.148	6.749
20	II	92.8	3.878	0.130	7.681
21	II	74.6	4.827	0.127	7.856
25	II	54.6	6.589	0.117	8.515
26	III	31.0	11.631	0.116	8.650
29	II	35.8	10.066	0.108	9.256
35	IV	17.0	21.134	0.097	10.359
47	IV	16.5	21.798	0.063	15.904
50	IV	19.2	18.745	0.060	16.673
53	III	27.4	13.146	0.0540	18.526

# 5 - Estrutura dos modos de perturbação

Análise das estruturas verticais e horizontais de alguns modos instáveis das 4 classificações

# I – Ciclogênese: Janeiro

Modo 1, período 2.1 dias

A amplitude máxima ocorre levemente a jusante de onde o critério Phillips é máximo – região máxima do jato Polar

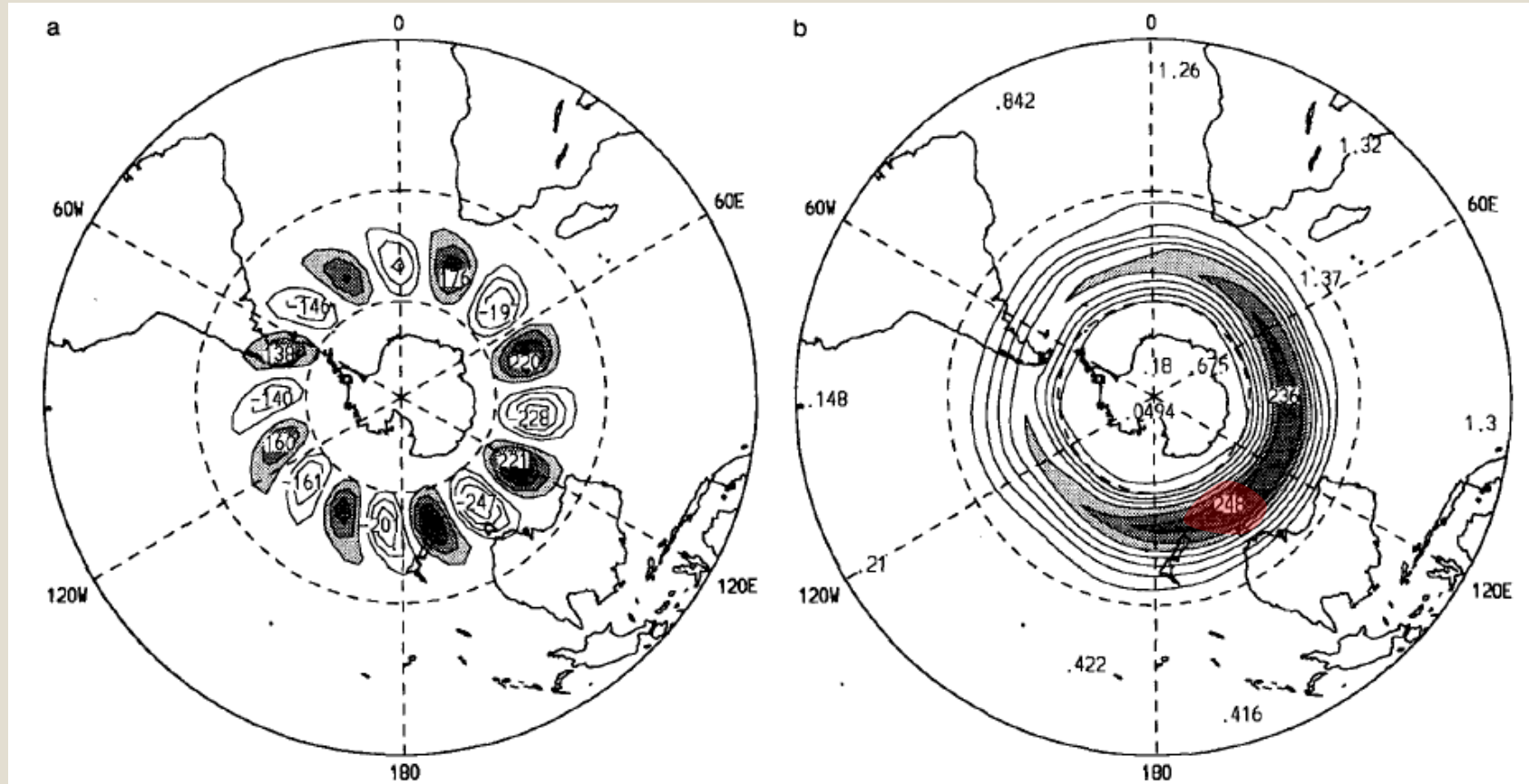


FIG. 4. The fastest-growing eigenmode for the January basic state: (a) the upper-level disturbance streamfunction  $\psi^1$  and (b) the amplitude of the upper-level disturbance streamfunction. Contour intervals are (50, 50), respectively, with zero contour suppressed.

