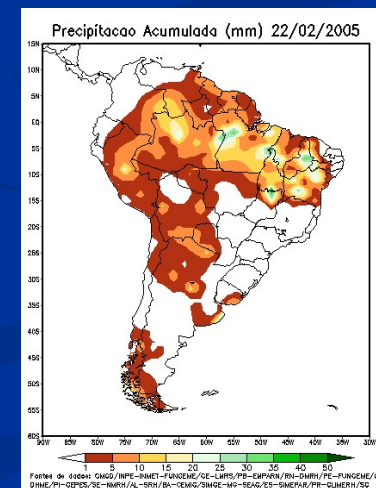
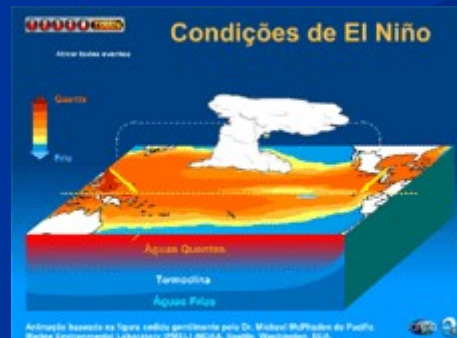


Introdução à Meteorologia

Prof. Eduardo Arruda



A Atmosfera Terrestre e Movimentos Atmosféricos



A Atmosfera Terrestre

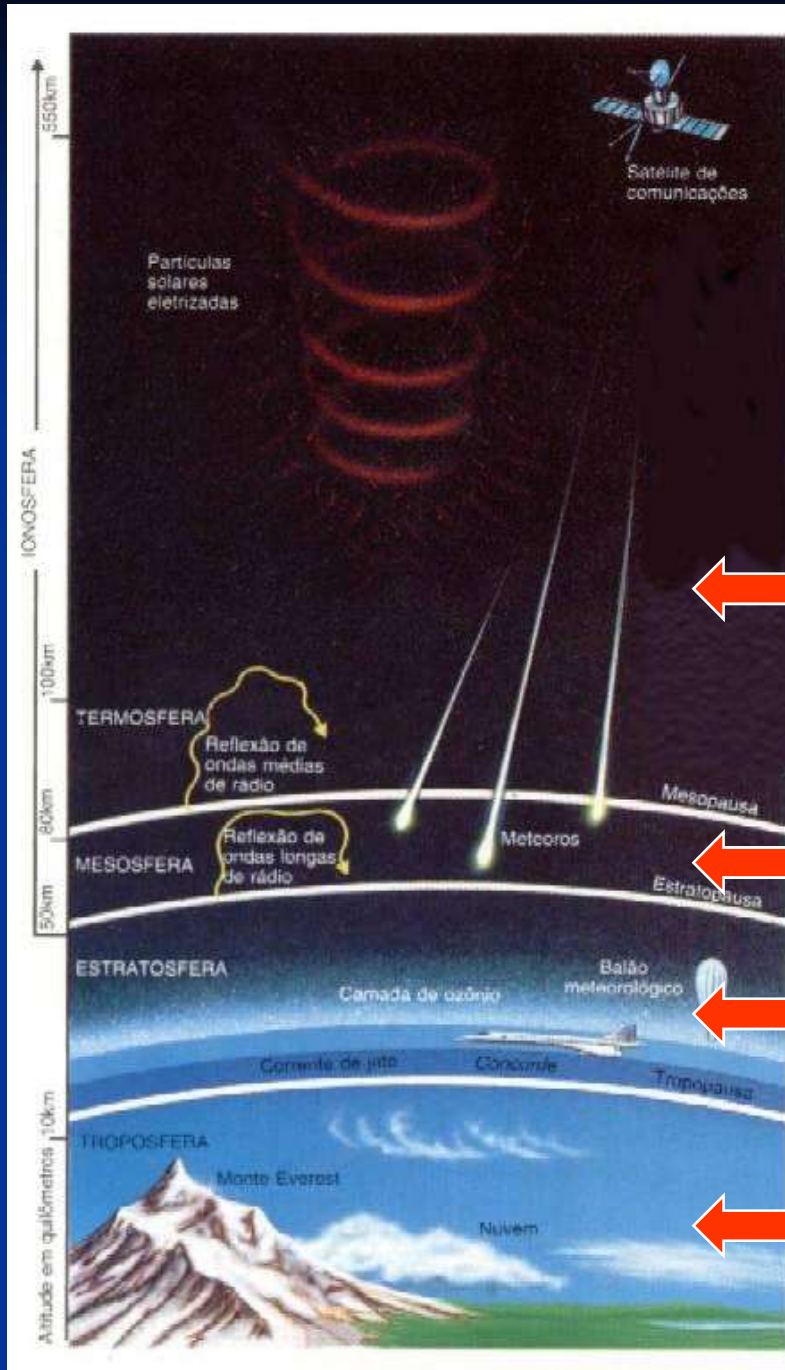
Camada gasosa de espessura muito fina que envolve a Terra, sendo fundamental para a manutenção da vida na superfície terrestre



A atmosfera atua como sede dos fenômenos meteorológicos e, além disso, é fator determinante na qualidade e quantidade de radiação solar que atinge a superfície terrestre

Estrutura da atmosfera

A atmosfera pode ser dividida de acordo com suas características físicas e químicas



Termosfera

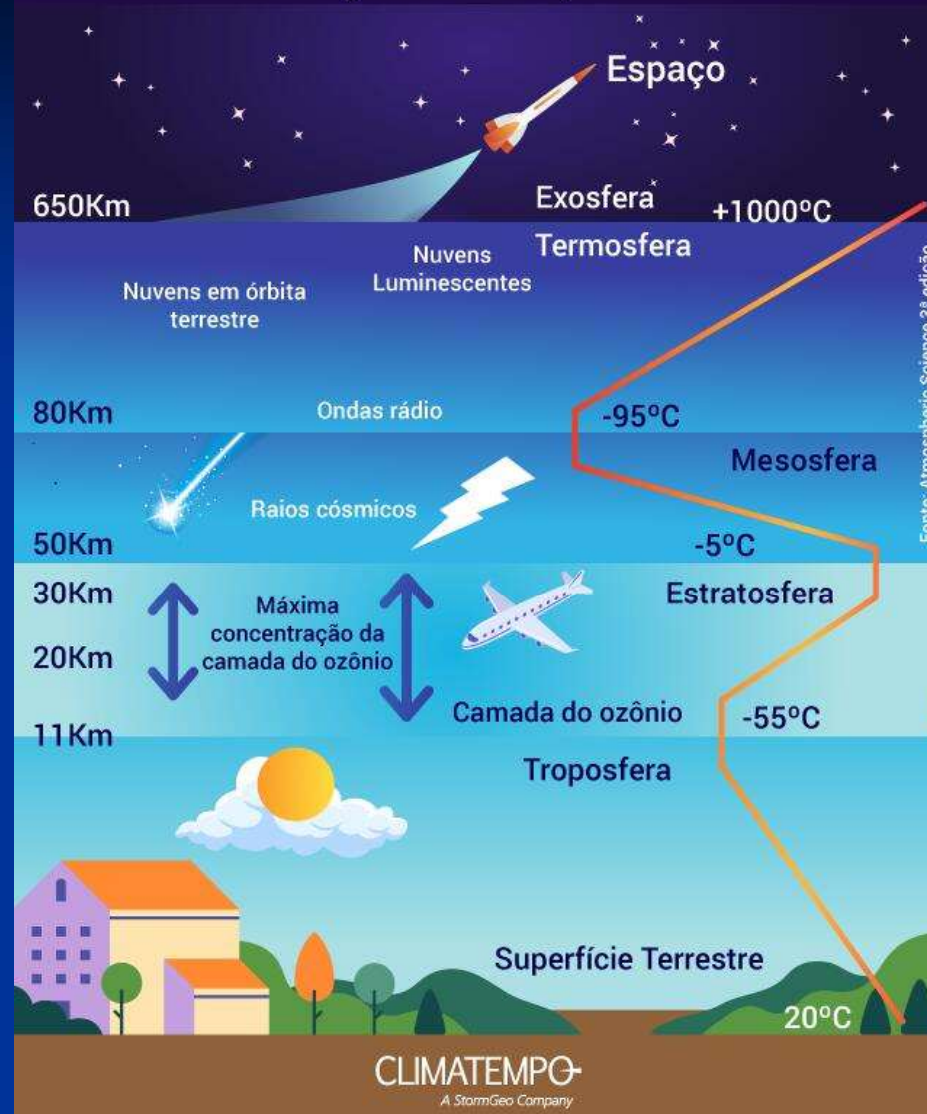
Mesosfera

Estratosfera – onde encontra-se a maior concentração de O_3

Troposfera – onde ocorrem os fenômenos meteorológicos

CAMADAS DA ATMOSFERA DA TERRA

evolução da temperatura



Variação da temperatura nas diferentes camadas da atmosfera (na Troposfera a temperatura diminui devido à rarefação do ar e à redução da pressão, enquanto que na estratosfera o aumento de temperatura se deve à absorção da radiação solar pelas moléculas de ozônio).

Composição da atmosfera terrestre

Matriz básica (% em vol. de ar seco):

N₂ (~78%)
O₂ (~21%)
outros gases (~1%)

Outros componentes com concentrações variáveis (muito baixas):

CO₂
O₃
CH₄, N₂O, CFCs
VAPOR D'ÁGUA (até ~ 4%)

Apesar da Matriz Básica ser fundamental para a manutenção da vida na superfície terrestre, a concentração dos componentes variáveis apresenta importância física e biológica.

Importância Física – no balanço de radiação da Terra, retendo parte das ondas de calor emitidas pela superfície e na atenuação da radiação proveniente do Sol

Importância Biológica – suprindo matéria prima para o processo da fotossíntese (CO₂) e regulando o processo de transpiração das plantas

