

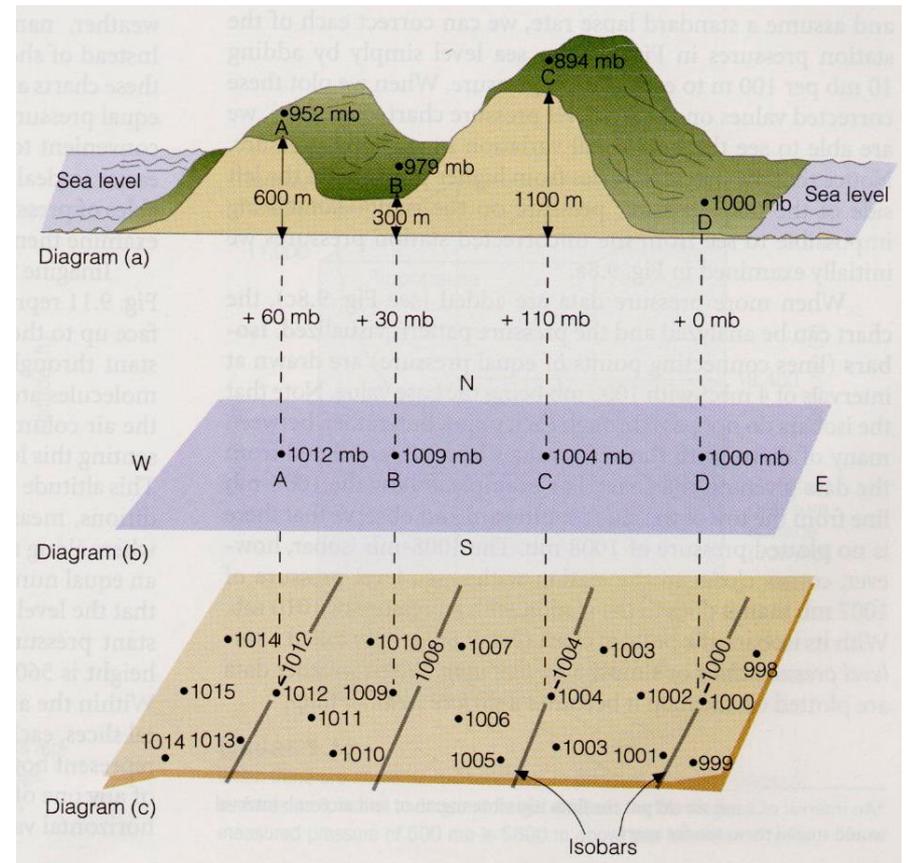


A atmosfera em movimento: força e vento

Capítulo 4 – Leslie Musk
Capítulo 6 – Barry e Chorley

Pressão

- Lembre-se que
 - A pressão é força por unidade de área
 - Pressão do ar é determinada pelo peso do ar das camadas superiores
 - Uma variação da pressão numa distância determinada (gradiente de pressão) faz com que o ar se mova
 - Qual é a diferença entre pressão superficial e pressão ao nível do mar?



Lembre-se: balanço hidrostático

O que força o ar a não se mover continuamente para baixo devido à gravidade?

O balanço entre a gravidade e a força do gradiente de pressão.

$$\Delta P / \Delta z = -\rho g$$

Assim:

$$\Delta P = -\rho g \Delta z$$

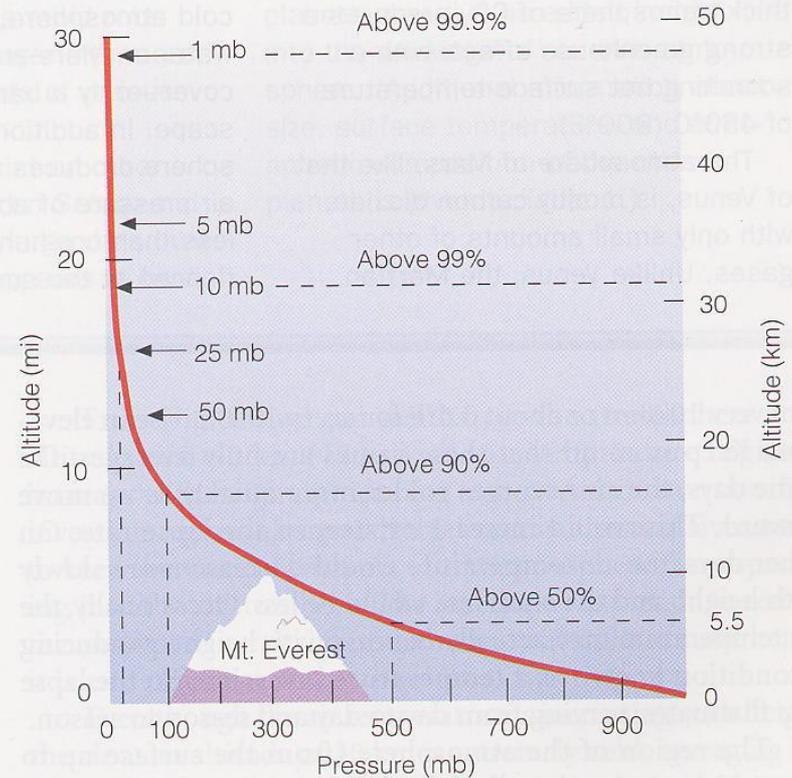
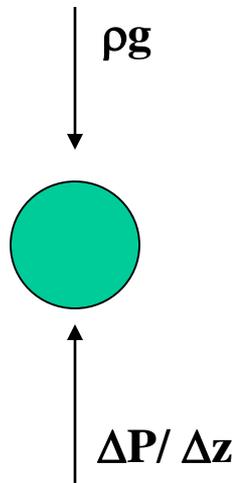
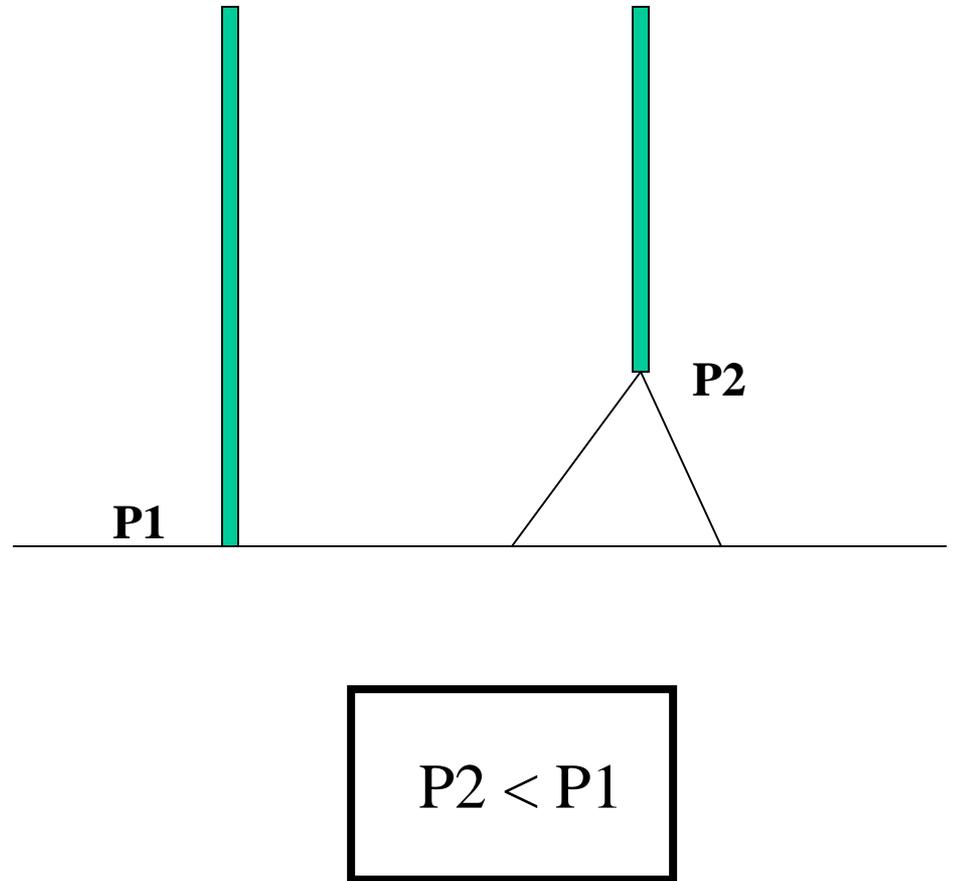


