

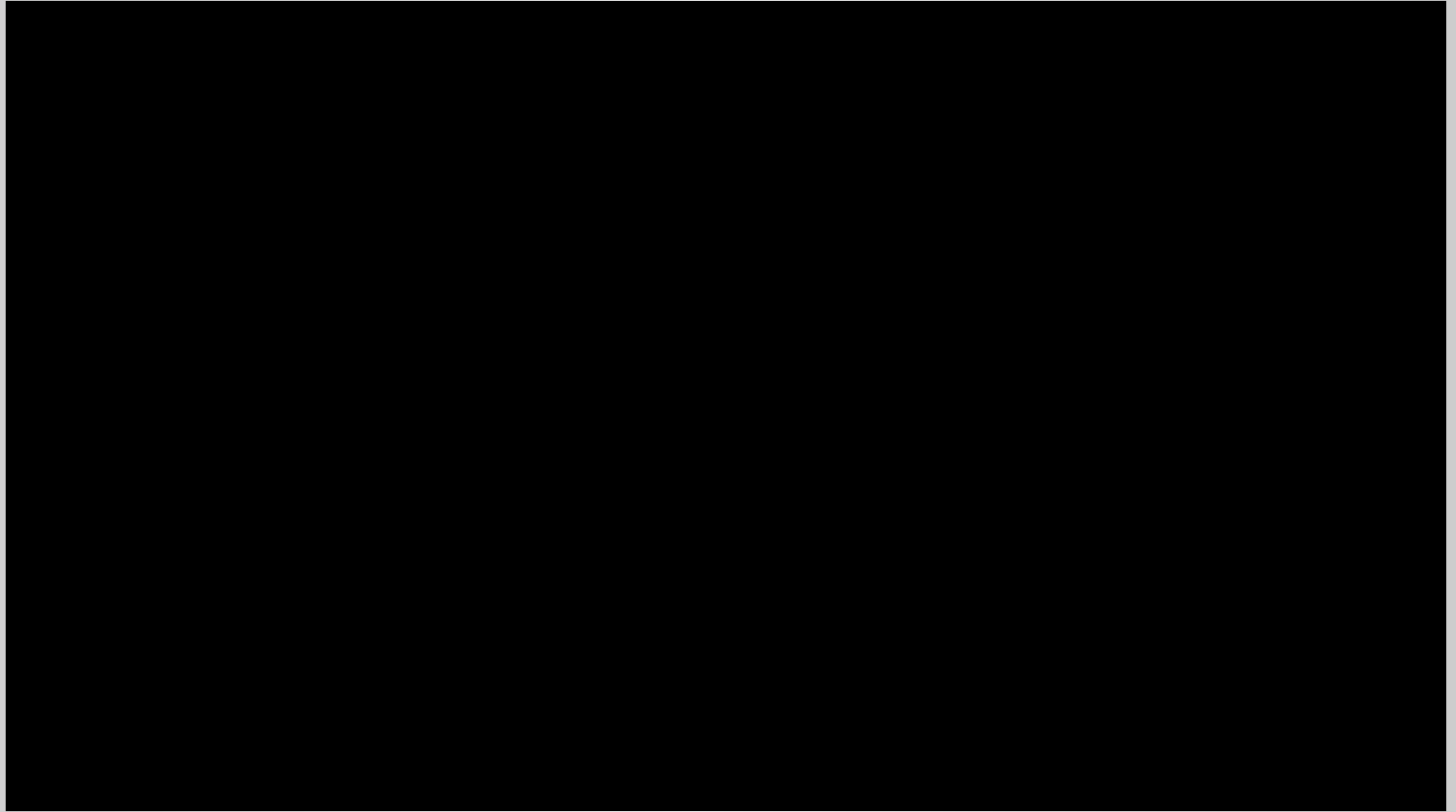
# Oceanografia Física

## parte 2: Circulação oceânica

PPG em Oceanografia Física, Química e Geológica  
2015

Mauricio M. Mata  
Instituto de Oceanografia, FURG

# O Oceano em movimento...



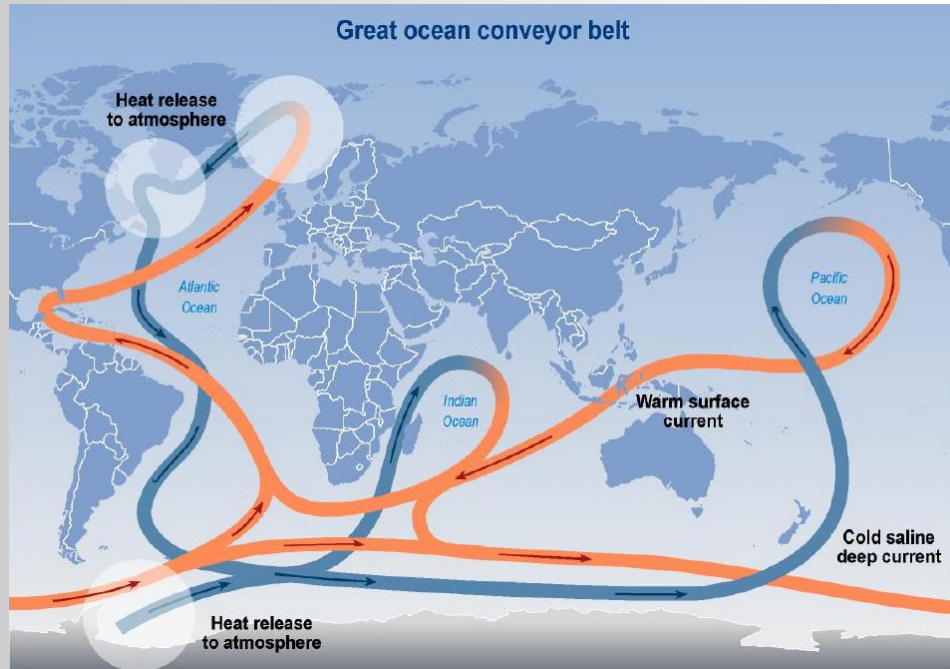
# Tópicos a serem abordados

- As escalas envolvidas;
- A Radiação eletromagnética, cinturões de pressão atmosférica;
- As principais forçantes da circulação oceânica;
- Circulação termohalina e *Conveyor Belt*.
- Circulação do Oceano Atlântico

# Introdução

- Os primeiros três metros dos oceanos armazenam a mesma quantidade de calor que toda a atmosfera. Este calor é liberado e reabsorvido regularmente em um ciclo do oceano para atmosfera e vice-versa. Conseqüentemente, é fundamental o conhecimento da circulação oceânica para o para que o regime climático dos nosso planeta (e suas mudanças) possa ser compreendido em escalas temporais da ordem de décadas. Em escalas menores, padrões atípicos na taxa e tamanho desta interação oceano-atmosfera pode causar eventos meteorológicos extremos (furacões, enchentes, secas, etc).