# I – Ciclogênese: Julho

Máximos dos dois modos a jusante da Austrália, coincidindo com o Jato Polar

Os outros modos são similares, diferindo na localização de máximos e no formato

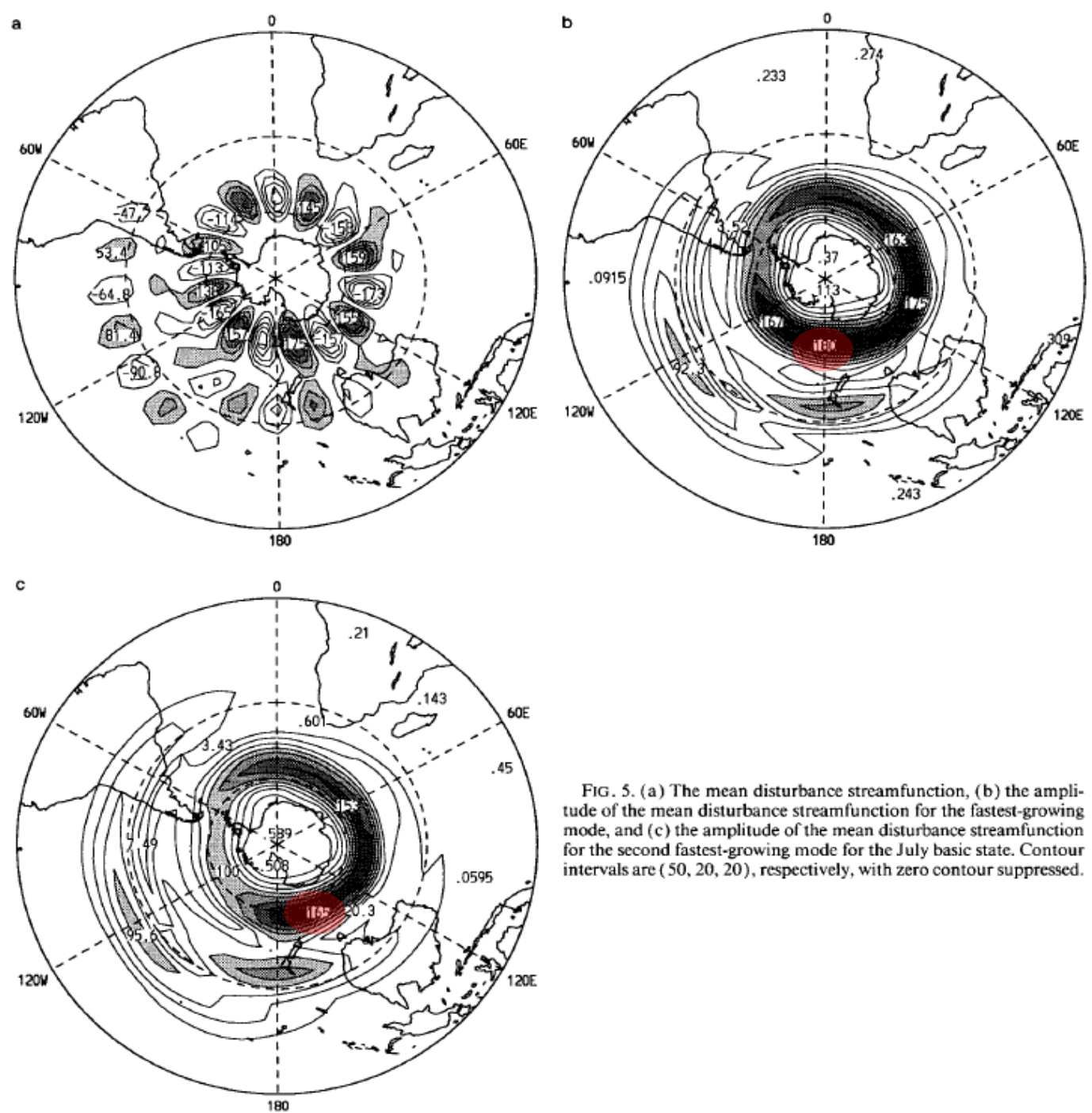


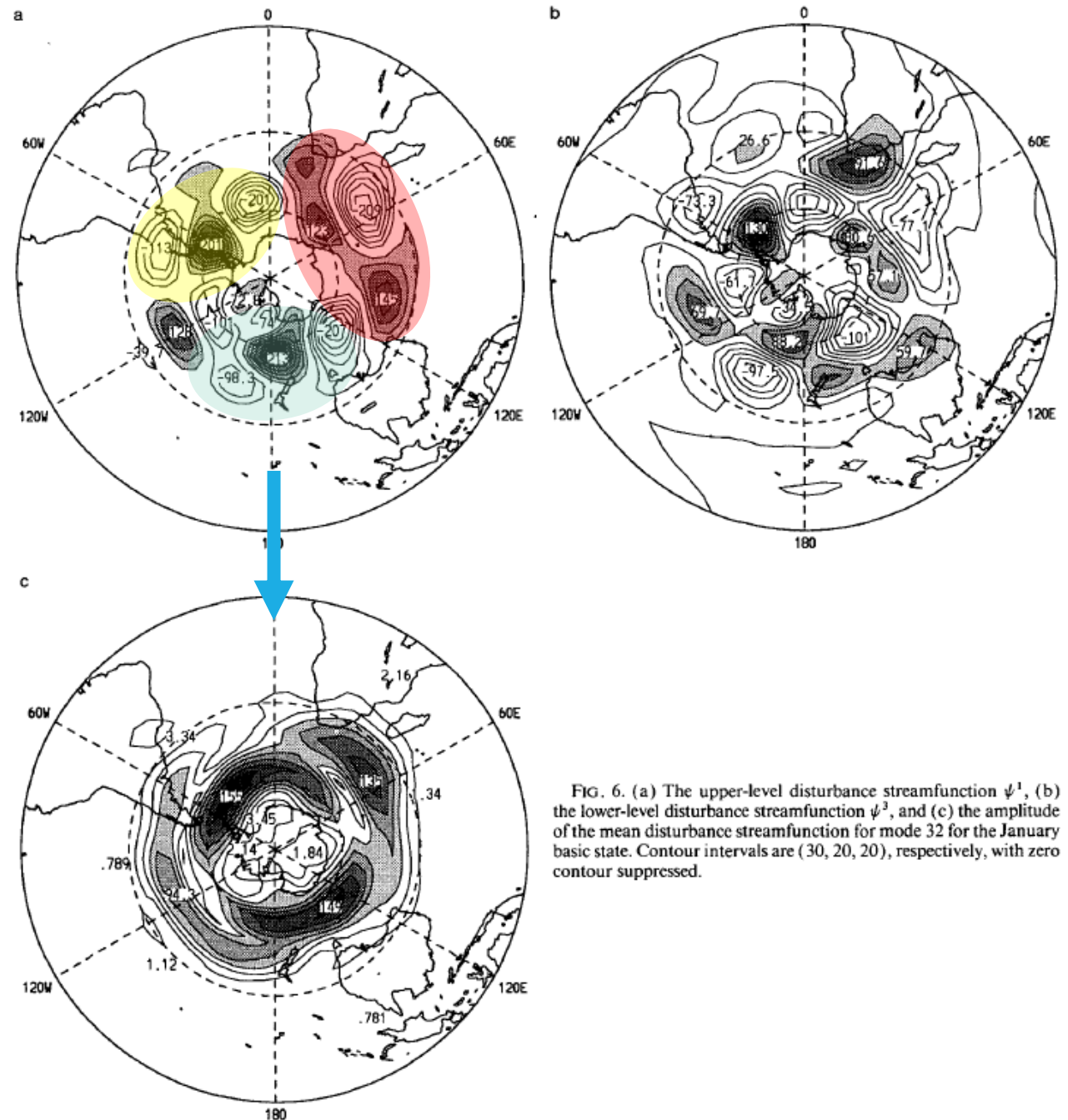
FIG. 5. (a) The mean disturbance streamfunction, (b) the amplitude of the mean disturbance streamfunction for the fastest-growing mode, and (c) the amplitude of the mean disturbance streamfunction for the second fastest-growing mode for the July basic state. Contour intervals are (50, 20, 20), respectively, with zero contour suppressed.

## II – Bloqueios: Janeiro

Modo 32, período de  
7.6 dias

As principais regiões de bloqueio estão na região da Austrália /Nova Zelândia, a leste das ilhas Malvinas e a sudeste da África, concordando com Van Loon (1956)

Estrutura baroclínica, condizente com o início dos bloqueios



## II – Bloqueios: Julho

Modo 25, período  
de 6.6 dias

Ocorrem amplitude maiores  
também em latitudes mais  
baixas em relação a Janeiro