FIGURE 1.8

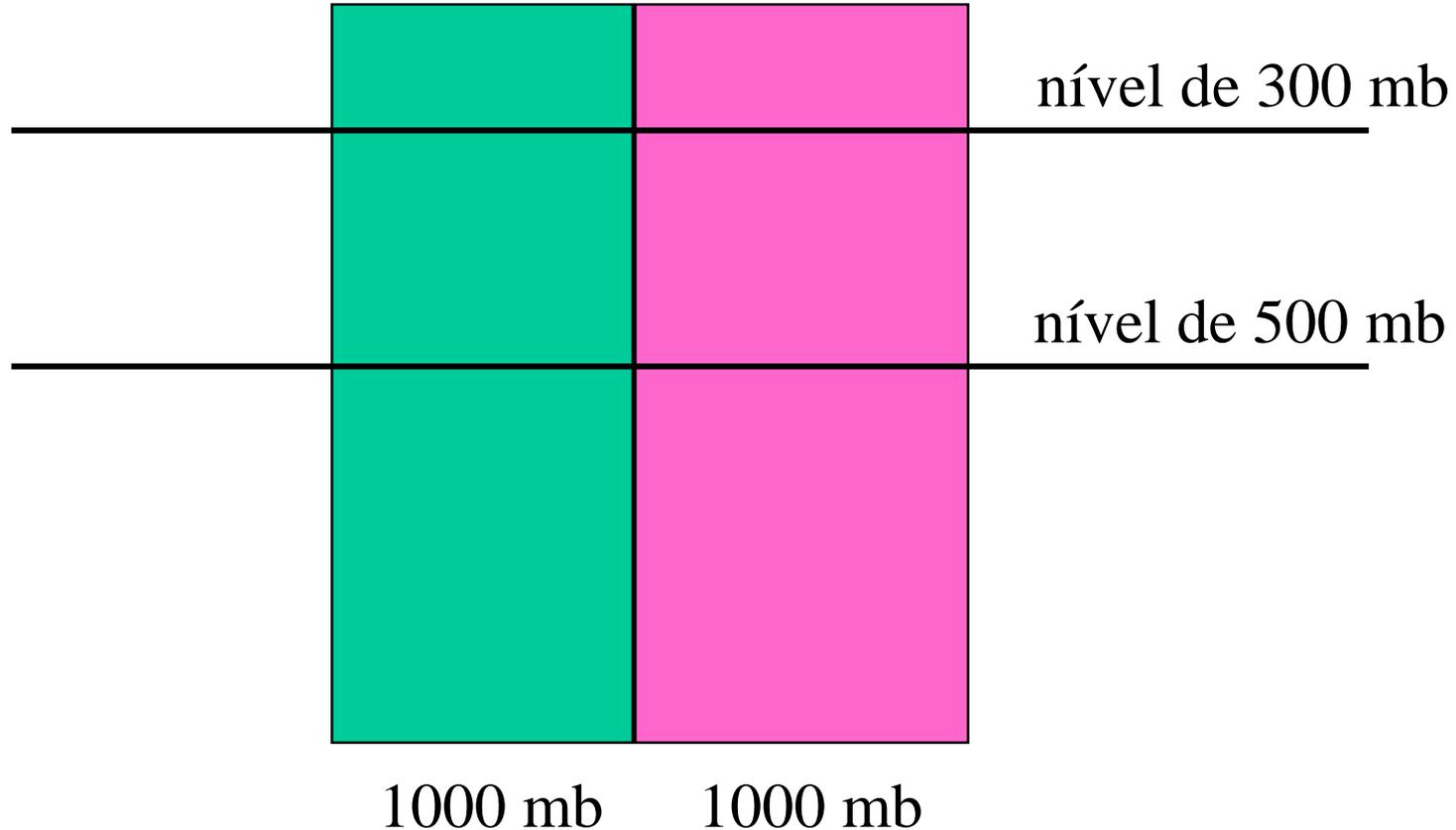
Atmospheric pressure decreases rapidly with height. Climbing to an altitude of only 5.5 km, where the pressure is 500 mb, would put you above one-half of the atmosphere's molecules.

Por que a pressão varia horizontalmente?

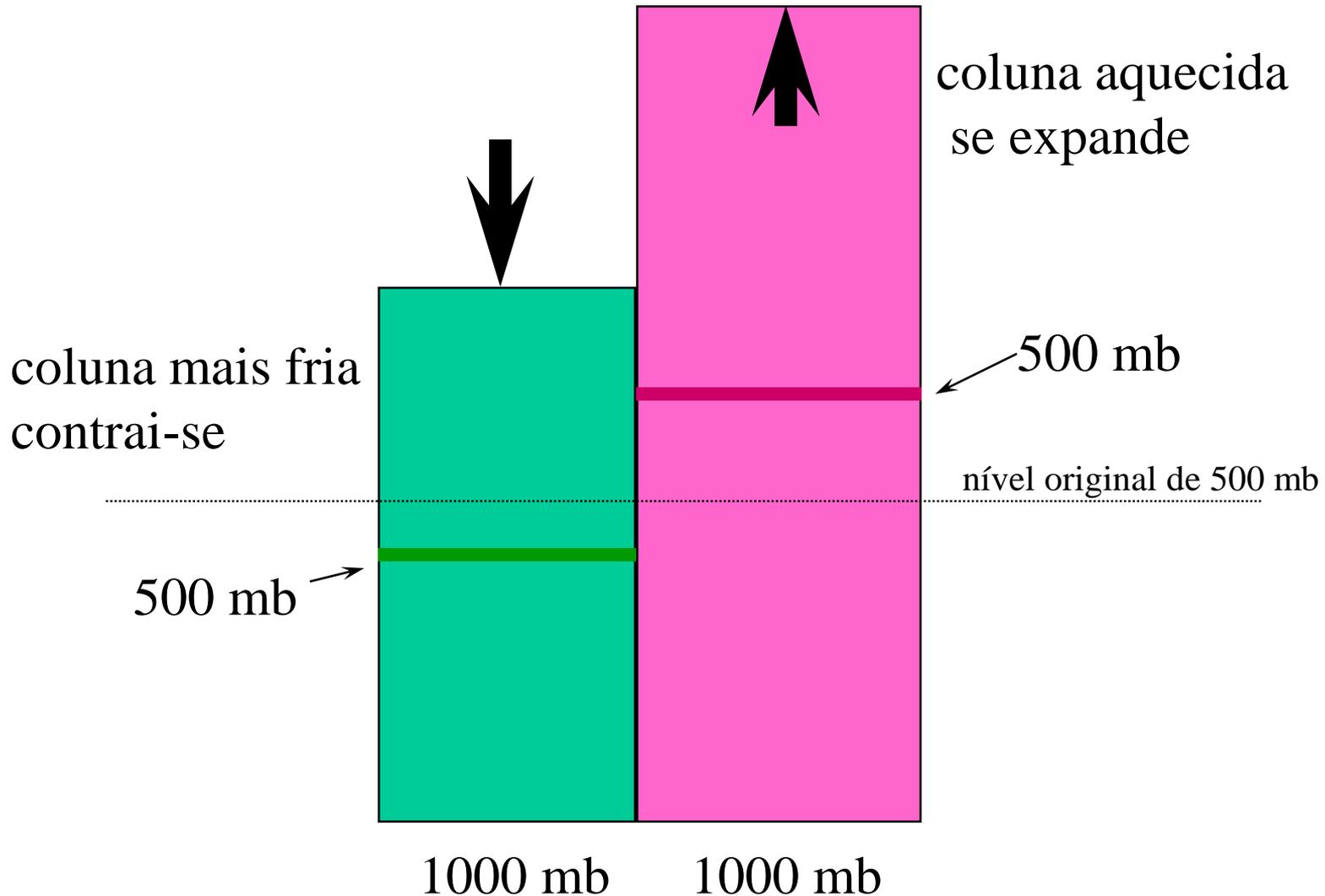
- Variação na altitude causa variações na pressão
- Mas por que a pressão varia entre locais que têm a mesma elevação?



Duas colunas de ar – mesma temperatura mesma distribuição de massas



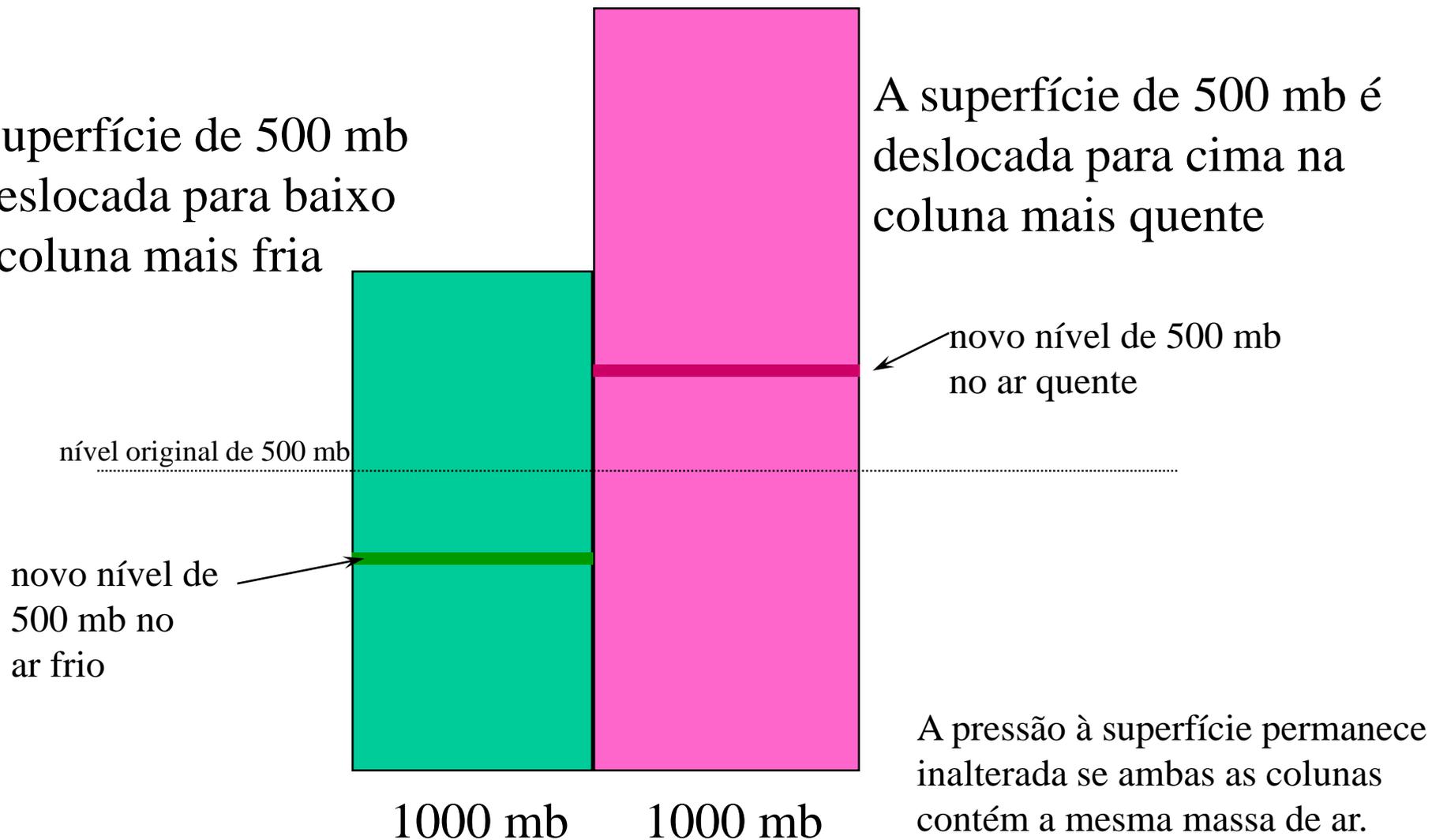
Resfrie a coluna da esquerda; aqueça a coluna da direita



