

Wavelike Southern Hemisphere Extratropical Teleconnections

ERNESTO H. BERBERY,* JULIA NOGUÉS-PAEGLE, AND JOHN D. HOREL

Department of Meteorology, University of Utah, Salt Lake City, Utah

(Manuscript received 14 September 1990, in final form 26 June 1991)

Teleconexões Extratropicais Ondulatórias no Hemisfério Sul

Introdução

- Investigações de teleconexões de baixa frequência feitas para o Hemisfério Sul (HS) usaram médias mensais ou filtros passa-baixa.
- Enquanto vários padrões foram identificados, uma comparação entre eles é difícil devido às diferenças nas técnicas, conjuntos e processamento de dados.

Introdução

- Investigações de teleconexões de baixa frequência feitas para o Hemisfério Sul (HS) usaram médias mensais ou filtros passa-baixa.
- Enquanto vários padrões foram identificados, uma comparação entre eles é difícil devido às diferenças nas técnicas, conjuntos e processamento de dados.

Entretanto, os modos mais proeminentes encontrados nessa escala de tempo são:

1. Um padrão zonalmente simétrico com uma mudança no sinal das anomalias aproximadamente em 60°S ;
2. Uma onda zonal com número de onda 3 em latitudes médias a altas.

Objetivo

Oferecer evidências observacionais e numéricas das teleconexões em escala intrasazonal no verão e inverno do HS

Objetivo

Oferecer evidências observacionais e numéricas das teleconexões em escala intrasazonal no verão e inverno do HS

OBS: a escala de tempo intrasazonal abrange um período de 10-60 dias, porém a escala intrasazonal usada neste trabalho se estende para frequências ligeiramente inferiores

Dados e Métodos

- Altura geopotencial e vento zonal em 200 hPa, analisados objetivamente pelo ECMWF, numa grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$;

Dados e Métodos

- Altura geopotencial e vento zonal em 200 hPa, analisados objetivamente pelo ECMWF, numa grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$;
- Médias a cada 5 dias de 1980 a 1985, produzindo um total de 186 pentadas para o inverno e 180 para o verão do HS;

Dados e Métodos

- Altura geopotencial e vento zonal em 200 hPa, analisados objetivamente pelo ECMWF, numa grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$;
- Médias a cada 5 dias de 1980 a 1985, produzindo um total de 186 pentadas para o inverno e 180 para o verão do HS;
- Variações interanuais no campo de altura geop. foram removidas subtraindo a média sazonal para cada estação;

Dados e Métodos

- Altura geopotencial e vento zonal em 200 hPa, analisados objetivamente pelo ECMWF, numa grade de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$;
- Médias a cada 5 dias de 1980 a 1985, produzindo um total de 186 pentadas para o inverno e 180 para o verão do HS;
- Variações interanuais no campo de altura geop. foram removidas subtraindo a média sazonal para cada estação;
- O ciclo sazonal foi removido subtraindo de cada pentada o valor climatológico correspondente, determinado a partir de um período de seis anos;

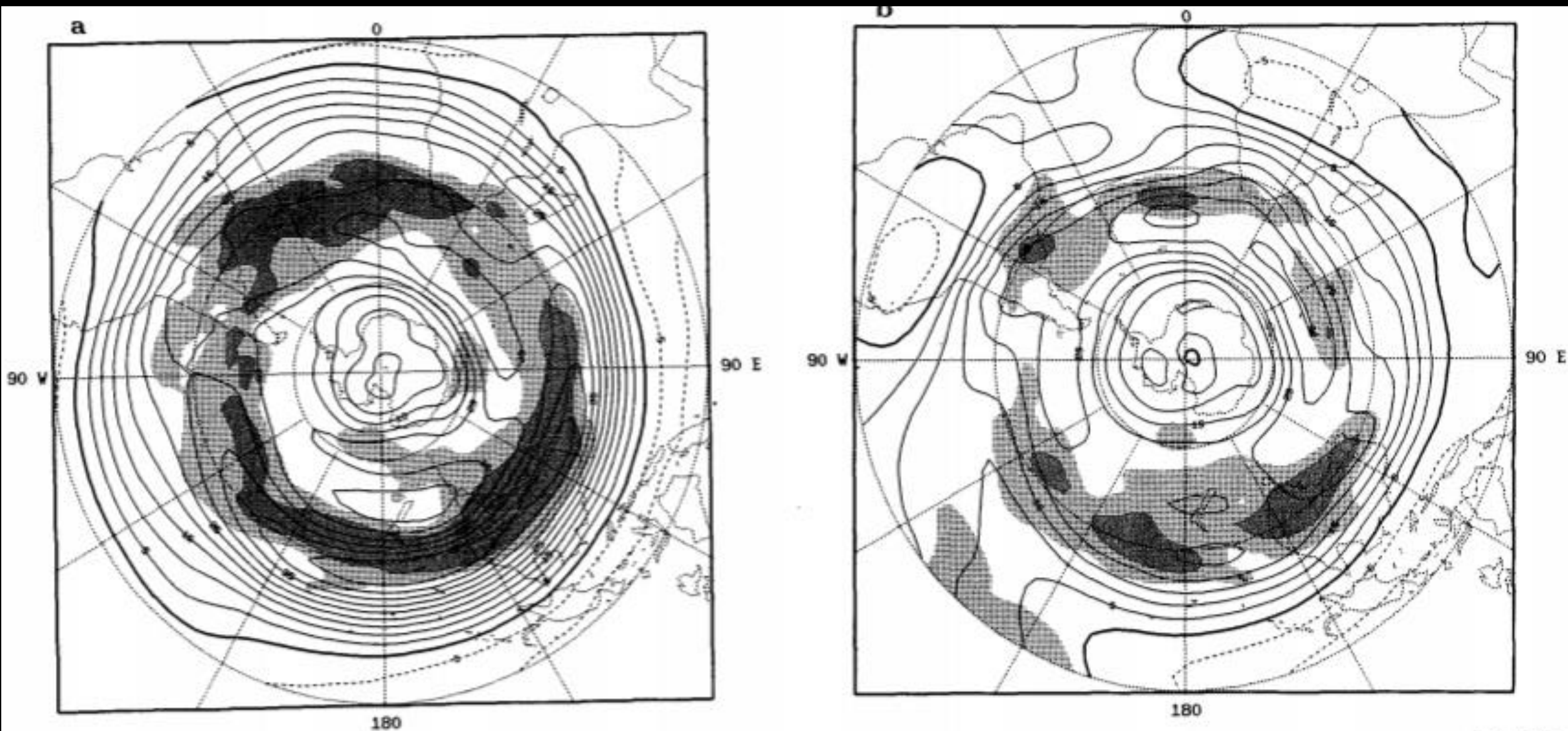


FIG. 1. Mean 200-hPa zonal wind (isolines) and its intraseasonal standard deviation (shading) during (a) winter and (b) summer. The contour interval for the mean zonal wind is 5 m s^{-1} , the heavy line is the zero contour, and negative values are dashed. For the winter case light shading indicates a standard deviation greater than 8 m s^{-1} , and dark shading, 9 m s^{-1} . For the summer case light shading indicates a standard deviation greater than 6 m s^{-1} , and dark shading, 7 m s^{-1} .

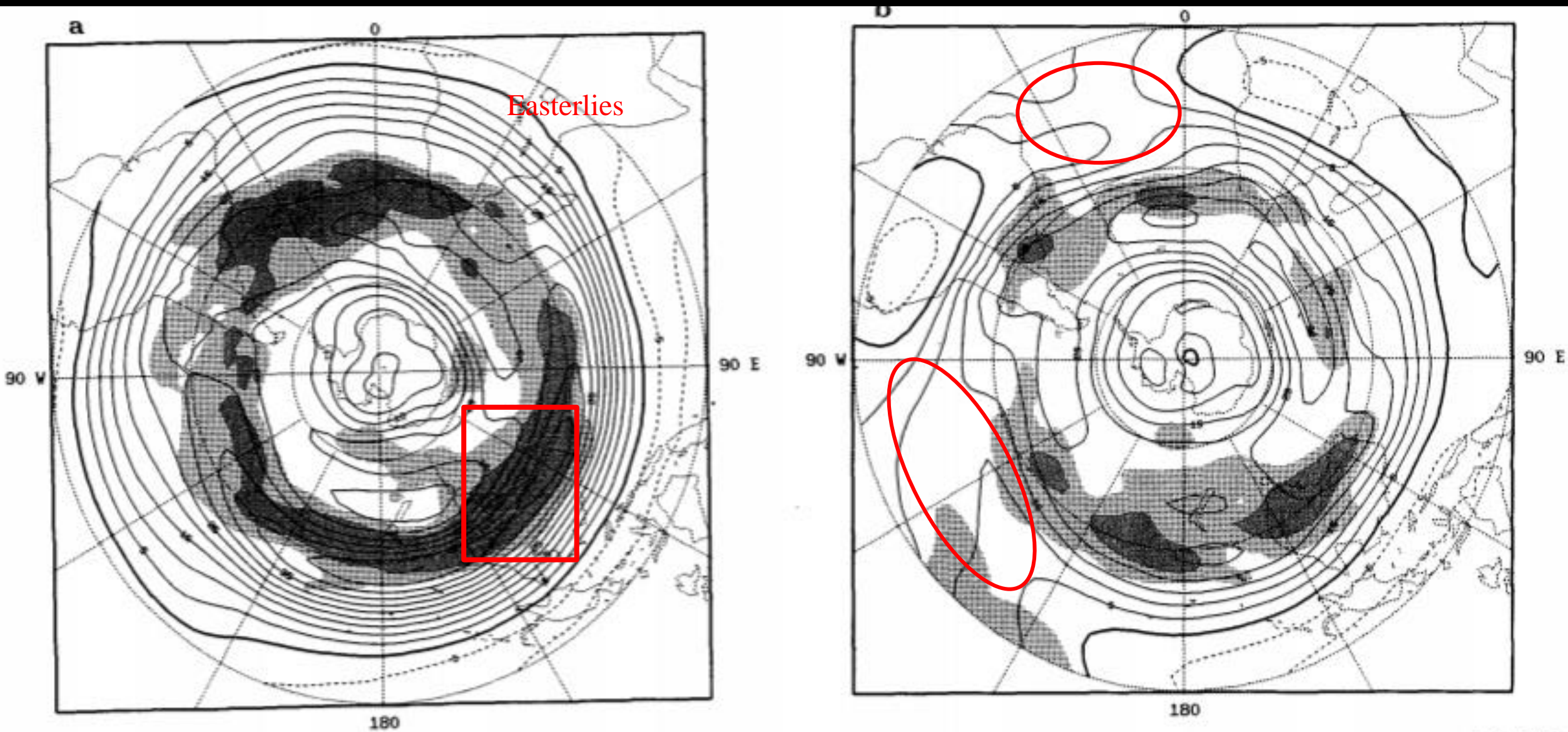


FIG. 1. Mean 200-hPa zonal wind (isolines) and its intraseasonal standard deviation (shading) during (a) winter and (b) summer. The contour interval for the mean zonal wind is 5 m s^{-1} , the heavy line is the zero contour, and negative values are dashed. For the winter case light shading indicates a standard deviation greater than 8 m s^{-1} , and dark shading, 9 m s^{-1} . For the summer case light shading indicates a standard deviation greater than 6 m s^{-1} , and dark shading, 7 m s^{-1} .

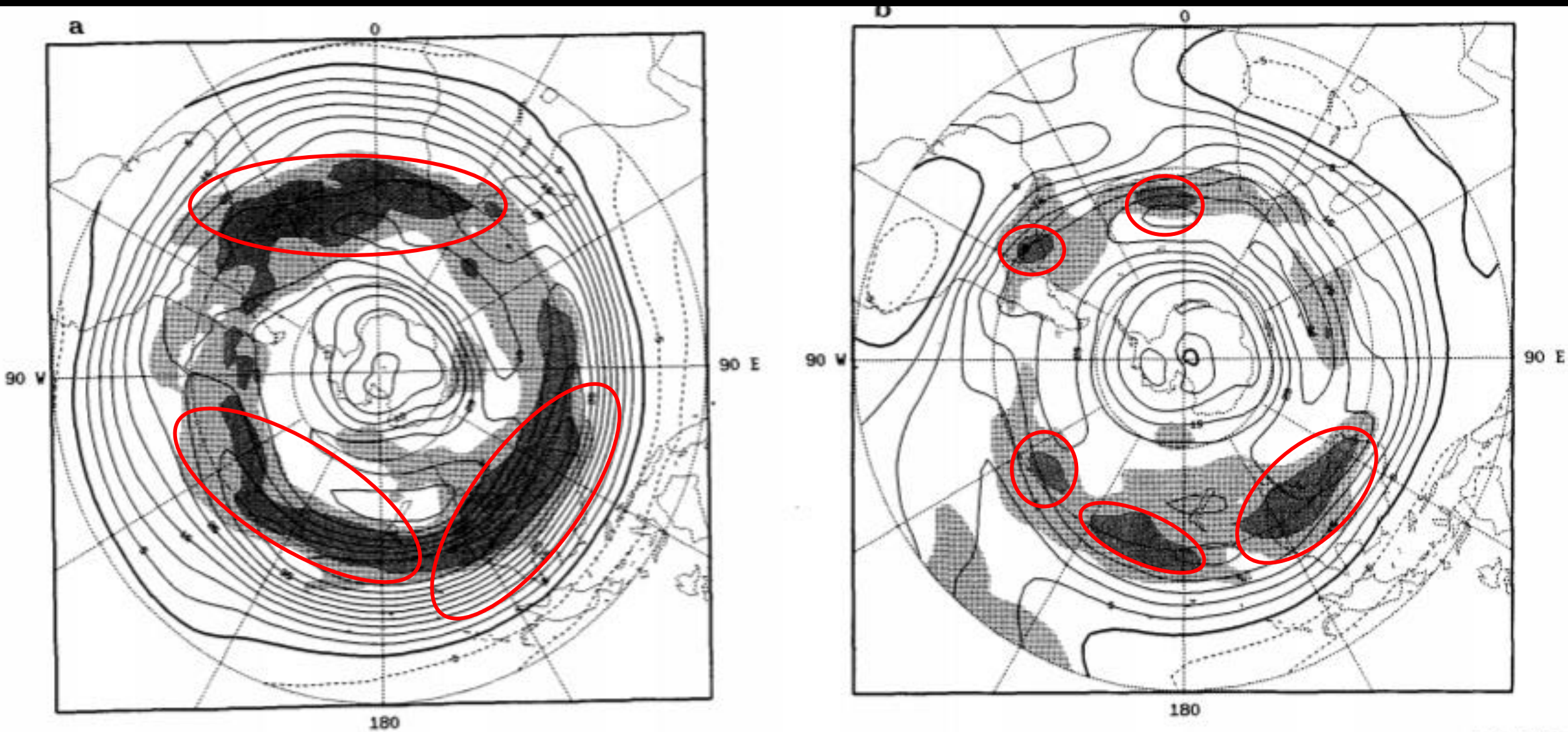


FIG. 1. Mean 200-hPa zonal wind (isolines) and its intraseasonal standard deviation (shading) during (a) winter and (b) summer. The contour interval for the mean zonal wind is 5 m s^{-1} , the heavy line is the zero contour, and negative values are dashed. For the winter case light shading indicates a standard deviation greater than 8 m s^{-1} , and dark shading, 9 m s^{-1} . For the summer case light shading indicates a standard deviation greater than 6 m s^{-1} , and dark shading, 7 m s^{-1} .

