

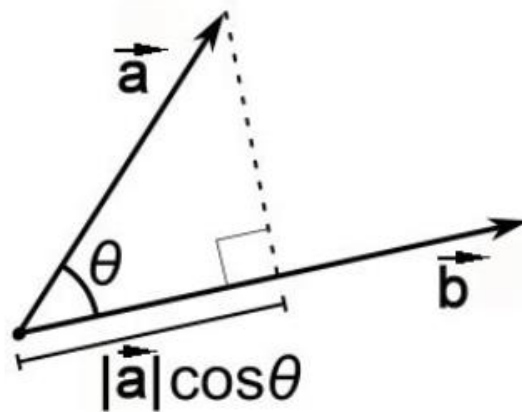
# Análise Sinótica de 22 de julho de 2013 – 12Z

Laboratório de Sinótica (03)

# Produto Escalar

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta,$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z.$$



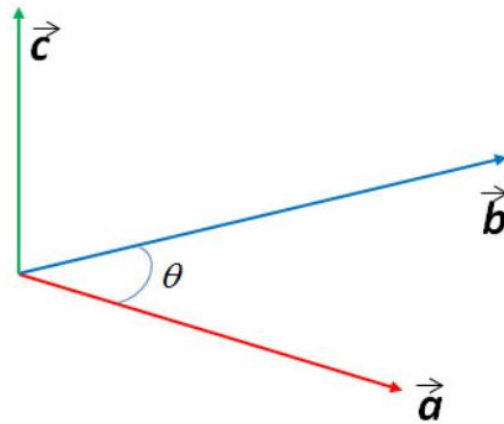
Representação geométrica do produto escalar de dois vetores  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$

# Produto Vetorial

$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{c} \quad (23)$$

$$\vec{a} \cdot (\vec{a} \times \vec{b}) = 0 \quad (24)$$

$$\vec{b} \cdot (\vec{a} \times \vec{b}) = 0 \quad (25)$$



$$\vec{a} \times \vec{b} = |\vec{a}||\vec{b}|\text{sen}\theta \vec{n}$$

Figura 6: Representação geométrica do produto vetorial de dois vetores:  $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$

# Operadores Vetoriais

As operações vetoriais podem ser feitas sobre campos escalares e vetoriais. Um campo escalar qualquer é uma função  $f(\vec{r})$  que associa um escalar  $f$  a cada posição  $\vec{r}$  enquanto que uma função vetorial  $\vec{F}(\vec{r})$  associa um vetor  $\vec{F}$  a cada ponto  $\vec{r}$  de um campo vetorial.

---

## Operador Nabla

Para realizar as operações diferenciais vetoriais utiliza-se, o operador diferencial  $\vec{\nabla}$ , definido, em coordenadas cartesianas, como

$$\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{k}. \quad (67)$$

O operador  $\vec{\nabla}$  não tem significado físico ou geométrico, o seu significado só ocorre quando ele é aplicado a uma função.

# Gradiente

**Gradiente:** No cálculo vectorial o gradiente é a alteração no valor de uma grandeza escalar, por unidade de espaço. Por exemplo, o gradiente do potencial eléctrico é o campo eléctrico. O gradiente da energia de campo é a força de campo.

O gradiente de uma função escalar  $f(\vec{r})$  é expresso como:

$$\vec{\nabla}f(\vec{r}) = \frac{\partial f}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial f}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial f}{\partial z}\hat{k}, \quad (68)$$

O gradiente de uma função escalar é um vetor cujo módulo, direcção e sentido representam a máxima taxa de crescimento desta função escalar. O vetor gradiente aponta para o máximo crescimento da função no ponto considerado e é perpendicular à superfície em que a função escalar é constante nesse ponto.

# Vento Geostrófico

$$\frac{D\mathbf{U}}{Dt} = -2\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{U} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \mathbf{g} + \mathbf{F}_r$$

$$\begin{aligned} \frac{Du}{Dt} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + f \cdot v \\ \frac{Dv}{Dt} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} - f \cdot u \\ 0 &= -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f \cdot v &= \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \\ f \cdot u &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f \cdot v &= g \frac{\partial P / \partial x}{\partial P / \partial z} = g \frac{\partial Z}{\partial x} \\ f \cdot u &= -g \frac{\partial P / \partial y}{\partial P / \partial z} = -g \frac{\partial Z}{\partial y} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_g &= -\frac{g}{f} \frac{\partial Z}{\partial y} \\ v_g &= \frac{g}{f} \frac{\partial Z}{\partial x} \end{aligned}$$

$$\vec{V}_g = \frac{\hat{k}}{f} \times \nabla_p \Phi$$

$$\mathbf{V}_g \equiv \mathbf{k} \times \frac{1}{\rho f} \nabla p$$

<i>Coordinate</i>	<i>Symbol</i>	<i>Velocity component</i>	<i>Unit vector</i>
Longitude	$\lambda$	u	$\vec{i}$
Latitude	$\phi$	v	$\vec{j}$
Radial	r	w	$\vec{k}$