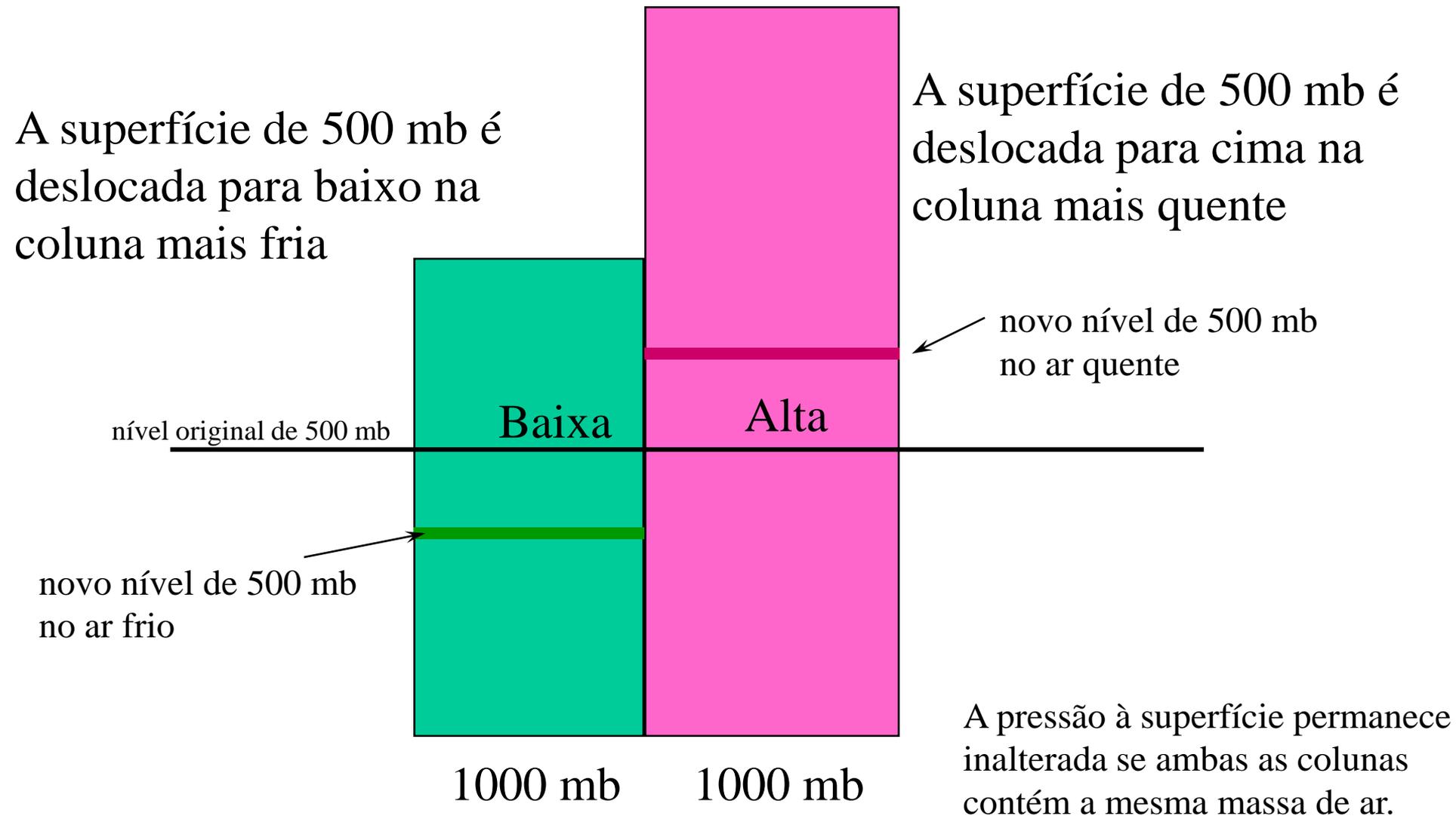
O nível da superfície de 500 mb varia; a pressão à superfície permanece inalterada

A superfície de 500 mb é deslocada para baixo na coluna mais fria

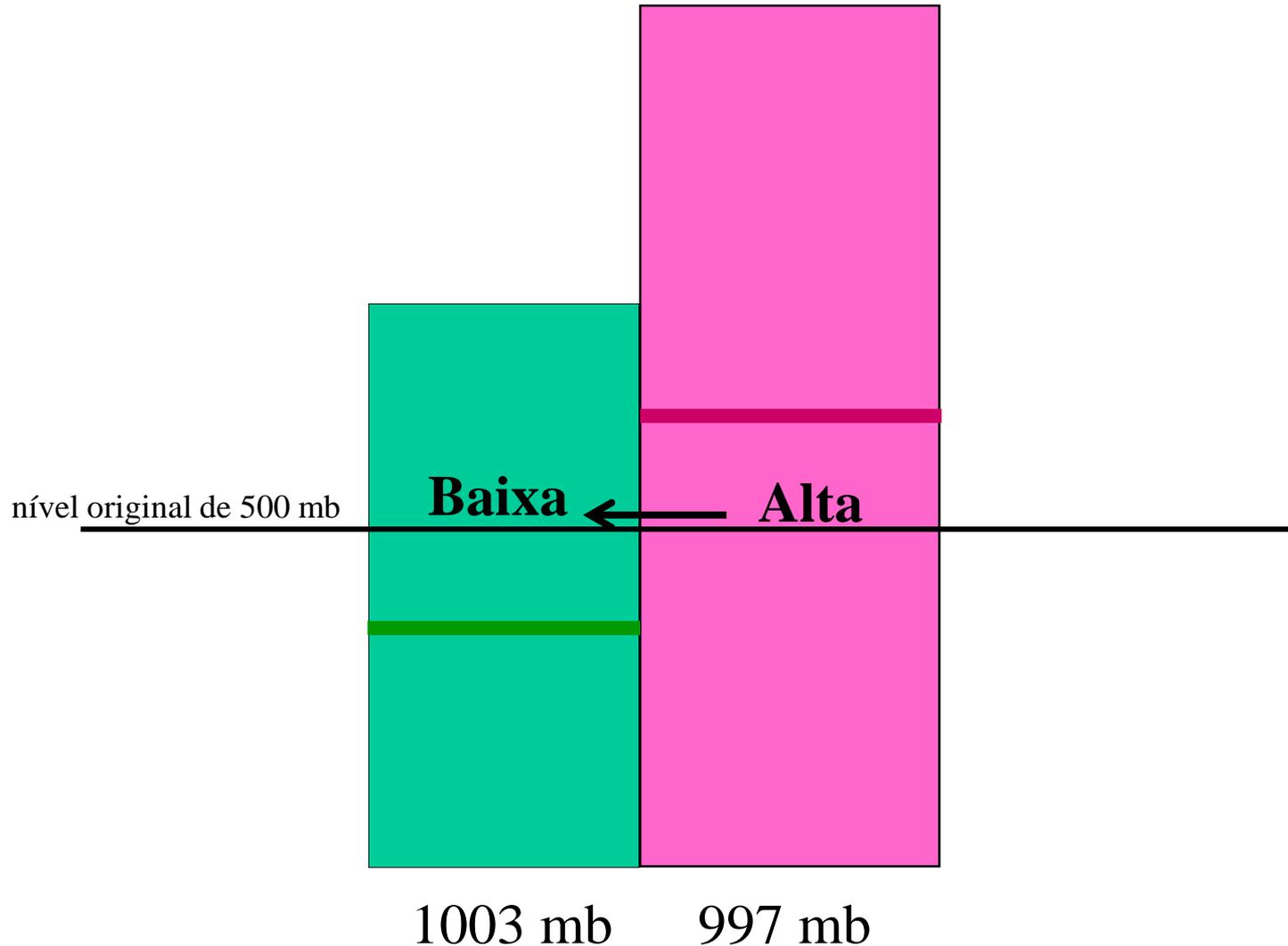
A superfície de 500 mb é deslocada para cima na coluna mais quente