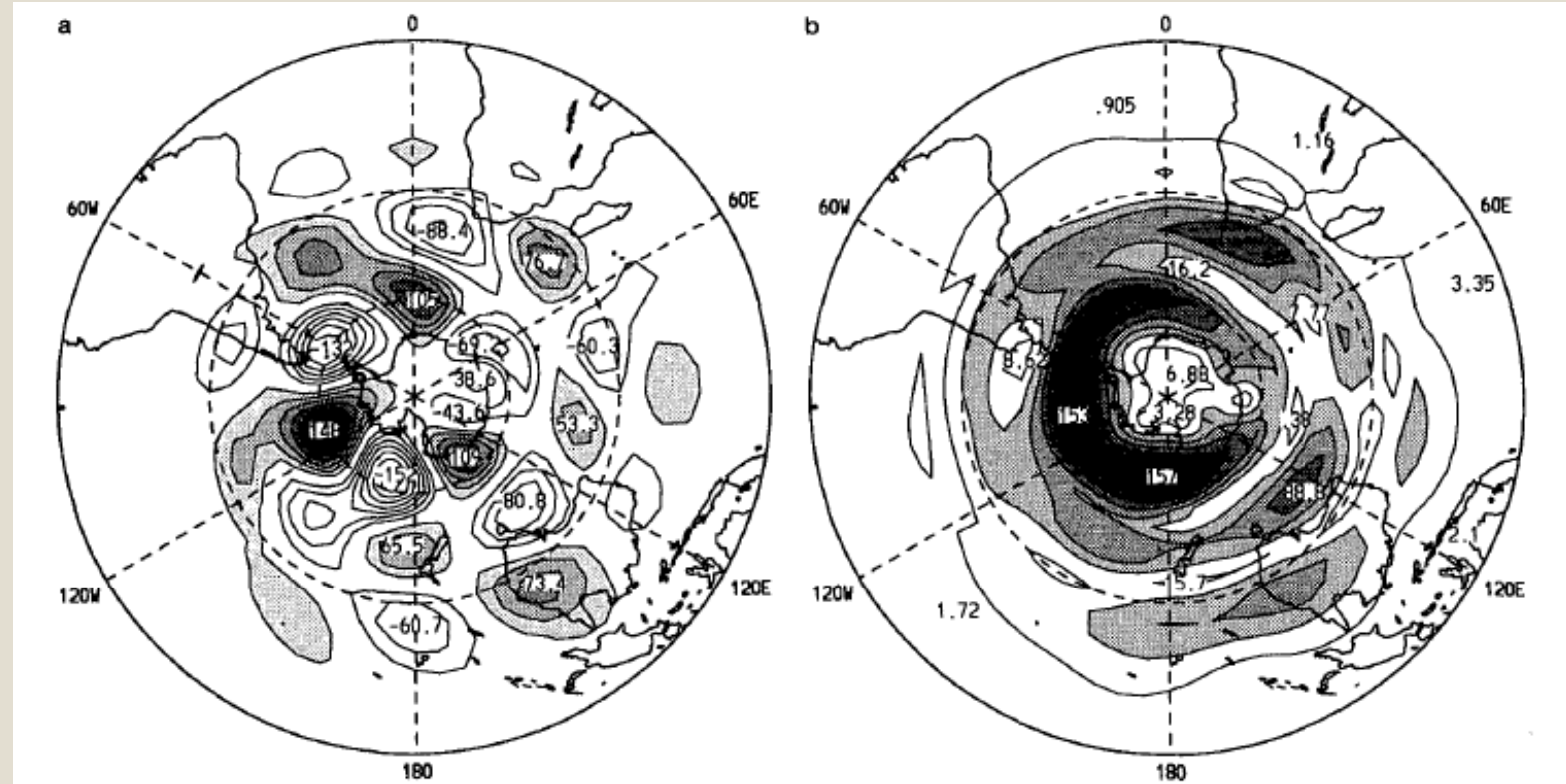


FIG. 7. (a) The mean disturbance streamfunction and (b) the amplitude of the mean disturbance streamfunction for mode 25 for the July basic state. Contour intervals are (30, 20), respectively, with zero contour suppressed.