### 1. The gradient of a scalar $\Phi$ :

$$\vec{\nabla}\Phi = \left( \frac{\partial\Phi}{\partial x}, \frac{\partial\Phi}{\partial y}, \frac{\partial\Phi}{\partial z} \right) \text{ transforms into: } \vec{\nabla}\Phi = \frac{\vec{i}}{r \cos\phi} \frac{\partial\Phi}{\partial\lambda} + \vec{j} \frac{1}{r} \frac{\partial\Phi}{\partial\phi} + \vec{k} \frac{\partial\Phi}{\partial r}$$

# Advecção

transport of something from one region to another

$$-\vec{V} \cdot \vec{\nabla} \Phi = -\left[ u \frac{\partial \Phi}{\partial x} + v \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right] \text{ transforms into: } -\vec{V} \cdot \vec{\nabla} \Phi = -\frac{1}{r} \left[ u \frac{\partial \Phi}{\cos \phi \cdot \partial \lambda} + v \frac{\partial \Phi}{\partial \phi} \right]$$

Depende de:

- Intensidade do vento
- Ângulo entre direção do vento e isolinhas da variável que está sendo advectada.

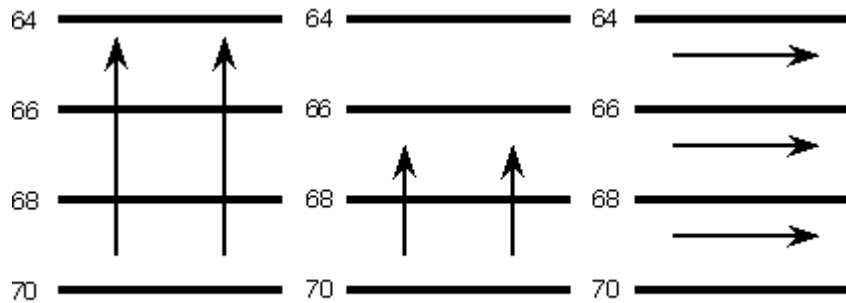
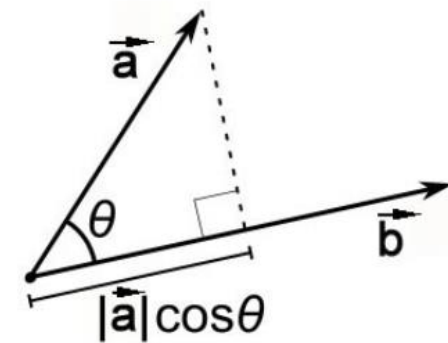


Figure A

Figure B

Figure C

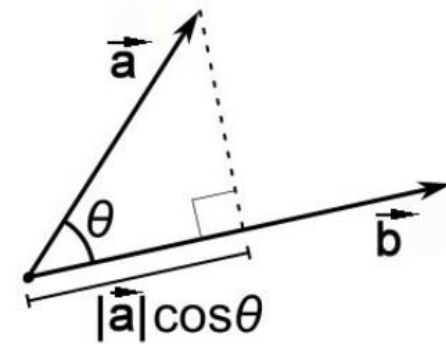
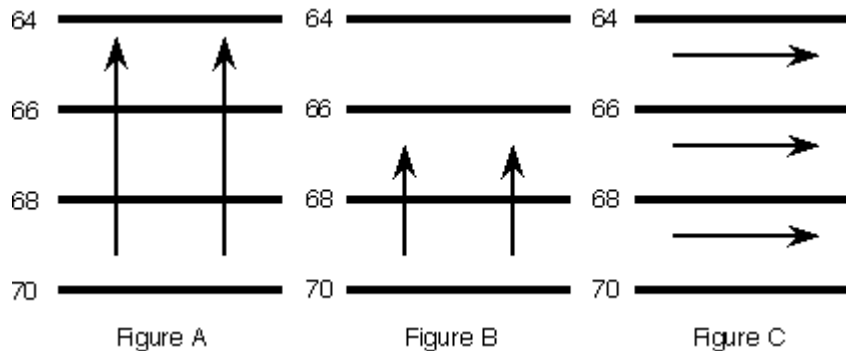