Desenvolve-se uma diferença de pressão na direção horizontal acima da superfície

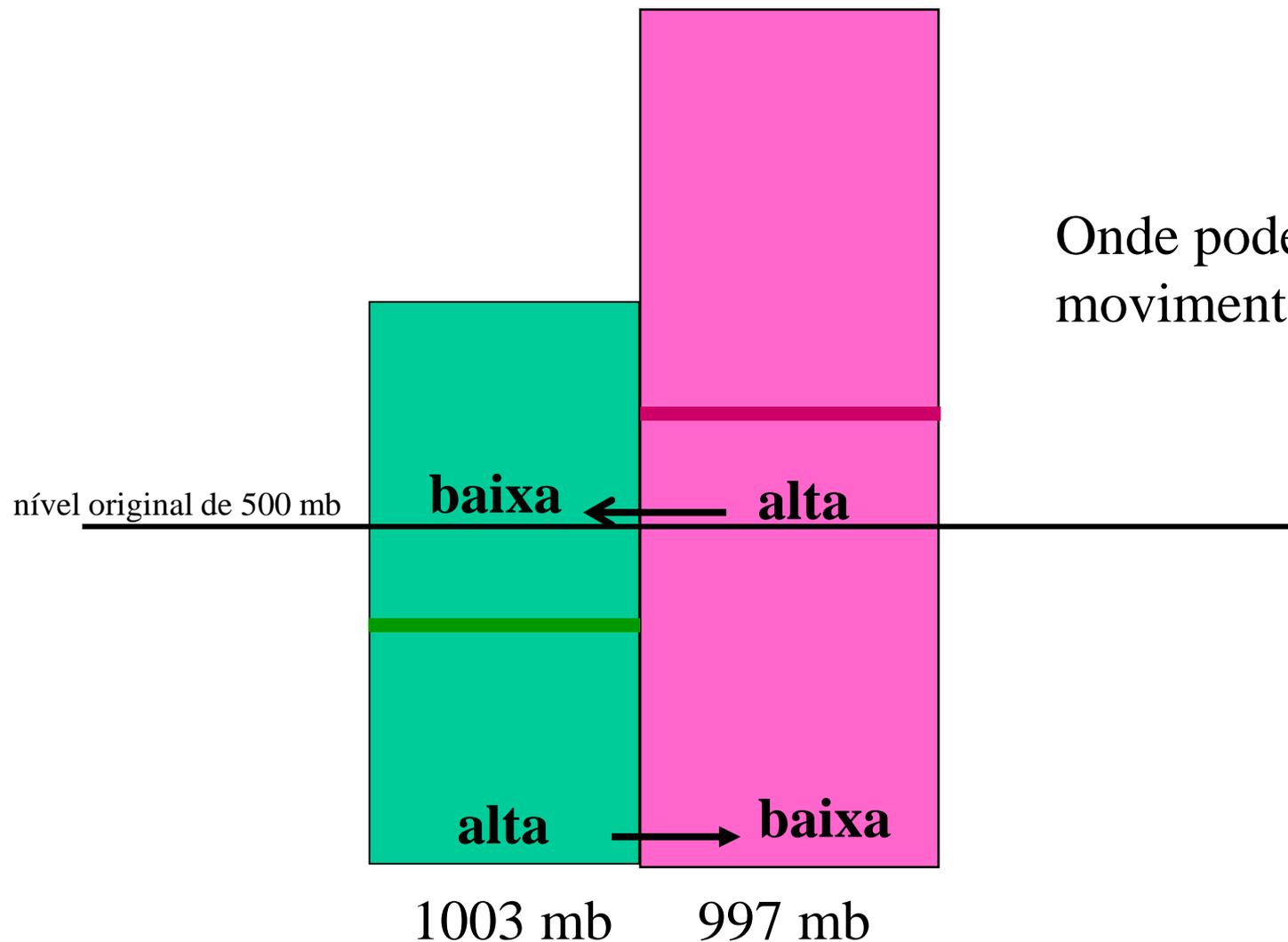


O ar move-se da alta para a baixa pressão no meio da coluna, provocando a variação da pressão na superfície.



O ar move-se da alta para a baixa pressão em superfície ...

Onde poderíamos ter movimento vertical?



O que observamos?

- Introduzimos um aquecimento diferencial numa atmosfera inicialmente em repouso
- O aquecimento diferencial causa taxas diferentes de expansão do fluido
- As diferentes taxas de aquecimento resultam em pressões diferentes ao longo da superfície horizontal
- As diferenças de pressão introduzem escoamento ao fluido
- Isto é uma análise em pequena escala de como a atmosfera converte **calor** em **movimento**

EI → EC

Mapas de pressão à superfície

- Estações superficiais com pressões ajustadas ao mesmo nível são usadas para construir mapas com isolinhas de pressão – **isóbaras**

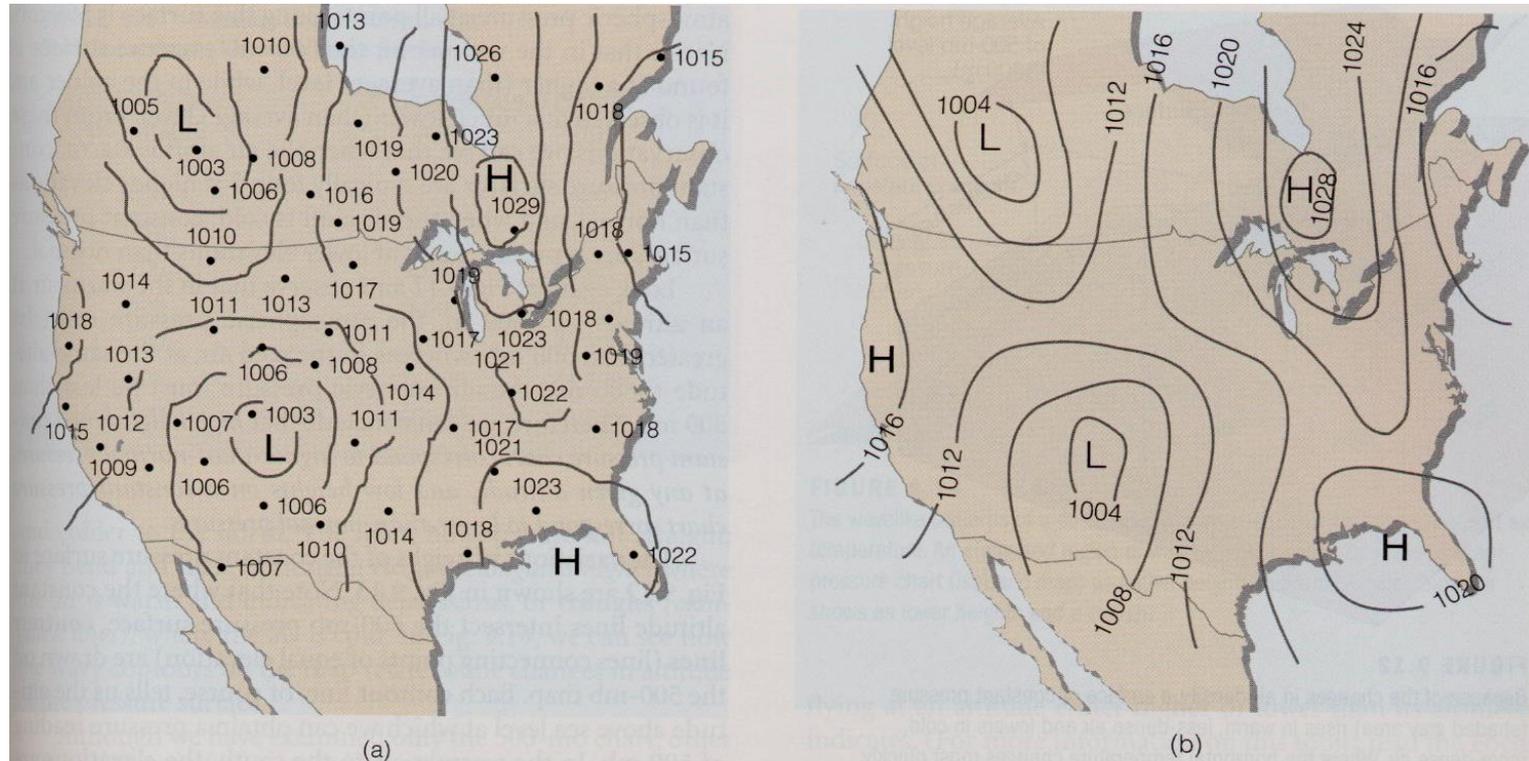


FIGURE 9.9

(a) Sea-level isobars drawn so that each observation is taken into account. Not all observations are plotted. (b) Sea-level isobars after smoothing.