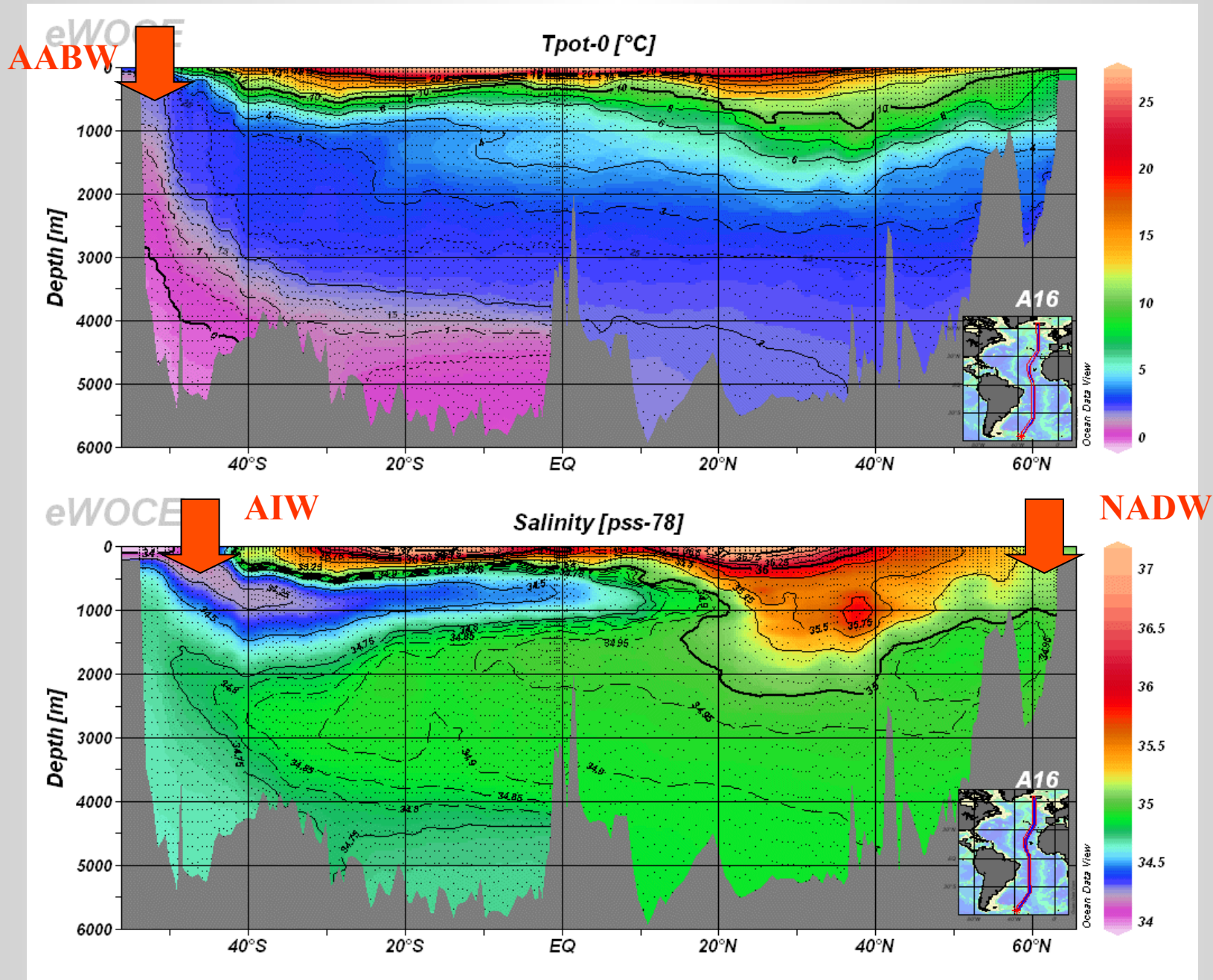
### Great ocean conveyor belt

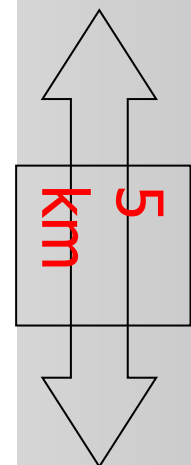
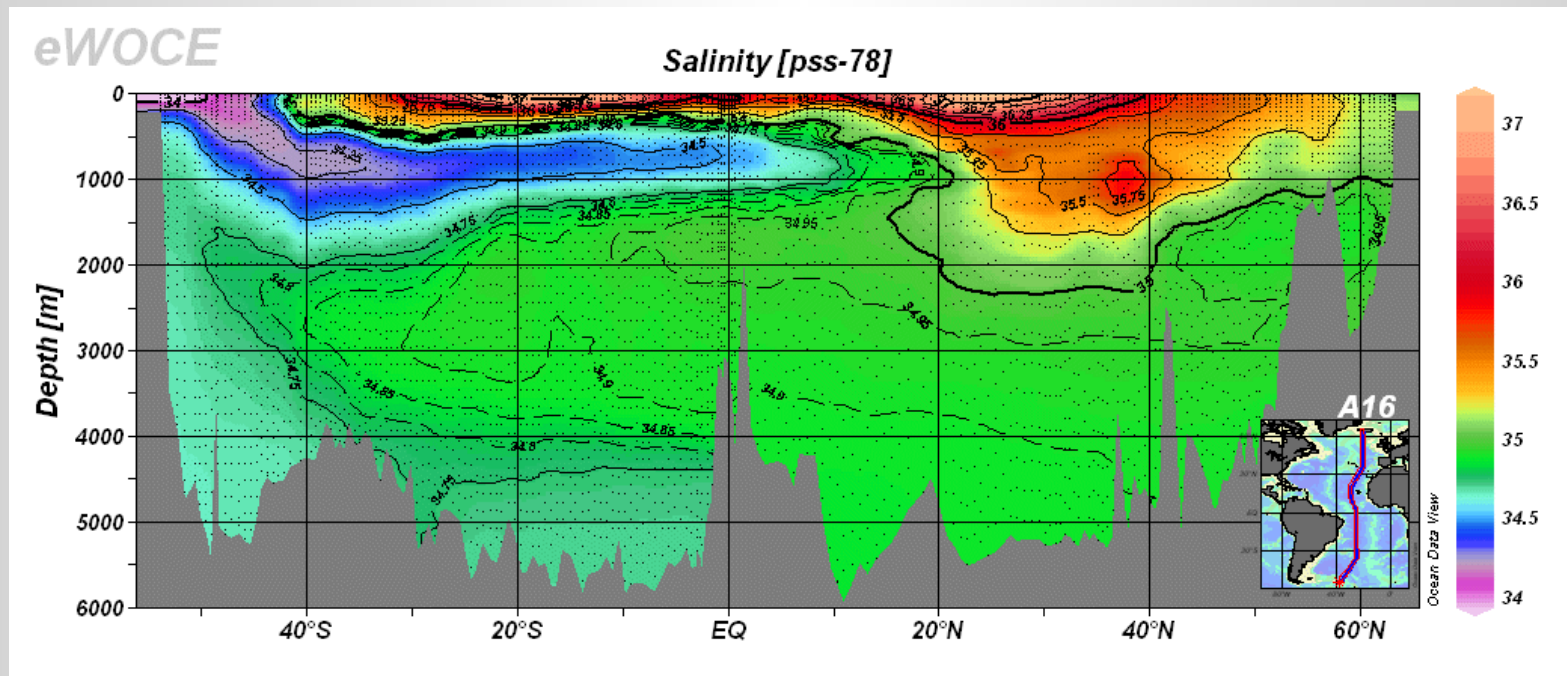
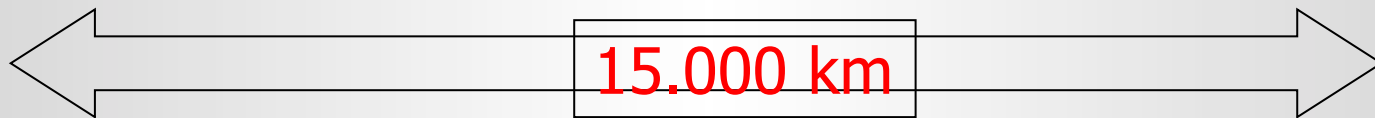


Escalas: “A Terra é uma bola de futebol molhada”. D. Olbers



# Atlantic WOCE A16 Section – Theta e Salinidade



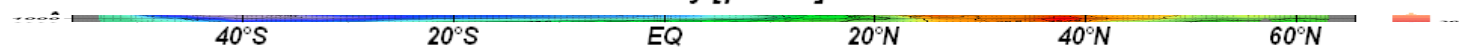




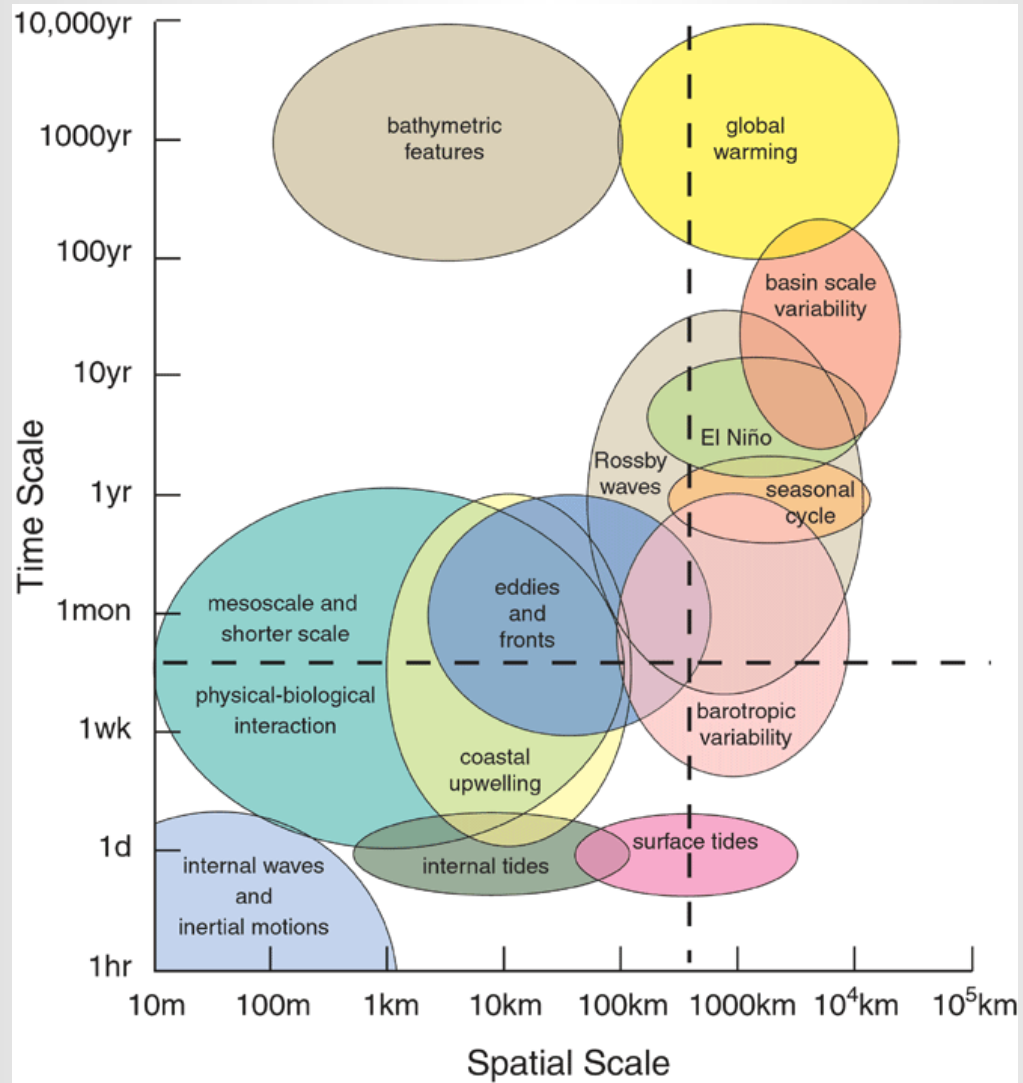


eWOCE

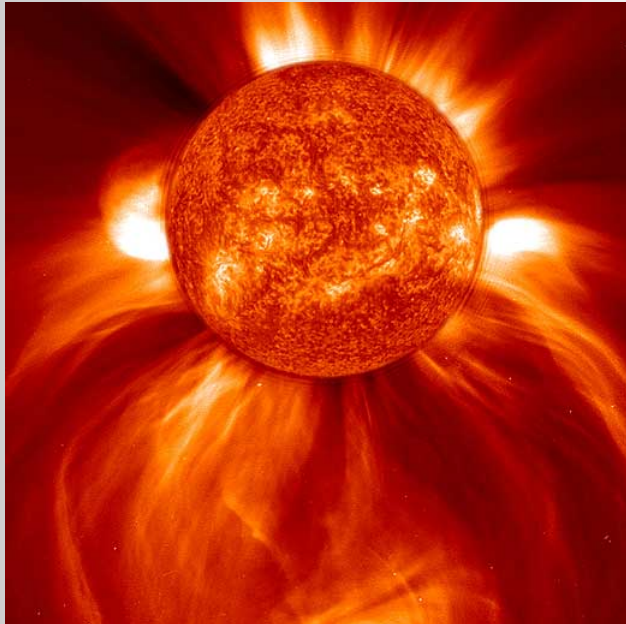
Salinity [pss-78]