# Advecção

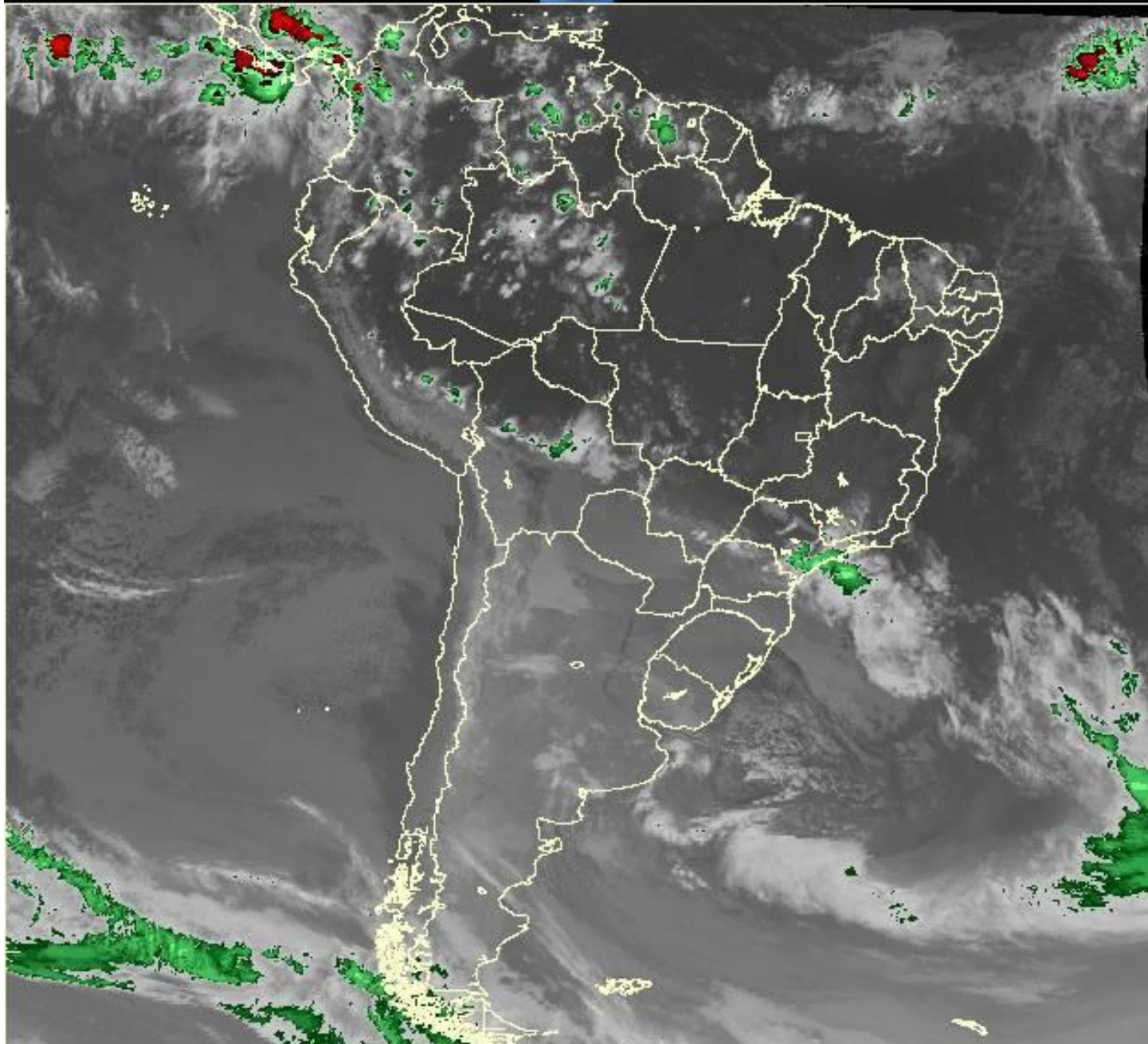
Positiva: valores maiores da variável sendo advectada para valores menores, resultando em aumento da variável na direção para onde o vento está soprando.

Negativa: valores menores da variável sendo advectada para valores maiores, resultando em diminuição da variável na direção para onde o vento está soprando.



# **Advecção de Temperatura em 850hPa como indicador de variação na superfície**

- **Advecção QUENTE** em 850hPa pode ser um indicativo de aumento de temperatura em superfície
- **Advecção FRIA** em 850hPa normalmente precede queda de temperatura em superfície
- **As regiões de maior advecção são aquelas nas quais as isoipsas (linhas de mesma altura geopotencial) e isotermas são quase perpendiculares.**