# IV – Modos anômalo de Baixa Frequência: Janeiro

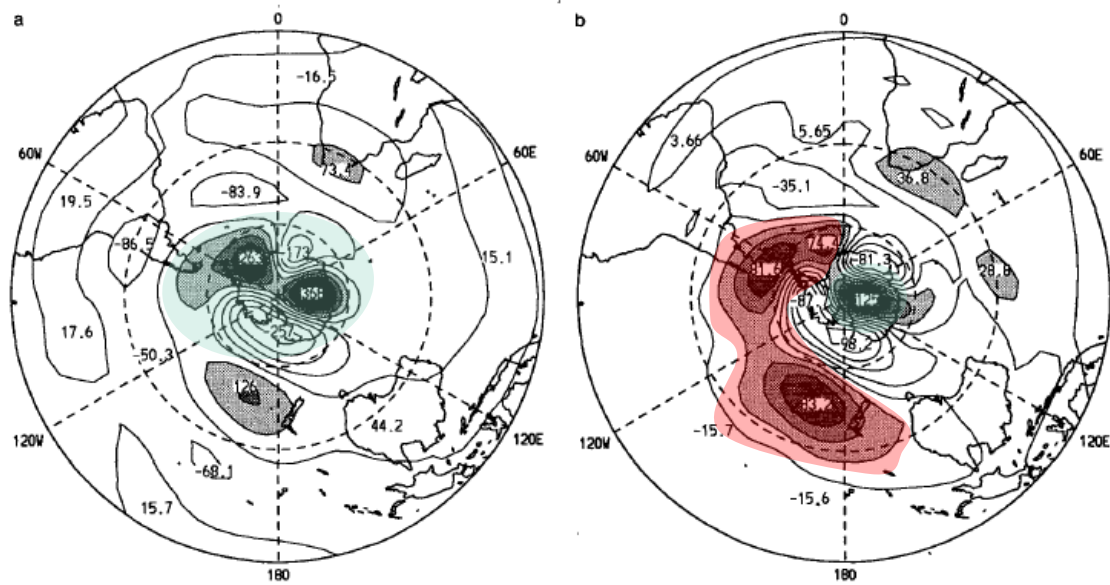


FIG. 8. As in Figs. 6a and 6b but for mode 38 with the January basic state. Contour intervals are (60, 20), respectively.

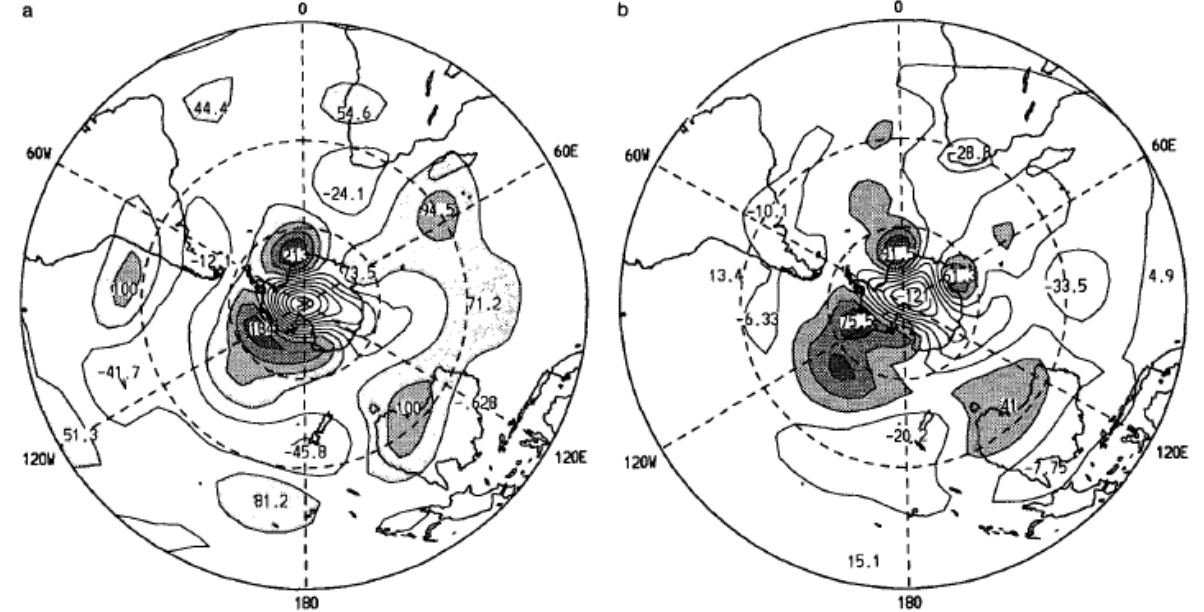


FIG. 9. As in Fig. 8 but for mode 62 with the January basic state. Contour intervals are (40, 20), respectively.