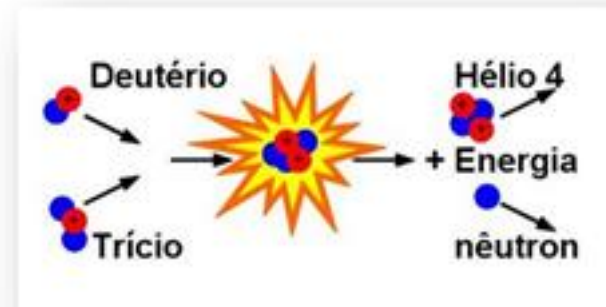
# Escalas x Movimentos Oceânicos



# A origem

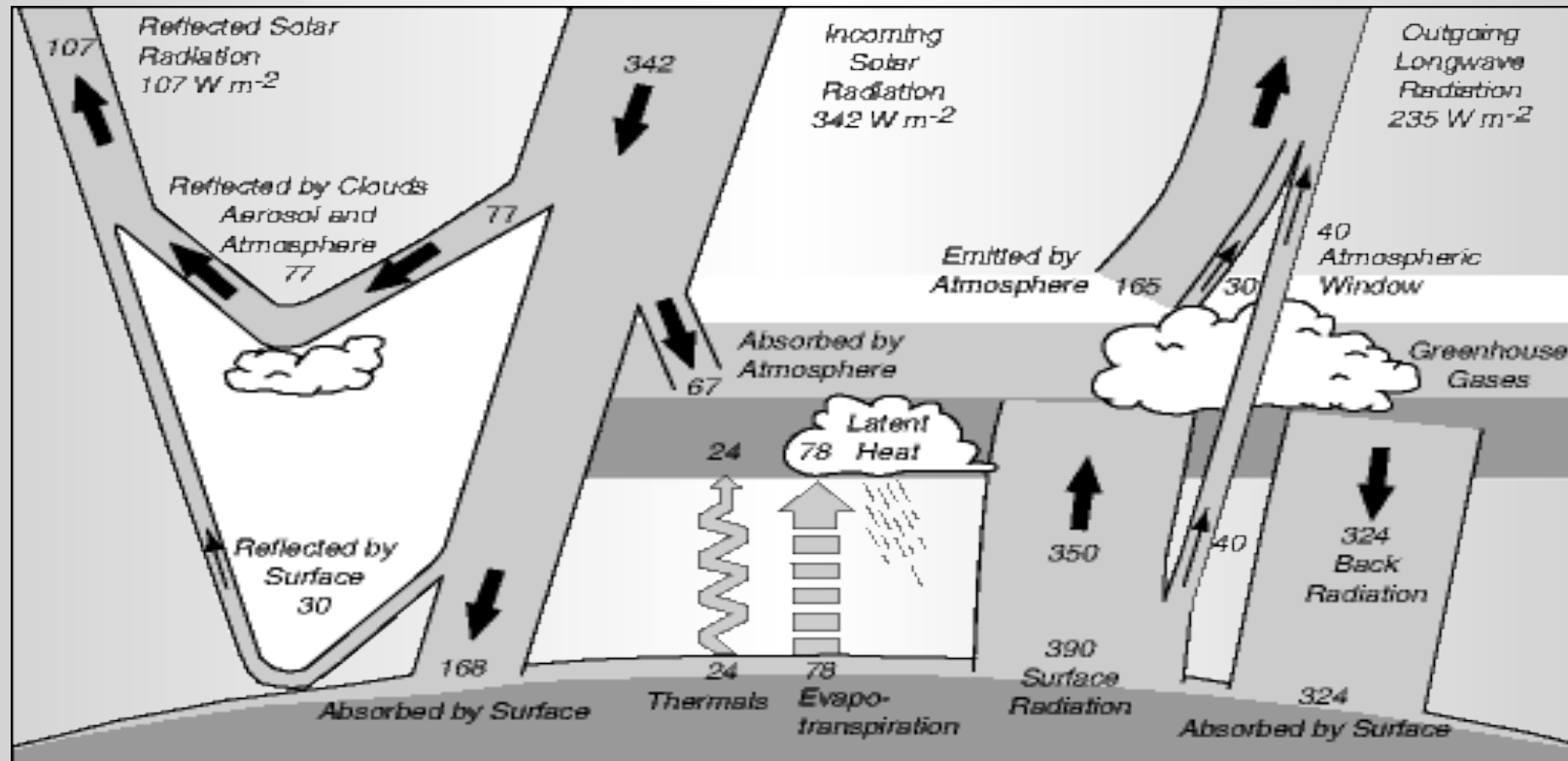


## Fusão Solar



Os gases de hidrogênio (deutério e o trítio, isótopos do hidrogênio) se chocam e formam o hélio e uma partícula atômica chamada de nêutron. Como há uma pequena perda de massa no meio do processo, ela se torna uma quantidade de energia enorme e juntando com a alta temperatura do sol no núcleo, que é aproximadamente  $15,7 \times 10^6$  K (Kelvin), ela continua o processo de fusão dos gases de hidrogênio formando o hélio até acabar a sua matéria-prima (este processo levará cerca de 7 bilhões de ano).

# Balanço de Calor



The mean annual radiation and heatbalance of the earth. From Houghton et al. (1996: 58), which used data from Kiehl and Trenberth (1996).

# Forças que atuam nos oceanos

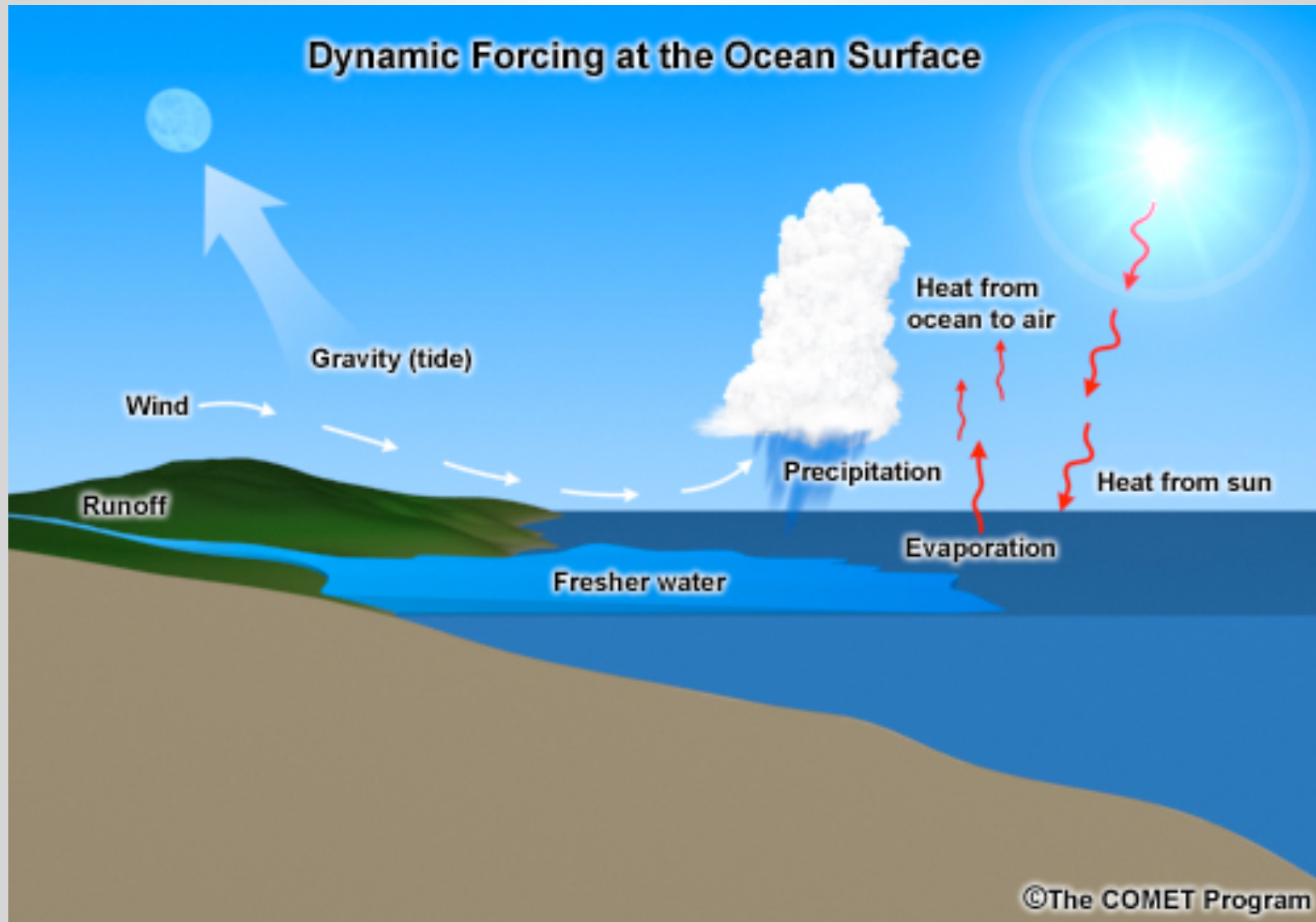
## – PRIMÁRIAS

- Cisalhamento do Vento (wind stress)
- Gradiente de Pressão / Densidade
- Gravidade

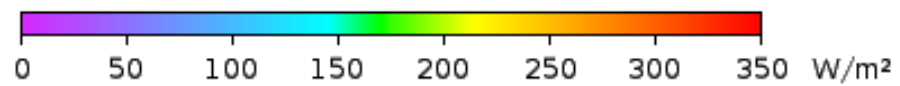
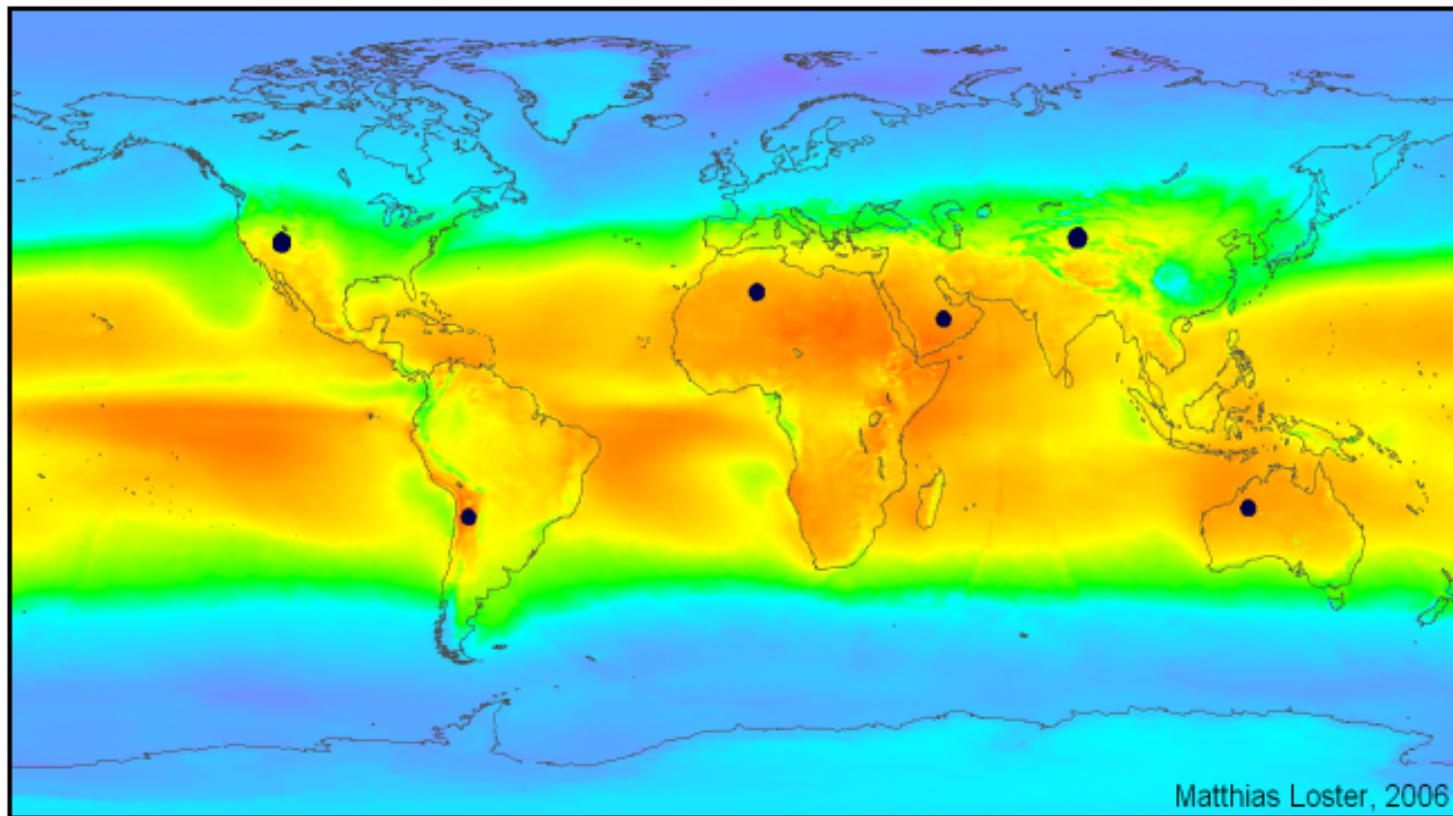
## – SECUNDÁRIAS