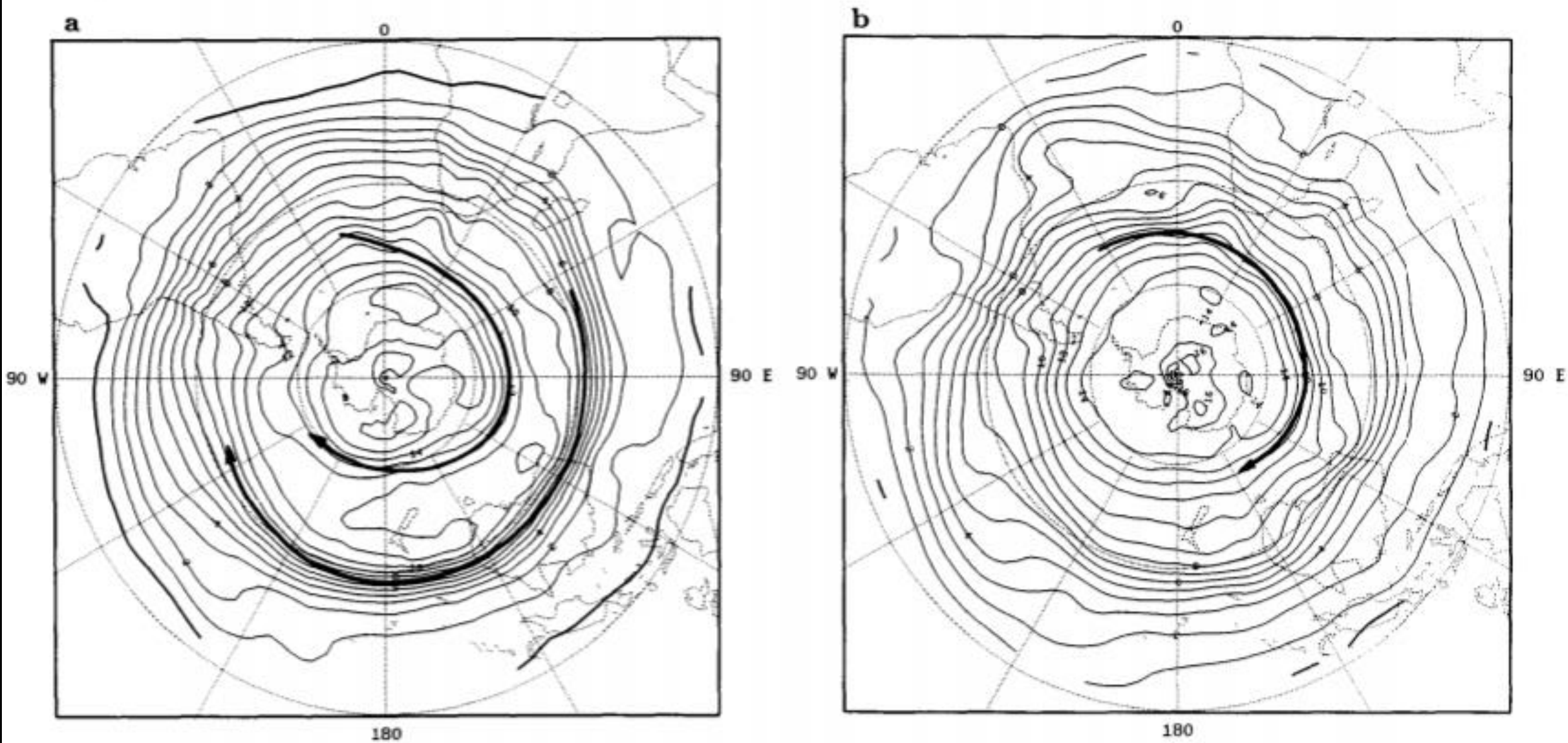


FIG. 2. Mean absolute vorticity of the 200-hPa wind during (a) winter and (b) summer. The contour interval is $1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ and the heavy line is the zero contour. The arrows indicate jet stream axes.

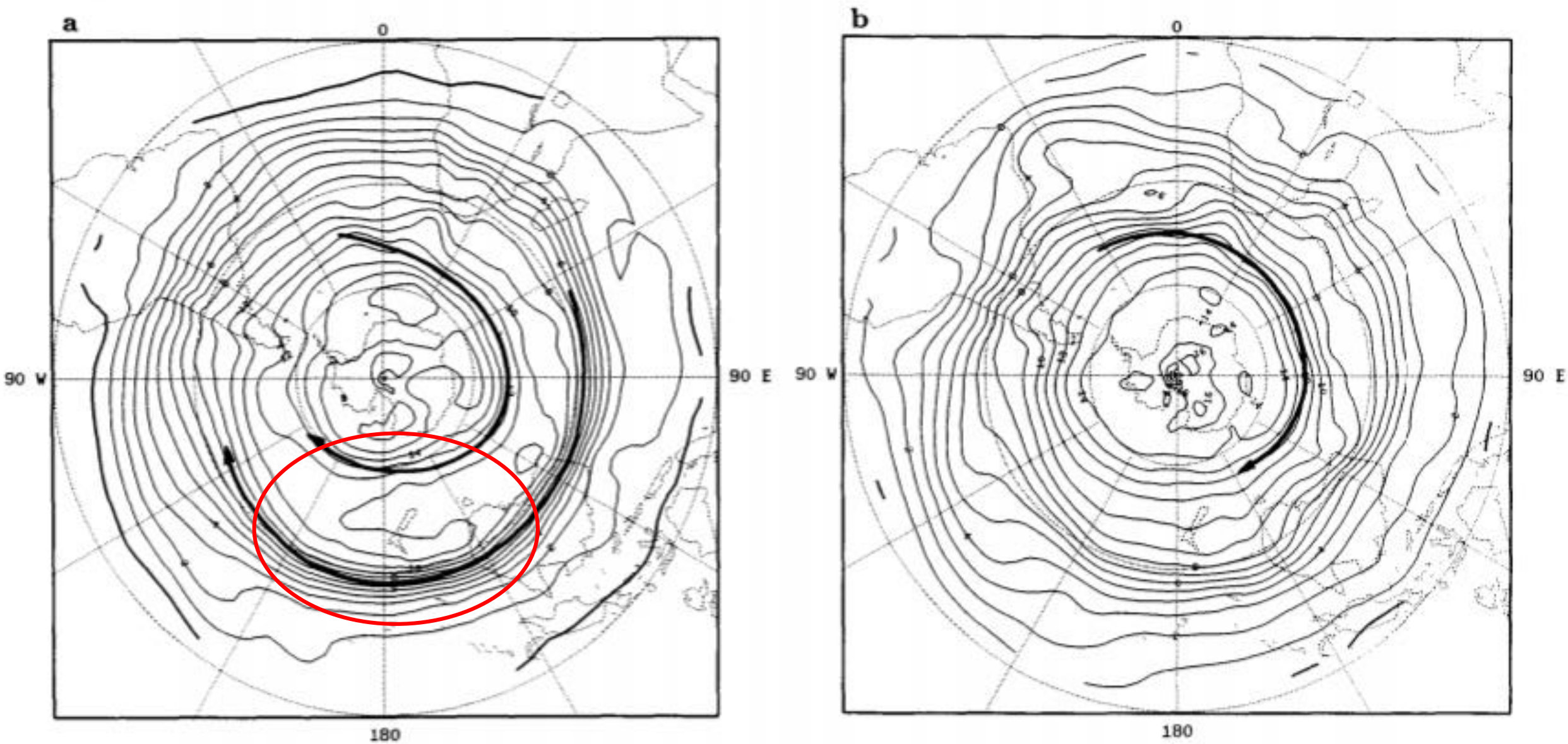


FIG. 2. Mean absolute vorticity of the 200-hPa wind during (a) winter and (b) summer. The contour interval is $1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ and the heavy line is the zero contour. The arrows indicate jet stream axes.

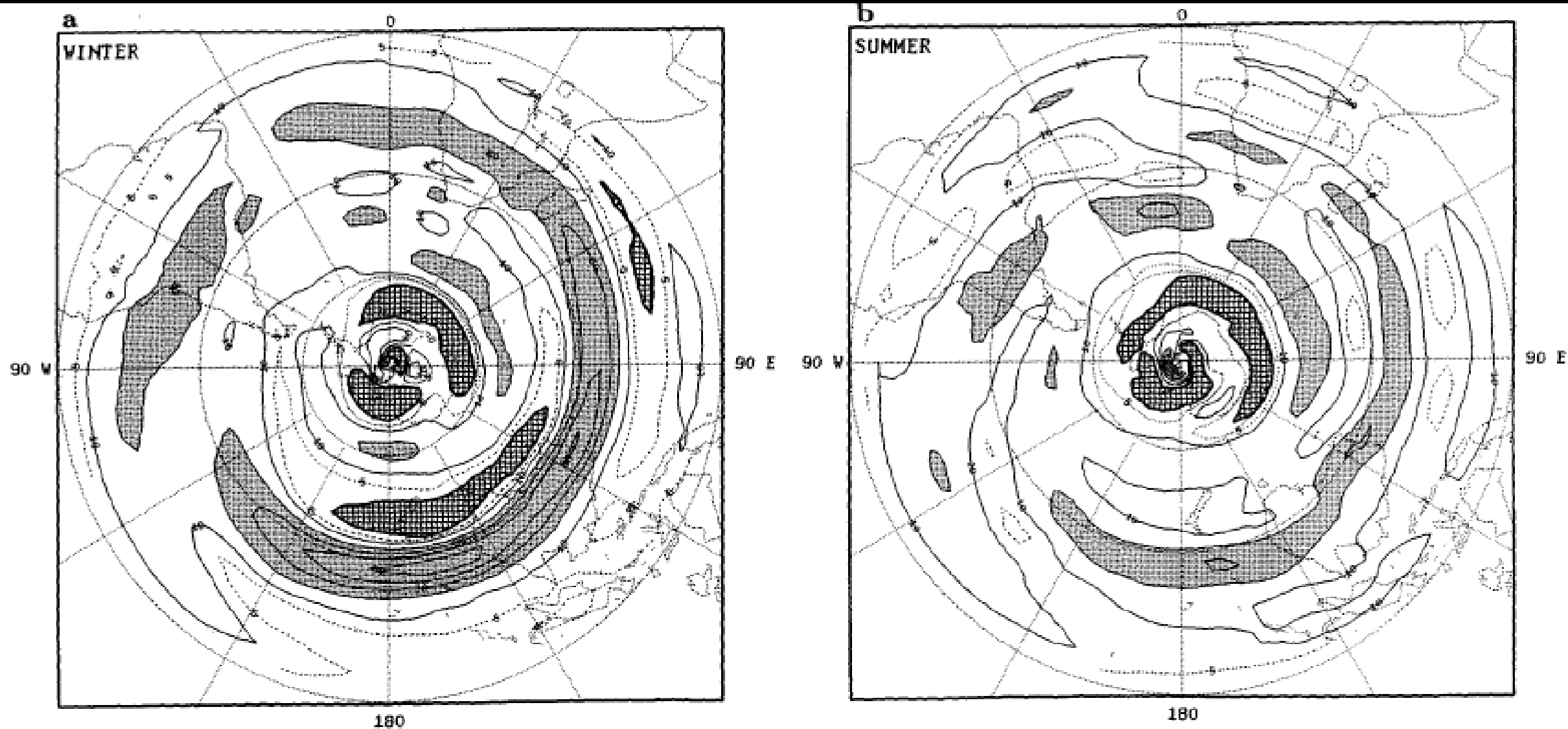


FIG. 3. Latitudinal variation of the absolute vorticity ($\partial\bar{\eta}/\partial\phi$, ϕ latitude) during (a) winter and (b) summer. The contour interval is $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$. Heavy line is the zero line, the dashed line is the $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$; negative values are crosshatched; shading indicates values larger than $20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$.