38: 53 dias  
62: 317 dias

Maiores valores ao sul de 60°S , modos barotrópicos como a maioria dos modos de baixa frequência no HS;

Padrões entre verão e inverno semelhantes;



# IV – Modos anômalo de Baixa Frequência: Janeiro

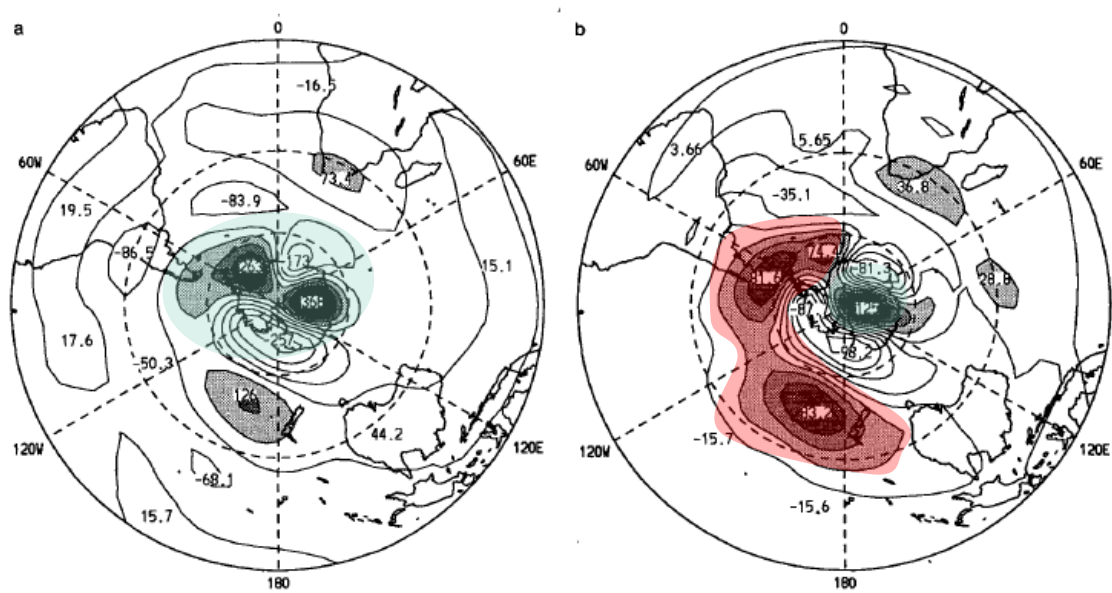
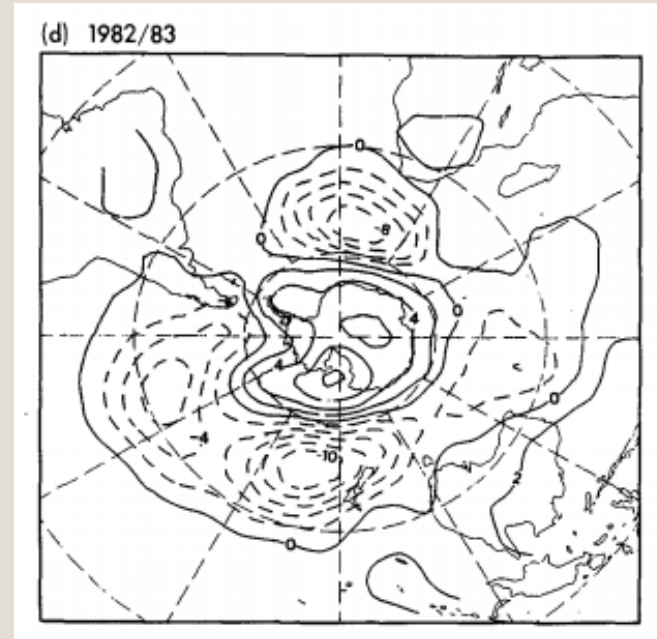


FIG. 8. As in Figs. 6a and 6b but for mode 38 with the January basic state. Contour intervals are (60, 20), respectively.



Maiores valores ao sul de  $60^{\circ}\text{S}$ , modos barotrópicos como a maioria dos modos de baixa frequência no HS;

Padrões entre verão e inverno semelhantes;

Vermelho: similar com o padrão de anomalias de altura geop. em 500 hPa no verão de 1982-83 de Karoly (1989a) - ENOS