- Coriolis
- Atrito / Fricção

# Dynamic Forcing at the Ocean Surface

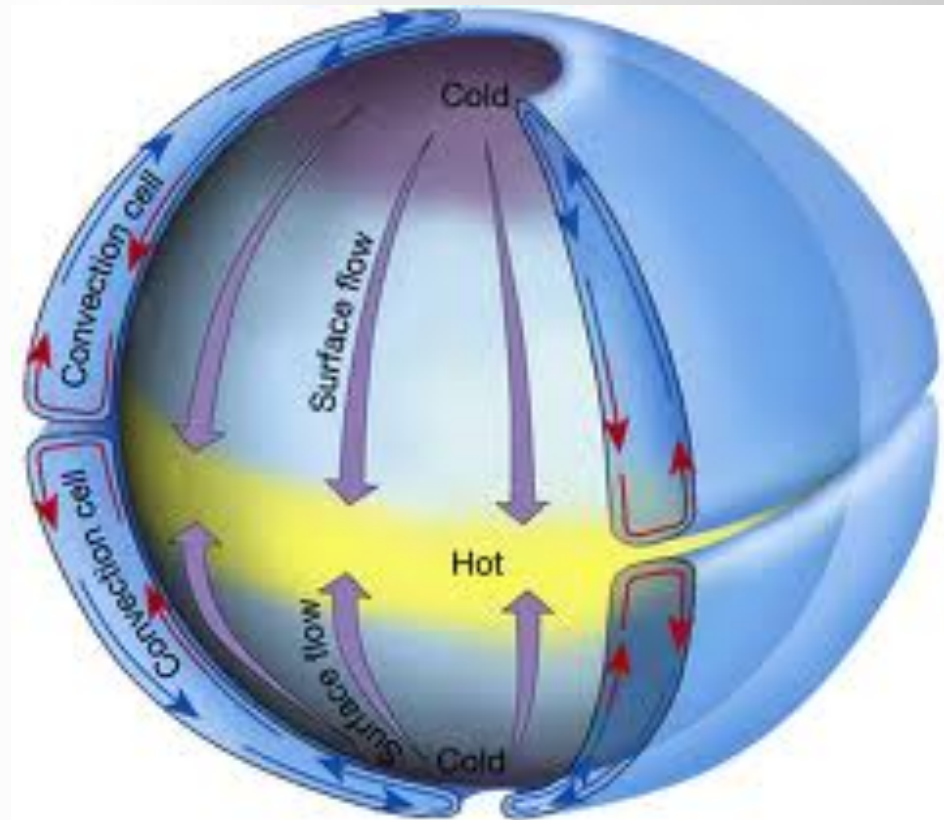
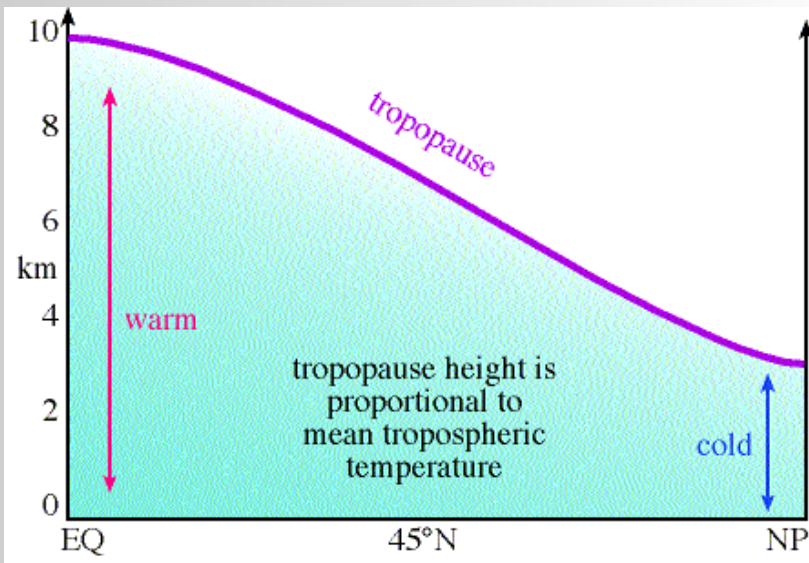


## Insolação média (1991 -1993)



$\Sigma \bullet = 18 \text{ TWe}$

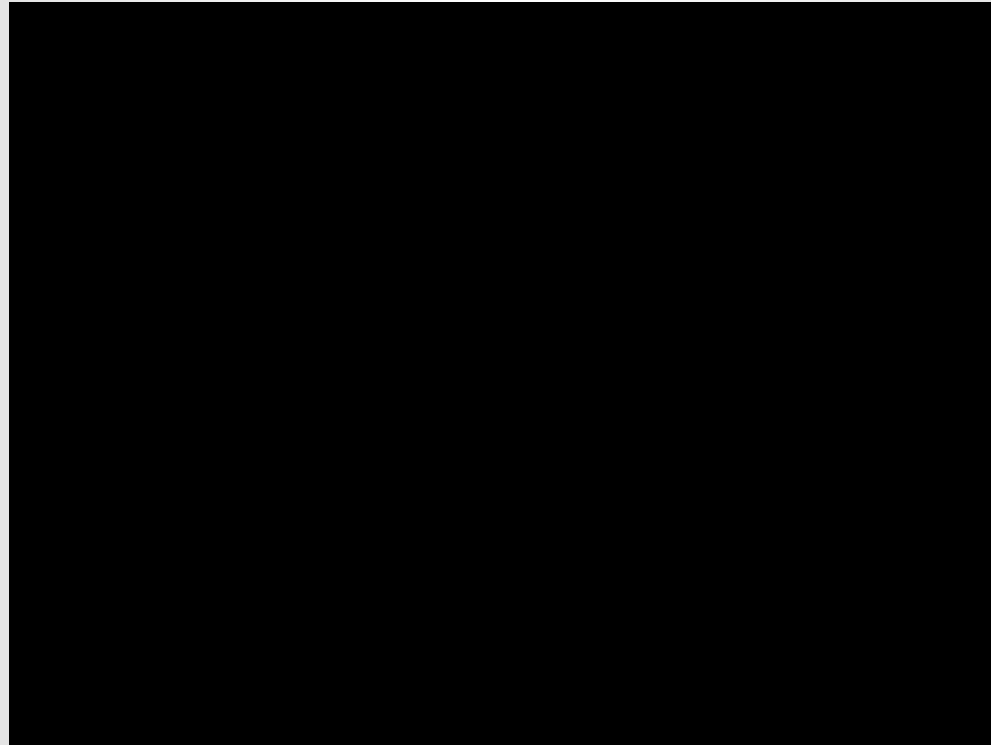
## Altura da troposfera

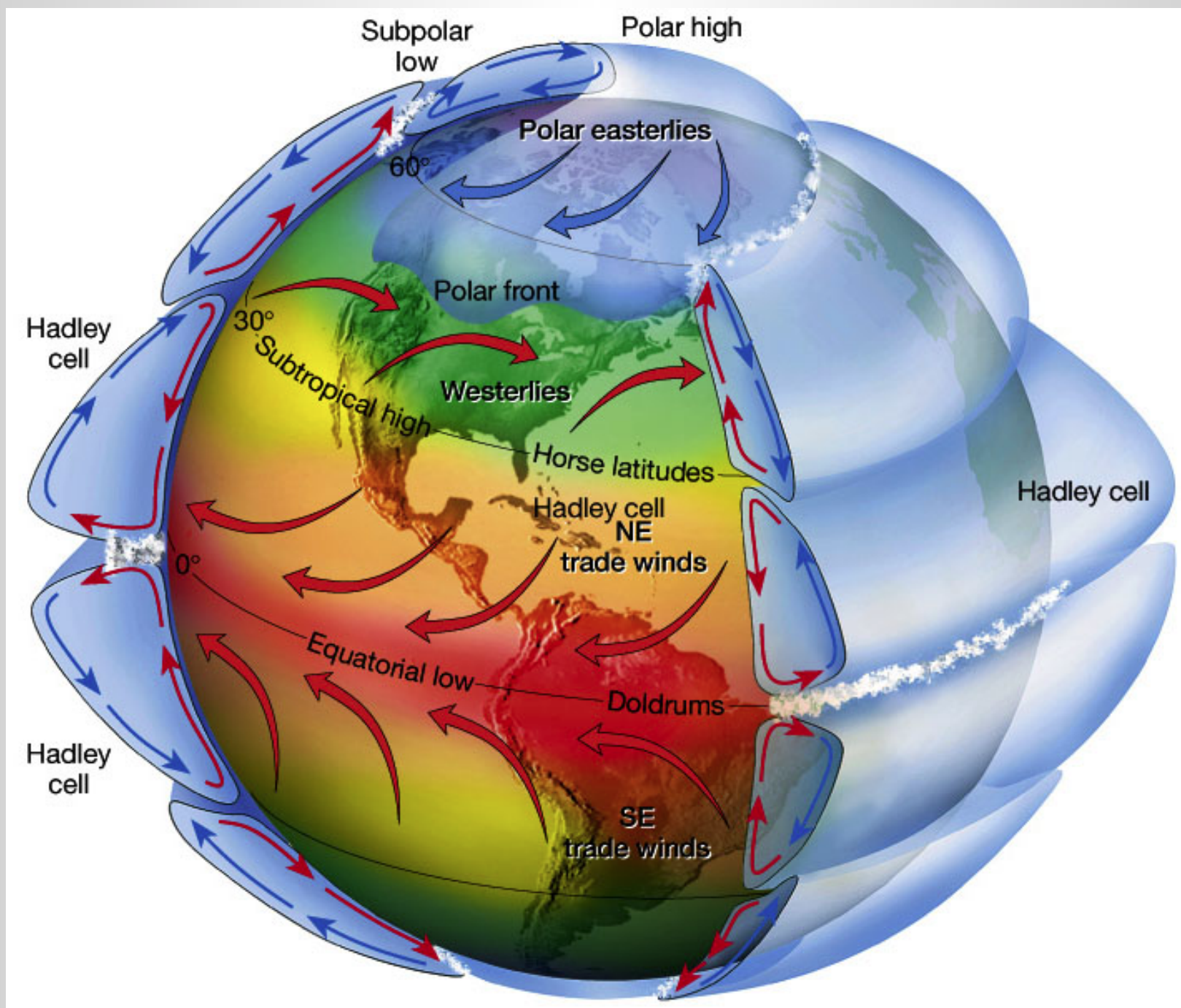


Circulação atmosférica (sem rotação)