suavizado

FAZER ANÁLISE ATUAL DA PRESSÃO EM SUPERFÍCIE

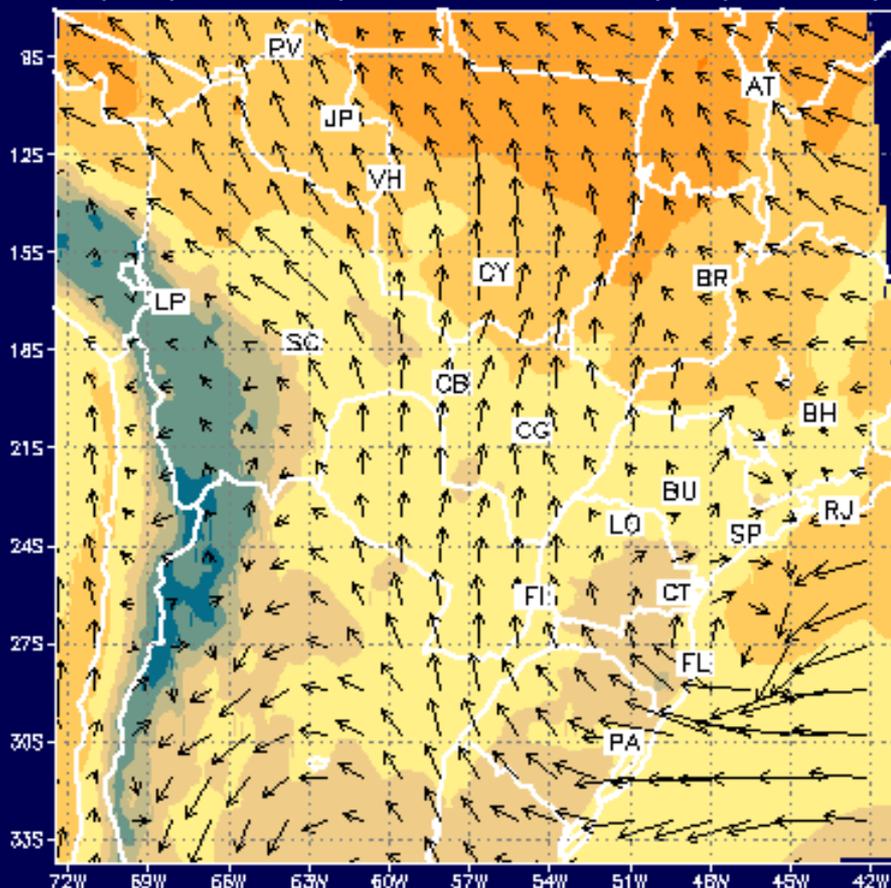
site windy

VENTO E TEMPERATURA

SUP

Vento (m/s) e Temperatura (C) em Superfície

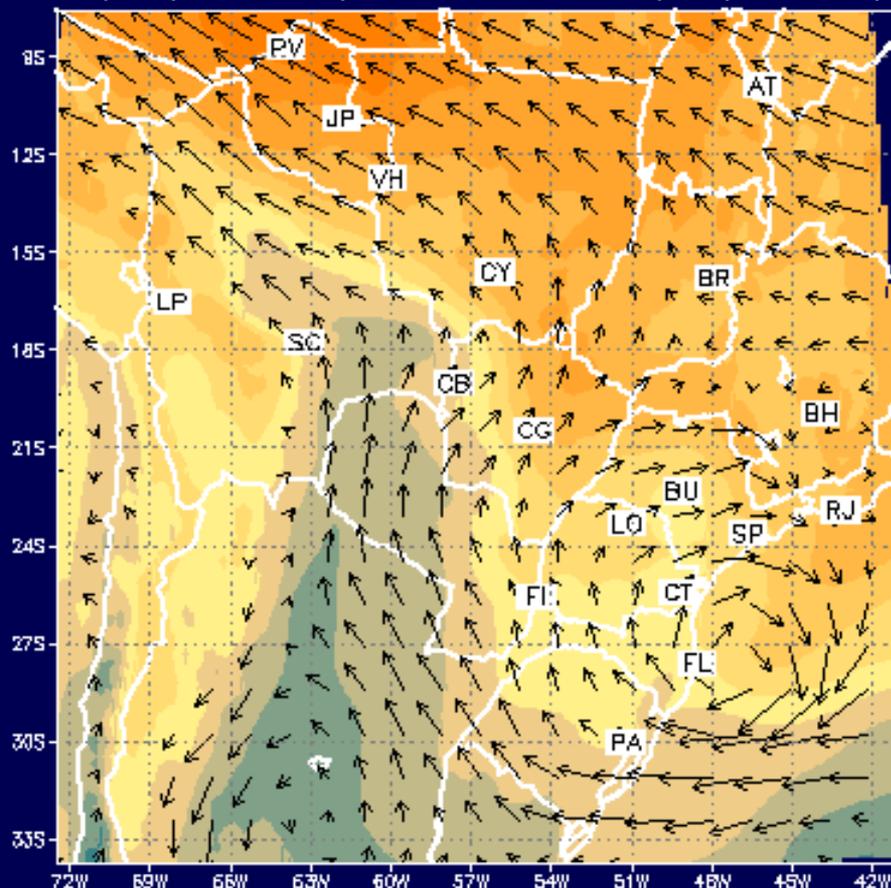
03/JUN/2004 00Z (Inicializacao-CPTEC: 03/JUN/2004 00Z)



850 mb

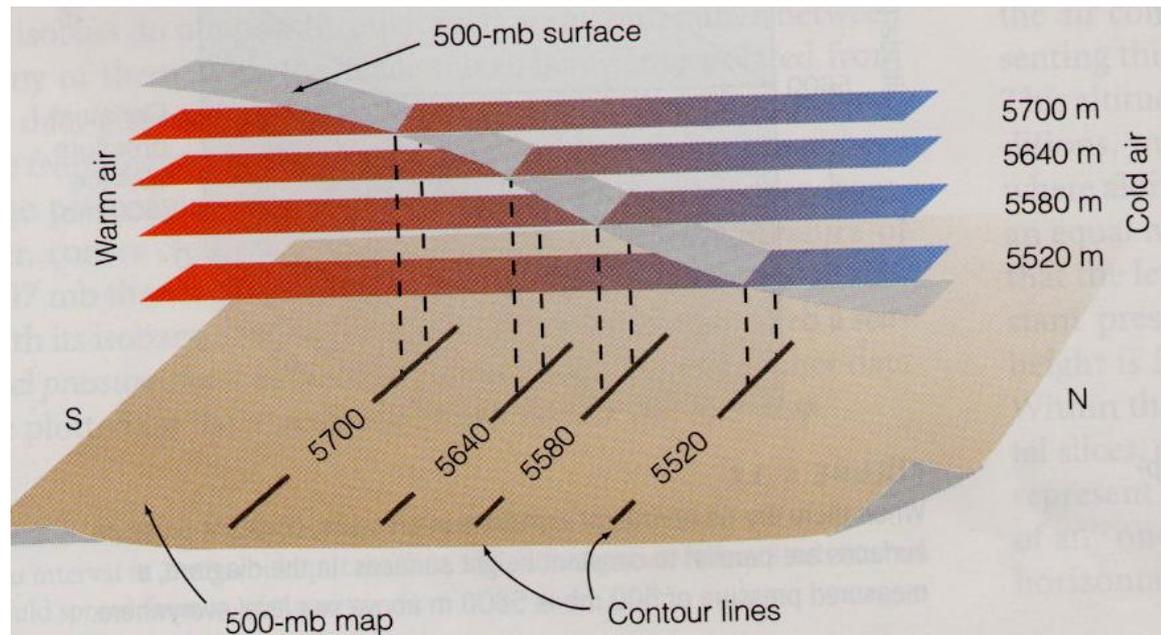
Vento em 850hPa (m/s) e theta_e (K) em Superfície

03/JUN/2004 00Z (Inicializacao-CPTEC: 03/JUN/2004 00Z)



Cartas com pressão constante

- As cartas de pressão constante (isobáricas) são frequentemente usadas por meteorologistas
- As cartas isobáricas apresentam variação da altura numa superfície de pressão constante (e.g., 500 mb)
- Neste exemplo, um gradiente entre o ar quente e frio produz a inclinação da superfície de 500 mb
- O decréscimo da pressão com a altura é maior para massas de ar frio (mais densas)
- O gradiente de pressão é mais intenso onde os contornos de altura estão mais próximos



Cavados e Cristas

- Gradientes de Temperatura geralmente produzem gradientes de pressão
- As isóbaras usualmente decrescem de valor do norte para o sul (p/ as temperaturas mais baixas, HS)
- Mas as linhas de contorno de altura não são comumente retas.
 - **Cristas** (altas alongadas) ocorrem onde o ar está quente
 - **Cavados** (baixas alongadas) ocorrem onde o ar está frio