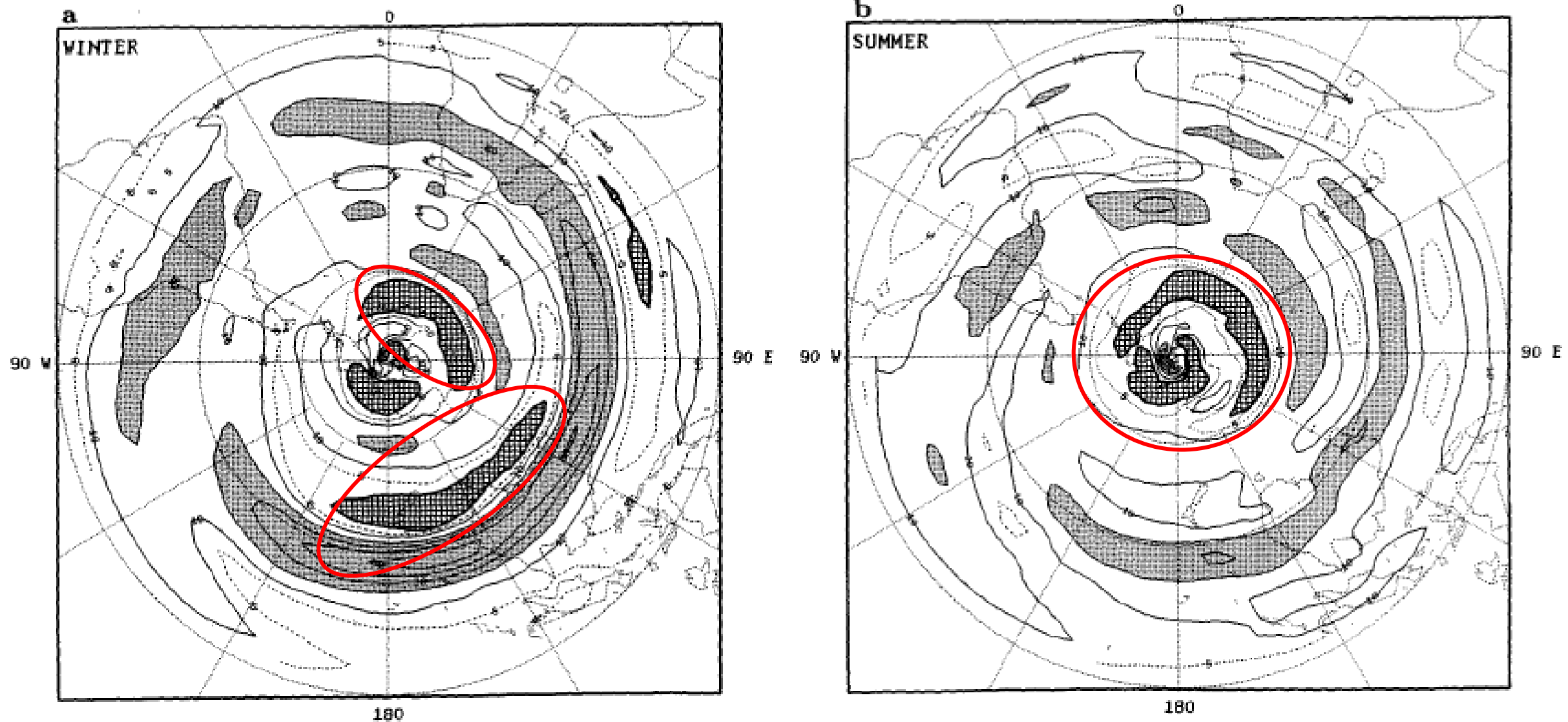


FIG. 3. Latitudinal variation of the absolute vorticity ($\partial\bar{\eta}/\partial\phi$, ϕ latitude) during (a) winter and (b) summer. The contour interval is $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$. Heavy line is the zero line, the dashed line is the $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$; negative values are crosshatched; shading indicates values larger than $20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$.

Conceitos da Propagação de Ondas de Rossby

- O foco deste estudo é na propagação da energia das ondas em 200hPa, usando conceitos desenvolvidos para fluxos barotrópicos para interpretar as observações.
- Estudos “recentes” incluem variações longitudinais no estado básico.

Conceitos da Propagação de Ondas de Rossby

Usa-se a equação da vorticidade linearizada para um vento zonal que varia meridional e zonalmente:

$$\frac{\partial \eta'}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \eta'}{\partial x} + v' \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} + u' \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

Conceitos da Propagação de Ondas de Rossby

Usa-se a equação da vorticidade linearizada para um vento zonal que varia meridional e zonalmente:

$$\frac{\partial \eta'}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \eta'}{\partial x} + v' \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} + u' \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

Assume-se função de corrente, substitui em (1) :

Following Held (1983), we now assume the perturbation streamfunction ψ' to be given by

$$\psi' = \text{Re} \{ \hat{\psi}(y) \exp[i(kx - \omega t)] \}, \quad (2)$$

where $\hat{\psi}$ is the perturbation amplitude and k and ω are the perturbation zonal wavenumber and frequency.

Introducing (2) into (1), we get

$$\frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial y^2} + \left(\frac{\partial \bar{\eta} / \partial y}{(\bar{u} - c)} - k^2 \right) \hat{\psi} = 0, \quad (3)$$

that is

$$\frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial y^2} + m^2 \hat{\psi} = 0, \quad (4)$$

where the refractive index is defined as

$$m = \left(\frac{\partial \bar{\eta} / \partial y}{(\bar{u} - c)} - k^2 \right)^{1/2}$$

Conceitos da Propagação de Ondas de Rossby

Usa-se a equação da vorticidade linearizada para um vento zonal que varia meridional e zonalmente:

$$\frac{\partial \eta'}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \eta'}{\partial x} + v' \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial y} + u' \frac{\partial \bar{\eta}}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

Assume-se função de corrente, substitui em (1) :

O índice de refração m precisa ser real para que haja propagação meridional das perturbações.

Para ventos de leste ou ventos fracos de oeste, o m fica imaginário e não permite a propagação.

Following Held (1983), we now assume the perturbation streamfunction ψ' to be given by

$$\psi' = \text{Re} \{ \hat{\psi}(y) \exp[i(kx - \omega t)] \}, \quad (2)$$

where $\hat{\psi}$ is the perturbation amplitude and k and ω are the perturbation zonal wavenumber and frequency.

Introducing (2) into (1), we get

$$\frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial y^2} + \left(\frac{\partial \bar{\eta} / \partial y}{(\bar{u} - c)} - k^2 \right) \hat{\psi} = 0, \quad (3)$$

that is

$$\frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial y^2} + m^2 \hat{\psi} = 0, \quad (4)$$

where the refractive index is defined as

$$m = \left(\frac{\partial \bar{\eta} / \partial y}{(\bar{u} - c)} - k^2 \right)^{1/2}$$

Conceitos da Propagação de Ondas de Rossby

Karoly e Hoskins (1982) mostraram que a atividade de onda é refratada em direção ao maior gradiente do índice de refração positivo e longe das regiões de índice negativo ou muito pequeno.

Conceitos da Propagação de Ondas de Rossby

Karoly e Hoskins (1982) mostraram que a atividade de onda é refratada em direção ao maior gradiente do índice de refração e longe das regiões de índice negativo ou muito pequeno.

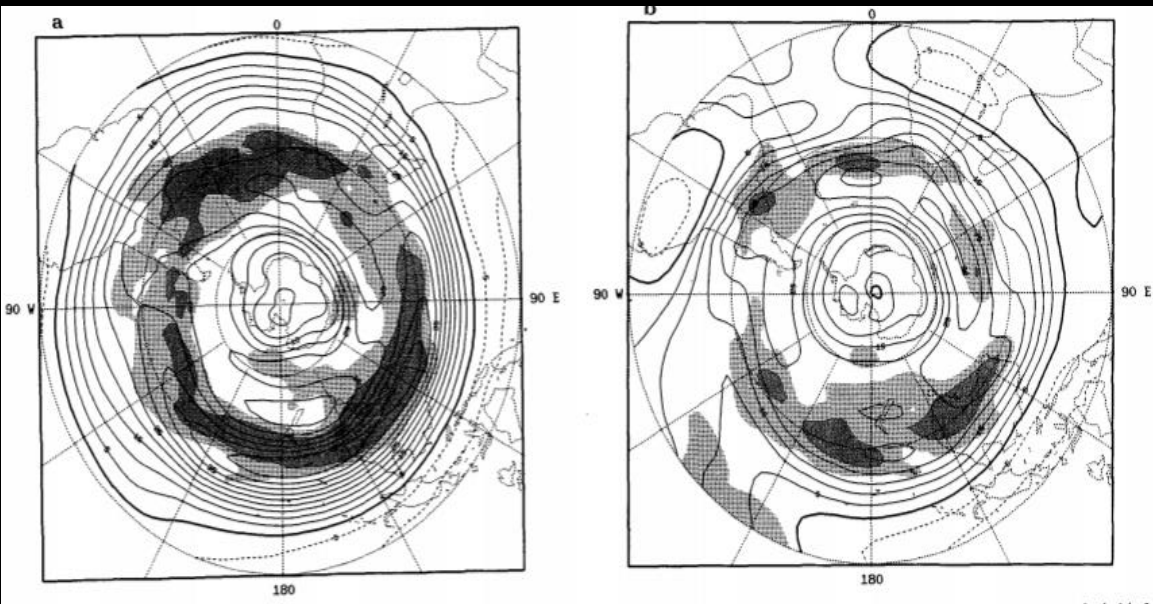


FIG. 1. Mean 200-hPa zonal wind (isolines) and its intraseasonal standard deviation (shading) during (a) winter and (b) summer. The contour interval for the mean zonal wind is 5 m s^{-1} , the heavy line is the zero contour, and negative values are dashed. For the winter case light shading indicates a standard deviation greater than 8 m s^{-1} , and dark shading, 9 m s^{-1} . For the summer case light shading indicates a standard deviation greater than 6 m s^{-1} , and dark shading, 7 m s^{-1} .

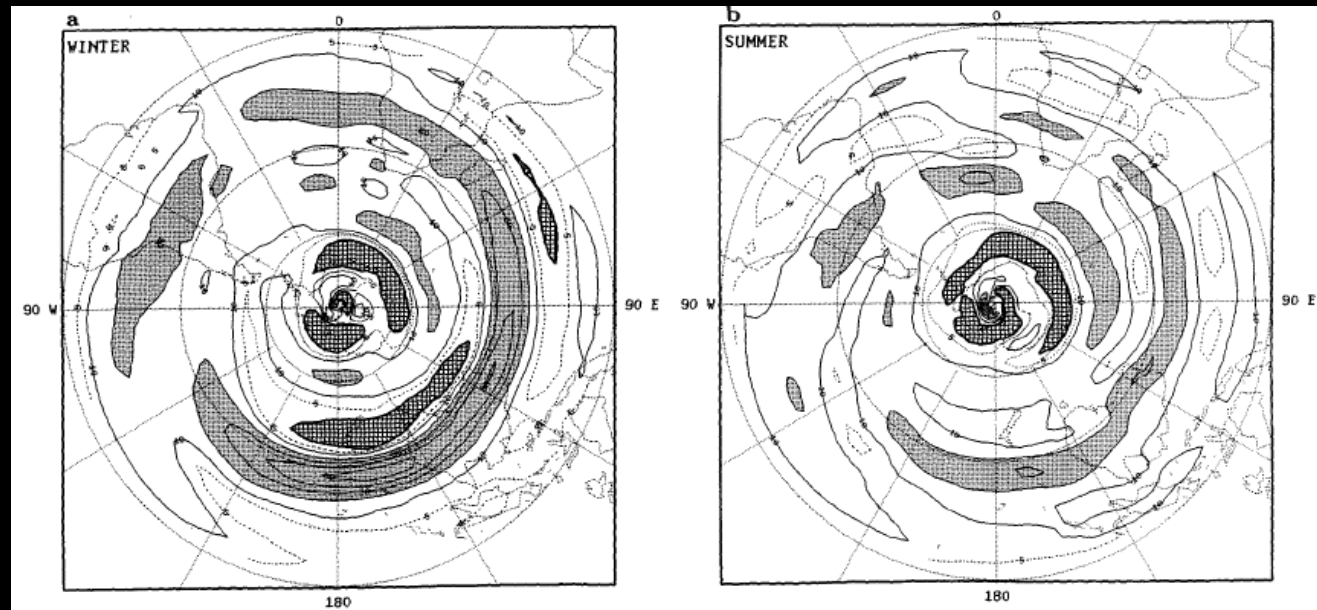


FIG. 3. Latitudinal variation of the absolute vorticity ($\partial\bar{\eta}/\partial\phi$, ϕ latitude) during (a) winter and (b) summer. The contour interval is $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$. Heavy line is the zero line, the dashed line is the $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$; negative values are crosshatched; shading indicates values larger than $20 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \text{ rad}^{-1}$.