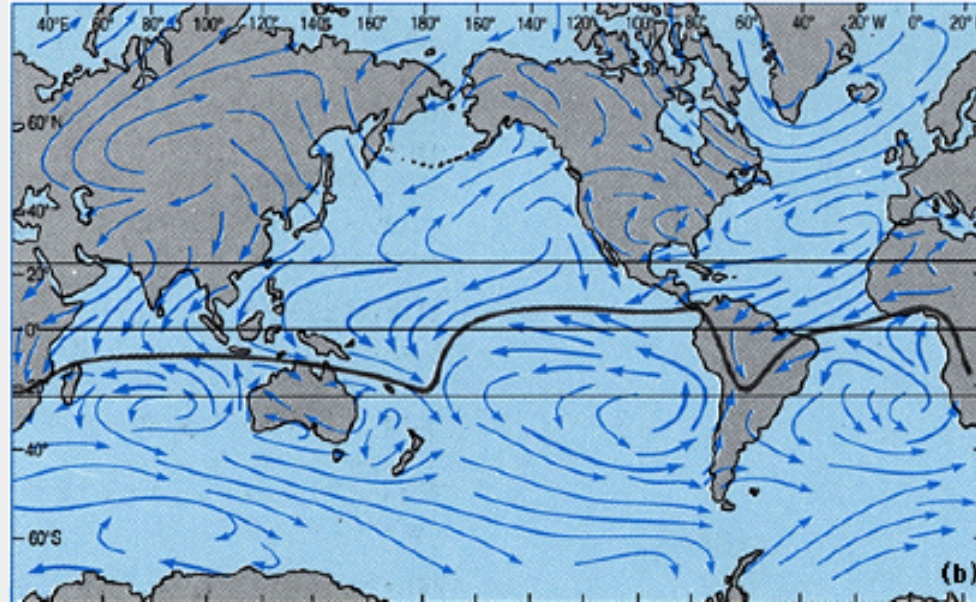


# Força de Coriolis

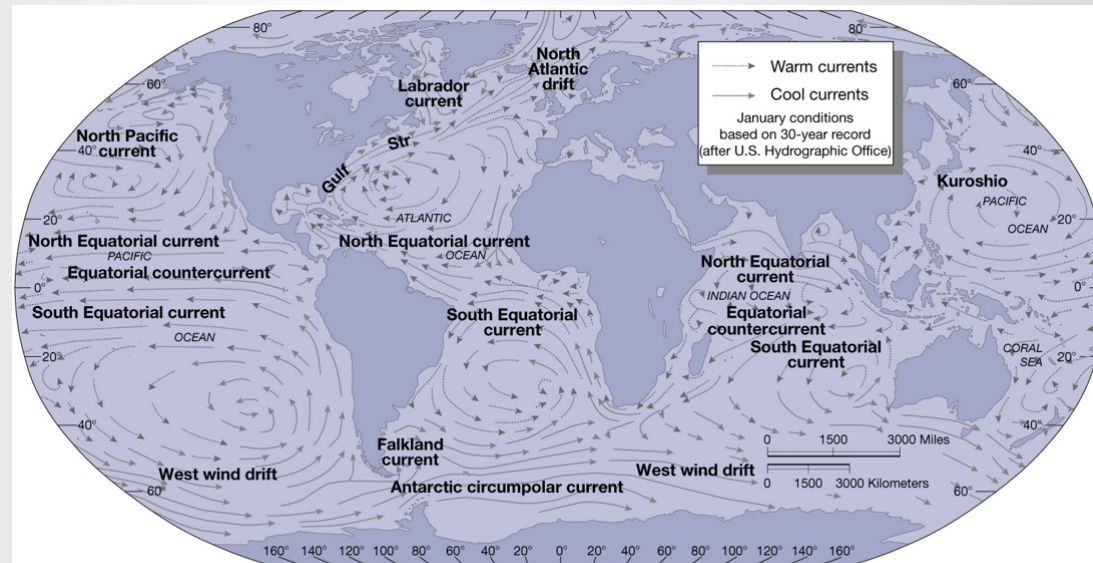




# Padrão superficial de ventos - Janeiro



## Correntes Oceânicas Superficiais



Copyright © 2004 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Giros Oceânicos

- Giros Subtropicais
  - Centrados aprox.  $30^{\circ}$  N / S
- Sistema Equatorial de Correntes
- Corrente de Contorno Oeste
- Correntes Oceânicas em Latitudes Médias
- Correntes de Contorno Leste

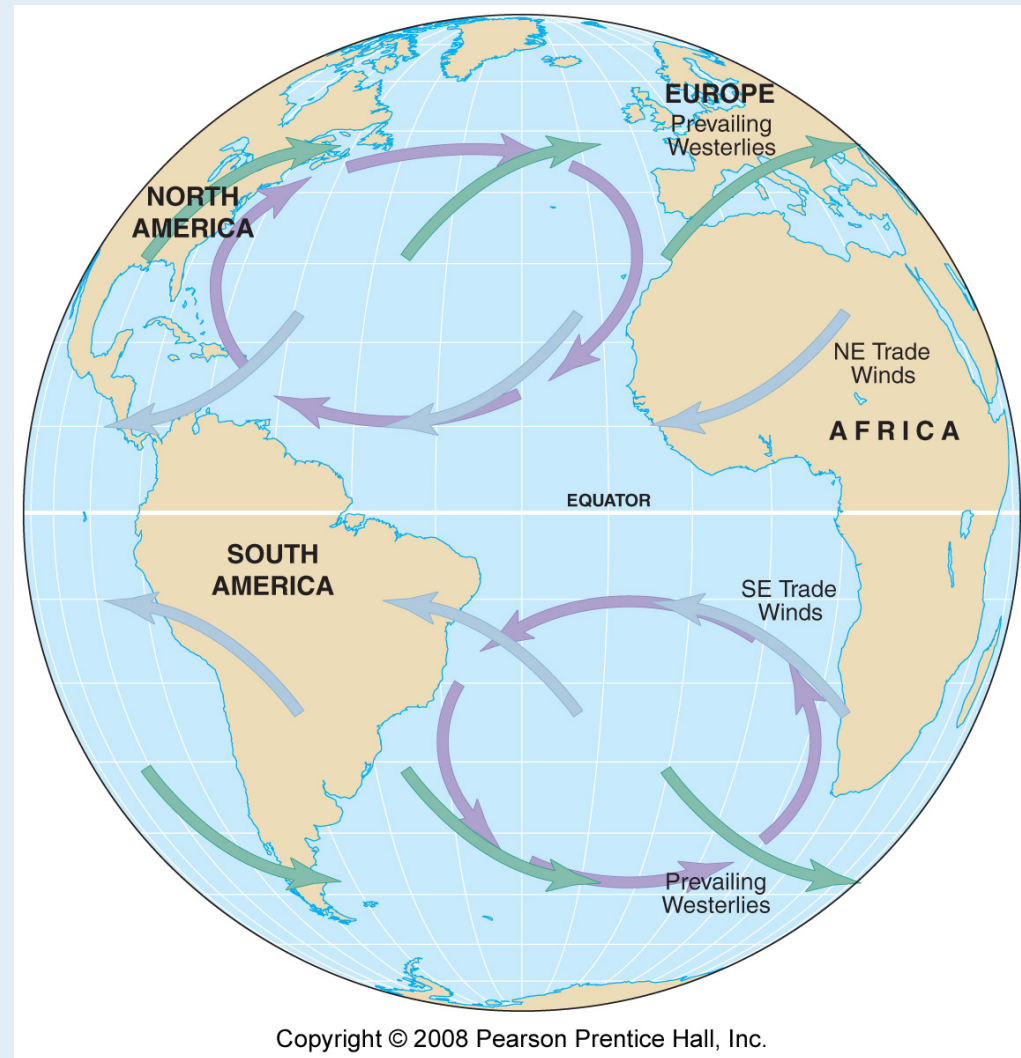
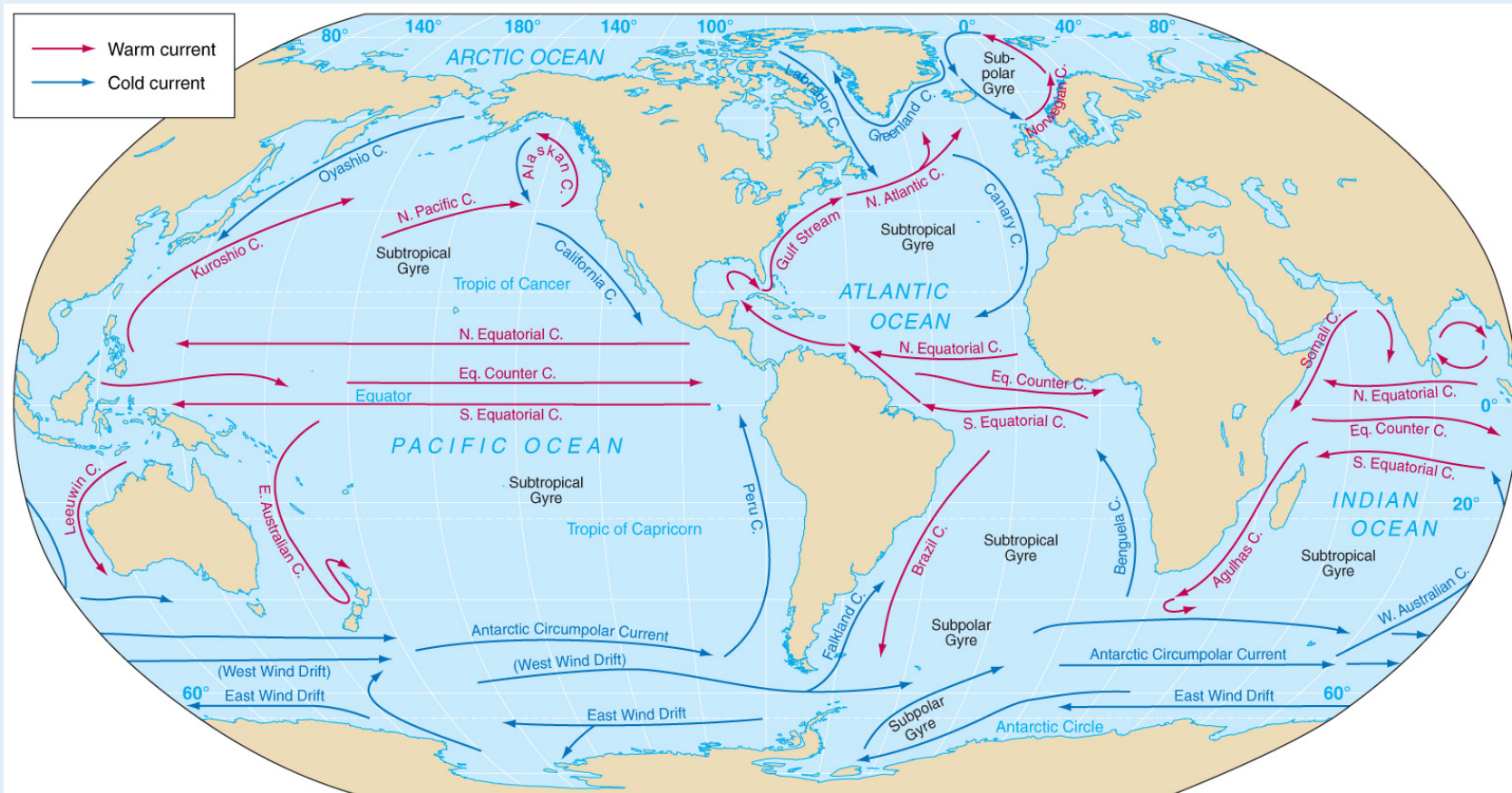