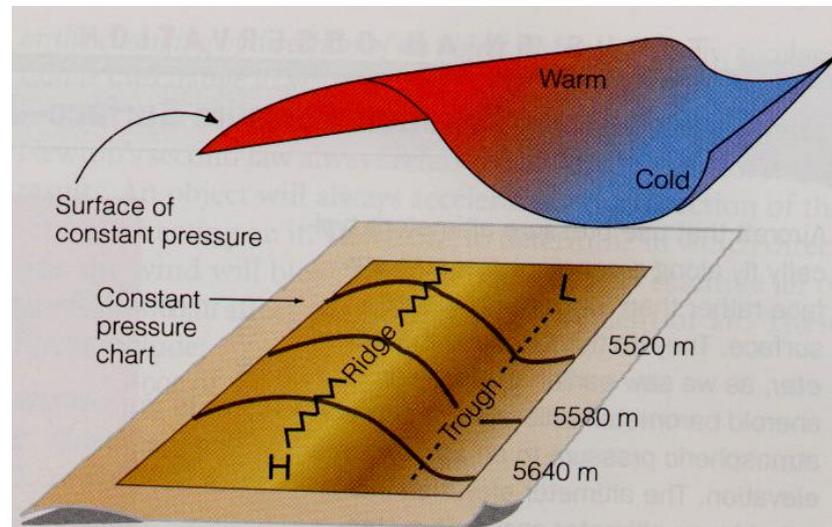
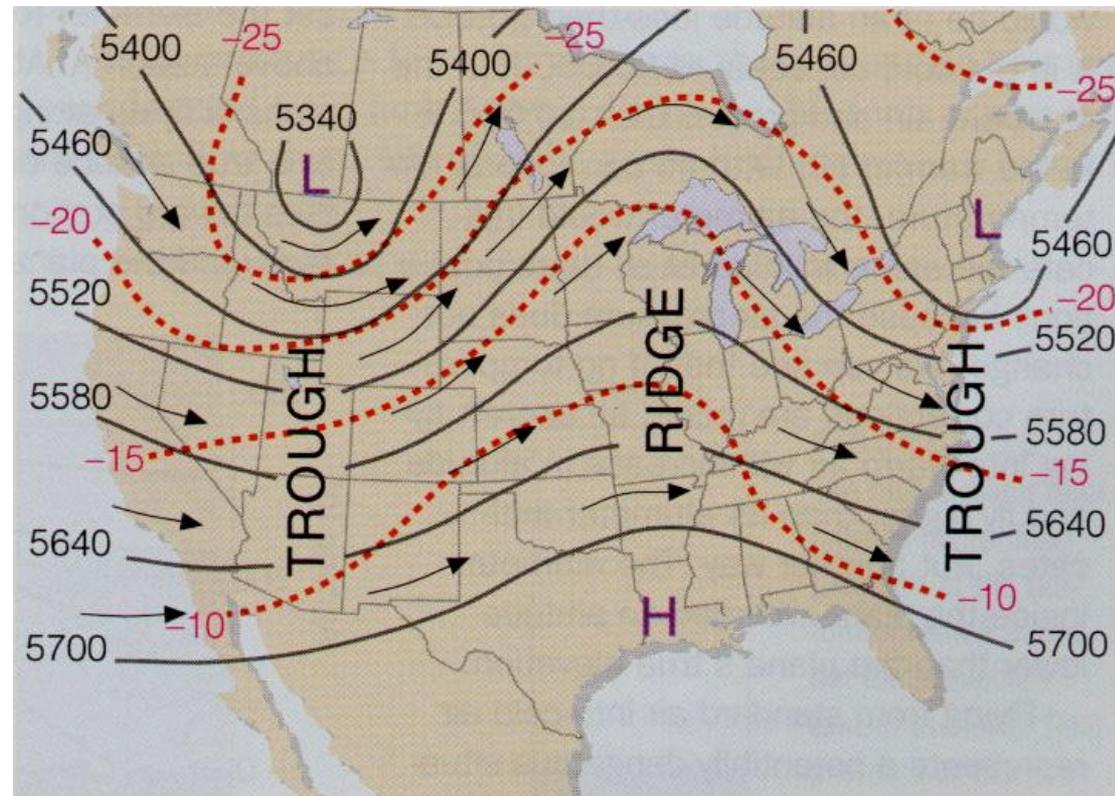


FIGURE 9.14

The wavelike patterns of a constant pressure surface reflect the changes in air temperature. An elongated region of warm air aloft shows up on a constant pressure chart (isobaric map) as higher heights and a ridge; the colder air shows as lower heights and a trough.

Padrão de pressão e ventos superiores

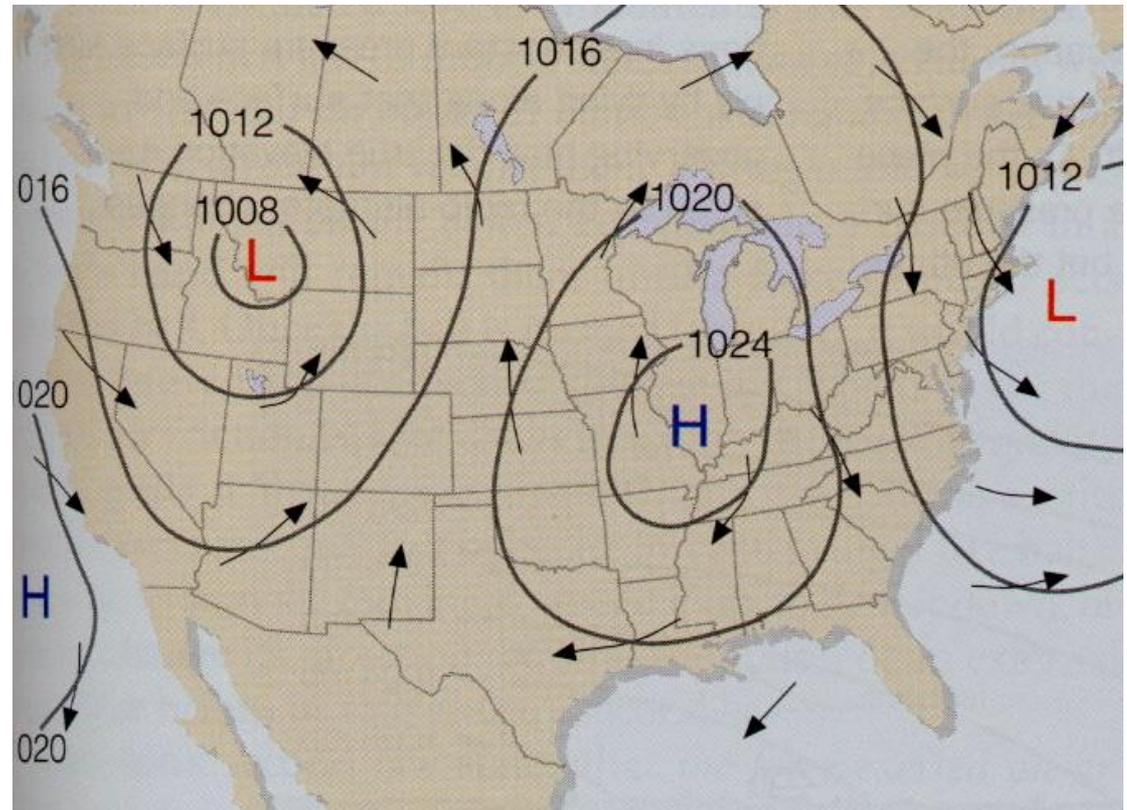
- Em níveis altos, o vento sopra paralelamente aos contornos de pressão e altura.



Padrão de Pressão à superfície e ventos

Próximo da superfície no Hemisfério Sul o vento sopra

- no sentido horário em volta de um centro de baixa pressão
- no sentido anti-horário em volta de um centro de alta pressão



Por que o vento não sopra da alta para a baixa pressão?

Forças e ventos

- O gradiente de pressão produz o movimento do ar
- Várias forças agem simultaneamente e determinam a direção do vento
- A **Lei do Movimento de Newton** descreve as relações entre as forças e o movimento
 - **1ª Lei:** um objeto em repouso permanecerá em repouso e um objeto em movimento permanecerá em movimento (e viajará com velocidade constante numa linha reta) até que uma força seja exercida sobre o objeto
 - **2ª Lei:** a força resultante exercida sobre um objeto é igual à resultante de todas as forças exercidas ($F_p = \sum_i F_i$)

Forças são expressas como vetores

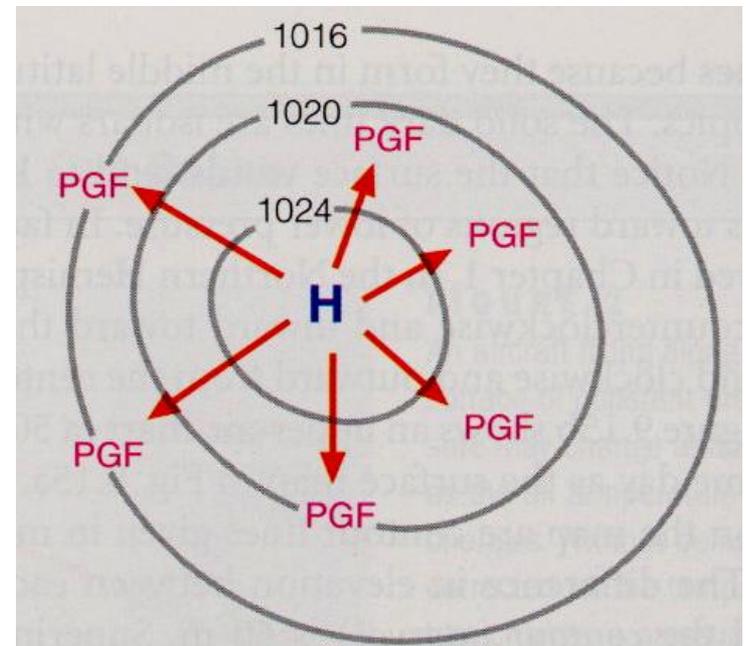
- As forças têm duas propriedades
 - Magnitude ou tamanho
 - Direção
- Os vetores têm as mesmas propriedades
 - Comprimento da seta indica a magnitude
 - Direção/sentido da seta indicam a direção/sentido

Forças que controlam o vento

- Força do Gradiente de Pressão
- Gravidade
- Força de Coriolis
- Força Centrípeta
- Força de Fricção