Dependência latitudinal do número de onda neutro

$K > K_n$, ondas se dispersam

$K < K_n$, ondas se propagam meridionalmente

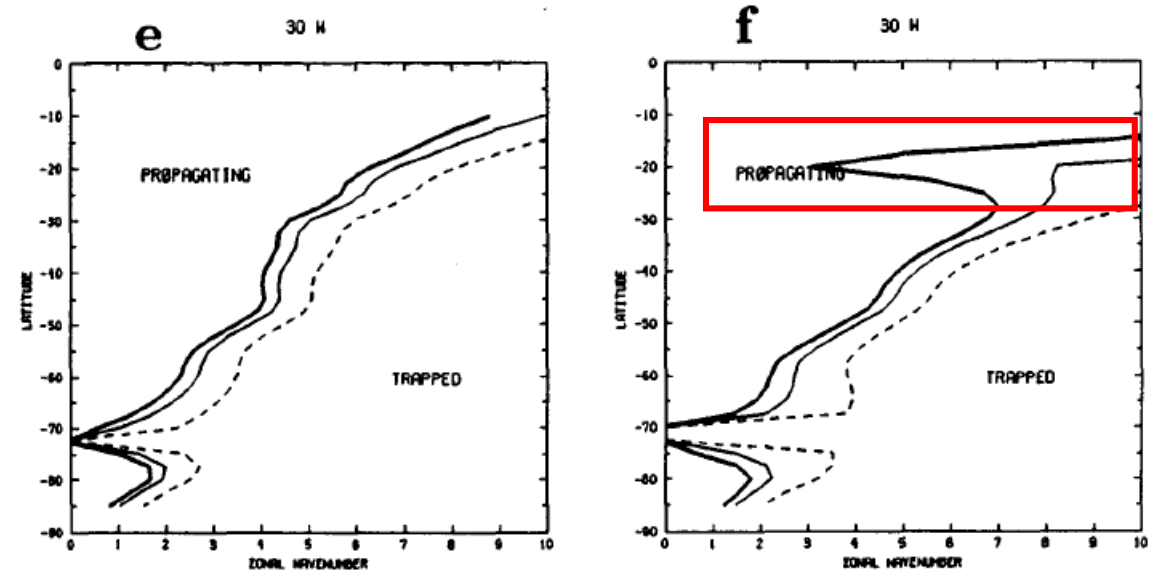
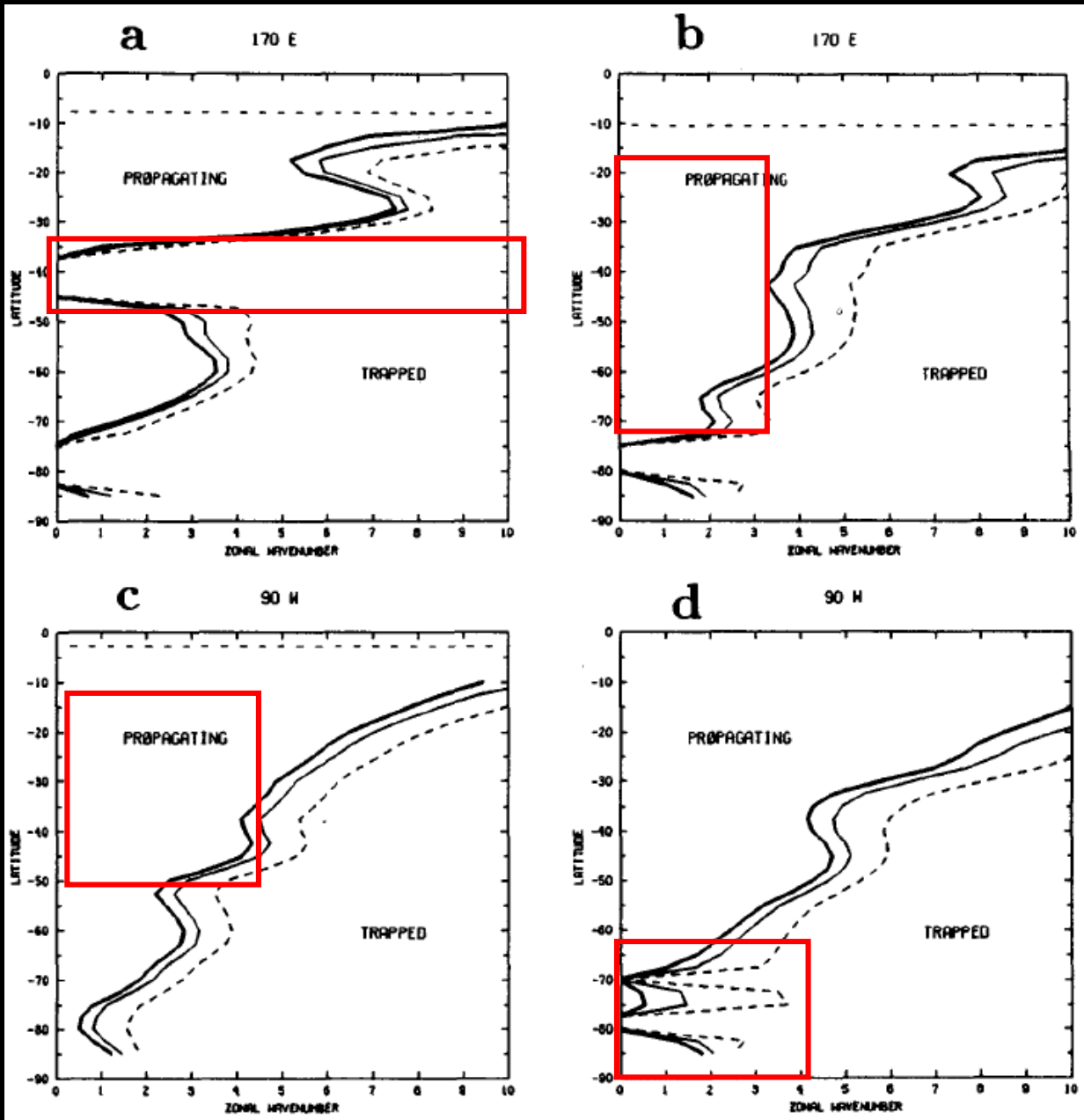


FIG. 4. Stationary and eastward-propagating zonal wavenumbers $n = k_n \times a \times \cos(\phi)$ (where a is the earth's radius) as a function of latitude during winter (left) and summer (right). (a,b) at 170°E, (c,d) at 90°W, and (e,f) at 30°W. Stationary case (heavy line); 30-day period (thin line); 10-day period (dashed line). The horizontal dashed line indicates the critical latitude.

170°E – Pacífico Central
90°W – Ásia e Índico
30°W – África

Resultados numéricos

Um modelo baseado nas equações de água-rasa com o esquema de Arakawa e Lamb (1981) é usado para avaliar a sensibilidade da propagação das ondas num fluxo de background, numa profundidade de 10 km.

Resultados numéricos

Um modelo baseado nas equações de água-rasa com o esquema de Arakawa e Lamb (1981) é usado para avaliar a sensibilidade da propagação das ondas num fluxo de background, numa profundidade de 10 km.

O principal objetivo destes experimentos é avaliar o caminho da dispersão de energia em função do gradiente latitudinal de *background* da vorticidade absoluta no HS.

Resultados numéricos

Um modelo baseado nas equações de água-rasa com o esquema de Arakawa e Lamb (1981) é usado para avaliar a sensibilidade da propagação das ondas num fluxo de background, numa profundidade de 10 km.

O principal objetivo destes experimentos é avaliar o caminho da dispersão de energia em função do gradiente latitudinal de *background* da vorticidade absoluta no HS.

Os pontos das forçantes foram definidas conforme gradiente latitudinal de *background* da vorticidade absoluta.

Resultados numéricos

Duas rodadas de experimentos são feitas para estudar a resposta estacionária e não-estacionária das forçantes, que ficaram melhor evidenciadas no campo de função de corrente do que no campo de altura geop.

Resultados numéricos

Duas rodadas de experimentos são feitas para estudar a resposta estacionária e não-estacionária das forçantes, que ficaram melhor evidenciadas no campo de função de corrente do que no campo de altura geop.

Anomalias (-) de Função de corrente - Anomalias (+) de Altura geop. (Cristas)

Anomalias (+) de Função de corrente - Anomalias (-) de Altura geop. (Cavados)

Resultados numéricos

Duas rodadas de experimentos são feitas para estudar a resposta estacionária e não-estacionária das forçantes, que ficaram melhor evidenciadas no campo de função de corrente do que no campo de altura geop.

Anomalias (-) de Função de corrente - Anomalias (+) de Altura geop. (Cristas)

Anomalias (+) de Função de corrente - Anomalias (-) de Altura geop. (Cavados)

A média zonal da função de corrente foi subtraída do campo total para identificar a resposta das ondas/perturbações/anomalias

Resultados numéricos

Resposta não estacionária: é obtida permitindo que o forçamento varie no tempo, modulada senoidalmente com períodos de 10, 20 ou 30 dias.

Resposta estacionária: o forçamento é feito para se desenvolver do dia 50 ao dia 60, seguindo uma evolução de \sin^2 e a partir desse momento tem a altura geop. máxima até o final da integração.

Caso Não-Estacionário

- Forçante de 30 dias, acima da região do gradiente de vort. absoluta negativa em 35°S, 60°E no inverno;

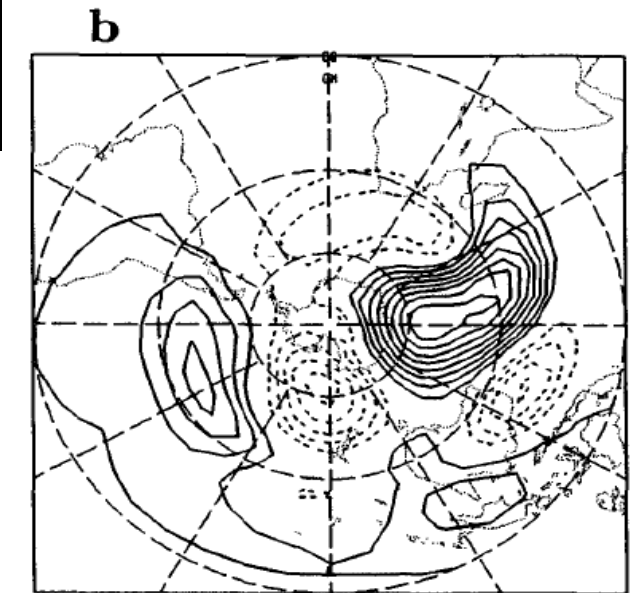
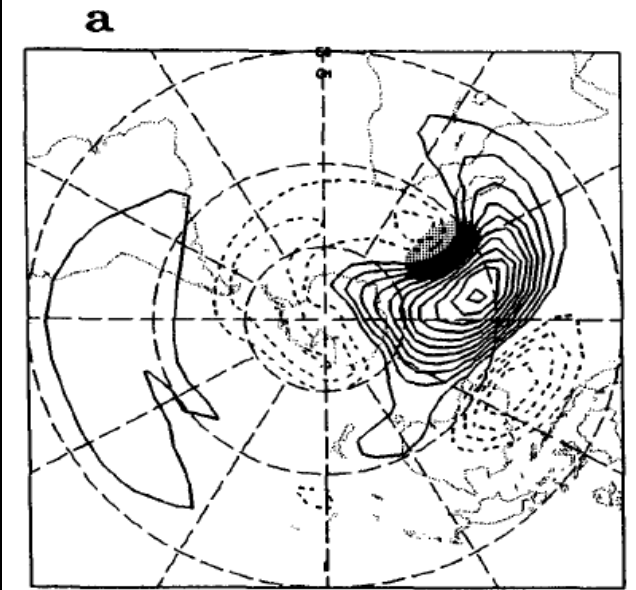
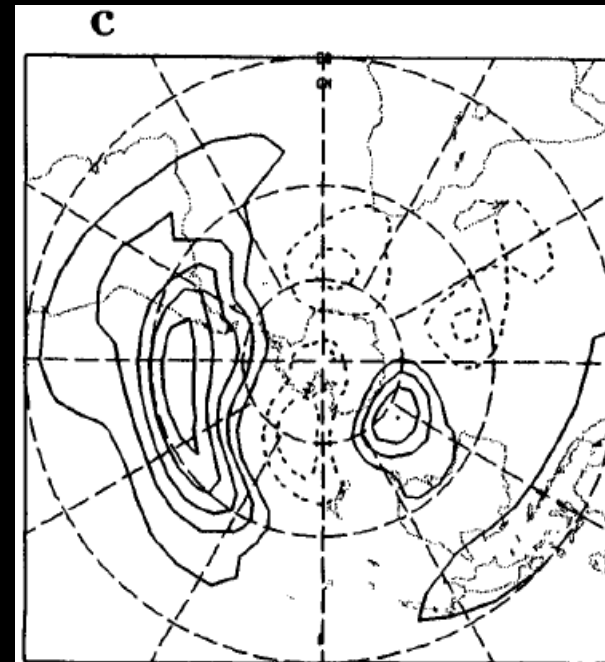


FIG. 5. Streamfunction anomalies for pentads (a) 2, (b) 3, and (c) 4 of model simulation with a time-dependent forcing with a period of 30 days at 35°S, 60°E. The contour interval is $0.15 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. The zero line is omitted and negative values are dashed. The shaded area represents the forcing.

Caso Não-Estacionário

- Forçante de 30 dias, acima da região do gradiente de vort. absoluta negativa em 35°S, 60°E no inverno;
- (a) Centro positivo corrente abaixo da forçante e negativo no oeste da Austrália;