Fig. 7.4

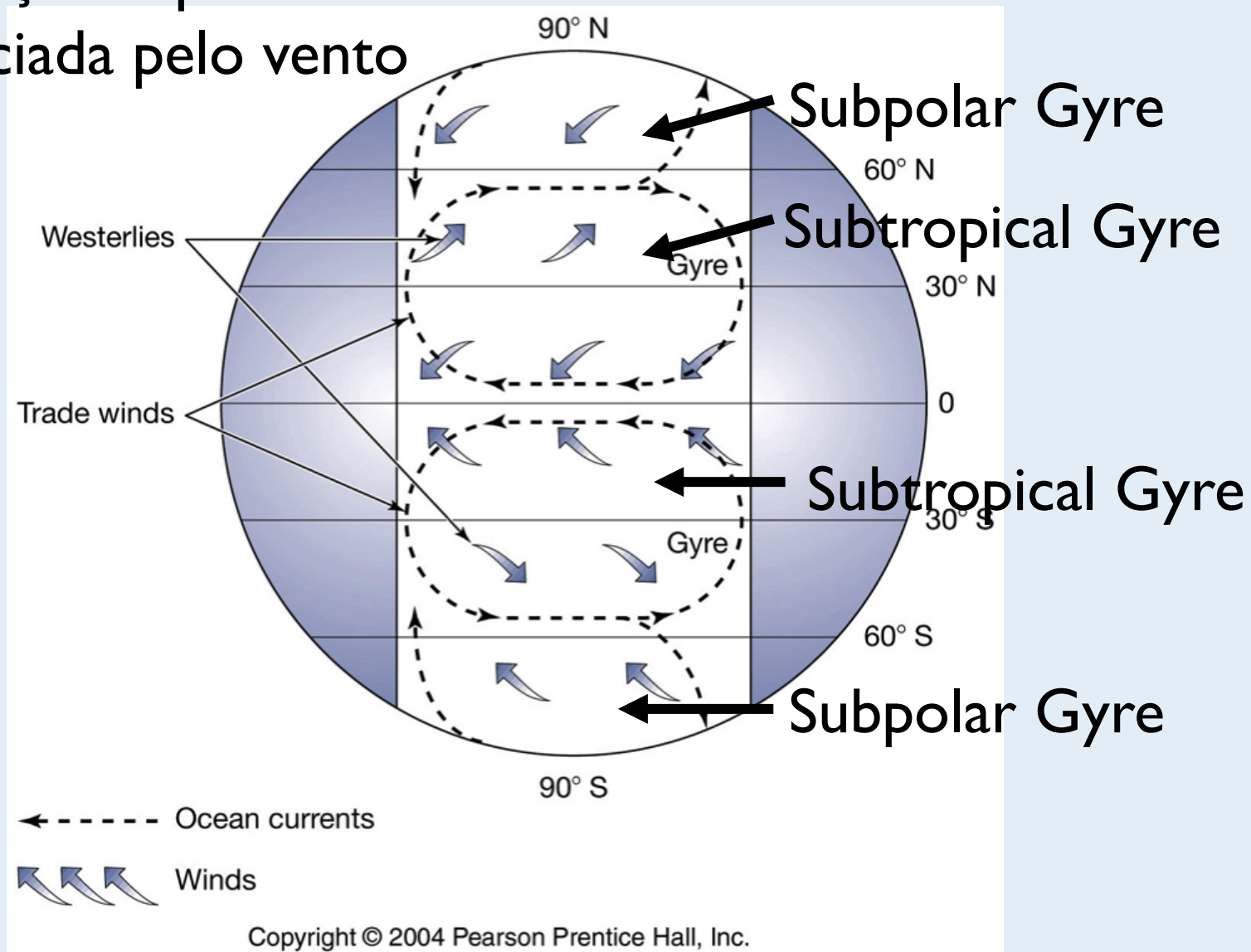
# Outras Correntes de Superfície

- Contra-Correntes Equatoriais
- Giros Subpolares



Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Esquema simplificado da Circulação superficial influenciada pelo vento

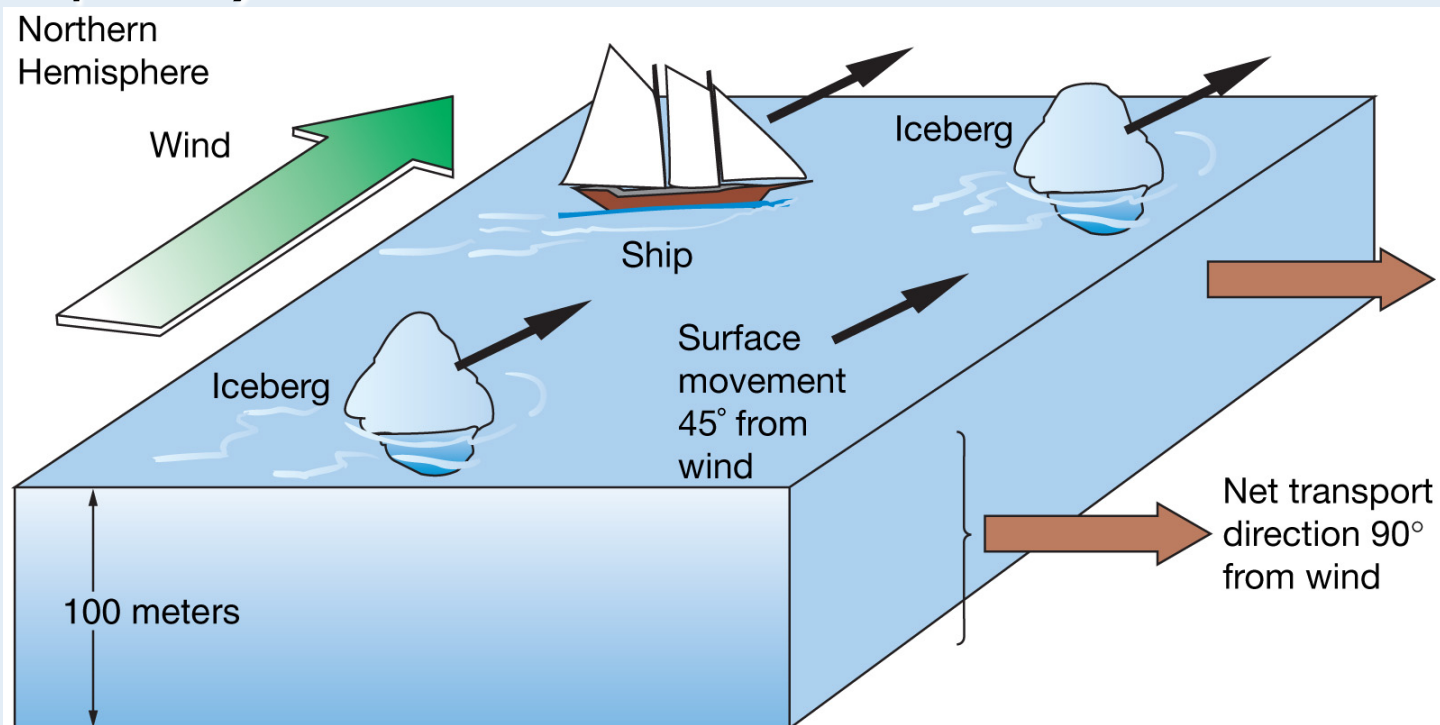


# Como o oceano responde a ação dos ventos em superfície ?

- O Modelo de Ekman;
- Geostrofia

# O Modelo de Ekman

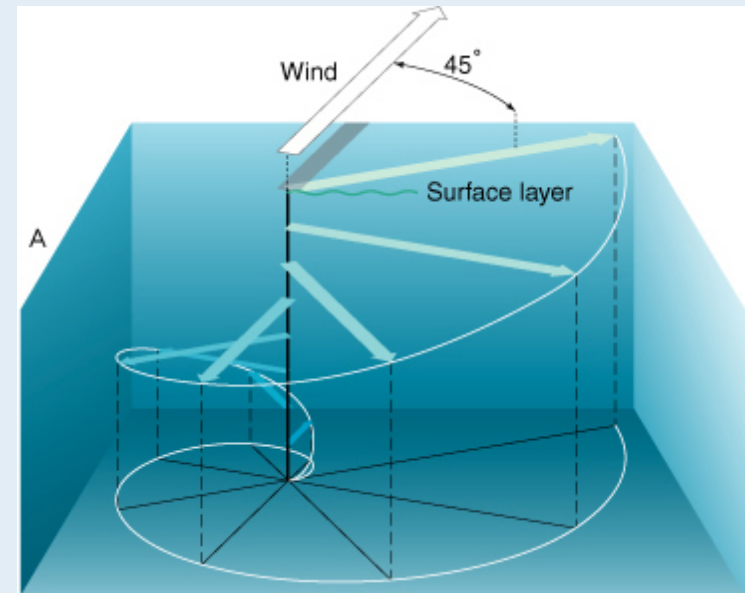
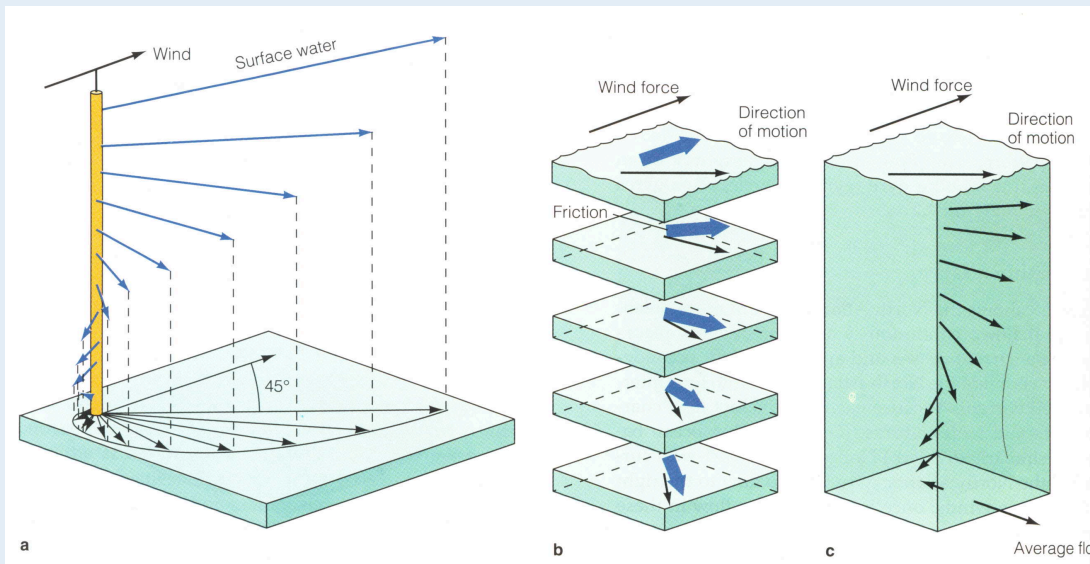
- Observação: correntes superficiais movem-se em um ângulo em relação ao vento **local**.
- Ekman spiral describes speed and direction of seawater flow at different depths
- Each successive layer moves increasingly to right (N hemisphere)