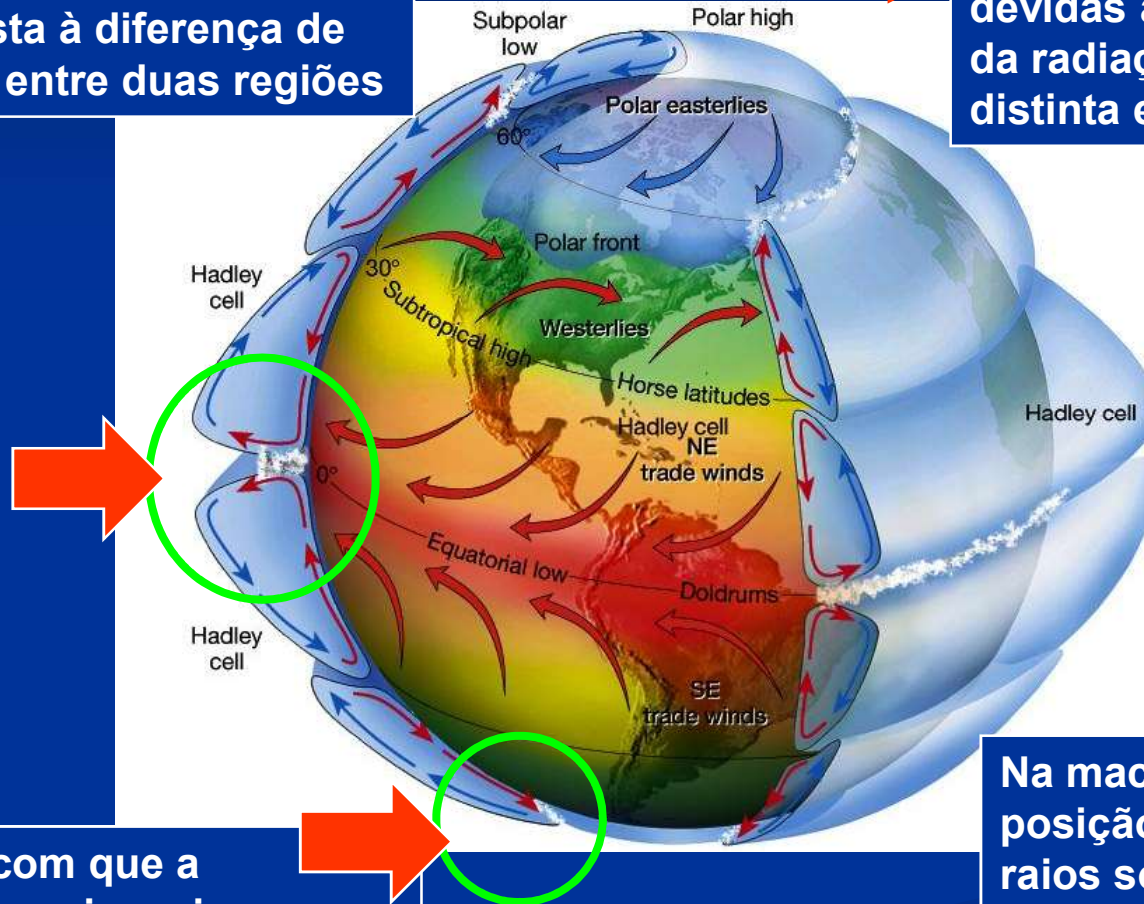
Gases de Efeito Estufa – fontes, concentração, tempo de residência e poder de aquecimento em relação ao CO₂

GÁS	FONTES DE EMISSÃO		CONCENTRAÇÃO		TEMPO DE RESIDÊNCIA NA ATMOSFERA	PODER DE AQUECIM.
	naturais	antropogênicas	1750	atual		
CO ₂	→Respiração → Decomposição de material orgânico	→queima combustíveis fósseis →mudanças na vegetação → queima de biomassa → fabricação de cimento	280 ppmv	370 ppmv	50 - 200 anos	1
CH ₄	→mat. orgânica em decomposição (pântanos, lagos e oceanos)	→combustíveis fósseis →fermentação entérica →arrozais inundados →dejetos animais →esgotos	700 ppbv	1800 ppb	12 - 17 anos	21
N ₂ O	→oceanos , solos tropicais e temperados (bactérias)	→fertilizantes →indústria nylon, ac.nítrico →queima de biomassa e de combustíveis fósseis →modificação do uso do solo →conversão catalítica (carros)	275 ppbv	310 ppbv	120 anos	310
CFCs		→propelentes, solventes, refrigeração, espumas	0	ordem de pptv	13 - 102 anos	acima de 10.000

Movimentos Atmosféricos

Os movimentos atmosféricos ocorrem em resposta à diferença de pressão entre duas regiões

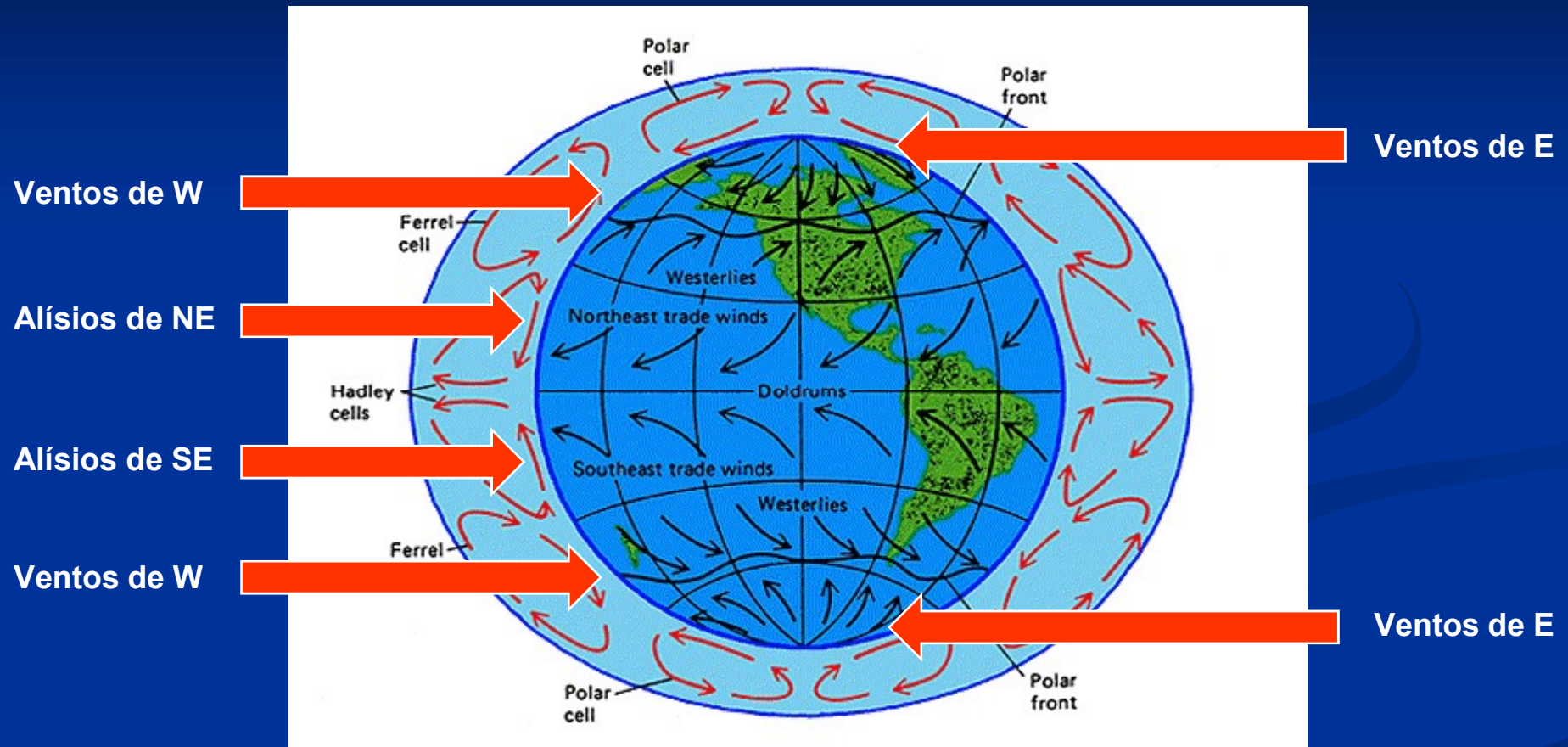
As diferenças de pressão são devidas à incidência e absorção da radiação solar de maneira distinta entre duas regiões



Isso faz com que a atmosfera seja mais expandida no equador e mais contraída nos pólos

Na macro-escala, devido à posição relativa Terra-Sol, os raios solares são mais intensos e mais absorvidos na região Equatorial do que nos Pólos

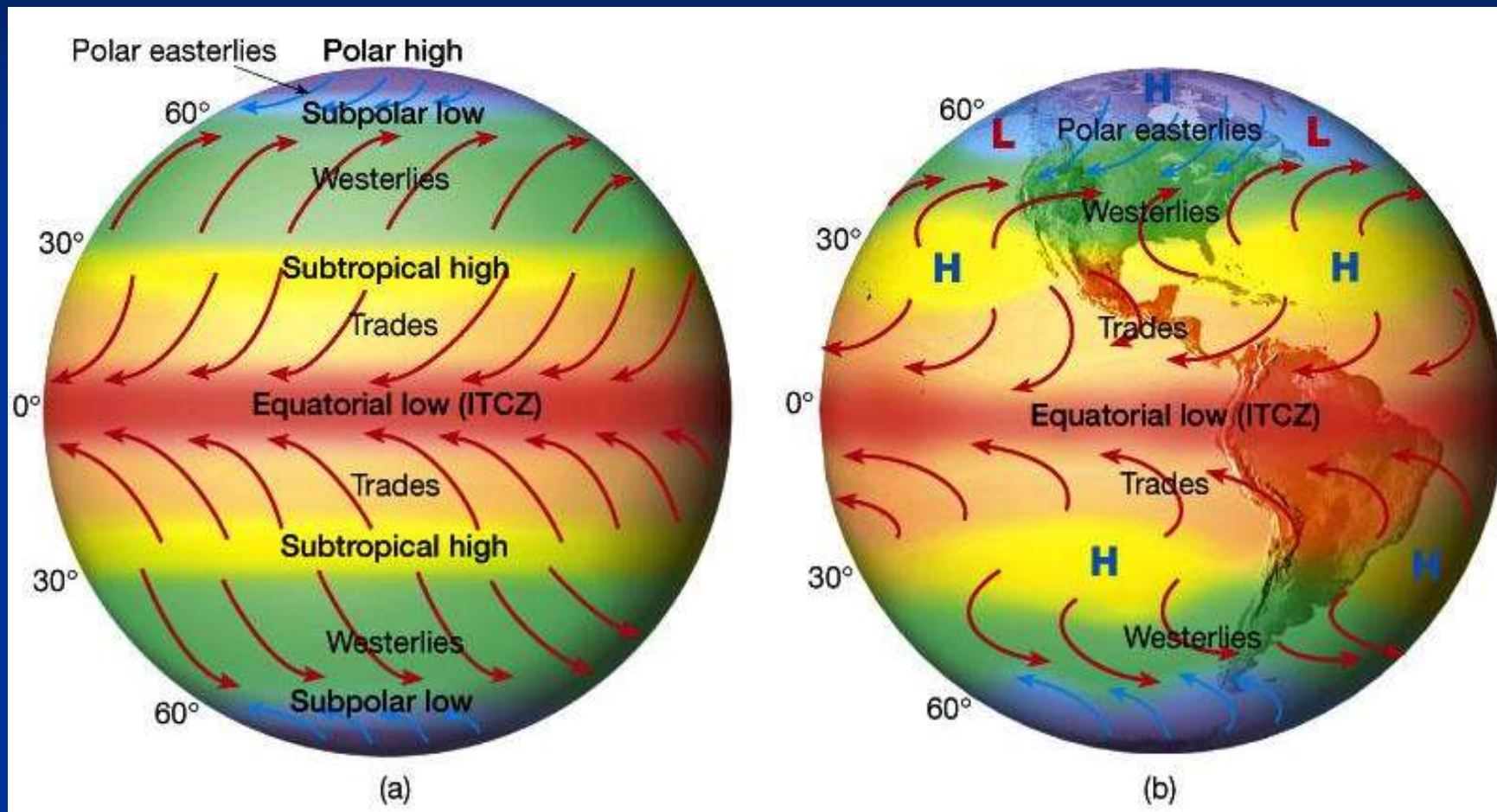
Na macro-escala, os ventos de superfície estão associados à circulação geral da atmosfera



ZCIT – Zona de convergência inter-tropical – elevação do ar quente e úmido, formando nuvens e chuvas convectivas

ZCET – Zona de convergência extra-tropical – encontro do ar frio e seco do Pólos com o ar quente e úmido dos trópicos, formando os sistemas frontais frentes polares, que causam perturbações atmosféricas em larga escala

Compare o modelo teórico da Circulação Geral da Atmosfera e o que realmente ocorre. Veja que as duas condições são muito semelhantes.