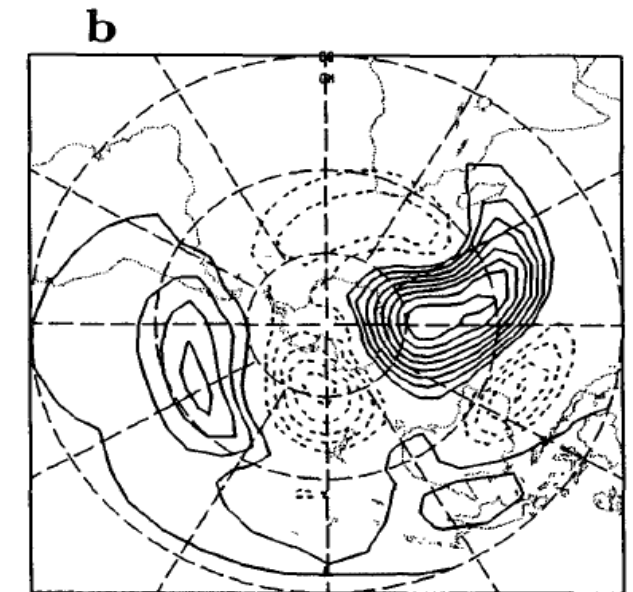
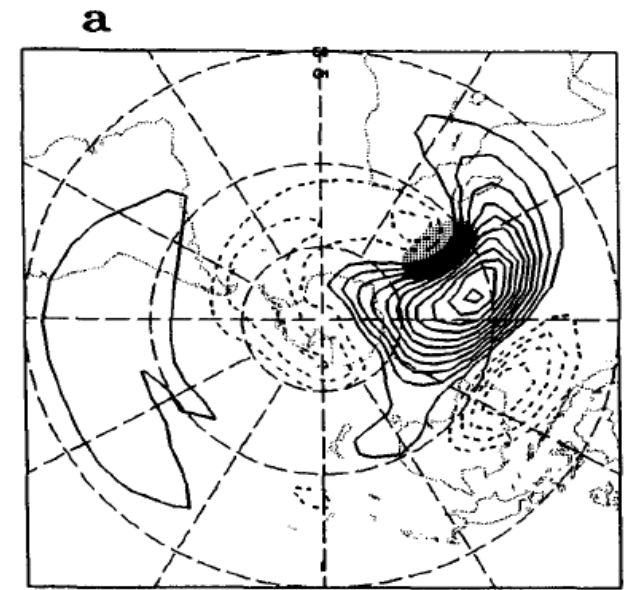
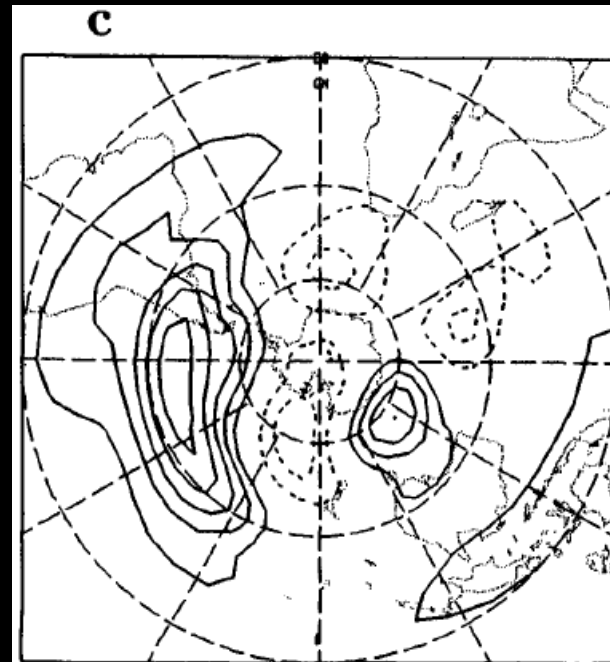


FIG. 5. Streamfunction anomalies for pentads (a) 2, (b) 3, and (c) 4 of model simulation with a time-dependent forcing with a period of 30 days at 35°S, 60°E. The contour interval is $0.15 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. The zero line is omitted and negative values are dashed. The shaded area represents the forcing.

Caso Não-Estacionário

- Forçante de 30 dias, acima da região do gradiente de vort. absoluta negativa em 35°S, 60°E no inverno;
- (a) Centro positivo corrente abaixo da forçante e negativo no oeste da Austrália;
- (b) Perturbação se propaga pela Austrália, formando um centro positivo na costa leste. Centro migrou pra o sul e um segundo trem de ondas se torna aparente em ~60°S;

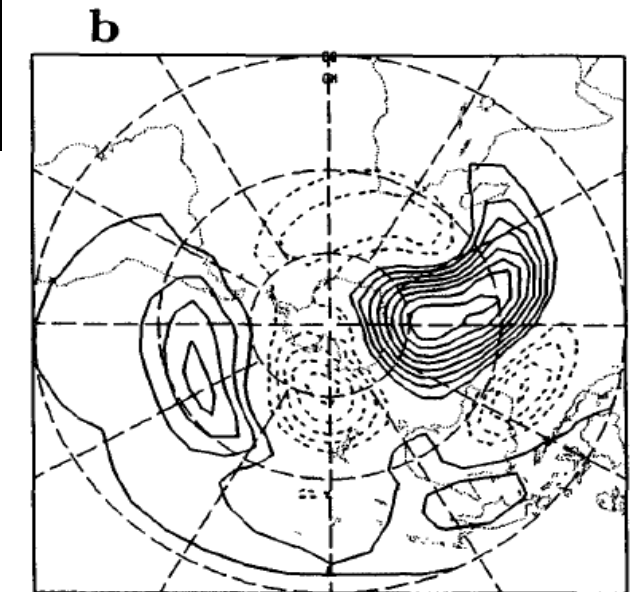
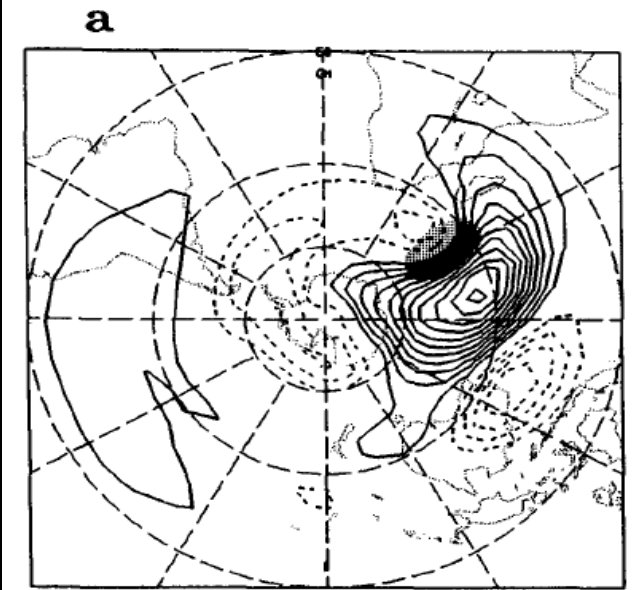
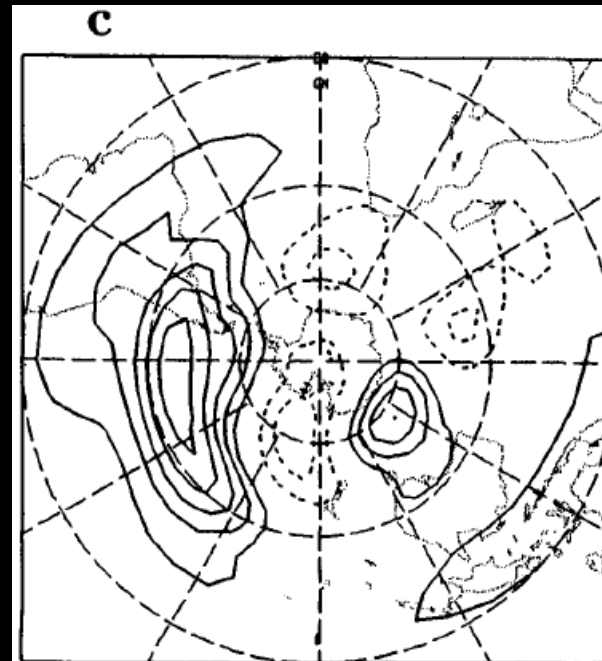


FIG. 5. Streamfunction anomalies for pentads (a) 2, (b) 3, and (c) 4 of model simulation with a time-dependent forcing with a period of 30 days at 35°S, 60°E. The contour interval is $0.15 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. The zero line is omitted and negative values are dashed. The shaded area represents the forcing.

Caso Não-Estacionário

- Forçante de 30 dias, acima da região do gradiente de vort. absoluta negativa em 35°S, 60°E no inverno;
- (a) Centro positivo corrente abaixo da forçante e negativo no oeste da Austrália;
- (b) Perturbação se propaga pela Austrália, formando um centro positivo na costa leste. Centro migrou para o sul e um segundo trem de ondas se torna aparente em ~60°S;
- (c) o trem de ondas “equatorial” desaparece, mas os outros permanecem, com um leve movimento dos centros se dispersando para leste.

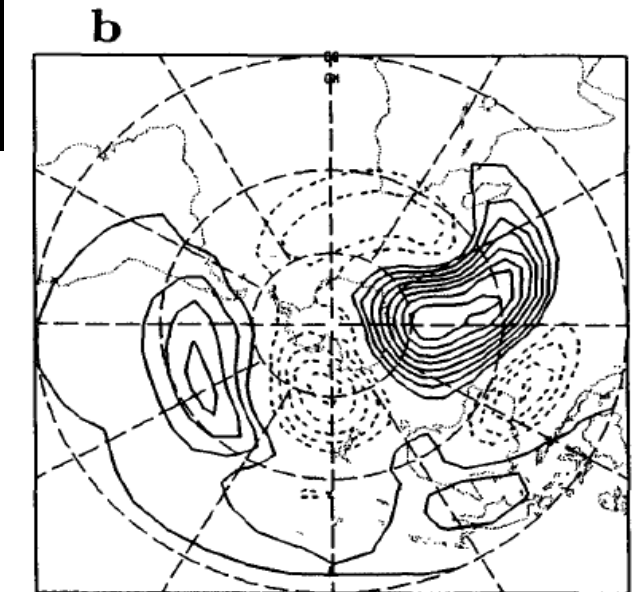
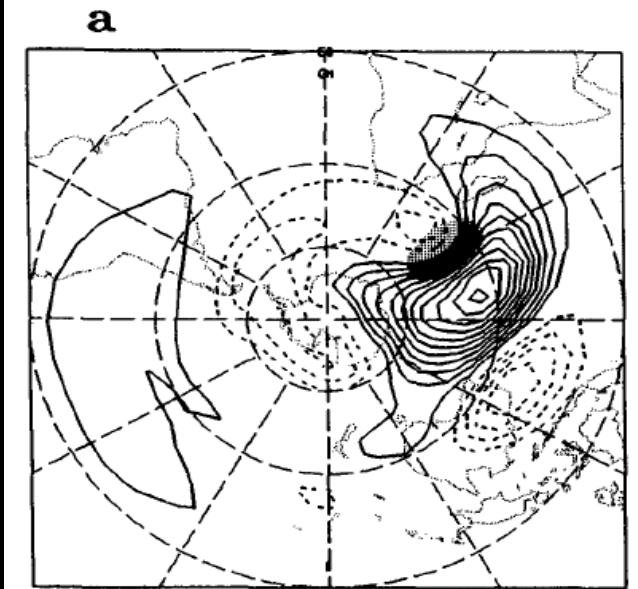
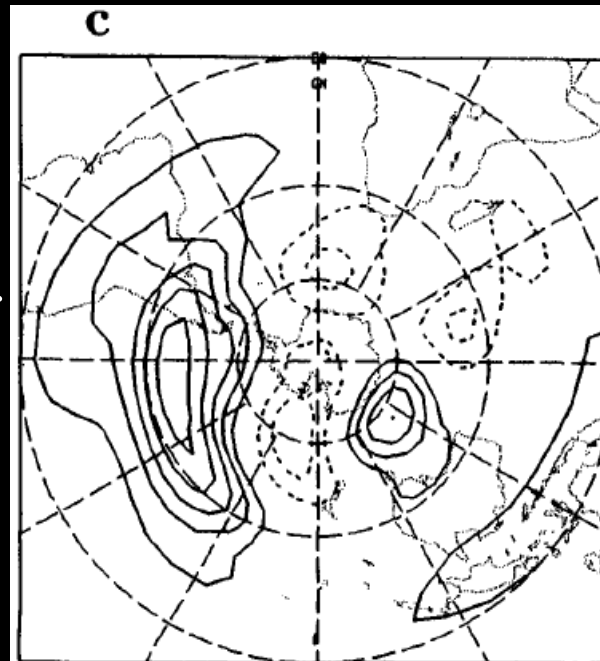


FIG. 5. Streamfunction anomalies for pentads (a) 2, (b) 3, and (c) 4 of model simulation with a time-dependent forcing with a period of 30 days at 35°S, 60°E. The contour interval is $0.15 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. The zero line is omitted and negative values are dashed. The shaded area represents the forcing.

Caso Estacionário

Calcula as anomalias de função de corrente para o inverno e para o verão para forçantes localizadas em:

- 35°S , 60°E
- 60°S , 160°E
- 40°S , 105°W
- 50°S , 50°W

Caso Estacionário

Calcula as anomalias de função de corrente para o inverno e para o verão para forçantes localizadas em:

- 35°S , 60°E
- 60°S , 160°E
- 40°S , 105°W
- 50°S , 50°W

Principais resultados:

- Trens de ondas de inverno tendem a ser orientados zonalmente, exceto aqueles na região da Austrália e próximos à África do Sul.

Caso Estacionário

Calcula as anomalias de função de corrente para o inverno e para o verão para forçantes localizadas em:

- 35°S , 60°E
- 60°S , 160°E
- 40°S , 105°W
- 50°S , 50°W

Principais resultados:

- Trens de ondas de inverno tendem a ser orientados zonalmente, exceto aqueles na região da Austrália e próximos à África do Sul.
- Durante o verão, todos os trens de ondas têm orientação mais meridional e tendem a ser mais regionais do que os observados no inverno.

Caso Estacionário

Calcula as anomalias de função de corrente para o inverno e para o verão para forçantes localizadas em:

- 35°S , 60°E
- 60°S , 160°E
- 40°S , 105°W
- 50°S , 50°W

Principais resultados:

- Trens de ondas de inverno tendem a ser orientados zonalmente, exceto aqueles na região da Austrália e próximos à África do Sul.
- Durante o verão, todos os trens de ondas têm orientação mais meridional e tendem a ser mais regionais do que os observados no inverno.

Estes resultados são consistentes em grande parte com aqueles antecipados pela teoria linear com base no fluxo de background observado.