# Espiral de Ekman

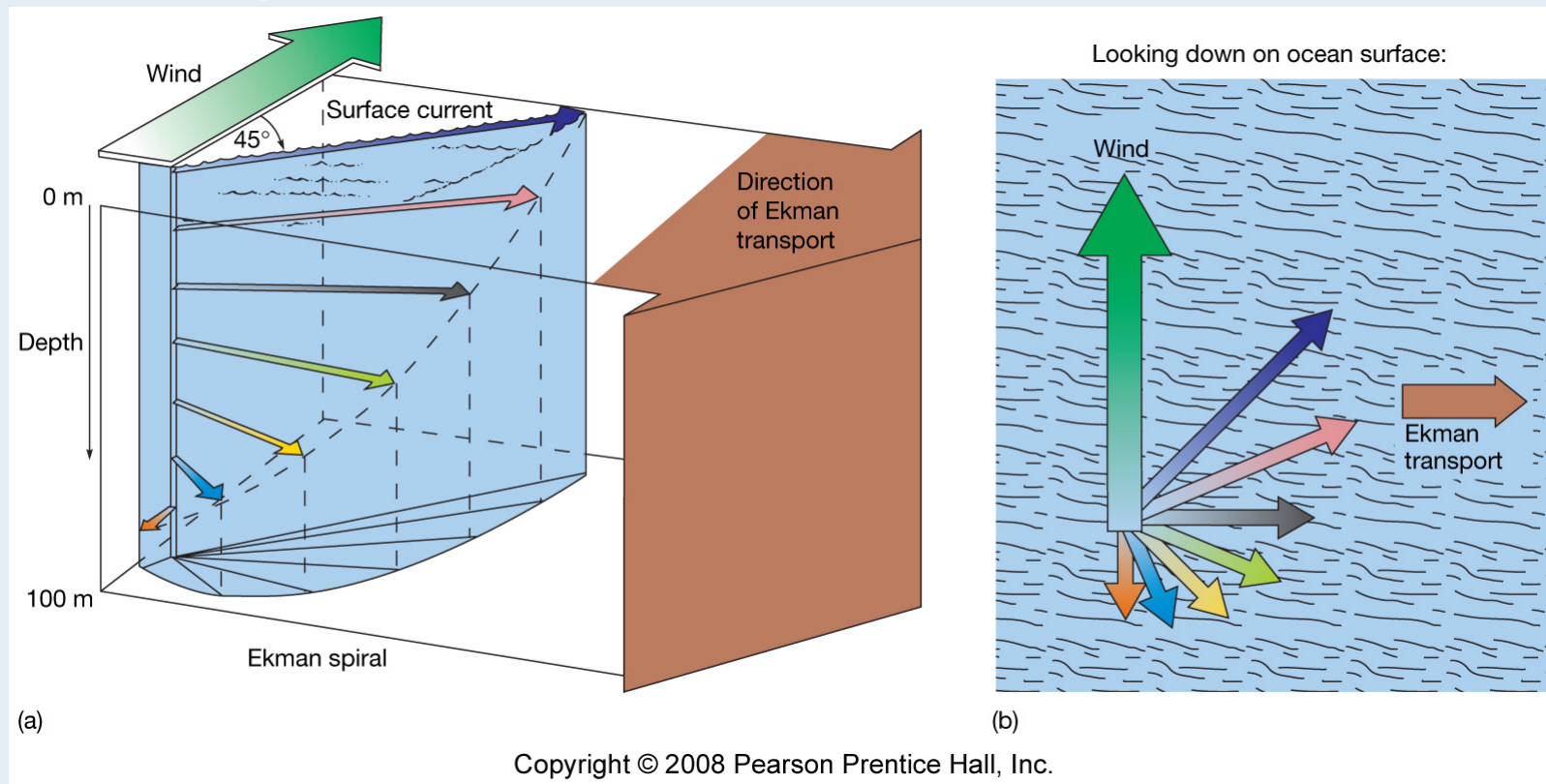
- Descreve a velocidade e direção da corrente forçada pelo vento em diferentes camadas;
- Cada camada gira mais à direita (esquerda) quando no Hemisfério Norte (Sul).





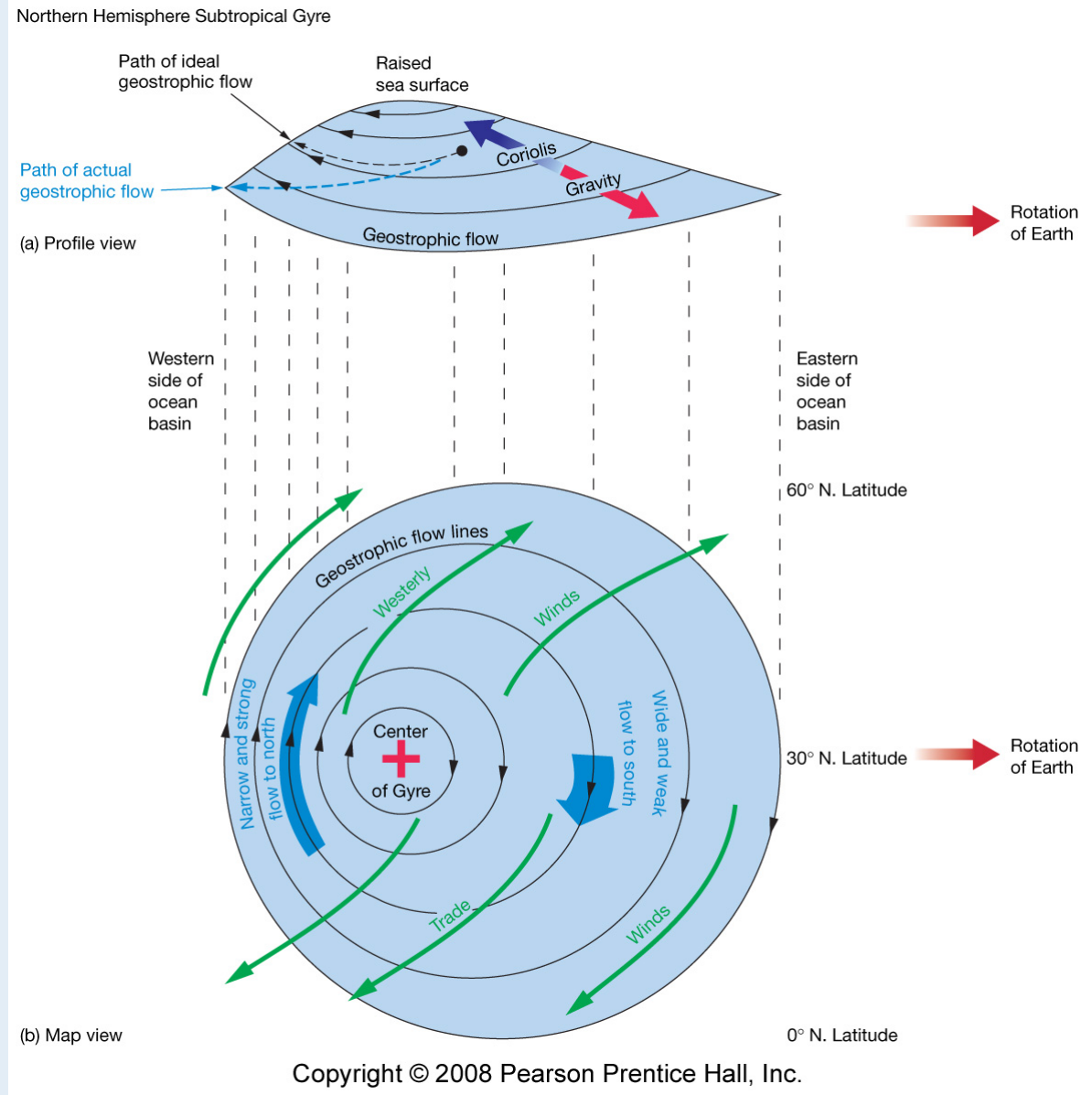
# Transporte de Ekman

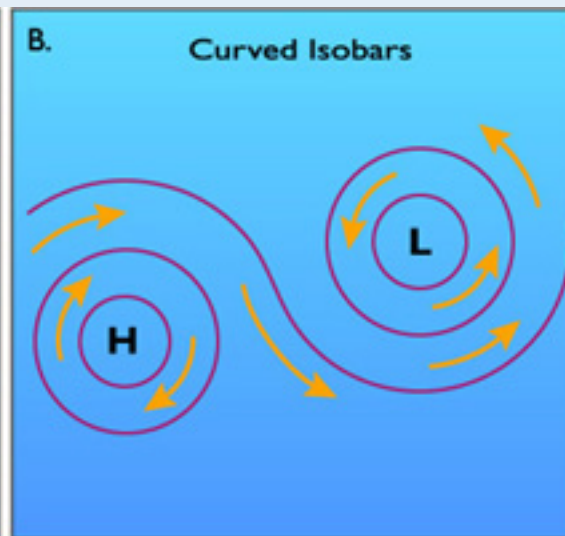
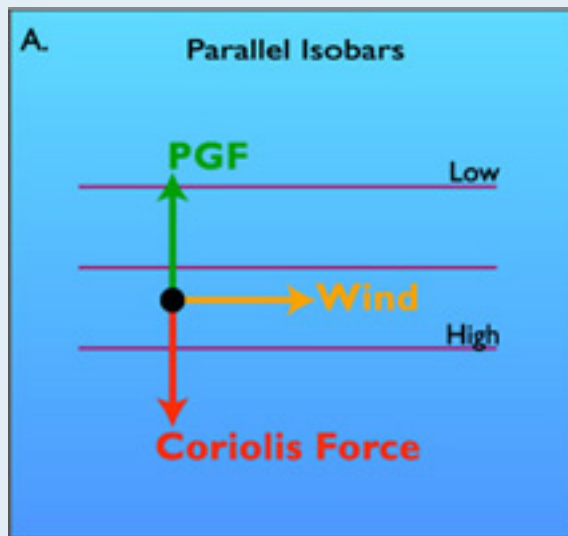
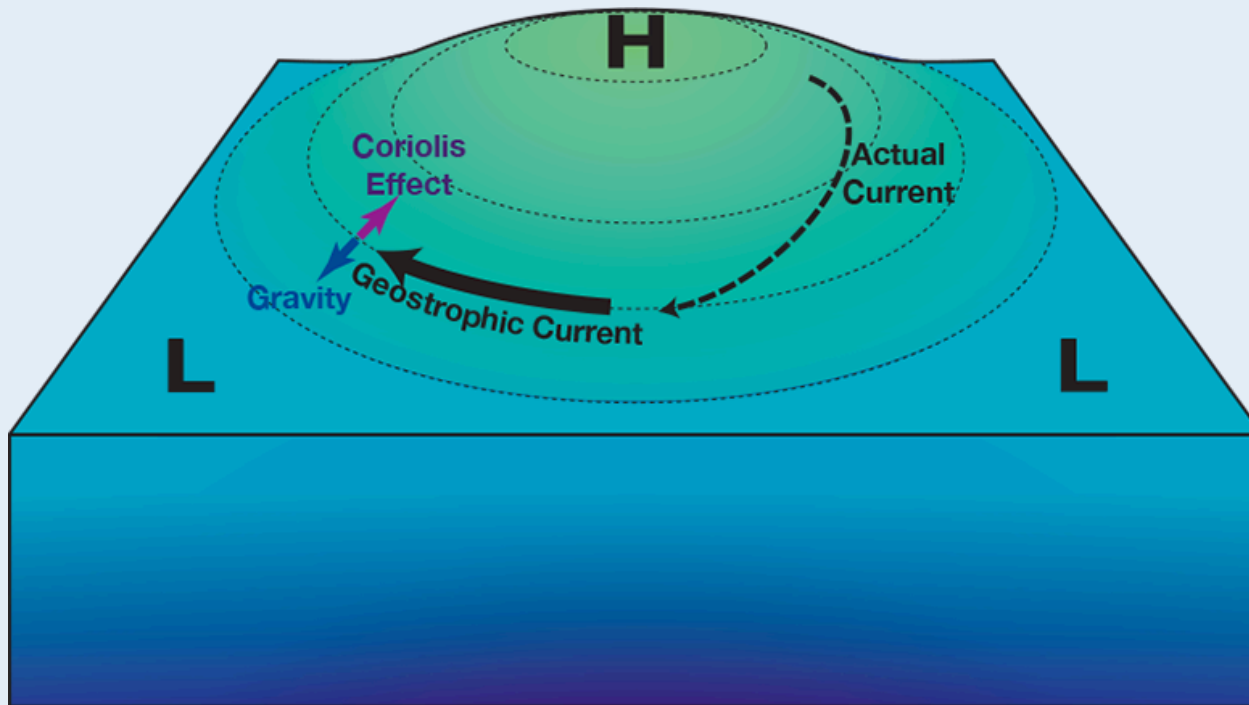
- Movimento resultante da coluna d'água sob a influencia do vento;
- $90^\circ$  à direita do vento no HN
- $90^\circ$  à esquerda do vento no HS