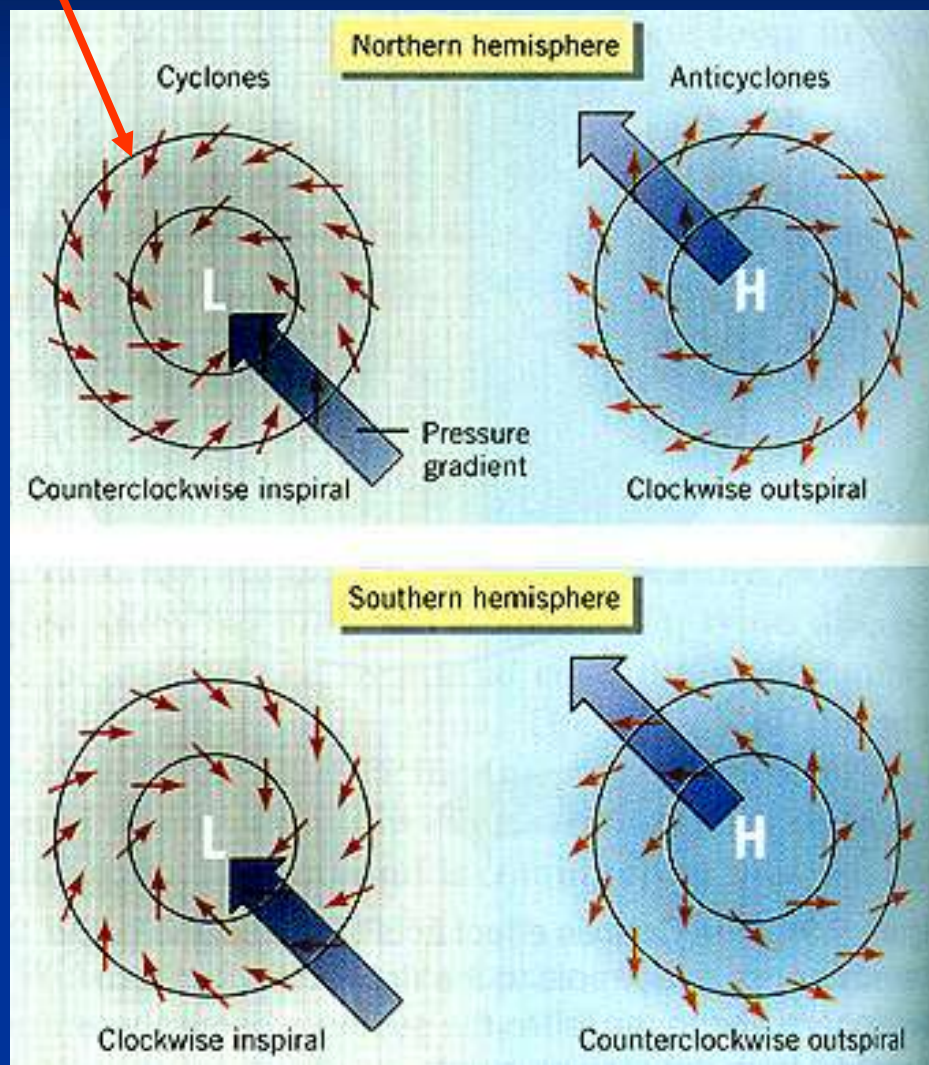


(a) Modelo teórico da circulação geral da atmosfera

(b) Condição média observada da circulação geral da atmosfera

Ciclones e Anticiclones

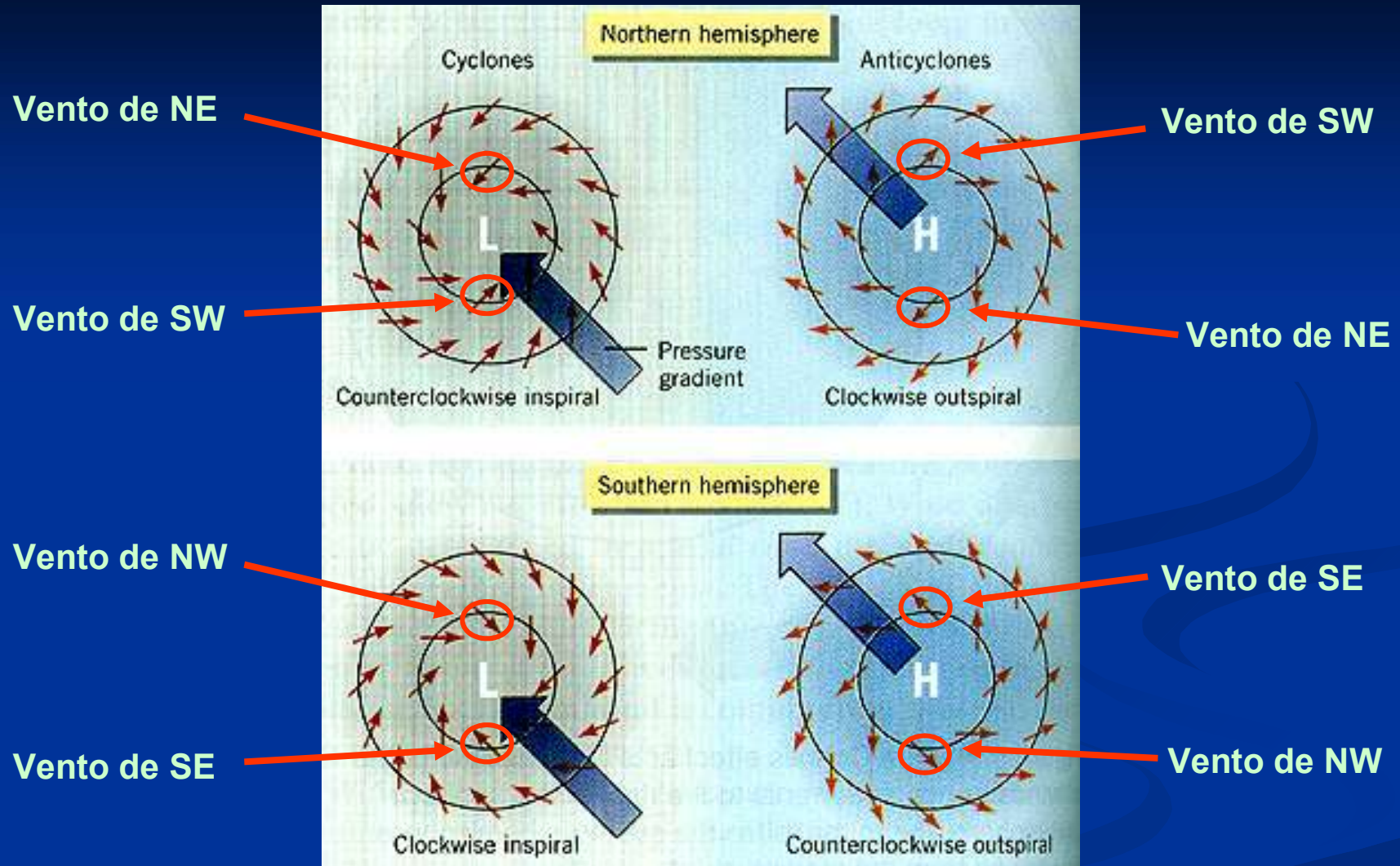
Isóbaras



Os ciclones e anticiclones formados na atmosfera são responsáveis pela mudança na direção dos ventos predominantes

Os ciclones são centros de baixa pressão (L = Low). Os ventos convergem para esse centro pela força gradiente e em seu movimento tem seu deslocamento desviado pela força de Coriolis (para a direita no HN e para a esquerda no HS)

Os anticiclones são centros de alta pressão (H = High). Os ventos divergem desse centro devido à força gradiente e, em seu movimento, tem seu deslocamento desviado pela força de Coriolis (para a direita no HN e para a esquerda no HS)



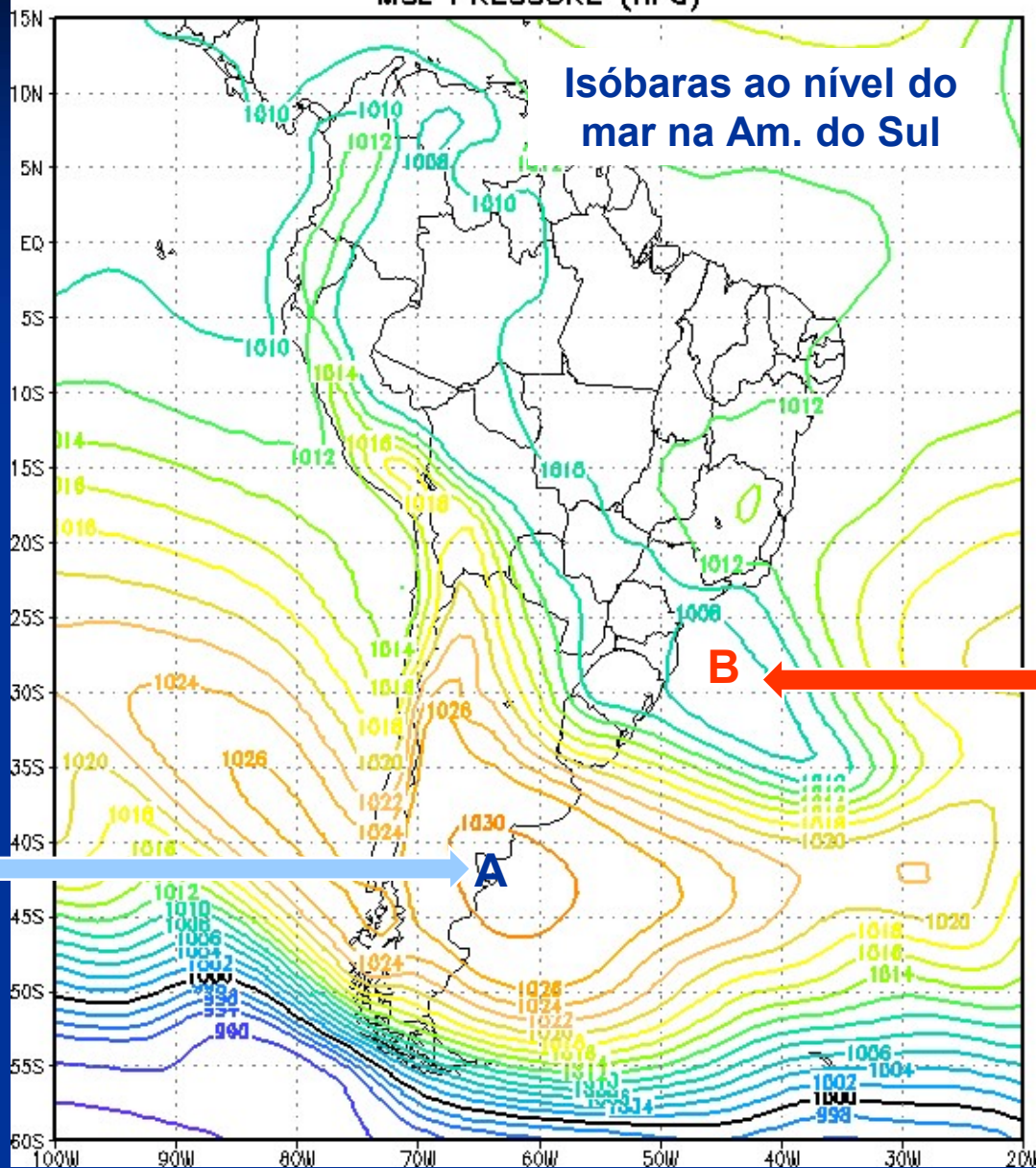
No seu deslocamento, os ciclones e os anticiclones promovem alteração na direção dos ventos. Normalmente, no centros deles ocorre calma (sem vento)