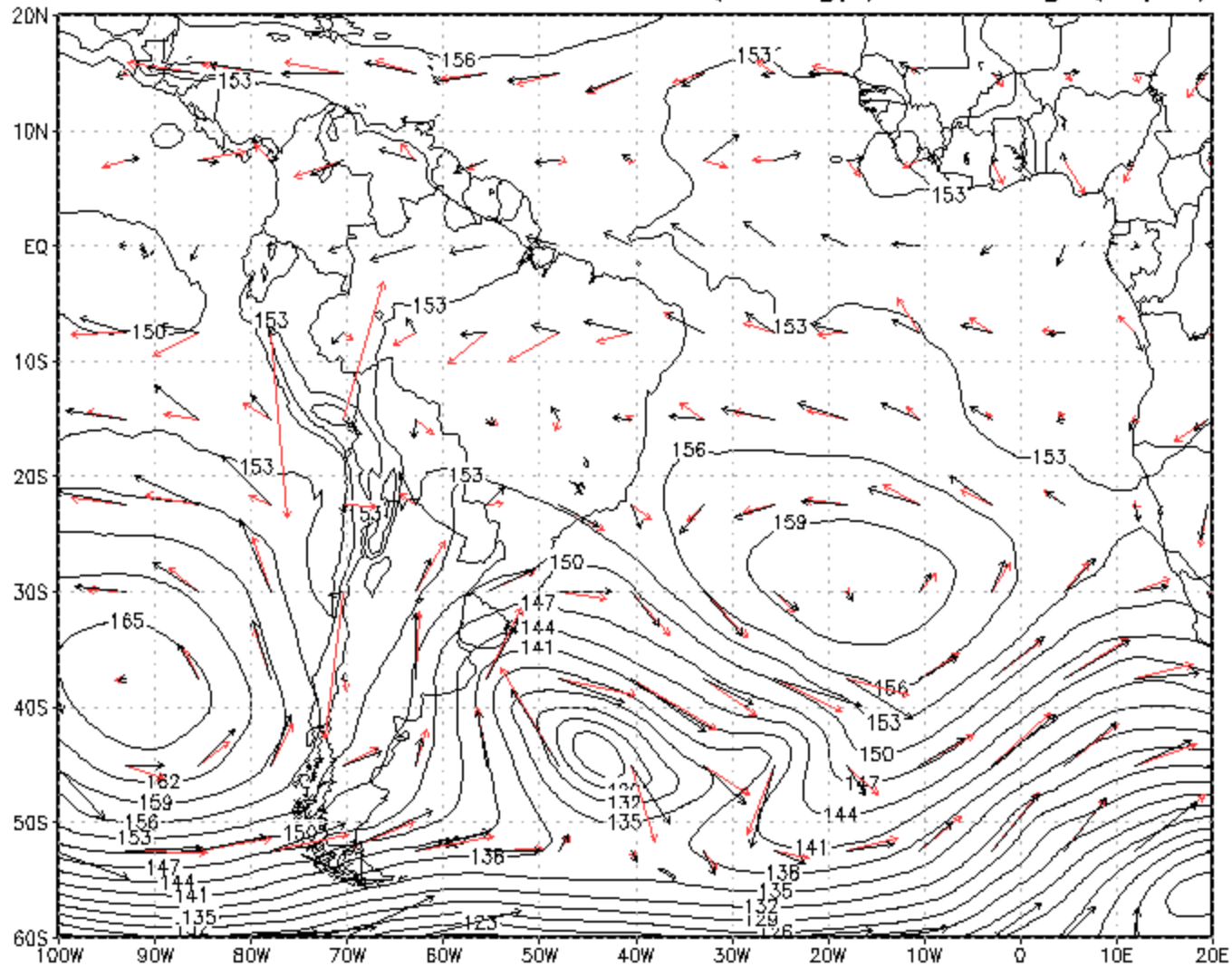


Temperatura °Celsius

Os próximos exercícios devem ser feitos considerando:

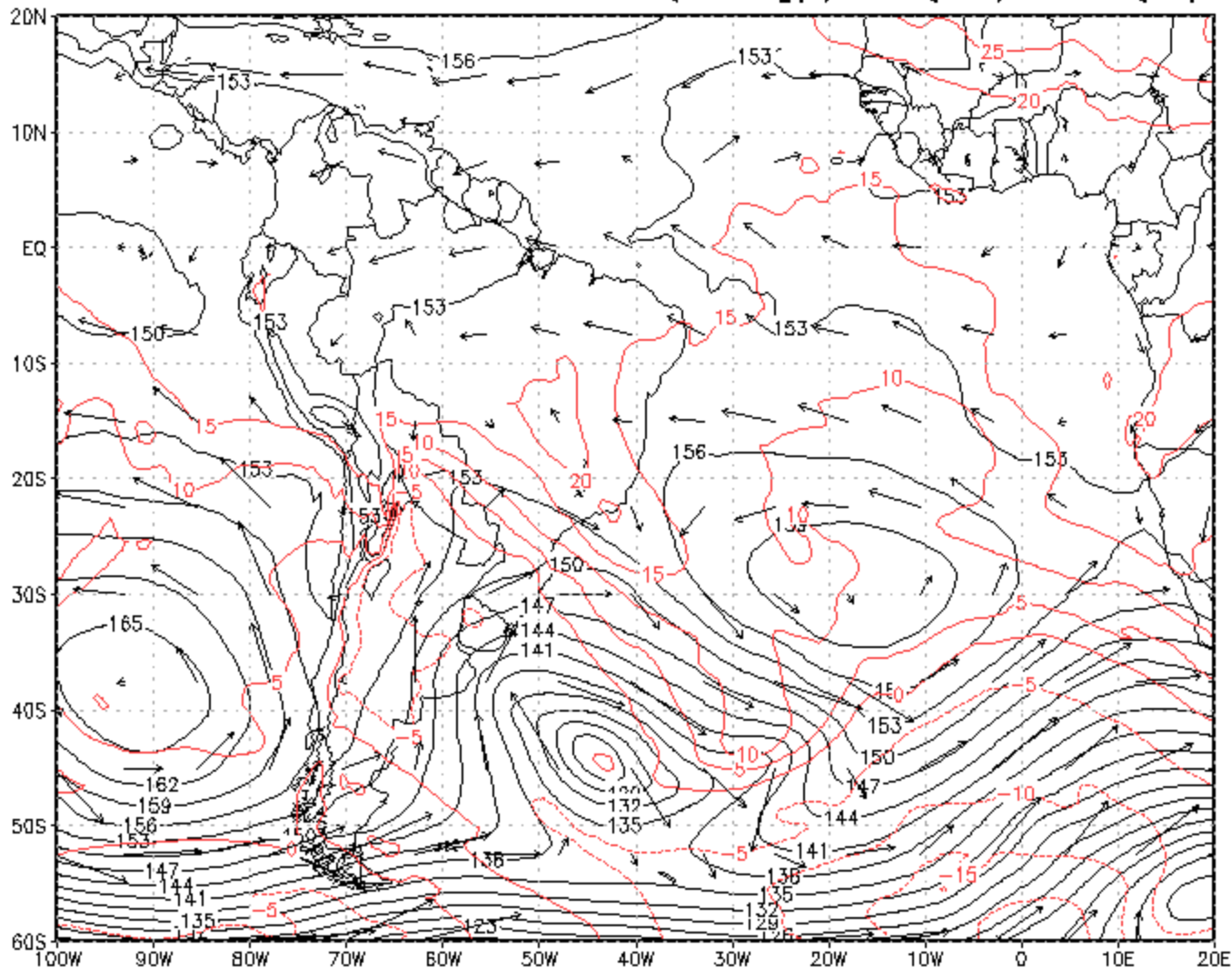
- Arquivo `plevs_20130722.nc`
- Evento de 22 de julho de 2013
- Latitude: entre 60oS e 20oN
- Longitude: entre 100oW e 20oE
- Para cada figura gerada, colocar o título: data, nível, variável e unidade.
- Deixar o fundo branco (`'set display color white'`)