Padrões observados

Mapas de teleconectividade, de fluxo de atividade de onda e de composição de anomalias de função de corrente são feitos para 4 regiões:

- a) Região da Austrália
- b) Nova Zelândia
- c) América do Sul
- d) Oceano Atlântico

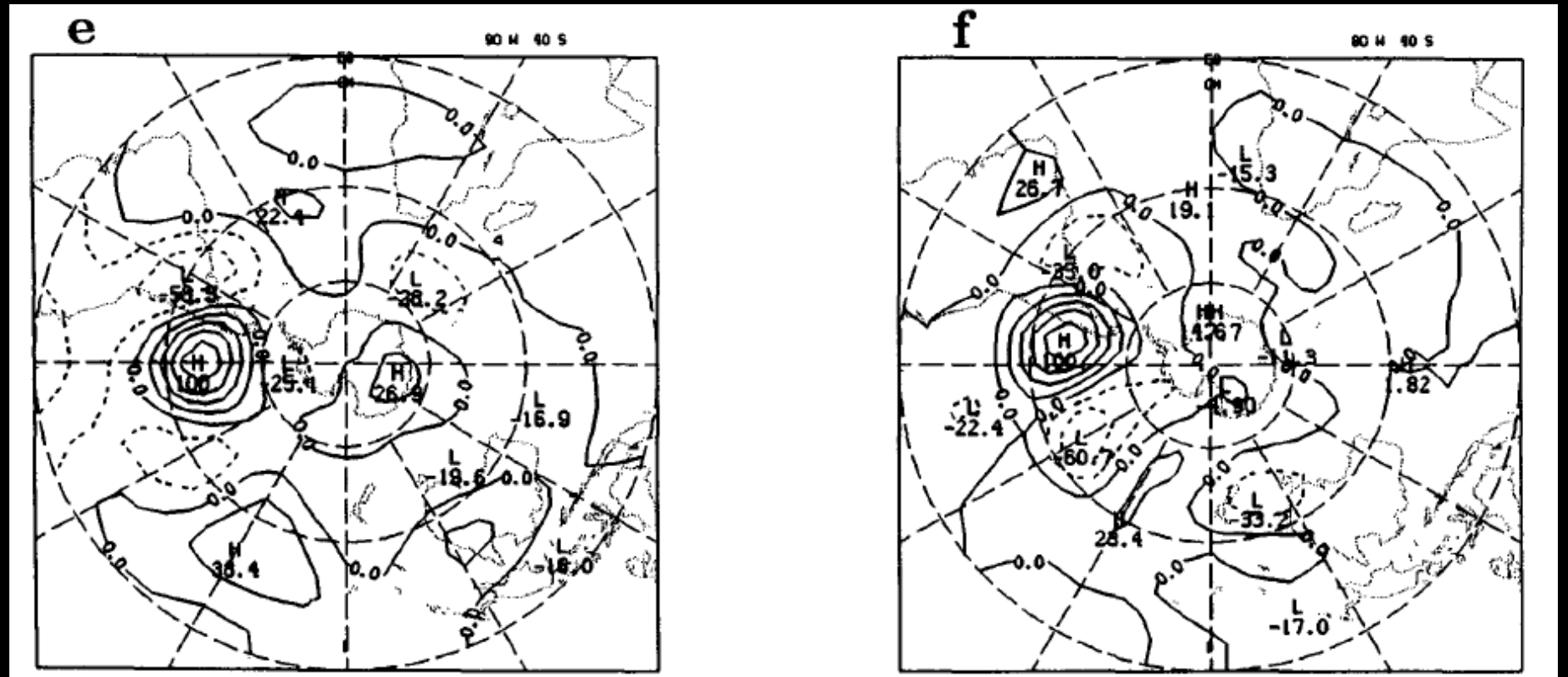
Padrões observados

Mapas de teleconectividade, de fluxo de atividade de onda e de composição de anomalias de função de corrente são feitos para 4 regiões:

- a) Região da Austrália
- b) Nova Zelândia
- c) América do Sul
- d) Oceano Atlântico



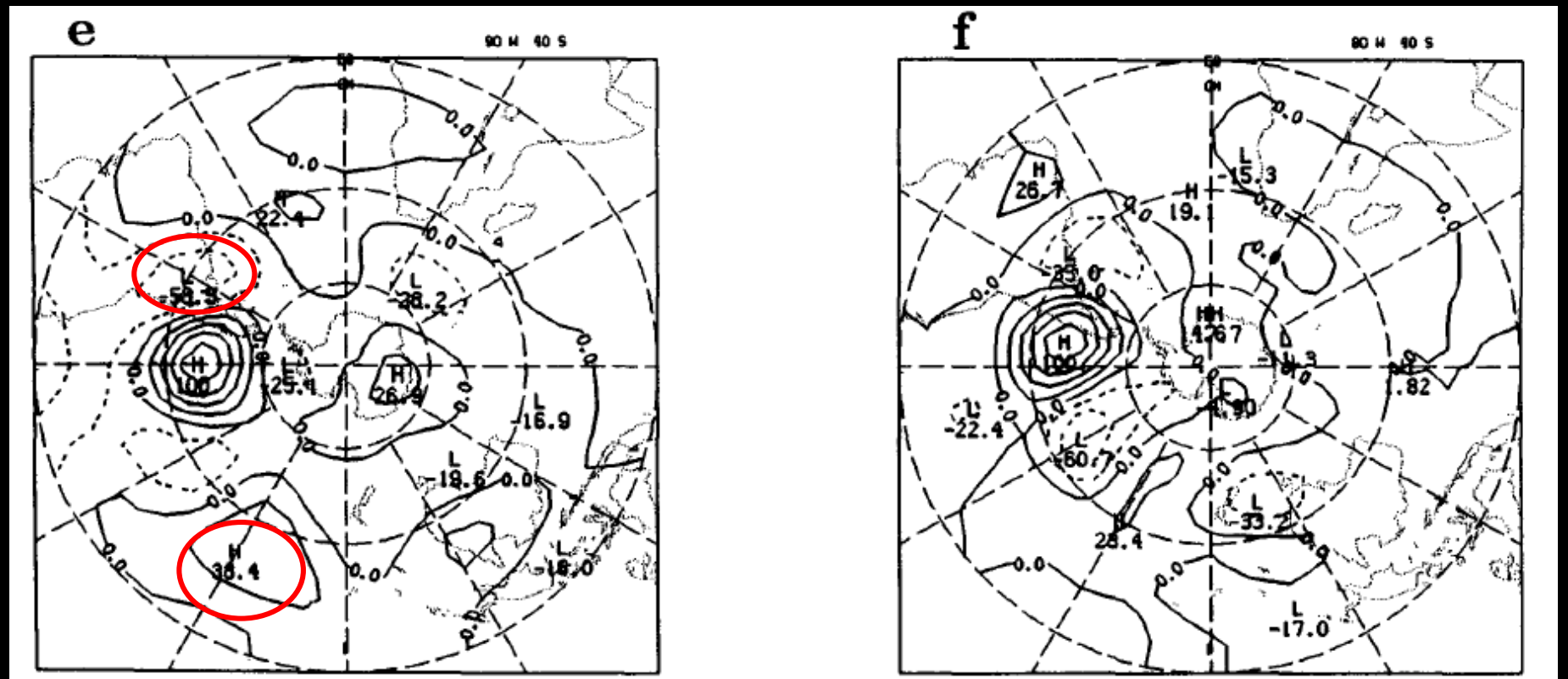
América do Sul



Padrões de teleconexões de altura (x100) para pontos de base em 40°S, 90°W no inverno e 40°S, 80°W no verão

América do Sul

Inverno: centro
corrente abaixo de
-58,9% e corrente
acima de 38,4%

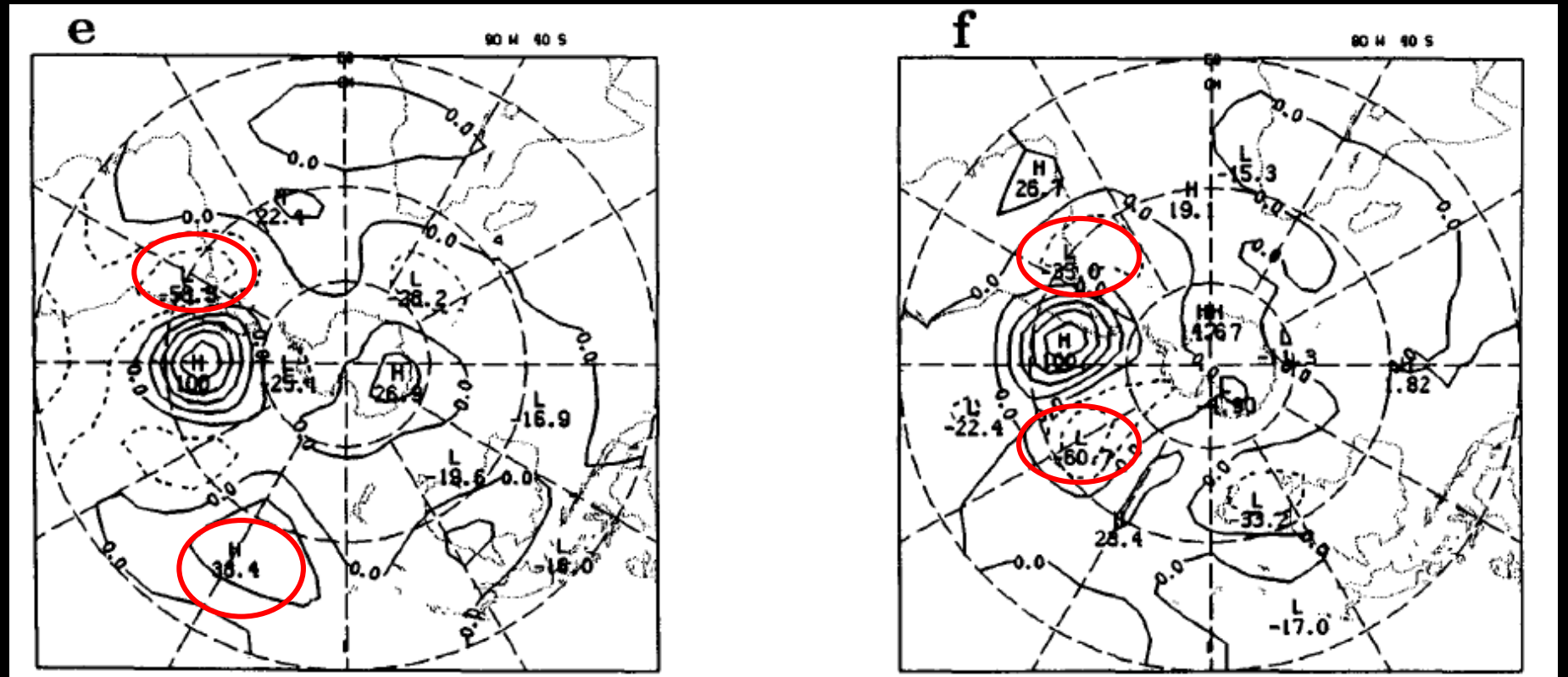


Padrões de teleconexões de altura (x100) para pontos de base em 40°S, 90°W no inverno e 40°S, 80°W no verão.

América do Sul

Inverno: centro corrente abaixo de -58,9% e corrente acima de 38,4%

Verão: centro corrente acima de -60,7% e corrente abaixo de -35%



Padrões de teleconexões de altura (x100) para pontos de base em 40°S, 90°W no inverno e 40°S, 80°W no verão.

América do Sul

Convergência de F (valores negativos – pontos claros) indicam fonte de energia/atividade de onda.

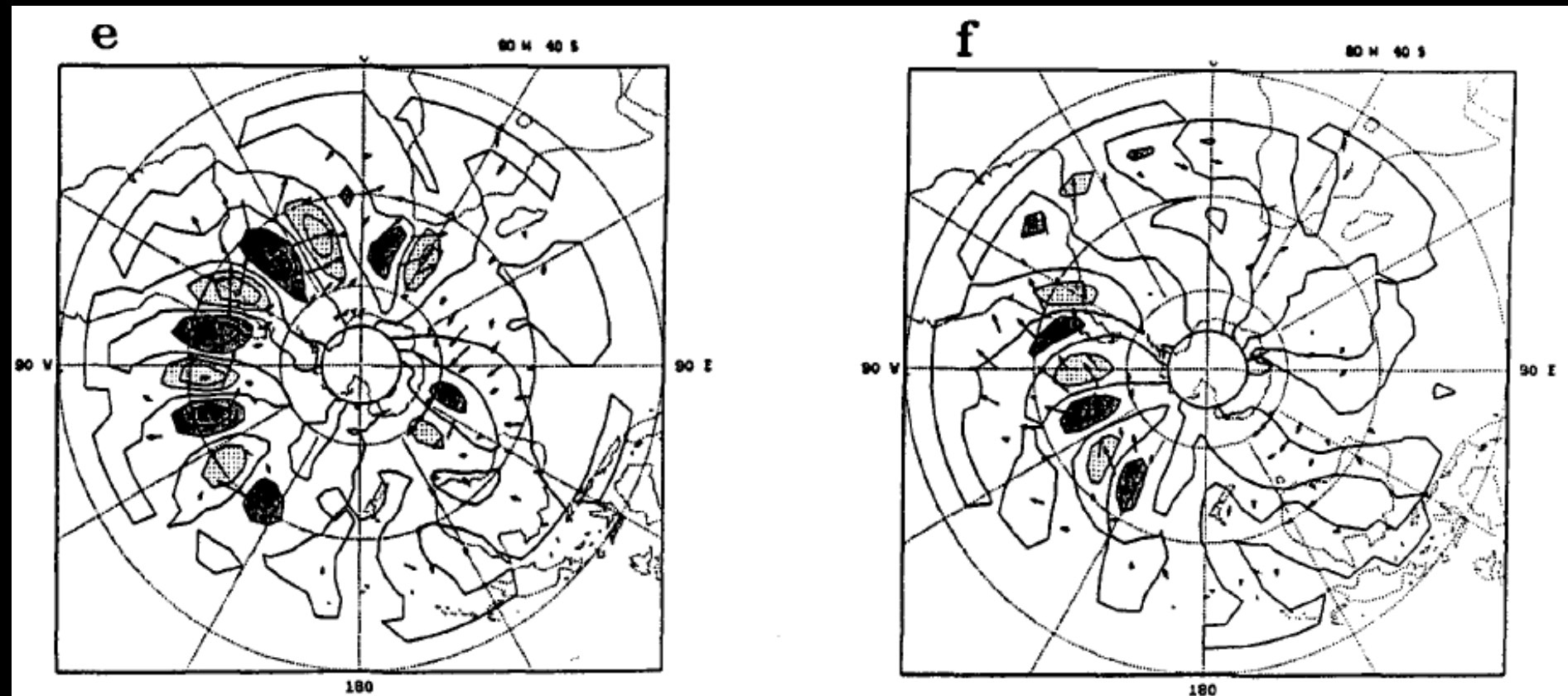


FIG. 9. Wave activity flux F , (vectors) and its divergence contoured every $5 \times 10^{-6} \text{ m s}^{-2}$. Vector in lower right of panel (g) equals $25 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$. (a) through (g) same as in Fig. 8.