CPTEC/INPE/MCT - GLOBAL MODEL - T126L28
FORECAST FROM: 2005031000 VALID FOR: 2005032000
MSL PRESSURE (hPa)

Isóbaras ao nível do
mar na Am. do Sul

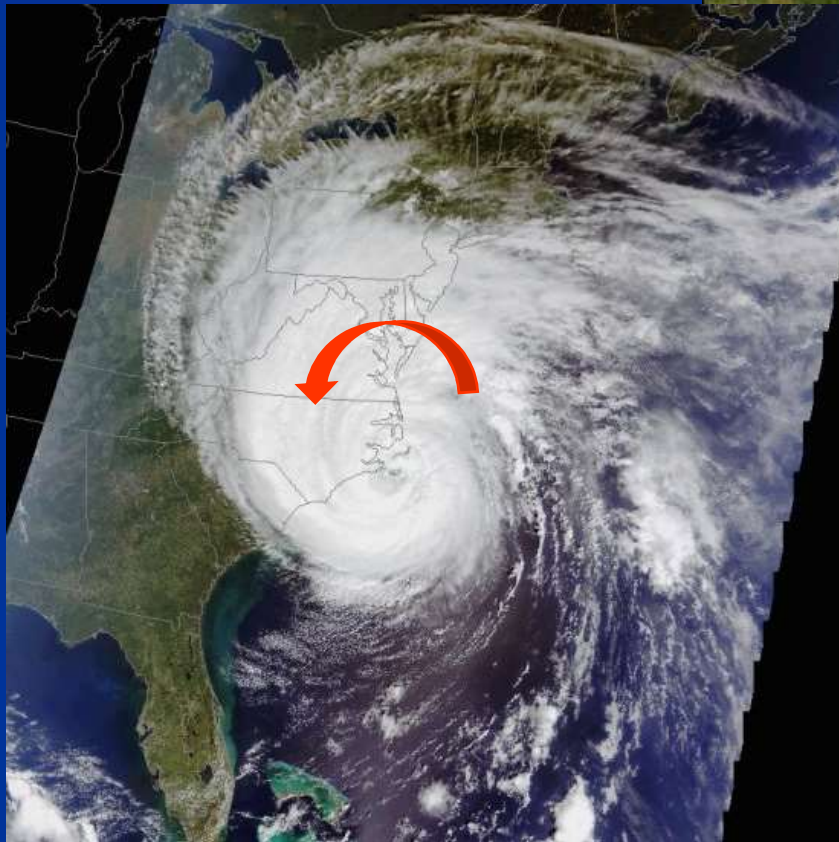
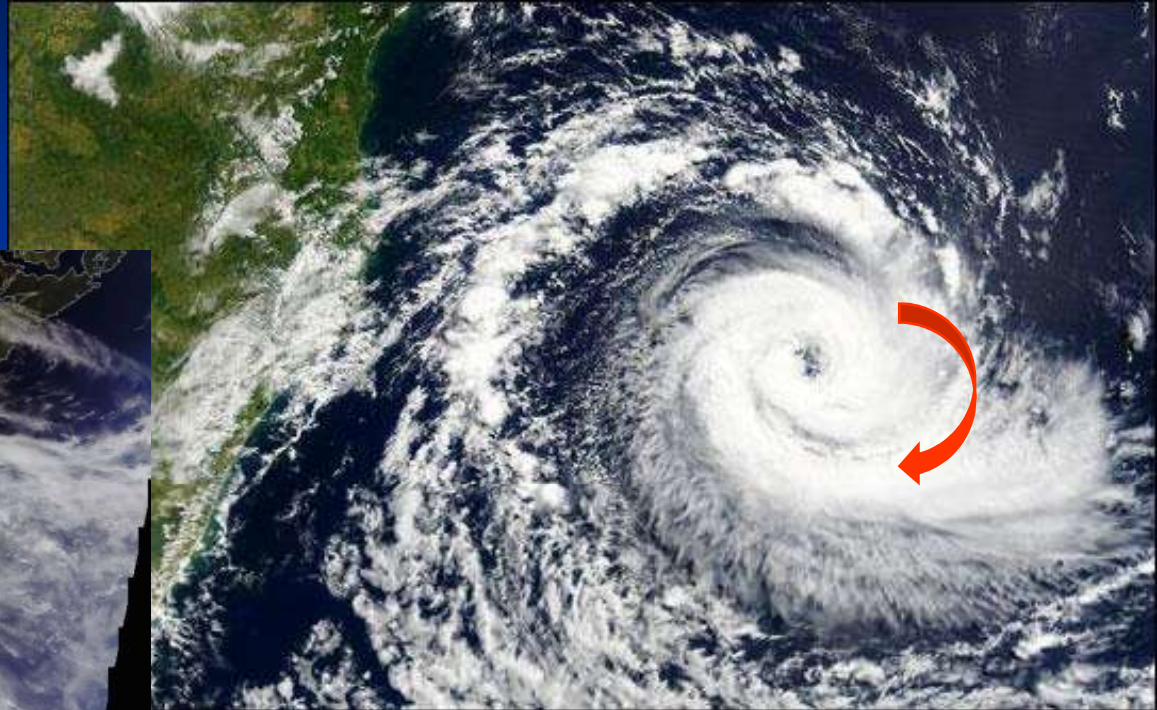
Centro de
Baixa Pressão

Centro de Alta
Pressão



Ciclone Catarina (Atlântico Sul) – observe o seu sentido horário

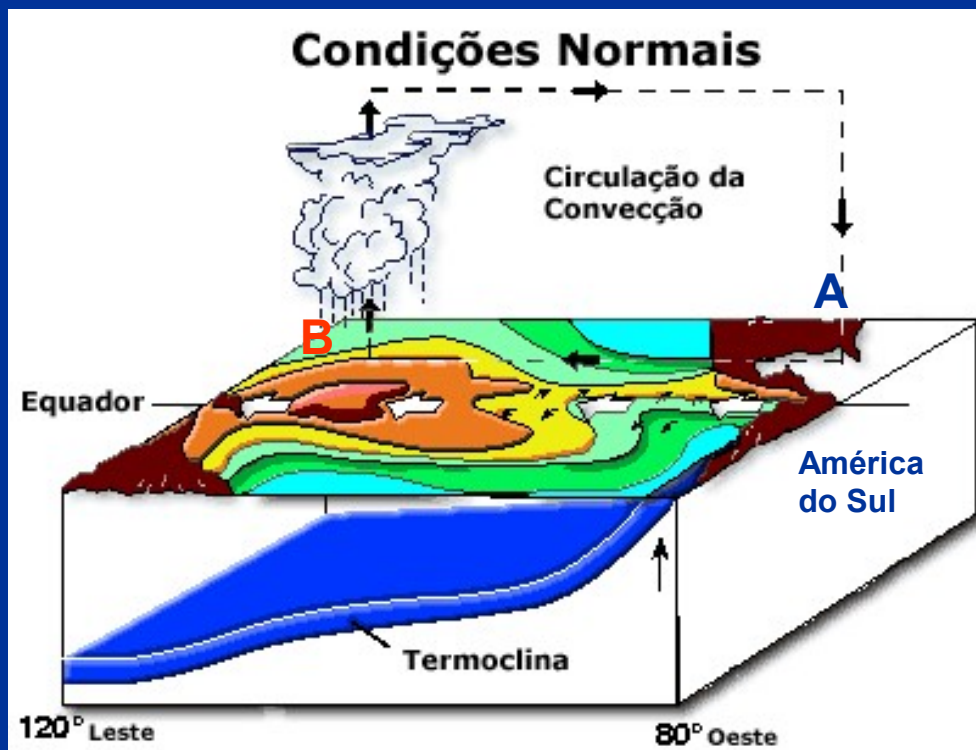
Furacão Isabel (Atlântico Norte) – observe o seu sentido anti-horário



Obs – o furacão é um ciclone de maiores proporções

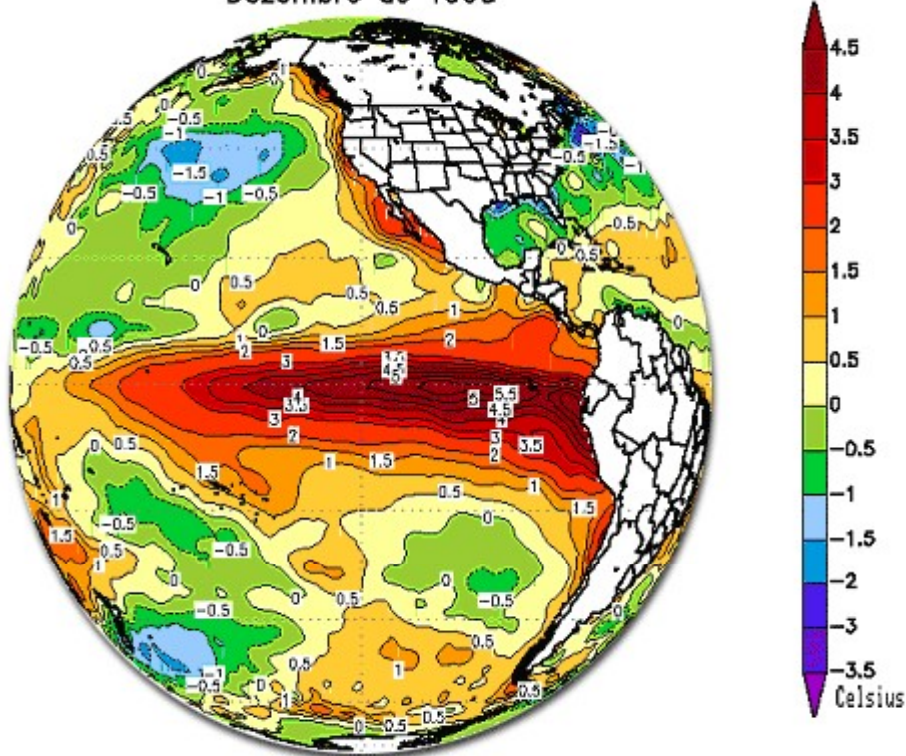
Circulação Atmosférica na América do Sul

A circulação geral da atmosfera é modificada por uma série de fatores ao longo do ano, tendo grande variação temporal e espacial. Na América do Sul, além dos ciclones e anticiclones, um fenômeno bastante conhecido, é a variação da circulação no sentido zonal (leste – oeste), conhecido como El Niño Oscilação Sul (ENOS) que provoca alterações no padrão de circulação geral da atmosfera, fazendo com que haja mudanças também nos padrões climáticos normalmente observados. Simplificadamente, conhece-se esse fenômeno com El-Niño/La-Niña.