# Geostrofia

- Através do mecanismos do Transporte de Ekman a água é empilhada no interior dos Giros subtropicais;
- A tendência, então, é que ela flua no sentido para fora dos giros (gravidade/pressão);
- À medida que a água se movimenta sofre ação da rotação da Terra (Coriolis)
- O movimento resultante entre o balanço entre o GP e Coriolis gera o movimento **Geostrofico** em torno do centro do Giro subtropical.



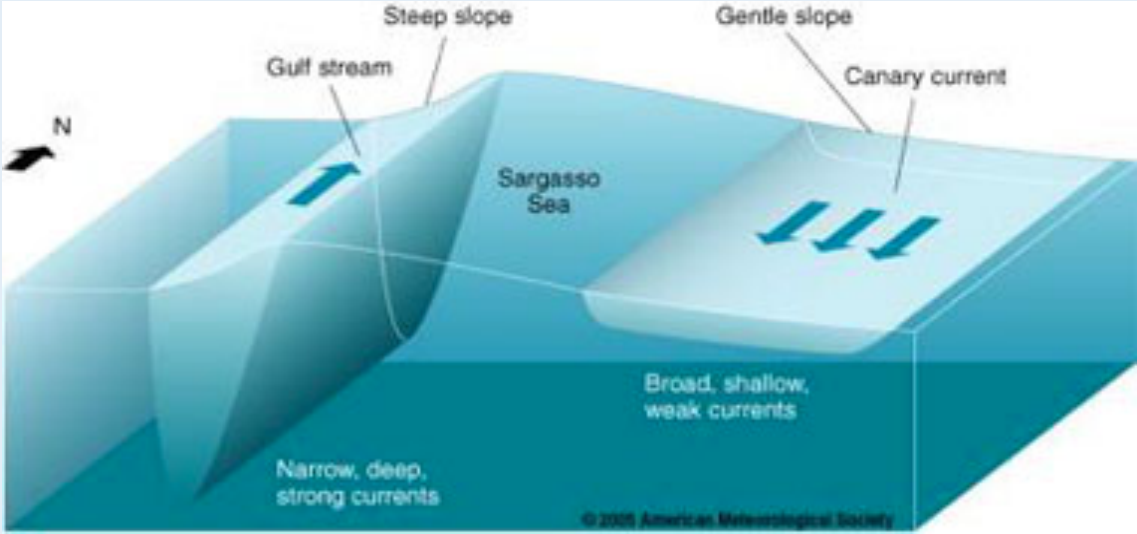
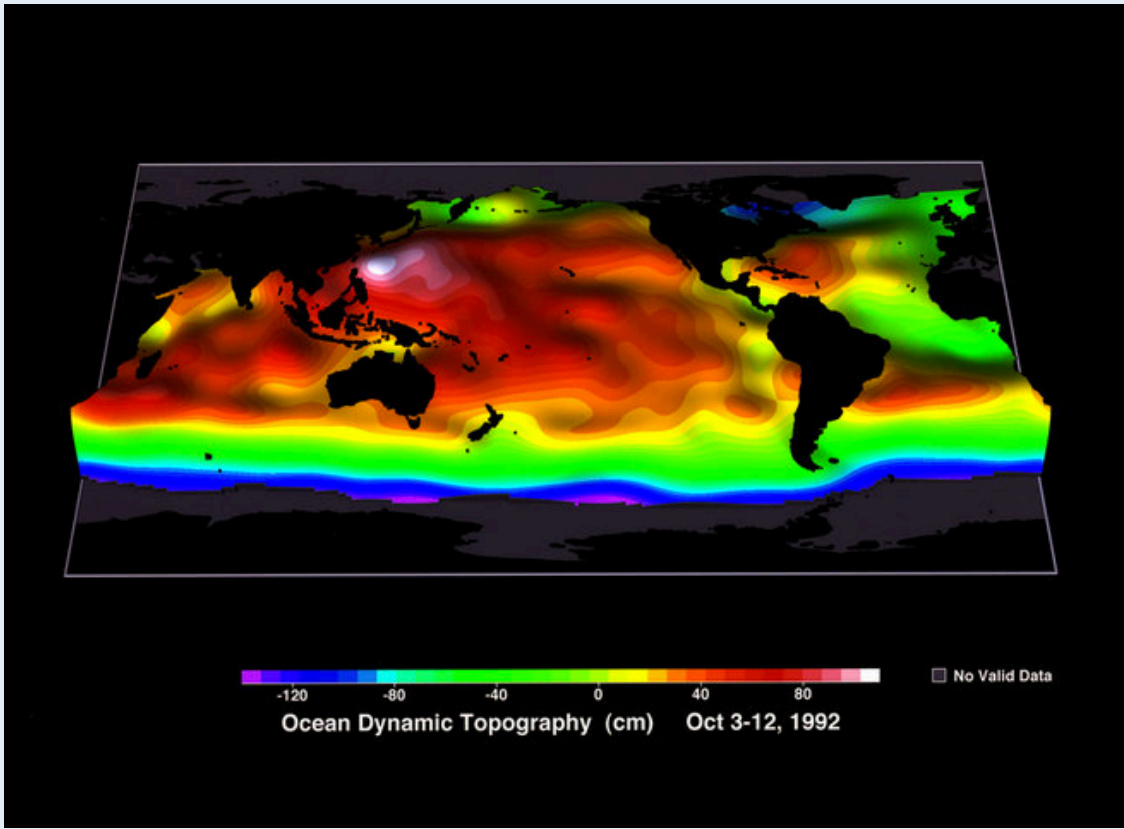


# Intensificação das Correntes de Contorno Oeste

- Centro dos Giros Subtropicais deslocado para OESTE devido à influência da rotação da Terra;
- Como consequência as CCOeste são intensificadas:
  - Mais velozes;
  - Mais estreitas
  - Mais profundas
  - Mais quentes

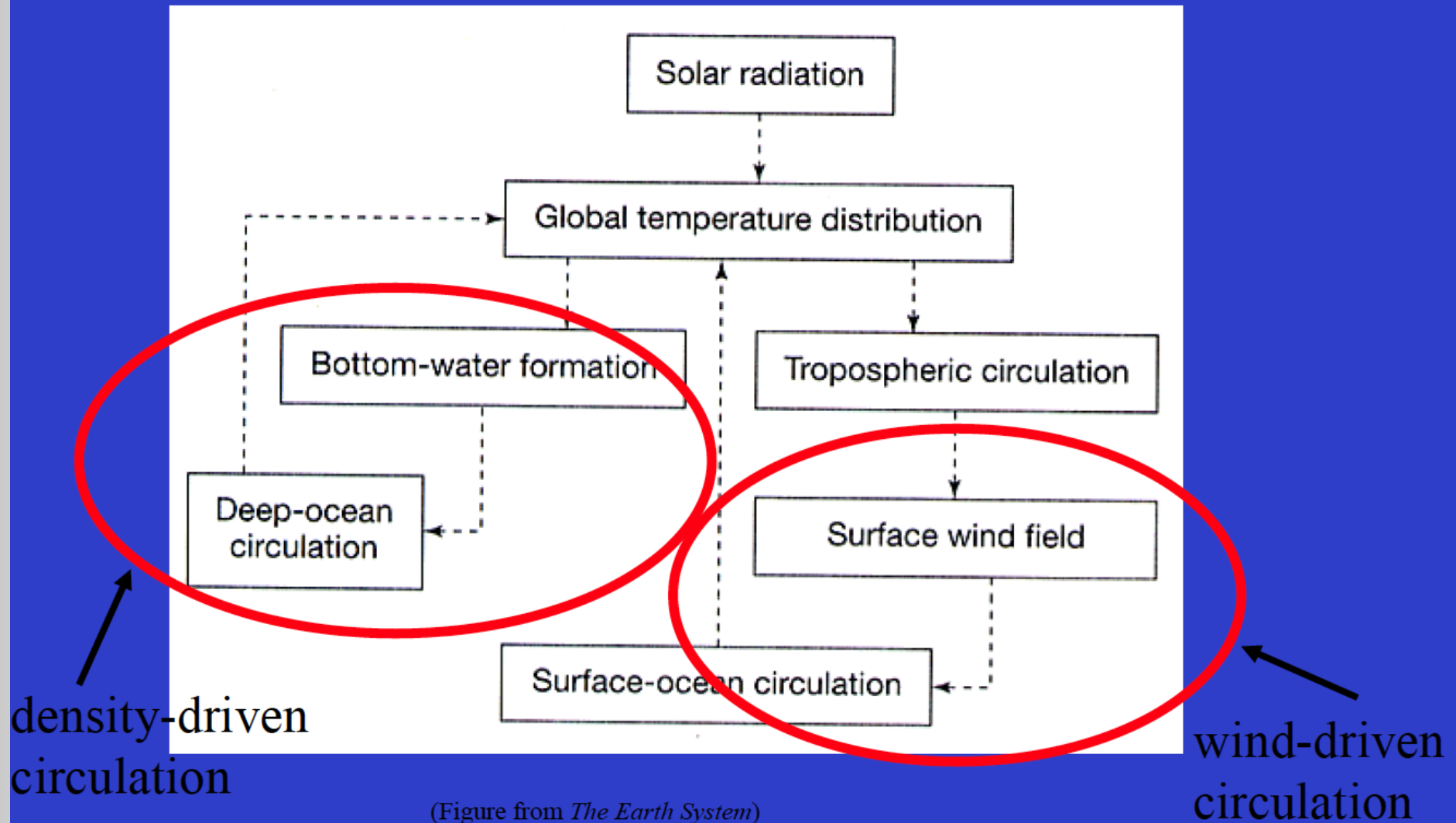
# Correntes de Contorno Leste

- Lado oriental das bacias oceânicas (com propriedades opostas as CCOs):
  - Frias
  - Mais lentas
  - Mais rasas
  - Mais largas





# Two Circulation Systems



(Figure from *The Earth System*)