América do Sul

Inverno: propagação maior no oceano Atlântico

Convergência de F (valores negativos – pontos claros) indicam fonte de energia/atividade de onda.

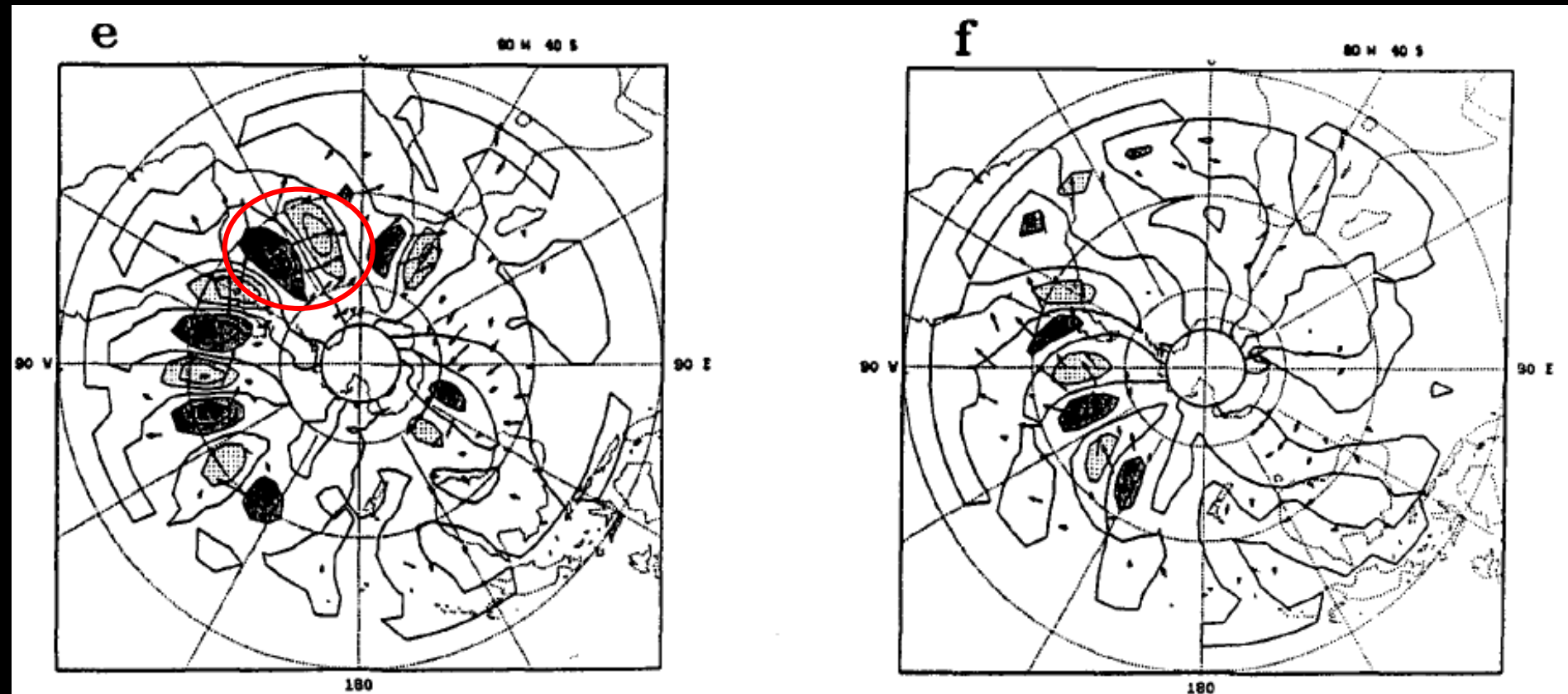


FIG. 9. Wave activity flux F , (vectors) and its divergence contoured every $5 \times 10^{-6} \text{ m s}^{-2}$. Vector in lower right of panel (g) equals $25 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$. (a) through (g) same as in Fig. 8.

América do Sul

Inverno: propagação maior no oceano Atlântico

Verão: propagação menos abrangente e intensa, com maior propagação no oceano Pacífico

Convergência de F (valores negativos – pontos claros) indicam fonte de energia/atividade de onda.

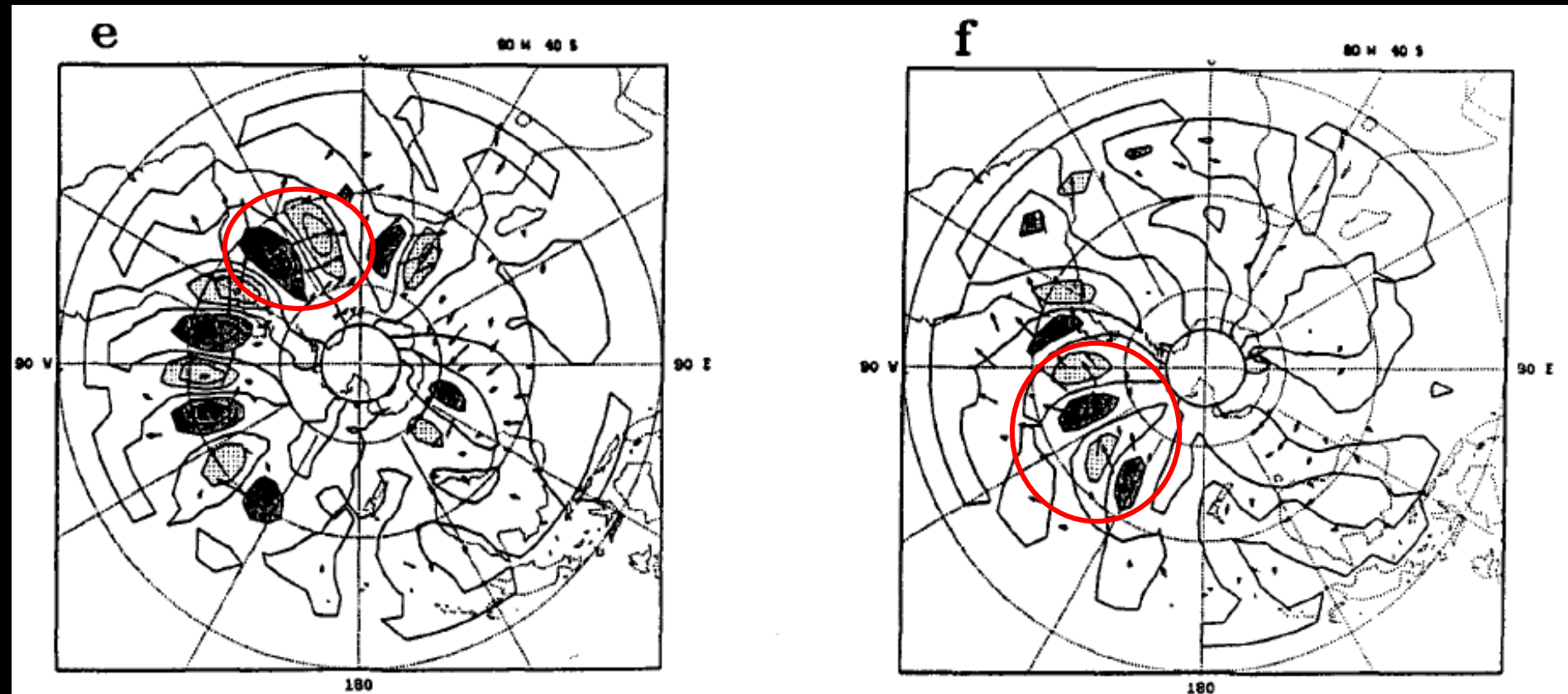


FIG. 9. Wave activity flux F , (vectors) and its divergence contoured every $5 \times 10^{-6} \text{ m s}^{-2}$. Vector in lower right of panel (g) equals $25 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$. (a) through (g) same as in Fig. 8.

América do Sul

Essa composição busca avaliar qualitativamente a fase de propagação e a dispersão de energia dos padrões encontrados anteriormente.

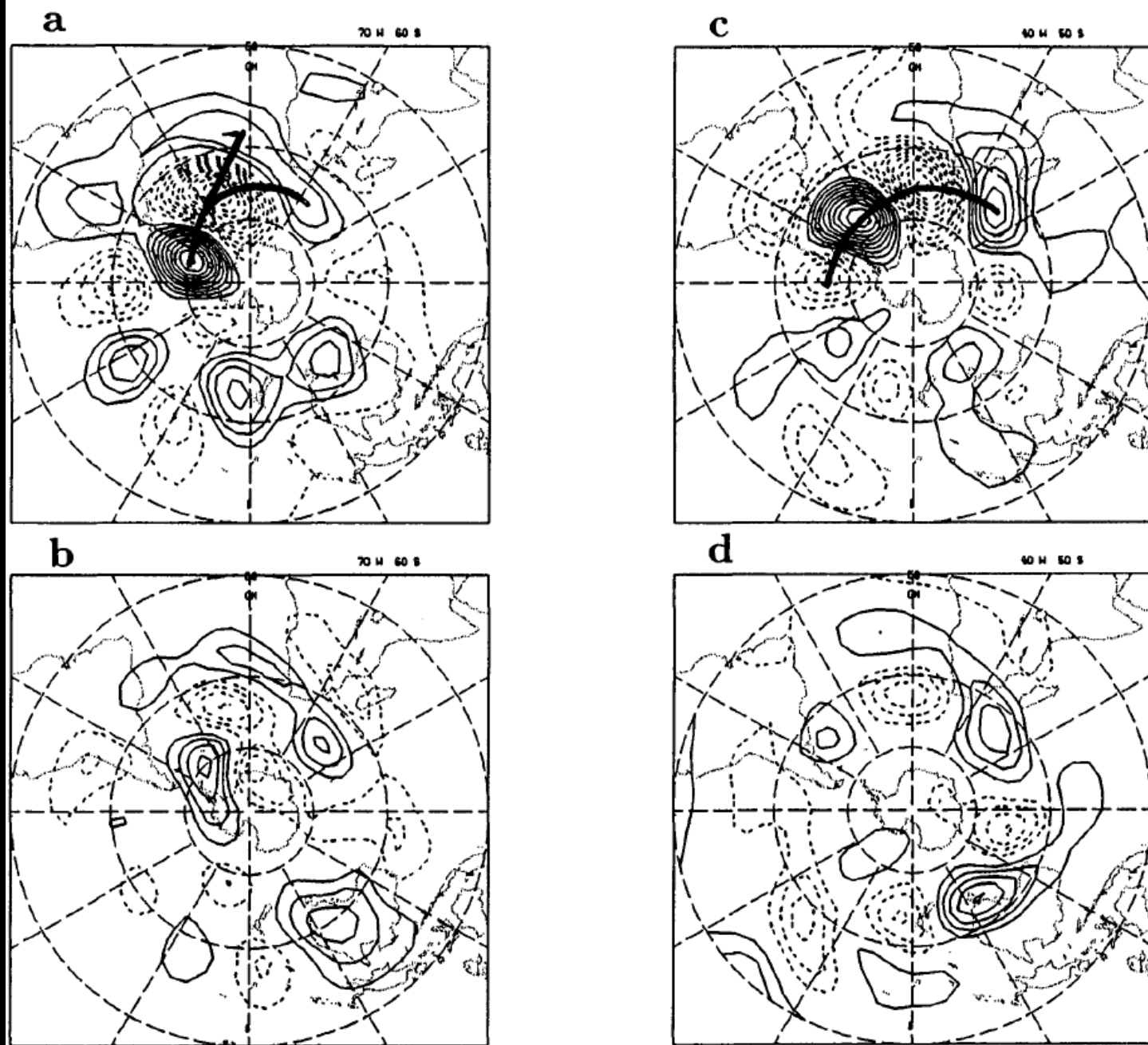


FIG. 12. As Fig. 10 but for the teleconnection patterns of Figs. 8e,f.

FIG. 10. Composites of observed streamfunction anomalies for the winter (left) and summer (right) teleconnection patterns of Figs. 8a,b for 0 pentad lag composite (a,c) and +1 pentad lag composite (b,d). The contour interval is $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. The zero line is omitted.

América do Sul

Essa composição busca avaliar qualitativamente a fase de propagação e a dispersão de energia dos padrões encontrados anteriormente.

Inverno: O compósito da pentada 0 indica um padrão forte sobre a América do Sul com decaimento dos centros corrente acima, em particular aqueles em 50°S. Há indicação de propagação meridional sobre o nordeste do Brasil e também perto da costa oeste da África. O trem de ondas sobre o nordeste do Brasil ainda é distinguido no compósito da pentada +1.

De acordo com a fig.4, esses padrões estão localizados em regiões onde a propagação meridional é possível.