A figura mostra a circulação observada no Oceano Pacífico Equatorial em anos normais. A célula de circulação com movimentos ascendentes no Pacífico Central/Ocidental e movimentos descendentes no oeste da América do Sul e com ventos de leste para oeste próximos à superfície (ventos alísios, setas brancas) e de oeste para leste em altos níveis da troposfera é a chamada célula de Walker. Esse célula de circulação contribui para o aumento da chuva na costa Australiana e diminuição dela na costa oeste da América do Sul.

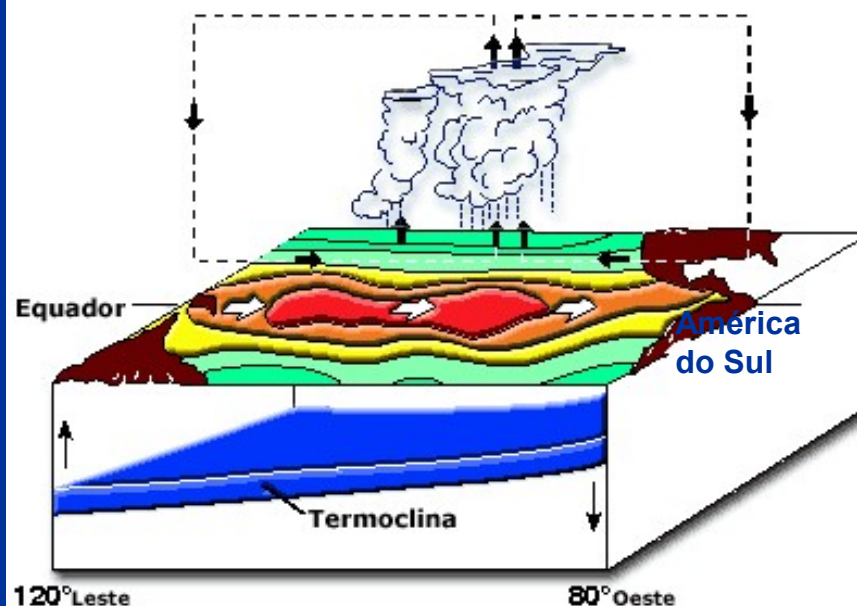
Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar
Dezembro de 1998



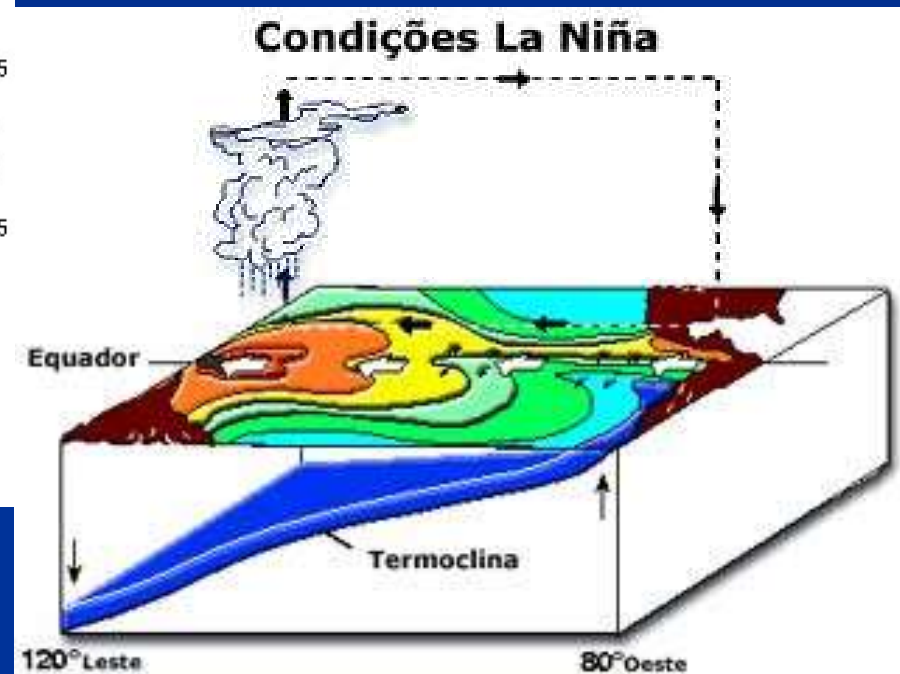
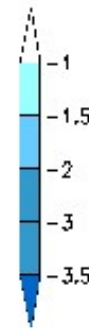
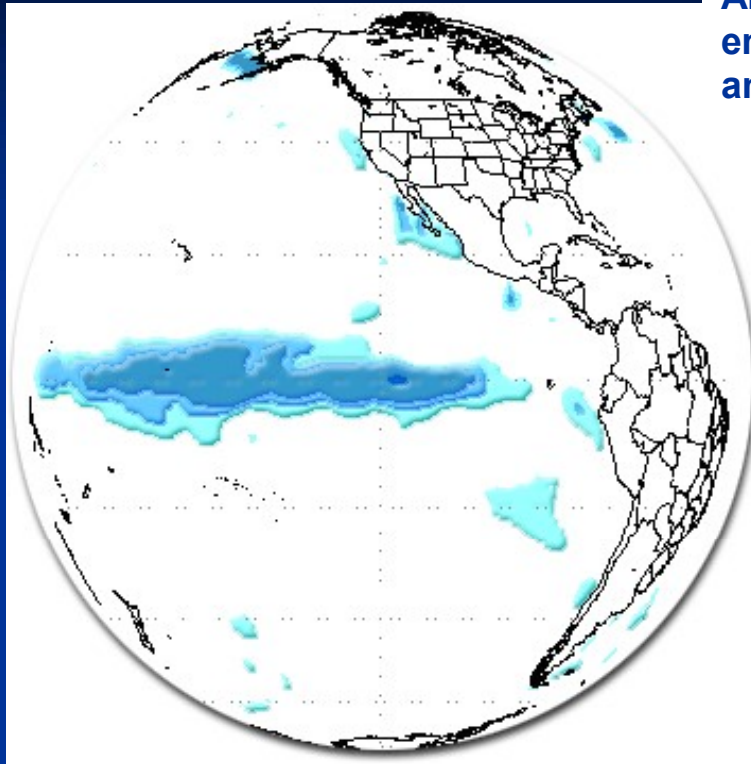
Nota-se que os ventos em superfície, em alguns casos, chegam até a mudar de sentido, ou seja, ficam de oeste para leste. Há um deslocamento da região com maior formação de nuvens e a célula de Walker fica bipartida.

El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anômalo das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, que pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento em escala mundial, e afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias. Na verdade, ocorre um ciclo de aquecimento/resfriamento (respectivamente, “El-Niño” e “La-Niña”) da superfície do oceano Pacífico ao longo dos anos.

Condições El Niño

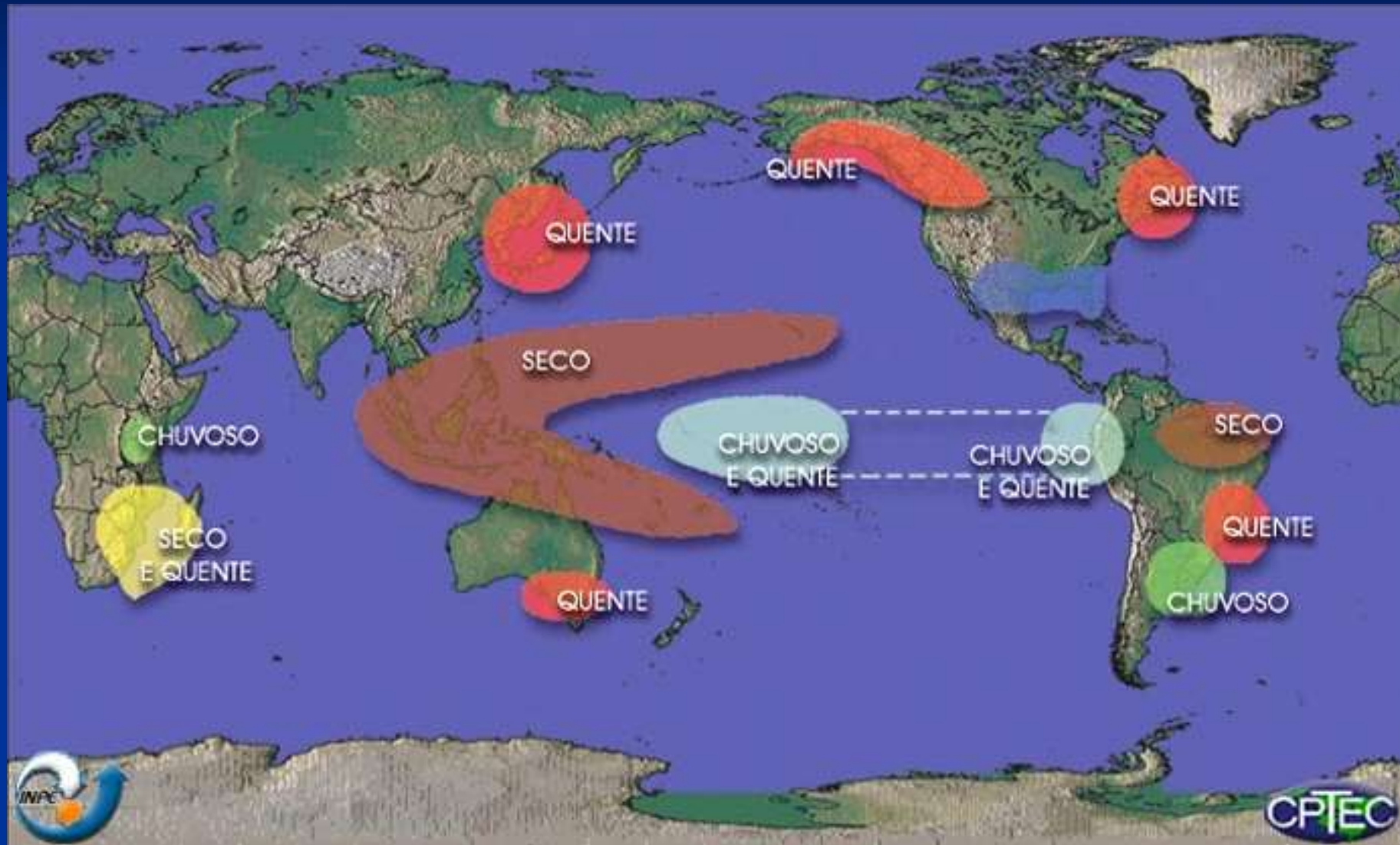


Anomalia de temperatura da superfície do mar em dezembro de 1988. Plotados somente as anomalias negativas menores que -1°C .