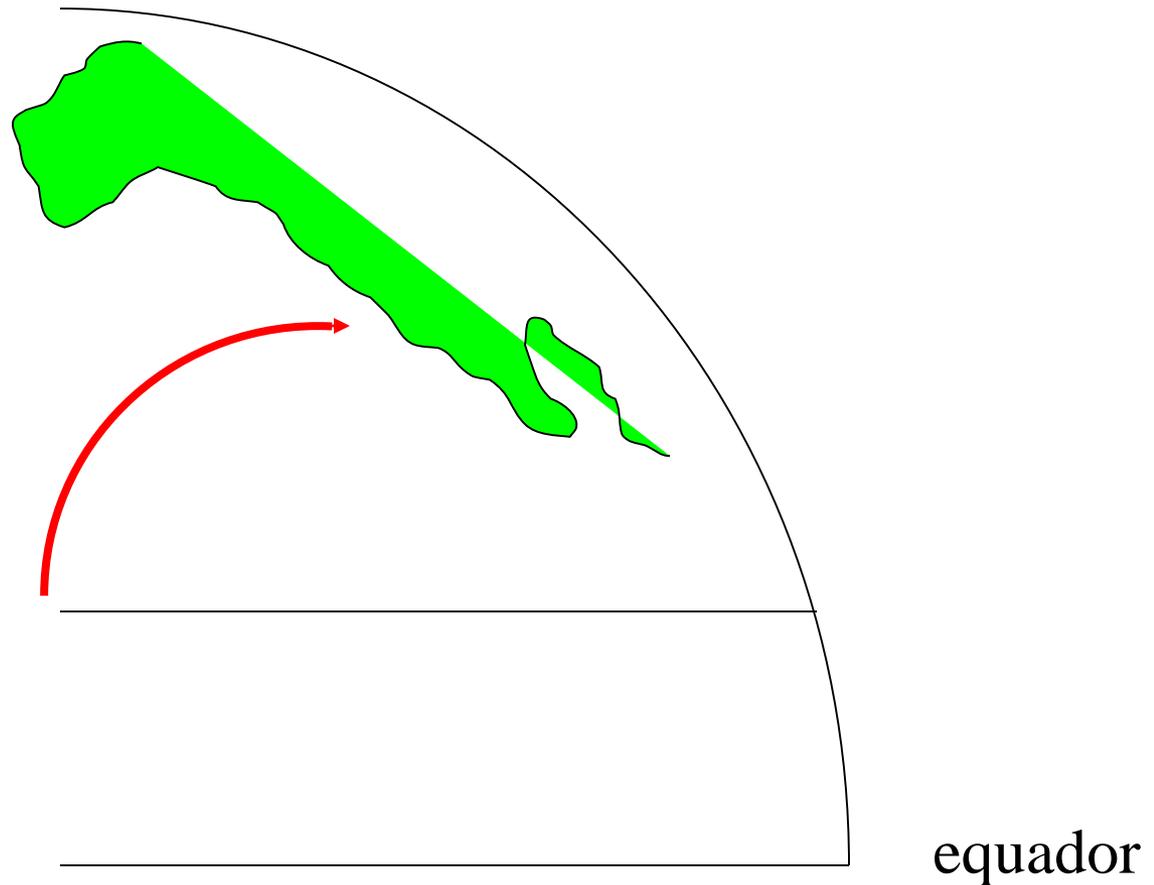
Força do Gradiente de Pressão

- Magnitude
 - Inversamente proporcional à distância entre as isóbaras ou linhas de contorno (altitude)
 - Quanto mais próximas, mais intensa é a força
- Direção
 - Sempre direcionada para a pressão mais baixa



Força de Coriolis

Força aparente devido à **rotação** da Terra



Força de Coriolis

- Força aparente devido à rotação da Terra
- Magnitude $\{ \mathbf{F}_{co} = 2 \mathbf{\Omega} \mathbf{V}_H \sin(\text{lat}) \}$
 - Depende da latitude e da velocidade do movimento da parcela de ar
 - Quanto maior a latitude, maior a força de Coriolis
 - zero no equador, máxima nos pólos
 - Quanto maior a velocidade, maior a força de Coriolis
- Direção
 - A força de Coriolis sempre age perpendicularmente à direção do movimento
 - Para a direita no hemisfério norte
 - Para a esquerda no hemisfério sul

Força de Coriolis

MOVIMENTO ZONAL

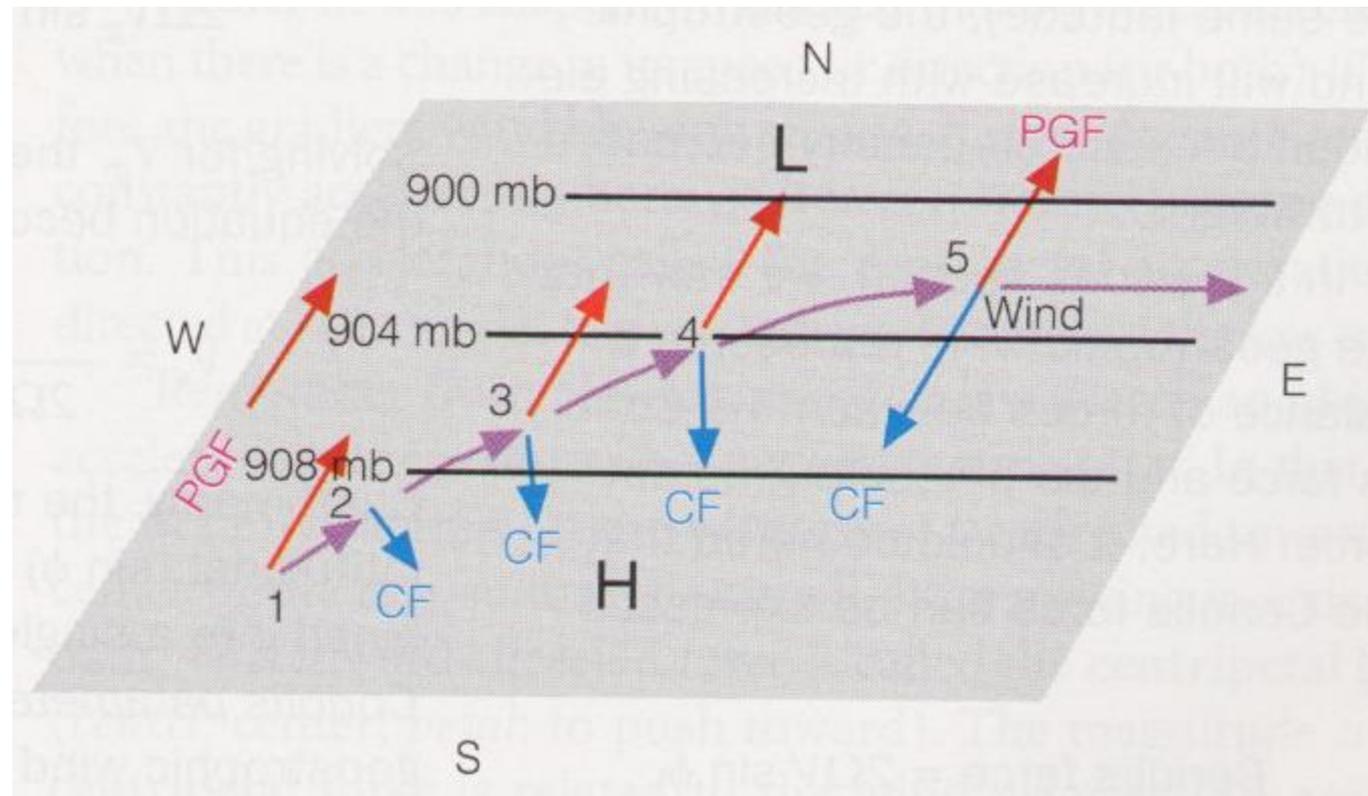
- se a parcela se desloca para **leste**, apresenta q maior que a superfície da Terra, portanto, é desviada para uma latitude com **raio maior**

$$q = m * v$$

- se a parcela se desloca para **oeste**, apresenta q menor que o da Terra, portanto, é desviada para uma latitude com **raio menor**

Força de Coriolis

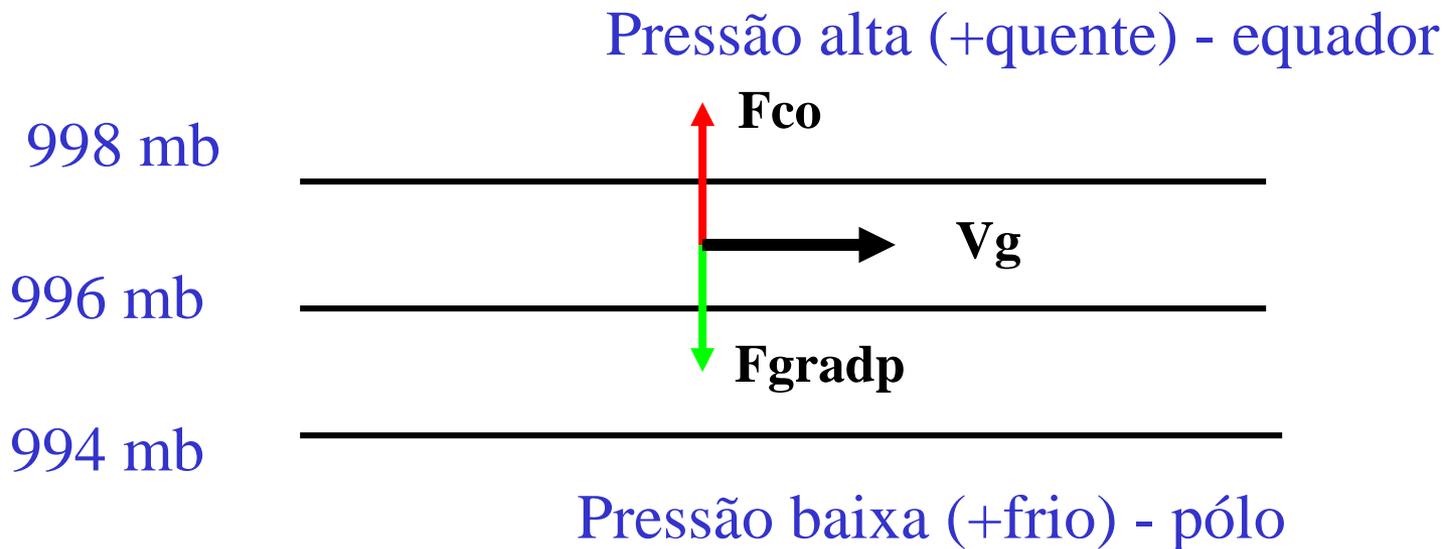
- Age para a direita no HN e para a esquerda no HS
- Mais intensa para ventos mais fortes



Vento Geostrófico

O vento geostrófico é o escoamento paralelo às isóbaras, no qual a força do gradient horizontal de pressão é balanceada pela força de Coriolis

HS



Nota: O escoamento **Geostrófico** é uma boa aproximação para a atmosfera superior (> 5000 m)

Força Centrífuga – F. aparente

- Quando vista de um **referencial fixo** (estrelas fixas), uma bola presa por uma corda é acelerada para o centro de rotação (aceleração centrípeta).
- Quando vista de um **referencial em rotação**, esta aceleração para dentro (provocada pela linha que puxa a bola – F. centrípeta) sofre uma força aparente no sentido oposto (força centrífuga).