22 JUL 2013 - 850hPa - Z (damgp), V e Vg (m/s)



15

# 22 JUL 2013 – 850hPa – Z (damgp), T (oC) e V (m/s)



# Exercício 7

- Nível de 850hPa para a análise das 12UTC de 22 de julho de 2013 :
- Plote as isoipsas (contour preto a cada 3 damgp), as isotermas (contour vermelho a cada 3oC) e o vento (printim 7a.gif).
- Plote a advecção de temperatura (shaded, printim 7b.gif).
- Identifique as regiões de advecção de temperatura mais intensas.

# Advecção de umidade em 850hPa

- Importante para o desenvolvimento de precipitação.
- Maiores regiões de advecção de umidade são aquelas nas quais as isoipsas (linhas de mesma altura geopotencial) são perpendiculares às isodrosotermas ou às linhas de mesma umidade específica.



# Exercício 8

- Nível de 850hPa para a análise das 12UTC de 22 de julho de 2013 :
- Plote as isoipsas (contour preto/branco a cada 3 damgp), as isolinhas de umidade específica (contour vermelho a cada 2g/kg) e o vento (printim 8a.gif).
- Plote a advecção de umidade específica (shaded, printim 8b.gif).

# Divergente

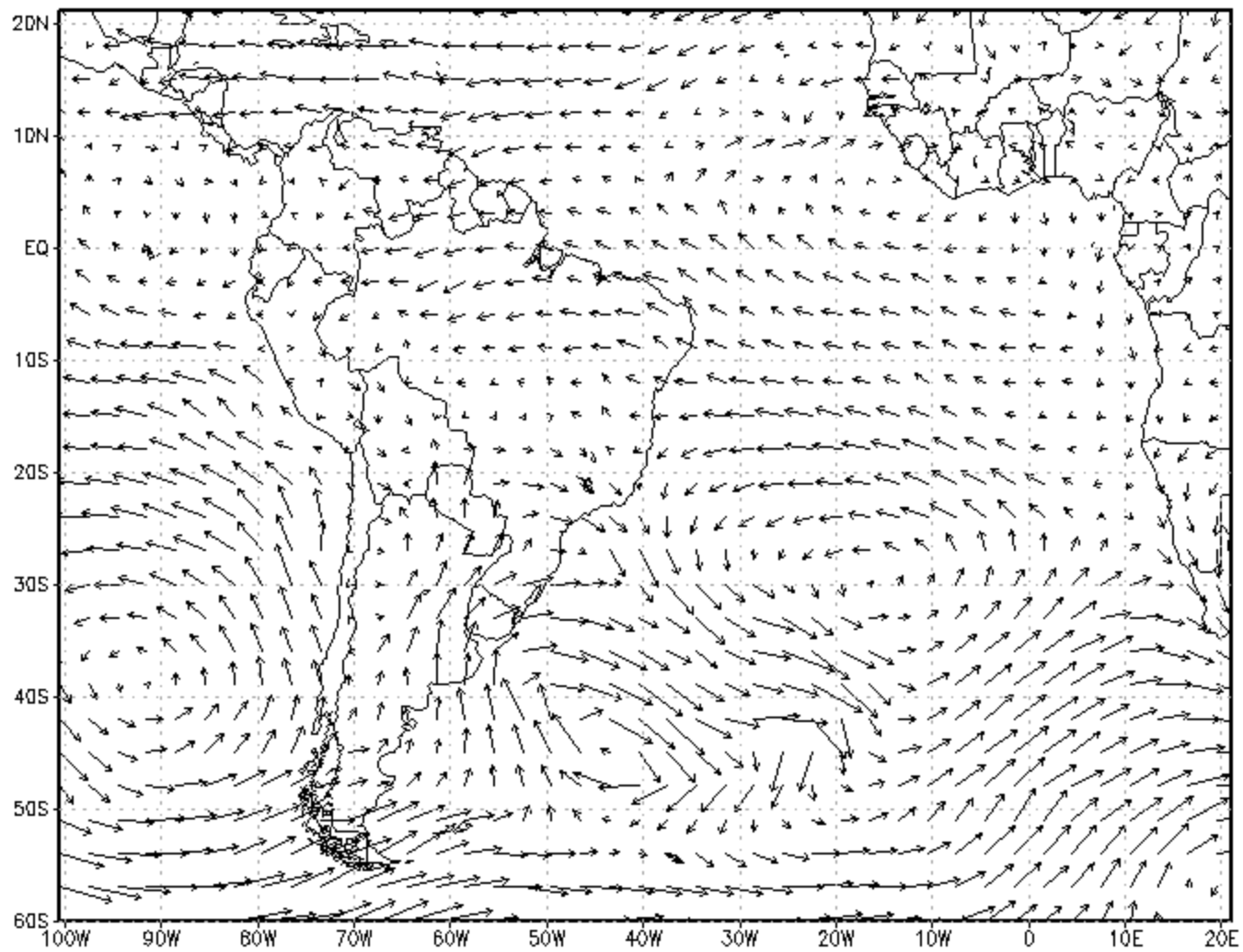
**Divergente:** Seja  $\vec{F}(r) = F_x(x, y, z)\hat{i} + F_y(x, y, z)\hat{j} + F_z(x, y, z)\hat{k}$  uma função vetorial contínua e com derivadas contínuas pelo menos até à primeira ordem. Por definição, o divergente é um escalar calculado pelo produto escalar do operador  $\vec{\nabla}$  e a função vetorial considerada:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z}. \quad (69)$$