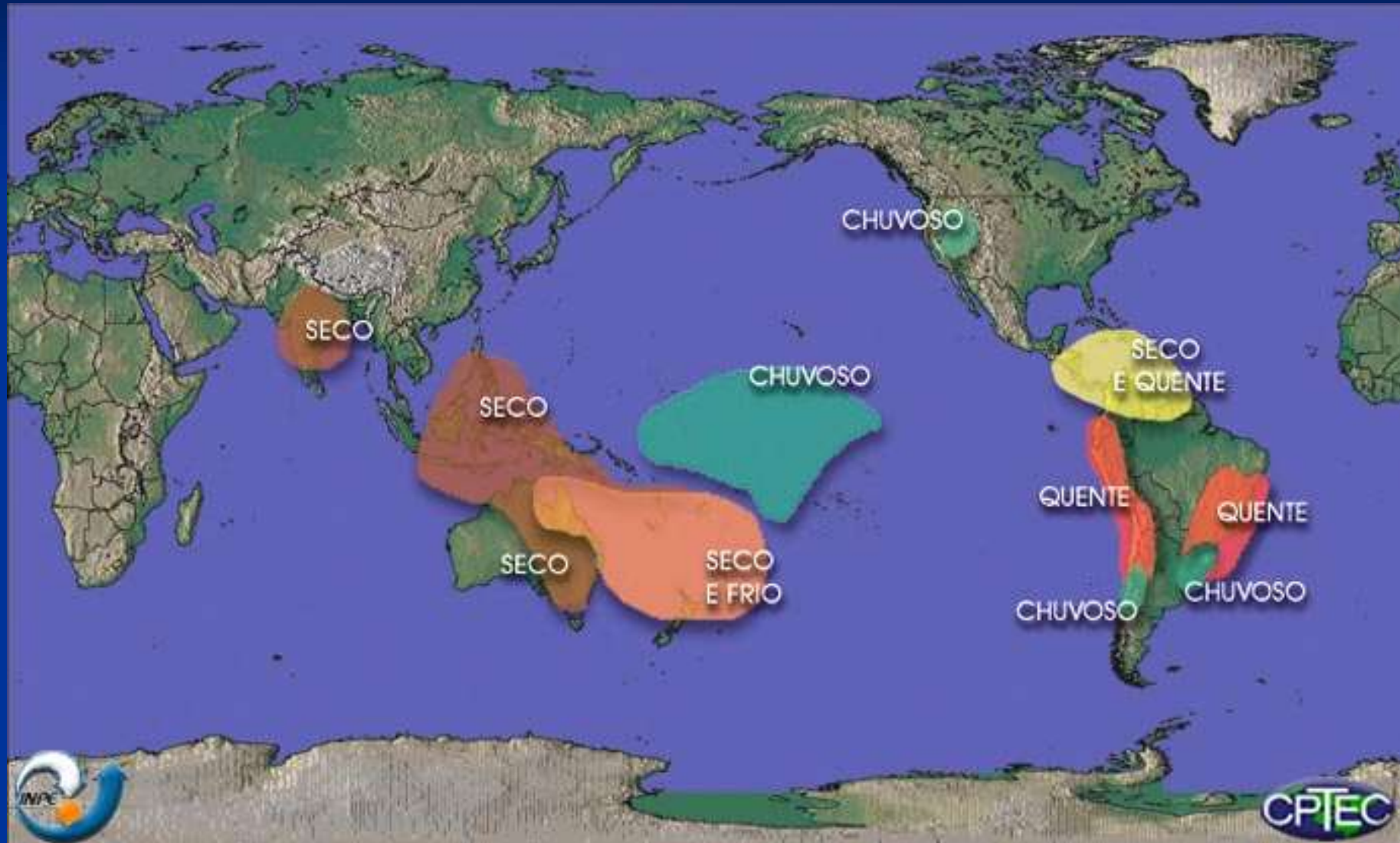


La Niña representa um fenômeno oceânico-atmosférico com características opostas ao EL Niño, e que caracteriza-se por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. Alguns dos impactos de La Niña tendem a ser opostos aos de El Niño, mas nem sempre uma região afetada pelo El Niño apresenta impactos significativos no tempo e clima devido à La Niña

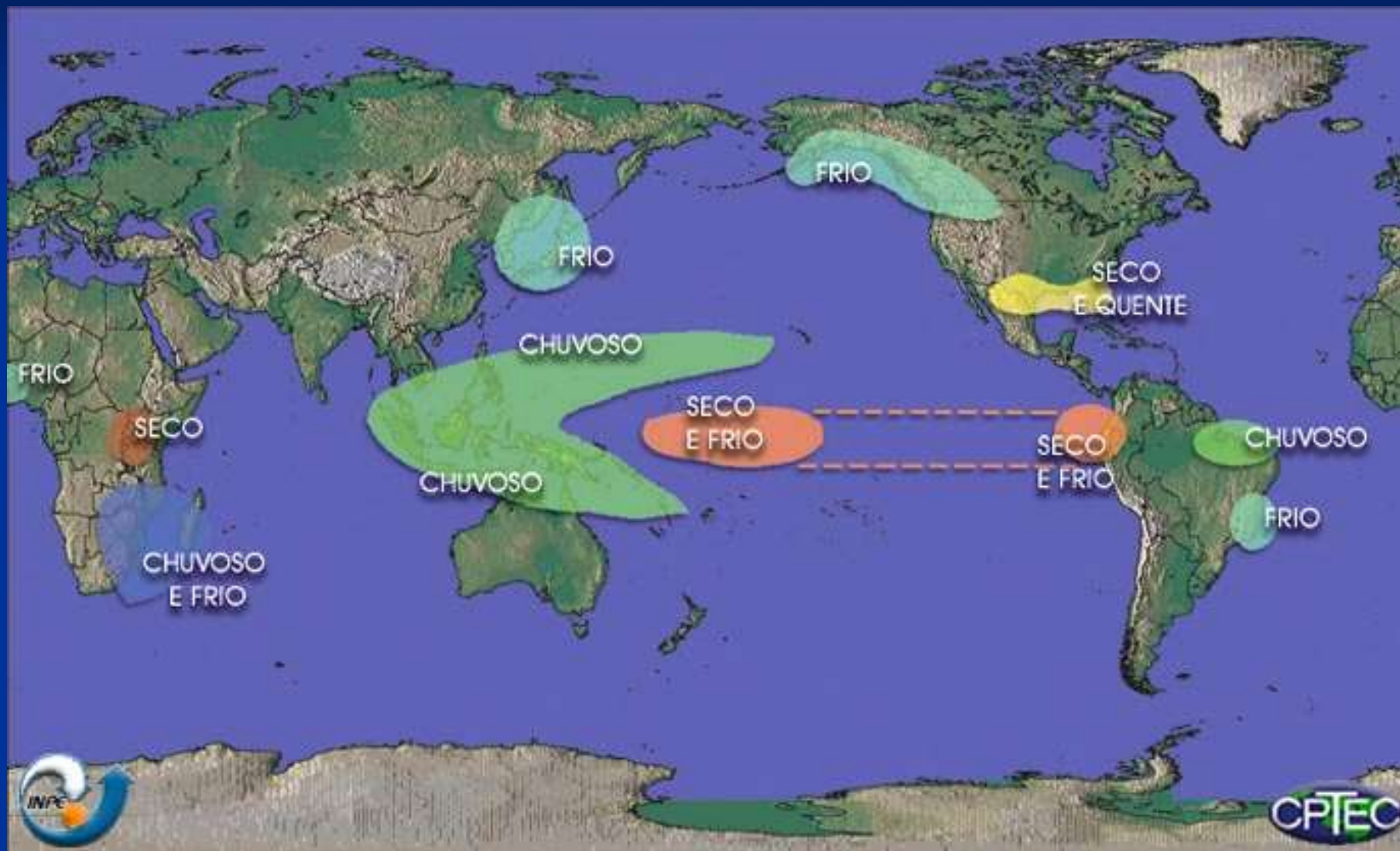
Impactos do El Niño de dezembro a fevereiro