# IV – Modos anômalos de Baixa Frequência: Julho

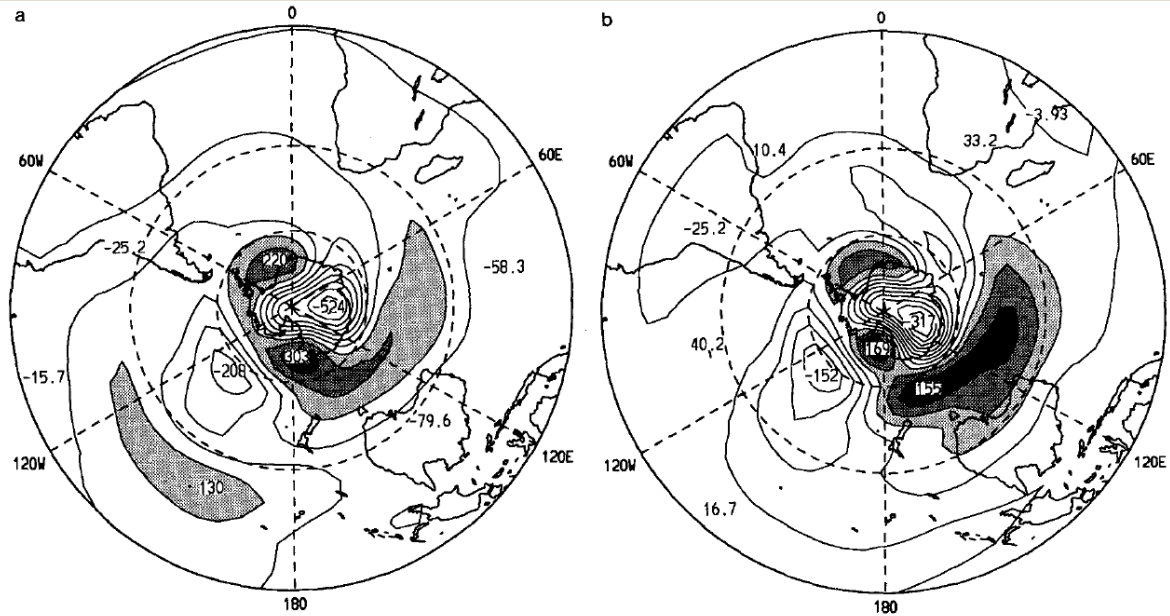


FIG. 10. As in Fig. 8 but for mode 11 with the July basic state. Contour intervals are (80, 40), respectively.

Modo 11, 177 dias,  
barotrópico

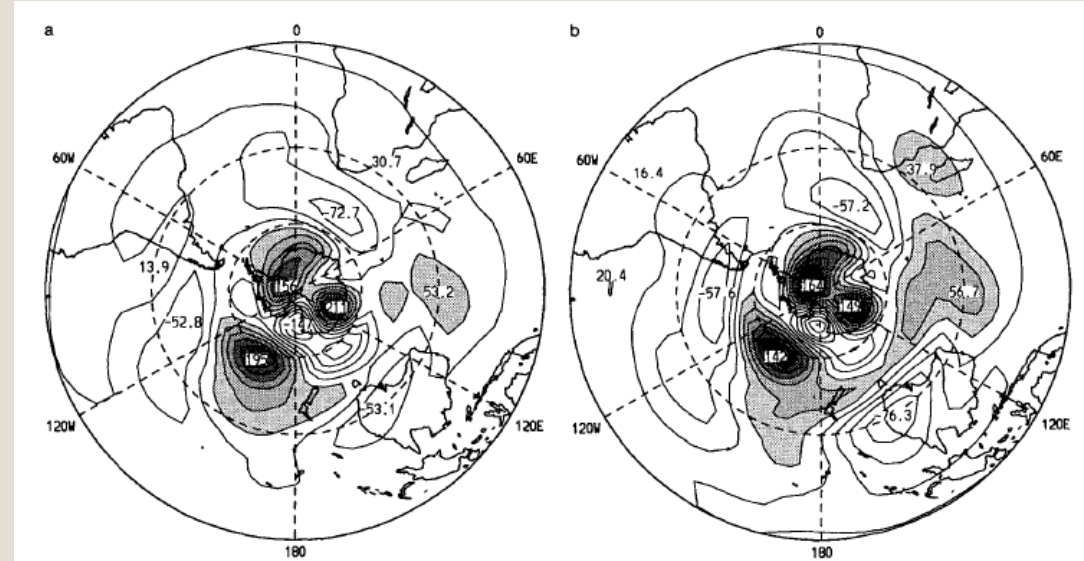
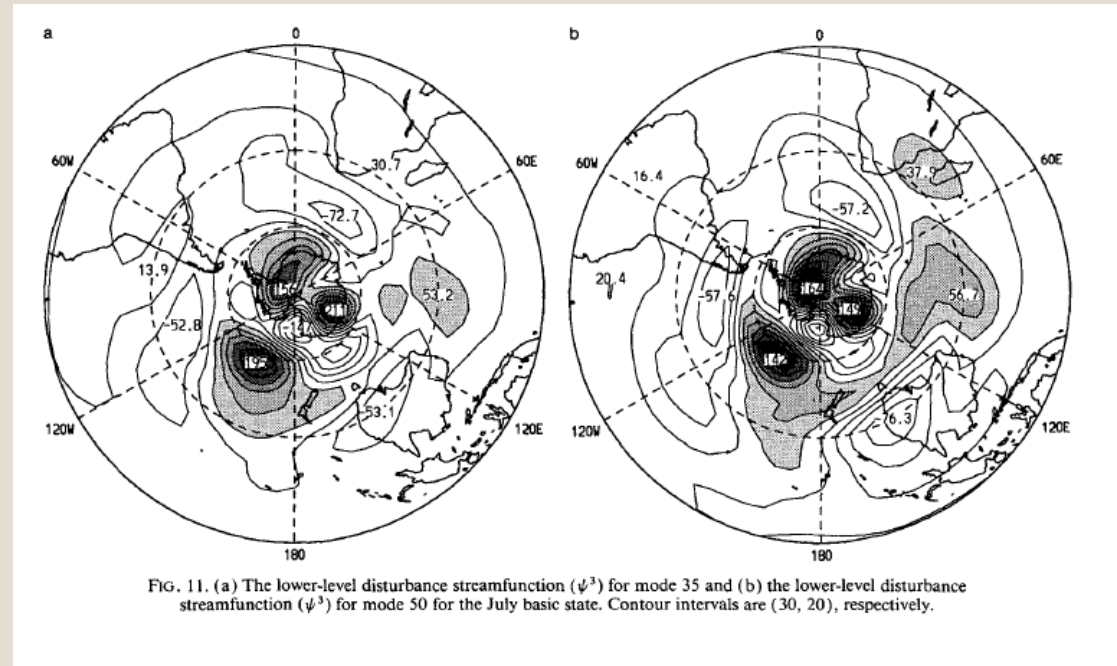
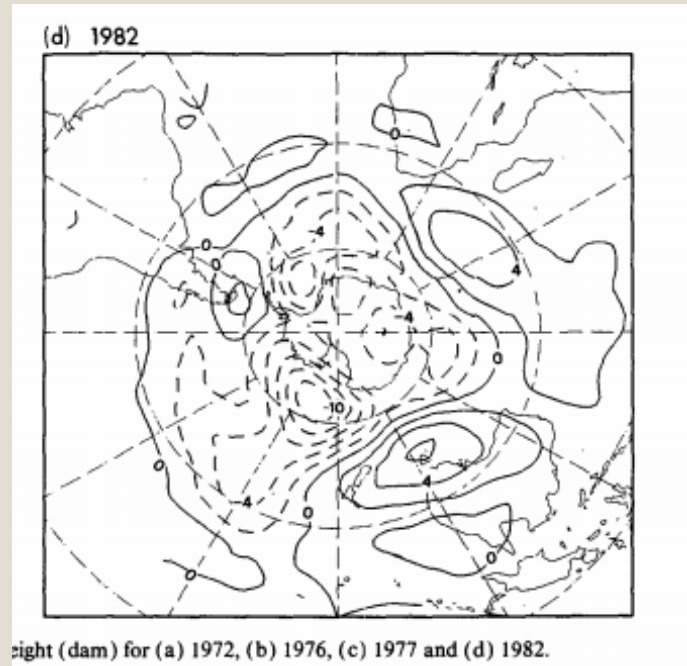