Força Centrípeta e Centrífuga

- Magnitude
 - Depende do raio de curvatura do caminho curvo da parcela de ar
 - Depende da velocidade da parcela de ar

$$a_c = V^2/R$$

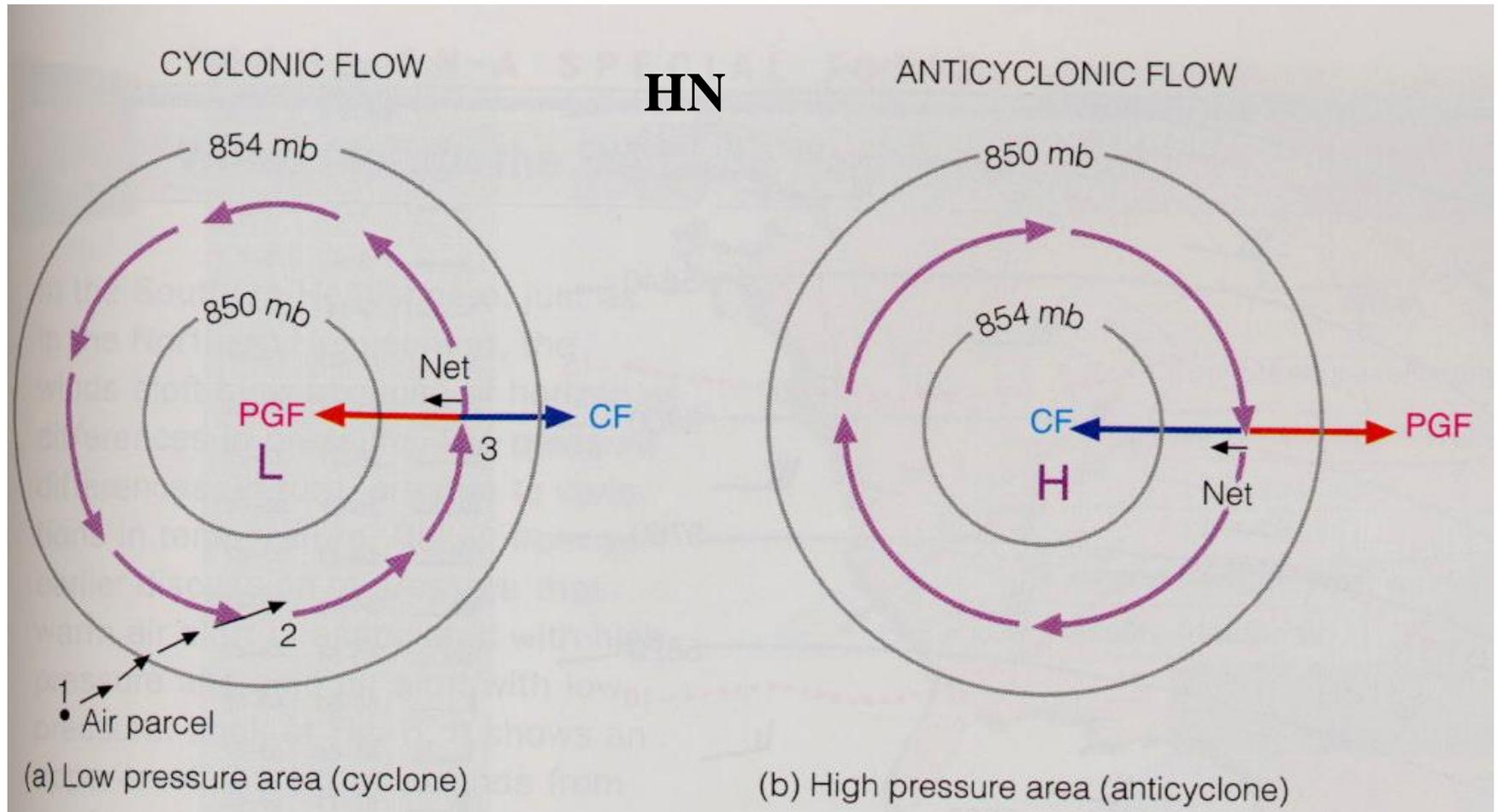
- Direção
 - Ângulo reto com relação à direção do movimento

Vento Gradiente

- O Vento Gradiente é o escoamento em torno de um caminho curvo resultante do balanço entre três forças:
 1. Força do Gradiente de Pressão
 2. Força de Coriolis
 3. Força Centrípeta
- É importante próximo a centros de altas e baixas

Vento Gradiente

desbalanço entre pressão e coriolis



A Fricção é importante próximo à superfície da Terra

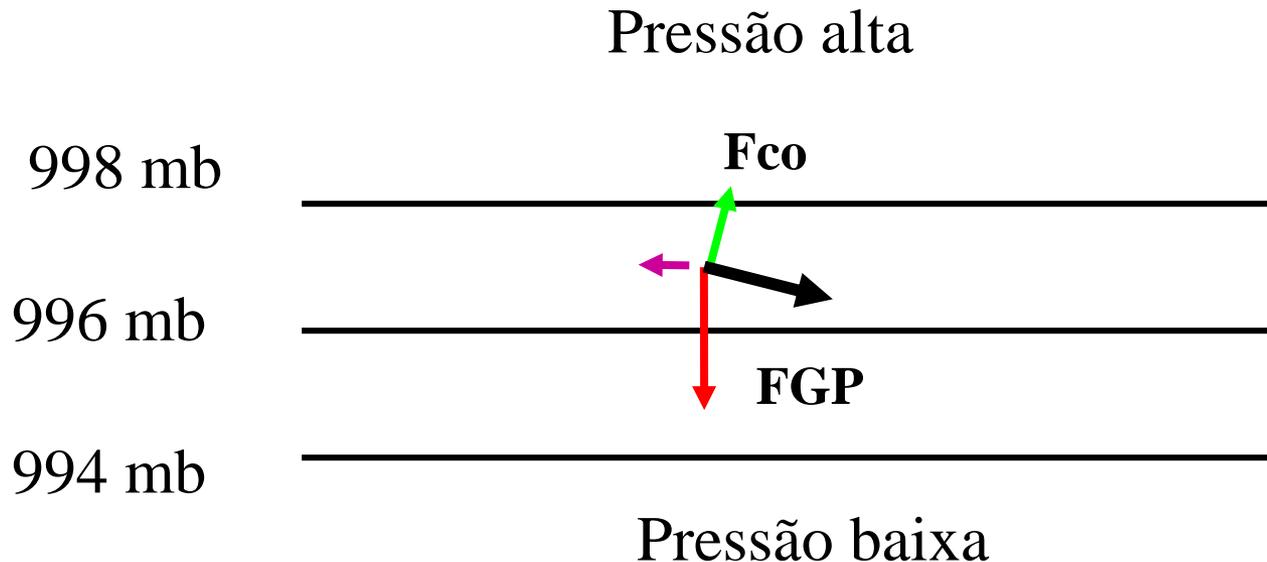
- O arrasto friccional exercido pela superfície diminui a velocidade do vento
 - Magnitude
 - Depende da velocidade da parcela de ar
 - Depende da rugosidade do terreno
 - Depende de quão uniforme é o campo do vento
 - Direção
 - Age sempre na direção oposta ao movimento da parcela
 - Importante na *camada de fricção* (camada limite planetária)
 - $z \sim < 1000$ metros na atmosfera

O que acontece quando adicionamos fricção ao balanço?

- A fricção diminui a velocidade do vento, sem mudar a direção
- Portanto, se a velocidade do vento diminui com a fricção, a força de Coriolis não estará em balanço com a força do gradiente de pressão
 - Imbalanço ($FC < FGP$) empurra o vento na direção da baixa pressão
 - O ângulo com o qual o vento cruza as isóbaras depende da rugosidade da superfície
 - valor médio ~ 30 graus

Vento Geostrófico com fricção

HS



O vento não sopra paralelamente às isóbaras por muito tempo, mas é desviado na direção da baixa pressão; isto acontece próximo da superfície onde o terreno e a superfície provocam fricção.

Vento e movimento vertical

- Vento na superfície sopra
 - em direção ao centro da baixa pressão (convergência)
 - para fora do centro de alta pressão (divergência)
- O ar move-se verticalmente para compensar a convergência ou divergência superficial
 - Convergência na superfície leva a divergência em altos níveis
 - Divergência na superfície leva a convergência em altos níveis