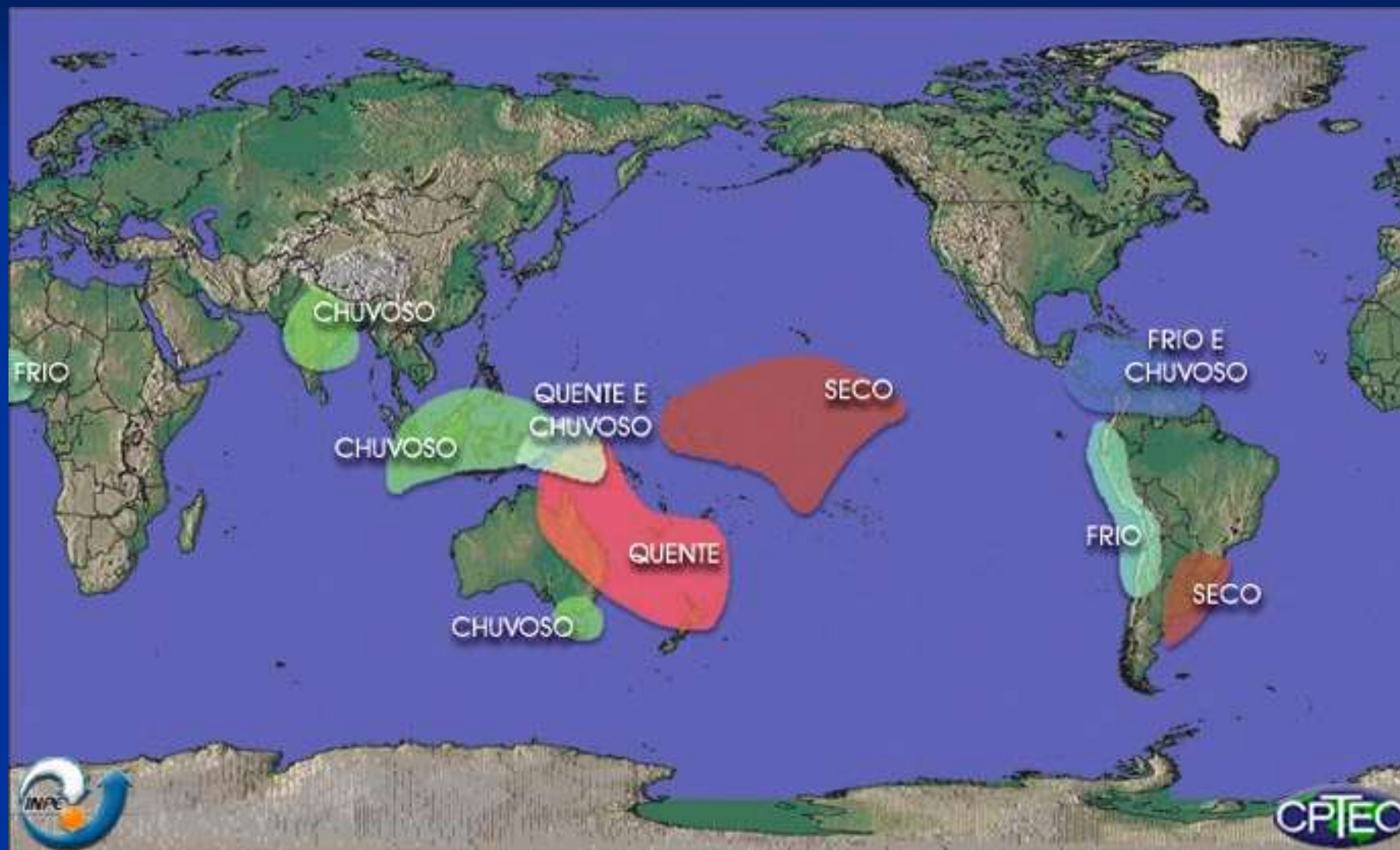
Impactos do El Niño de junho a agosto



Impactos da La Niña de dezembro a fevereiro



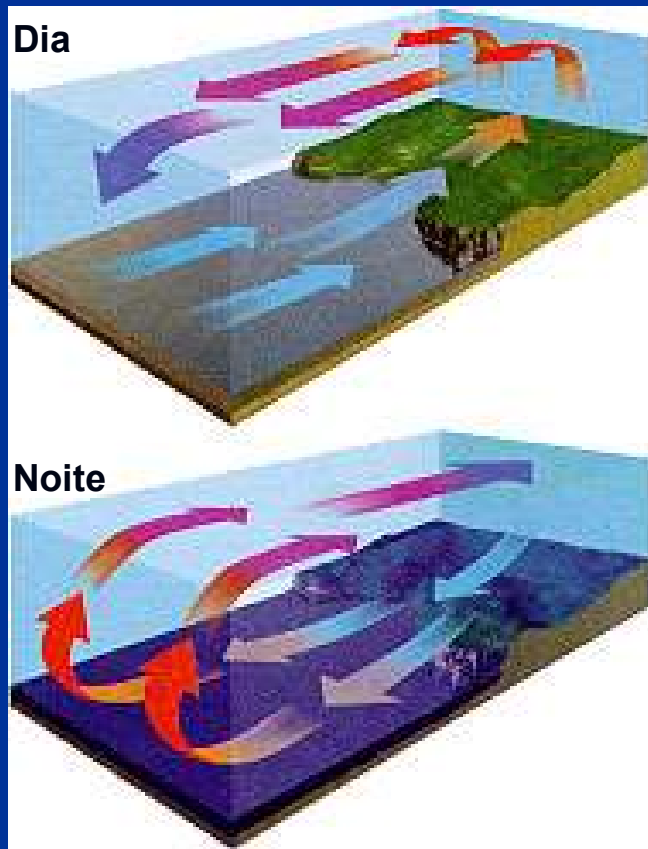
Impactos do La Niña de junho a agosto



Circulações e Ventos Locais

A circulação geral da atmosfera também se modifica acentuadamente tanto temporalmente como espacialmente, devido ao aquecimento diferenciado entre continentes e oceanos, configuração de encostas, sistemas orográficos e topografia, originando circulações e ventos “locais”.

Brisas Terra-Mar



Brisa Marítima – ocorre durante o dia, quando o oceano encontra-se relativamente mais frio que o continente



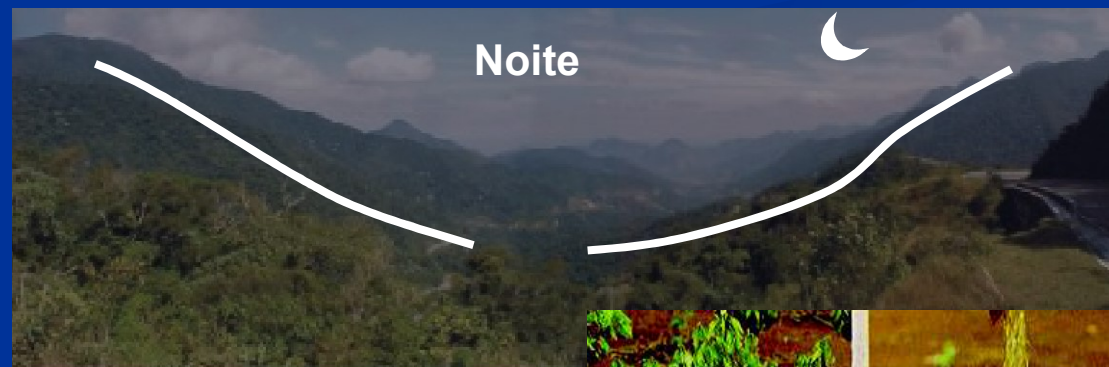
Brisa Terrestre – ocorre durante a noite, quando o continente encontra-se relativamente mais frio que o oceano

Brisas de Vale e de Montanha



Brisa de Vale (ou anabática) - ocorre durante o dia, devido à diferença de temperatura entre o vale (>) e os espigões (<). Auxilia na formação de nuvens.

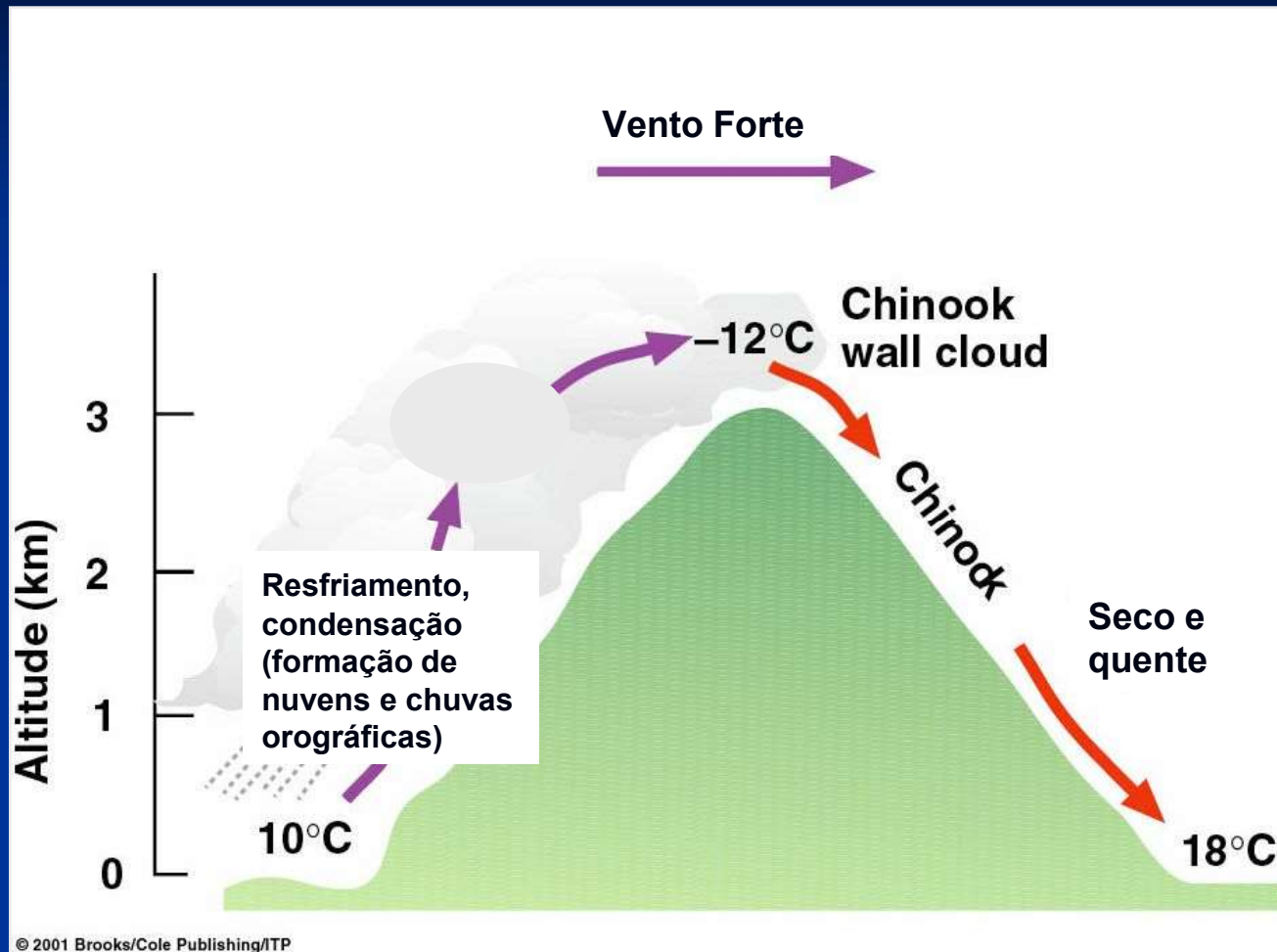
Brisa de Montanha (ou catabática) – ocorre durante a noite, pois o ar frio que se forma, sendo mais denso, escoar pela encosta indo se depositar na baixada. Durante noite de intenso resfriamento a brisa catabática pode provocar a “geada de canela”, que é a queima pelo frio dos vasos condutores das plantas, fazendo com que a parte aérea morra e haja rebrota próximo ao solo.



Geada de canela



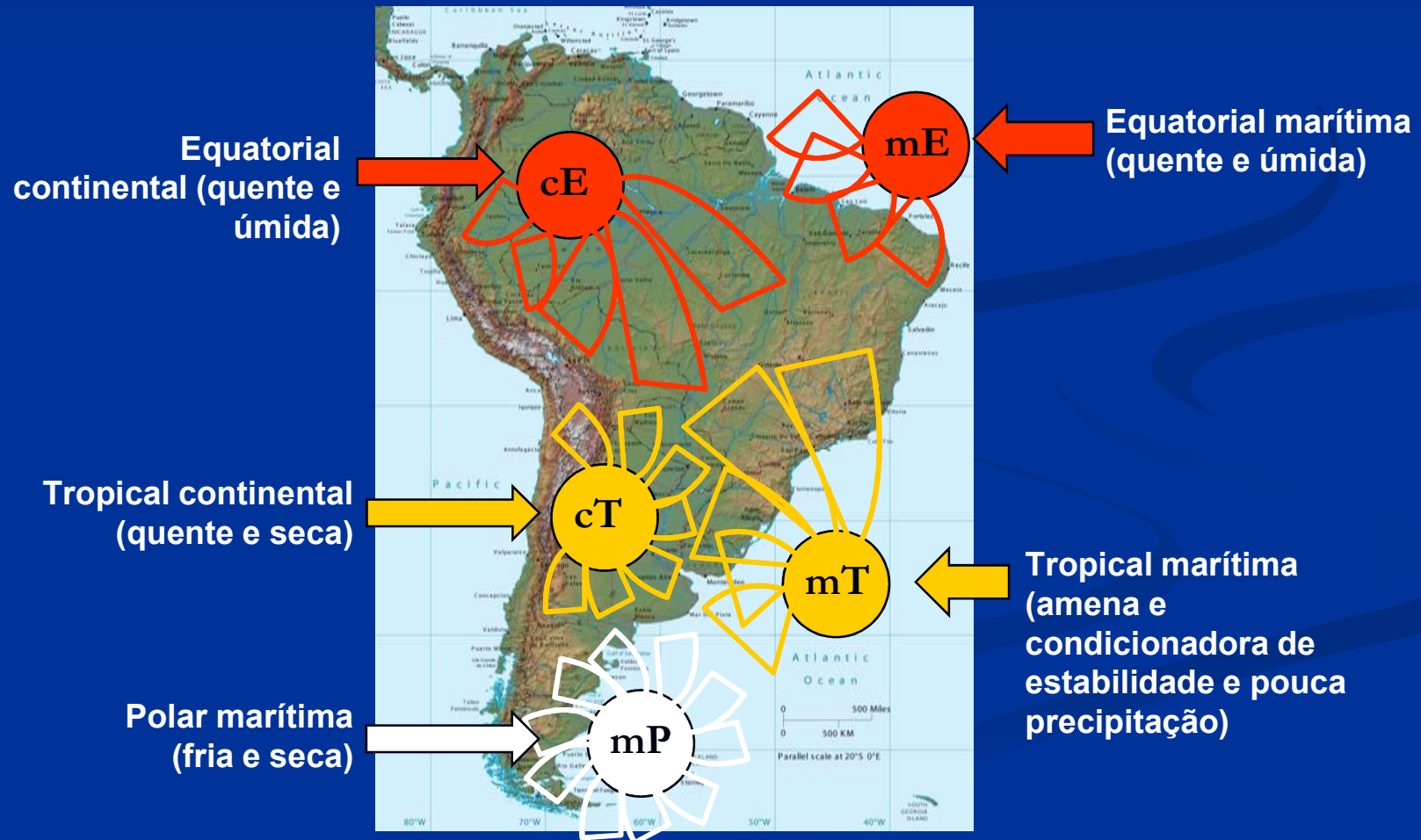
Ventos Fohen ou Chinook (Orográficos)