FIG. 11. (a) The lower-level disturbance streamfunction ( $\psi^3$ ) for mode 35 and (b) the lower-level disturbance streamfunction ( $\psi^3$ ) for mode 50 for the July basic state. Contour intervals are (30, 20), respectively.

Modo 35: 21 dias  
Modo 50: 18.7 dias

Dois parecidos, barotrópicos e  
em altas latitudes

# IV – Modos anômalo de Baixa Frequência: Julho



Semelhança com o período ENOS de 1982 no inverno ( Karoly, 1989a)

# 6 - Conclusões

**Resumo:** Estudo de modos instáveis num fluxo tridimensional para Janeiro e Julho num modelo de duas camadas de equações primitivas de autovalor. Analisada a variedade de distúrbios, que foram separados por classes segundo seus períodos:

- Ciclogênese: ambas as estações, o modo de crescimento mais rápido apresentou seu máximo corrente abaixo do jato polar, concordando com estudos observacionais;
- Bloqueios: modos de dipolo ou dipolos múltiplos nas regiões estudadas por Van Loon (1956). Mostram uma inclinação pra oeste (instabilidade baroclínica atuando na sua formação);
- Modos anômalos de baixa frequência: centros ao sul de  $60^{\circ}\text{S}$ , concordando com outros estudos de teleconexões no HS. Similar com ENOS de 1982, mesmo dentro da climatologia.

## 6 - Conclusões

A teoria da instabilidade tridimensional é capaz de gerar analogias de uma ampla variedade de flutuações observadas no HS, incluindo aquelas associadas a ciclogênese, bloqueios e padrões de baixa frequência. Como no caso do HN, isso permite uma maneira útil de entender a dinâmica essencial dessas flutuações.

Obrigada!