A divergência de um campo vetorial  $\vec{F}(r)$ ,  $div\vec{F}(r)$ , dá como resultado o fluxo líquido (fluxo que sai – fluxo que entra) por unidade de volume.

## 2. The horizontal divergence of a vector $\vec{V}$ :

$$\nabla \cdot \vec{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \text{ transforms into: } \nabla \cdot \vec{V} = \frac{1}{r \cos \phi} \left[ \frac{\partial u}{\partial \lambda} + \frac{\partial (v \cos \phi)}{\partial \phi} \right]$$



GrADS: COLA/IGES

30

# Exercício 9

- Nível de 850hPa:
- Plote a divergência do vento usando a fórmula:

**2. The horizontal divergence of a vector  $\vec{V}$  :**

$$\nabla \cdot \vec{V} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \text{ transforms into: } \nabla \cdot \vec{V} = \frac{1}{r \cos \phi} \left[ \frac{\partial u}{\partial \lambda} + \frac{\partial (v \cos \phi)}{\partial \phi} \right]$$

- Plote as linhas de corrente e o vento (fig 9.gif).
- Analise seu resultado.

# Rotacional

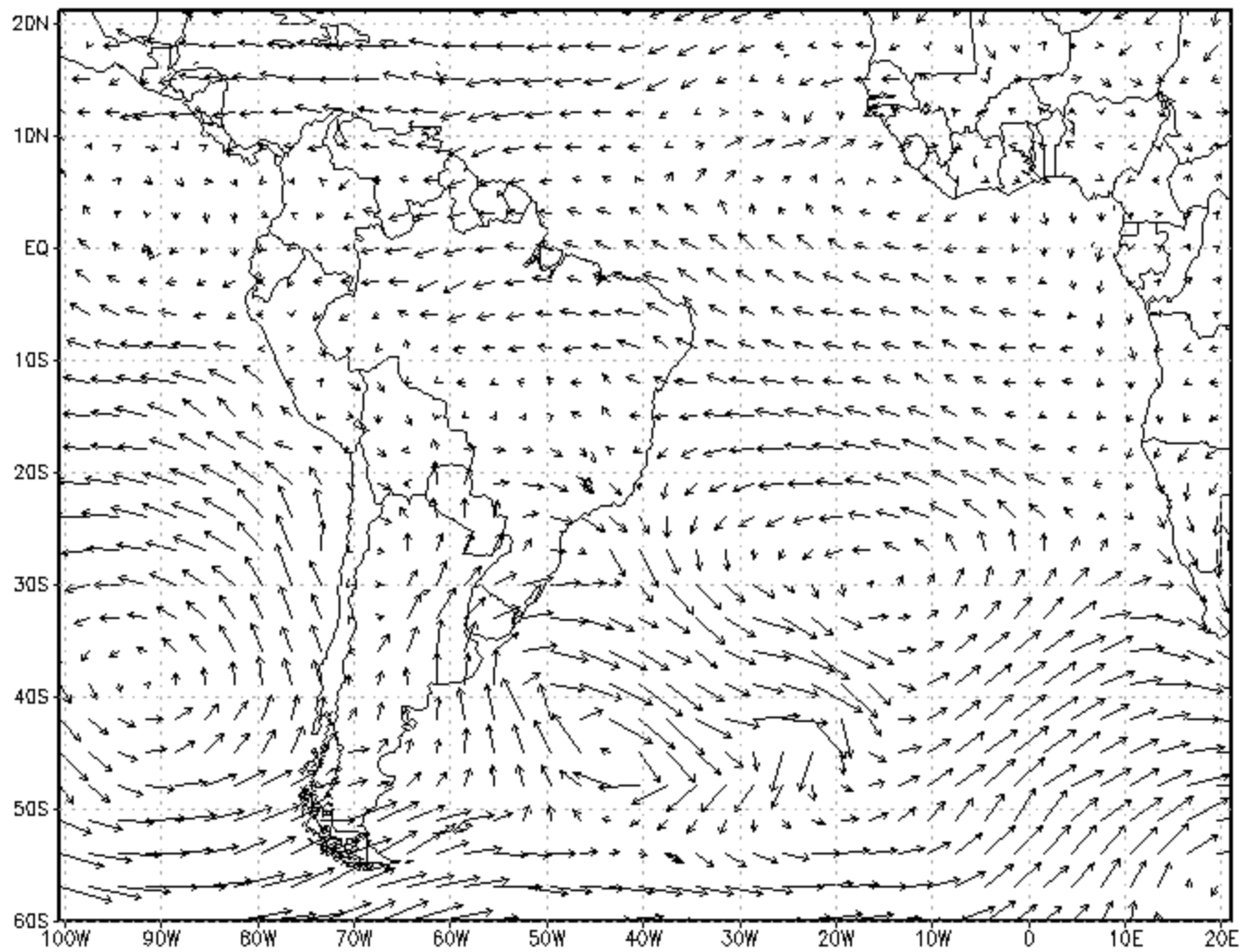
**Rotacional:** o produto vetorial do operador  $\vec{\nabla}$  com um campo vetorial  $\vec{F}$ , permite definir o rotacional do campo como:

$$\vec{\nabla} \times \vec{F} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}. \quad (70)$$

O rotacional de um campo vetorial  $\vec{F}(r)$ ,  $rot \vec{F}(r)$ , dá como resultado um vetor cujos componentes  $x$ ,  $y$  e  $z$  resultam na circulação desse campo vetorial por unidade de área respectivamente nos planos normais a esses componentes.

**The vorticity (vertical component of the rotation vector):**

$$\zeta = \vec{k} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{V}) = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \text{ transforms into: } \zeta = \vec{k} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{V}) = \frac{1}{r \cos \phi} \left[ \frac{\partial v}{\partial \lambda} - \frac{\partial(u \cos \phi)}{\partial \phi} \right]$$



GrADS: COLA/IGES

30

# Exercício 10

- Nível 850hPa:
- Plote a vorticidade do vento usando a fórmula:

$$\zeta = \vec{k} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{V}) = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \text{ transforms into: } \zeta = \vec{k} \cdot (\vec{\nabla} \times \vec{V}) = \frac{1}{r \cos \phi} \left[ \frac{\partial v}{\partial \lambda} - \frac{\partial (u \cos \phi)}{\partial \phi} \right]$$

- Plote as isoipsas a cada 3 damgp (fig 10)
- Analise seu resultado: como é a vorticidade nas regiões de baixa/cavado? Como é a vorticidade nas regiões de alta/crista?
- (O que você espera com relação à vorticidade no Hemisfério Norte? Faça uma figura com a vorticidade para o HN usando o plevs.nc das aulas anteriores. O resultado é consistente com o que você esperava?)

# Exercício 11

- Plote a espessura entre 500 e 1000hPa (contour preto/branco a cada 6 dam)
- Plote o vento térmico entre 500 e 1000hPa usando a fórmula (fig 11):
- $VT = Vg (500hPa) - Vg (1000hPa)$
- Analise o resultado.



# Exercício 12

- Analise seu resultado considerando que o vento térmico também é dado por:

$$\mathbf{v}_T = \frac{R}{f} \ln \left[ \frac{p_0}{p_1} \right] \mathbf{k} \times \nabla_p \bar{T}$$

# Exercício 13

- Veja como o vento geostrófico gira com a altura e relacione o sentido do giro com a advecção de temperatura (exercício 7).
- Dica: plote o vento em 1000hPa em preto/branco; plote o vento em 850hPa em vermelho e o vento em 500hPa em verde.
- Analise o giro do vento (de 1000 para 500hPa) nas regiões de forte advecção fria e forte advecção quente. (Se quiser, faça um zoom nesta área)

# Exercício 14

- Vento Ageostrófico:
- $V_a = V - V_g$
- Plote o vento ageostrófico em 500hPa.
- Calcule o número de Rossby (fig 14):
- 
- $Ro = \frac{|\bar{U} - \bar{U}_g|}{|\bar{U}|} = \frac{|\bar{U}_a|}{|\bar{U}|}$ , procure seu significado e interprete os resultados
- Dica:

# Exercício 15

- Calcule a divergência do vento ageostrófico em 850hPa e compare com a divergência do exercício 9 (printim 15a.gif)
- Compare a divergência com a velocidade vertical para os níveis de 1000, 850, 500 e 250hPa (printim 15b, 15c, 15d e 5e.gif).
- Analise seus resultados: de uma maneira geral, como é o vento vertical em regiões de convergência em baixos (1000 e 850), médios (500) e altos (250hPa) níveis?