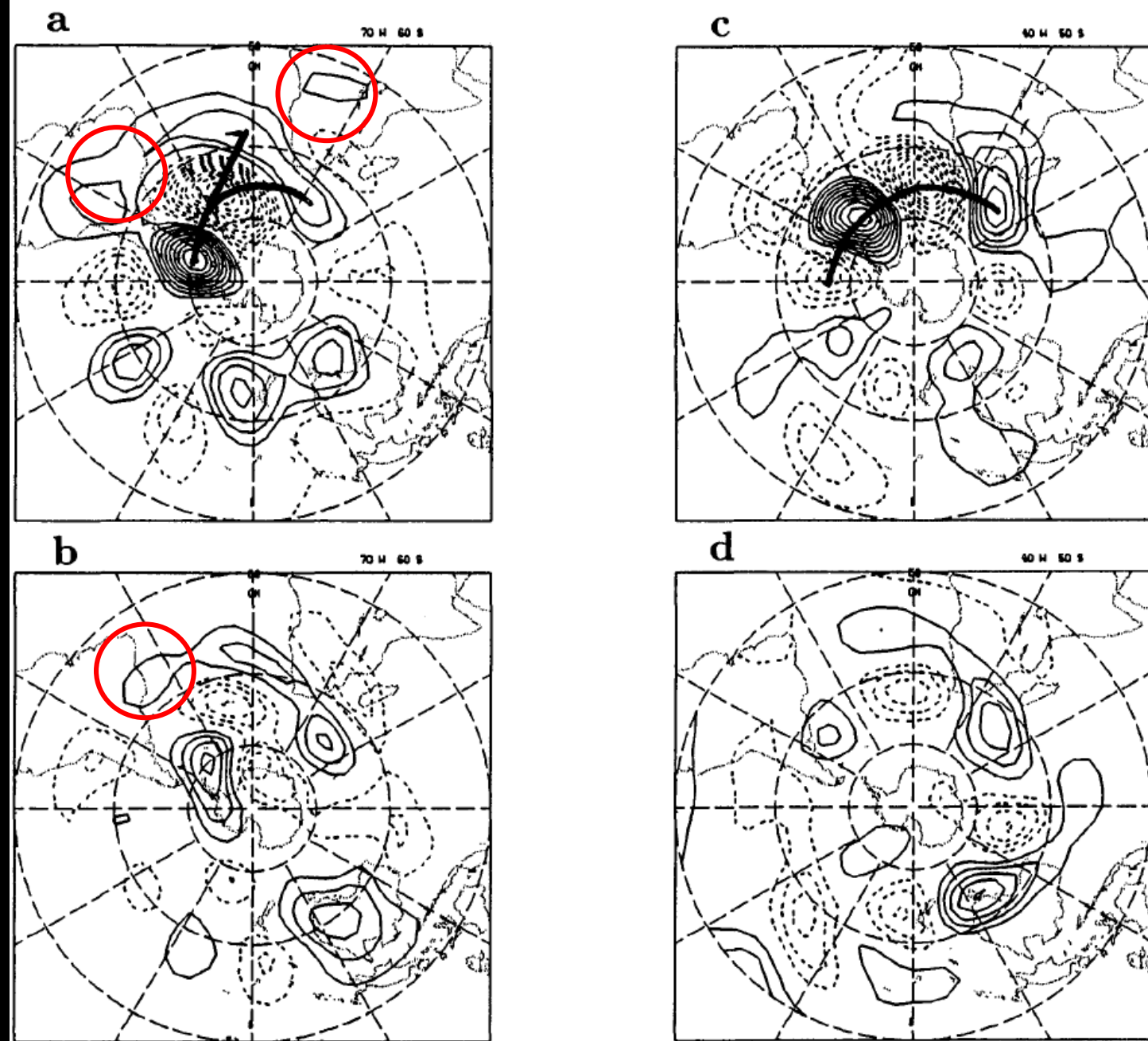


FIG. 12. As Fig. 10 but for the teleconnection patterns of Figs. 8e,f.

FIG. 10. Composites of observed streamfunction anomalies for the winter (left) and summer (right) teleconnection patterns of Figs. 8a,b for 0 pentad lag composite (a,c) and +1 pentad lag composite (b,d). The contour interval is $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. The zero line is omitted.

América do Sul

Essa composição busca avaliar qualitativamente a fase de propagação e a dispersão de energia dos padrões encontrados anteriormente.

Verão: O padrão é o resultado de um trem de ondas que se dispersa da região da Nova Zelândia na pentada -1 para a região da América do Sul na pentada 0. O compósito da pentada +1 mostra um centro positivo sobre o leste do Brasil, que pode ser uma indicação de propagação para o norte.

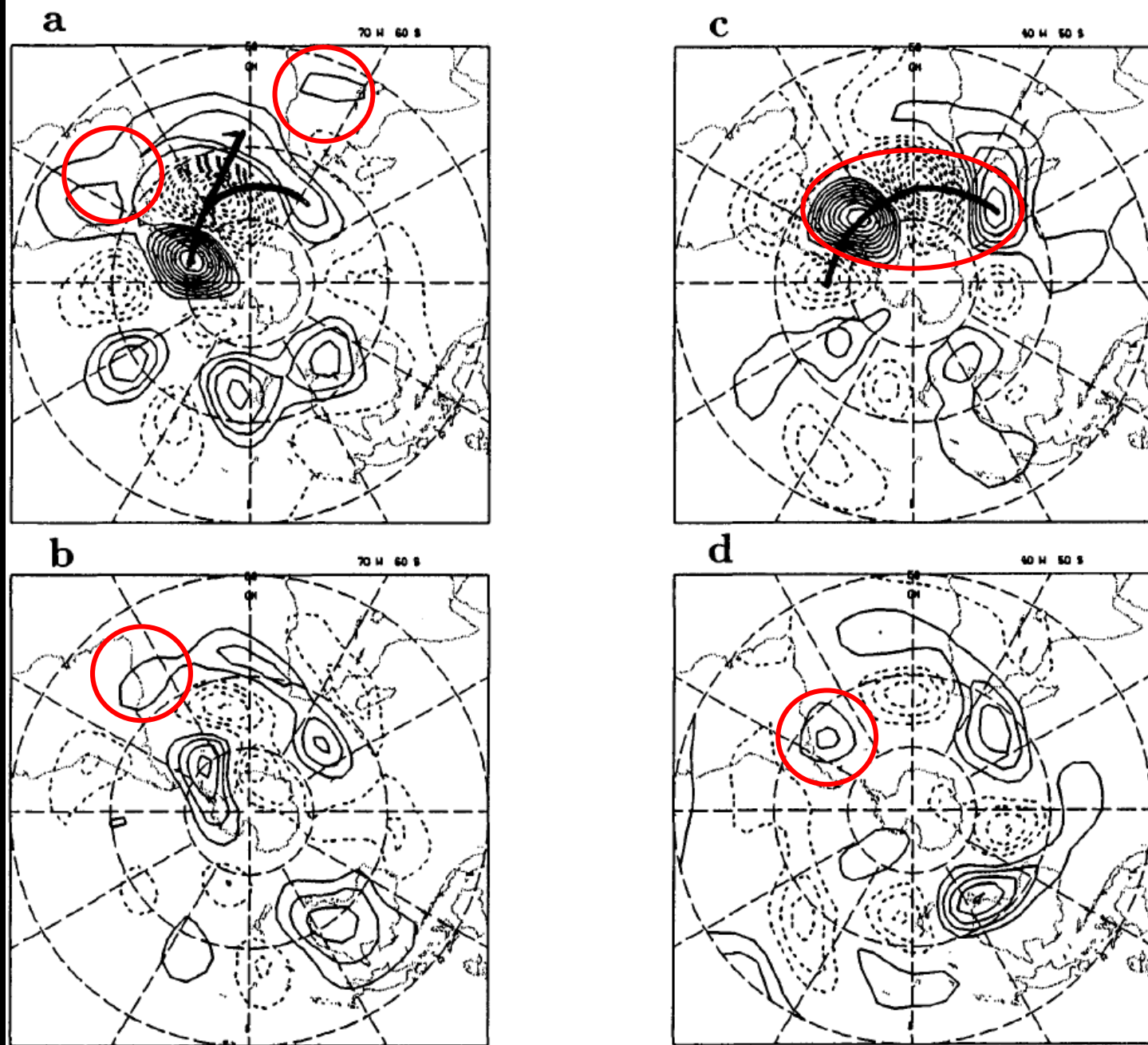


FIG. 12. As Fig. 10 but for the teleconnection patterns of Figs. 8e,f.

FIG. 10. Composites of observed streamfunction anomalies for the winter (left) and summer (right) teleconnection patterns of Figs. 8a,b for 0 pentad lag composite (a,c) and +1 pentad lag composite (b,d). The contour interval is $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. The zero line is omitted.

Principais resultados:

Inverno:

- Trens de ondas que saem dos jatos polares e subtropicais parecem se misturar em um e gerar anomalias na América do Sul e no Oceano Atlântico que permitem propagação para norte;
- A atividade de fluxo é direcionada para o polo e para o Equador sobre o oceano Índico, sugerindo uma fonte de energia subtropical sobre o oceano Índico meridional.

Principais resultados:

Inverno:

- Trens de ondas que saem dos jatos subpolar e subtropical parecem se misturar em um e gerar anomalias na América do Sul e no Oceano Atlântico que permitem propagação para norte;
- A atividade de fluxo é direcionada para o polo e para o Equador sobre o oceano Índico, sugerindo uma fonte de energia subtropical sobre o oceano Índico meridional.

Verão:

- Padrões tendem a ser mais meridionais em todas as regiões, concordando com a ausência de gradiente latitudinal negativo de vorticidade absoluta;
- A propagação meridional sobre a América do Sul parece ser possível somente para ondas não-estacionárias, que conseguem se propagar através de uma região de baixos gradientes latitudinais de vorticidade absoluta.

REFERENCES

- Arakawa, A., and V. Lamb, 1981: A potential enstrophy and energy-conserving scheme for the shallow-water equations. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 18–36.
- Berberly, E. H., and M. N. Núñez, 1989: An observational and numerical study of blocking episodes near South America. *J. Climate*, **2**, 1352–1361.
- Blackmon, M. L., Y.-H. Lee, and J. M. Wallace, 1984a: Horizontal structure of 500-mb height fluctuations with long, intermediate, and short time scales. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 961–979.
- , —, —, and H.-H. Hsu, 1984b: Time variation of 500-mb height fluctuations with long, intermediate, and short time scales as deduced from lag-correlation statistics. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 981–991.
- Branstator, G., 1983: Horizontal energy propagation in a barotropic atmosphere with meridional and zonal structure. *J. Atmos. Sci.*, **40**, 1689–1708.
- Charney, J. G., 1969: A further note on large-scale motions in the tropics. *J. Atmos. Sci.*, **26**, 182–185.
- Dickinson, R. E., 1968: Planetary Rossby waves propagating vertically through weak westerly wind wave guides. *J. Atmos. Sci.*, **25**, 984–1002.
- Geisler, J. E., and R. E. Dickinson, 1974: Numerical study of an interacting Rossby wave and barotropic zonal flow near a critical level. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 946–955.
- Held, I. M., 1983: Stationary and quasi-stationary eddies in the extratropical atmosphere: Theory. *Large Scale Processes in the Atmosphere*, B. J. Hoskins and R. P. Pearce, Eds., Academic Press, 127–168.
- Hoskins, B. J., and D. J. Karoly, 1981: The steady linear response of a spherical atmosphere to thermal and orographic forcing. *J. Atmos. Sci.*, **38**, 1179–1196.
- , A. J. Simmons, and D. G. Andrews, 1977: Energy dispersion in a barotropic atmosphere. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **103**, 553–567.
- Karoly, D. J., 1983: Rossby wave propagation in a barotropic atmosphere. *Dyn. Atmos. Oceans*, **7**, 111–125.
- , and B. H. Hoskins, 1982: Three dimensional propagation of planetary waves. *J. Meteor. Soc. Japan*, **60**, 109–123.
- , R. A. Plumb, and M. Ting, 1989: Examples of the horizontal propagation of quasi-stationary waves. *J. Atmos. Sci.*, **46**, 2802–2811.
- Kidson, J. W., 1988: Interannual variations in the Southern Hemisphere Circulation. *J. Climate*, **1**, 1177–1198.
- Kushnir, Y., and J. M. Wallace, 1989: Low-frequency variability in the Northern Hemisphere winter: Geographical distribution, structure, and time-scale dependence. *J. Atmos. Sci.*, **46**, 3122–3142.
- Liebmann, B., and D. L. Hartmann, 1984: An observational study of tropical–midlatitude interaction on intraseasonal time scales during winter. *J. Atmos. Sci.*, **41**, 3333–3350.
- Livezey, R. E., and W. Y. Chen, 1983: Statistical field significance and its determination by Monte Carlo techniques. *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 46–59.
- Matsuno, T., 1970: Vertical propagation of stationary planetary waves in the winter Northern Hemisphere. *J. Atmos. Sci.*, **27**, 871–883.
- Mo, K. C., and G. H. White, 1985: Teleconnections in the Southern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, **113**, 22–38.
- , and M. Ghil, 1987: Statistics and dynamics of persistent anomalies. *J. Atmos. Sci.*, **44**, 877–901.
- Nigam, S., and I. M. Held, 1983: The influence of a critical latitude on topographically forced stationary waves in a barotropic model. *J. Atmos. Sci.*, **40**, 2610–2622.
- Nogués-Paegle, J., and Z. Zhen, 1987: The Australian subtropical jet during the second observing period of the Global Weather Experiment. *J. Atmos. Sci.*, **44**, 2277–2289.
- Paegle, J., J. N. Paegle, and F. P. Lewis, 1983a: Large scale motions of the tropics in observations and theory. *Pure Appl. Geophys.*, **121**, 847–882.
- , —, and Y. Hong, 1983b: The role of barotropic oscillations within atmospheres of highly variable refractive index. *J. Atmos. Sci.*, **40**, 2251–2265.
- Plumb, A., 1985: On the three-dimensional propagation of stationary waves. *J. Atmos. Sci.*, **42**, 217–229.
- Simmons, A. J., 1982: The forcing of stationary wave motion by tropical diabatic heating. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **108**, 503–534.
- Trenberth, K. E., and J. G. Olson, 1988: An evaluation and intercomparison of global analyses from the National Meteorological Center and the European Centre for Medium Range Weather Forecasts. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **69**, 1047–1057.
- van Loon, H., and R. L. Jenne, 1972: The zonal harmonic standing waves in the Southern Hemisphere. *J. Geophys. Res.*, **77**, 992–1003.
- Wallace, J. M., and D. S. Gutzler, 1981: Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 784–812.
- Webster, P. J., and J. R. Holton, 1982: Cross-equatorial response to middle-latitude forcing in a zonally varying basic state. *J. Atmos. Sci.*, **39**, 722–733.