Jatos de altos níveis

# Exercício 16

- Nível de 250hPa
- Plote isotacas do vento real (shaded), altura geopotencial (contour) e vento real (vector) – Fig 16a
- Por que existem as correntes de jato?
- Plote a divergência do vento real (shaded), as linhas de corrente do vento real e a altura geopotencial (contour) – Fig 16b
- Analise seus resultados

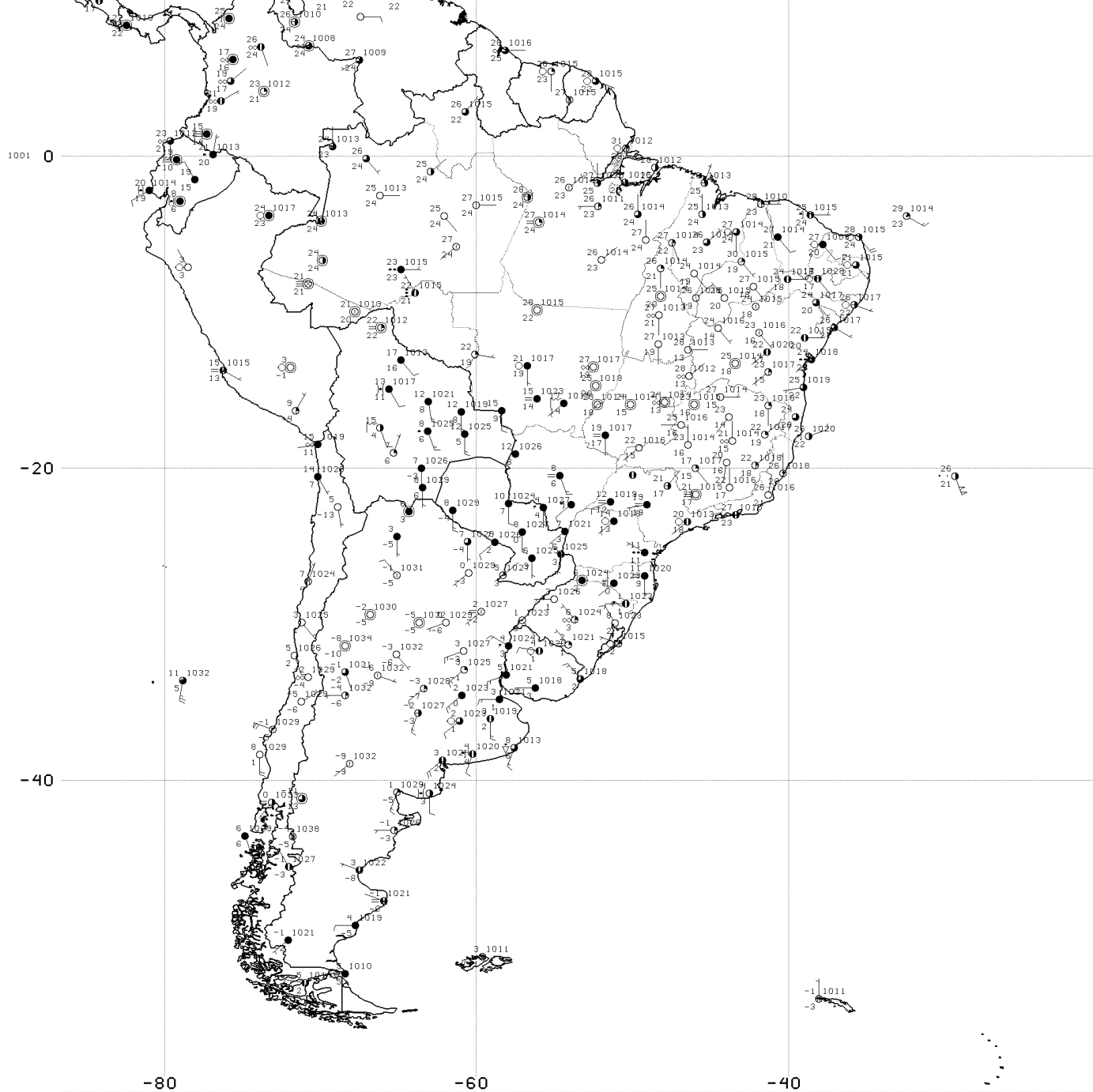
# Exercício 17

- Para o meridiano de 65oW (longitude = constante) (set lon longitude\_escolhida), entre as latitudes de 60oS a 10oN
- Faça um perfil vertical (set z 1 last)
- Plote isotacas do vento geostrófico (shaded), e temperatura (contour) – Fig 17
- Analise seus resultados

# Exercício 18

- Faça a análise de pressão reduzida ao nível da superfície e identifique:
- Centros de alta pressão e/ou baixa pressão
- Frentes





SYNOP 12Z 22/07/2013

# Exercício 19

- Relacione os resultados dos exercícios 7 a 18.