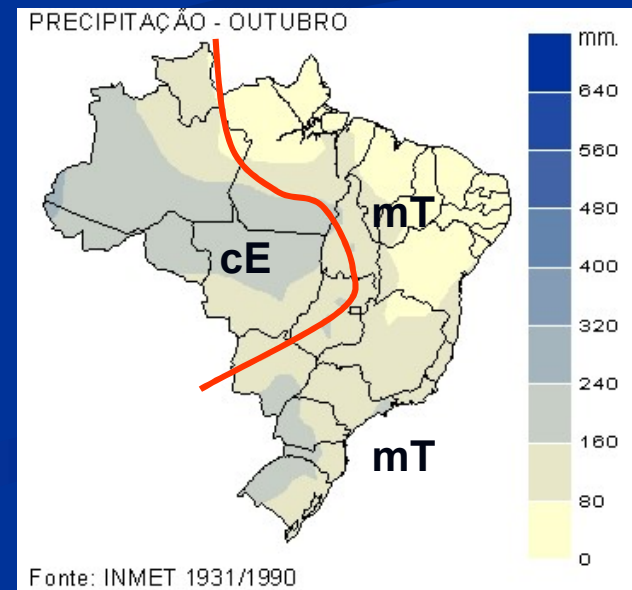
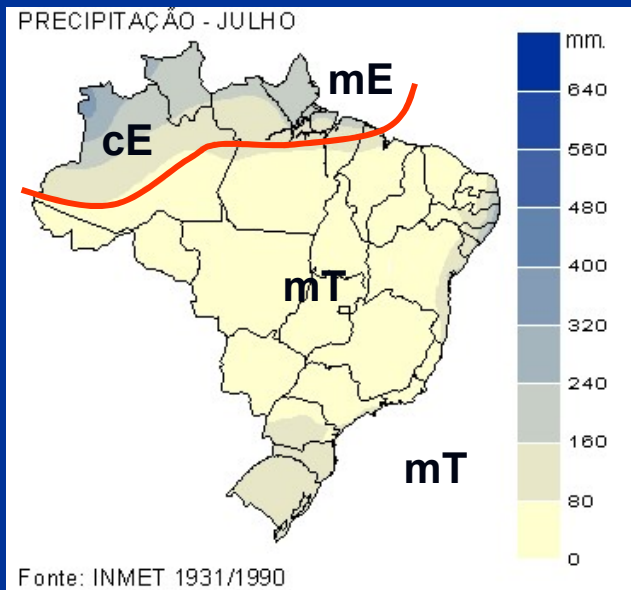
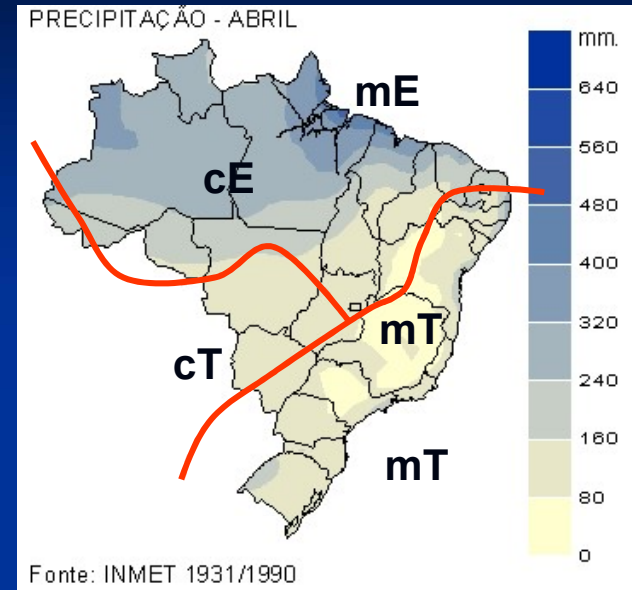
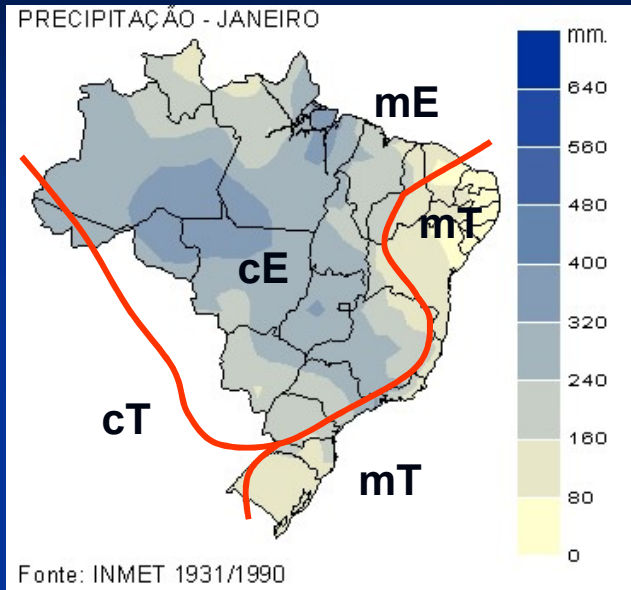
Ventos fortes e secos que se formam a sotavento de barreiras orográficas. Muito comuns nas Montanhas Rochosas (América do Norte) e nos Andes (América do Sul)

Massas de ar

As massas de ar são grandes volumes que, ao se deslocarem lentamente ou estacionarem, sobre uma região adquirem as características térmicas e de umidade dela. As massas de ar são denominadas conforme sua região de origem e o tipo de superfície com as quais elas estavam em contato. As principais massas que atuam na América do Sul são:



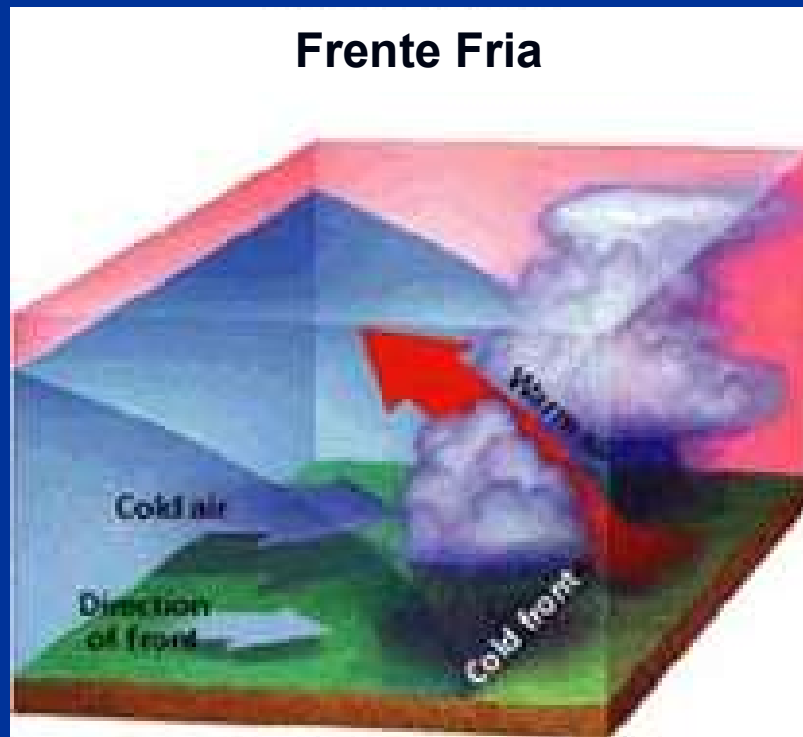
Distribuição das principais massas de ar que atuam no Brasil e sua relação com a chuvas mensais



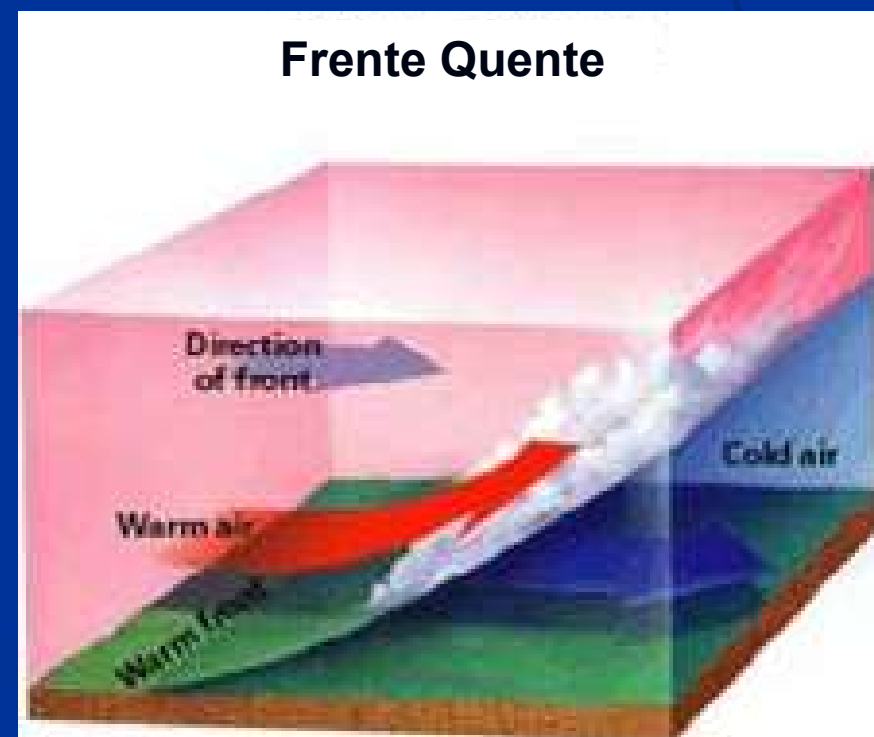
Frentes

Quando ocorre o encontro de duas massas de ar, elas não se misturam imediatamente. A massa mais fria (mais densa) é sobreposta pela massa mais quente (menos densa), formando uma zona de transição, denominada de frente.

Se a massa fria avança em direção à massa quente, a frente é denominada FRIA



Se a massa quente avança em direção à massa fria, a frente é denominada QUENTE

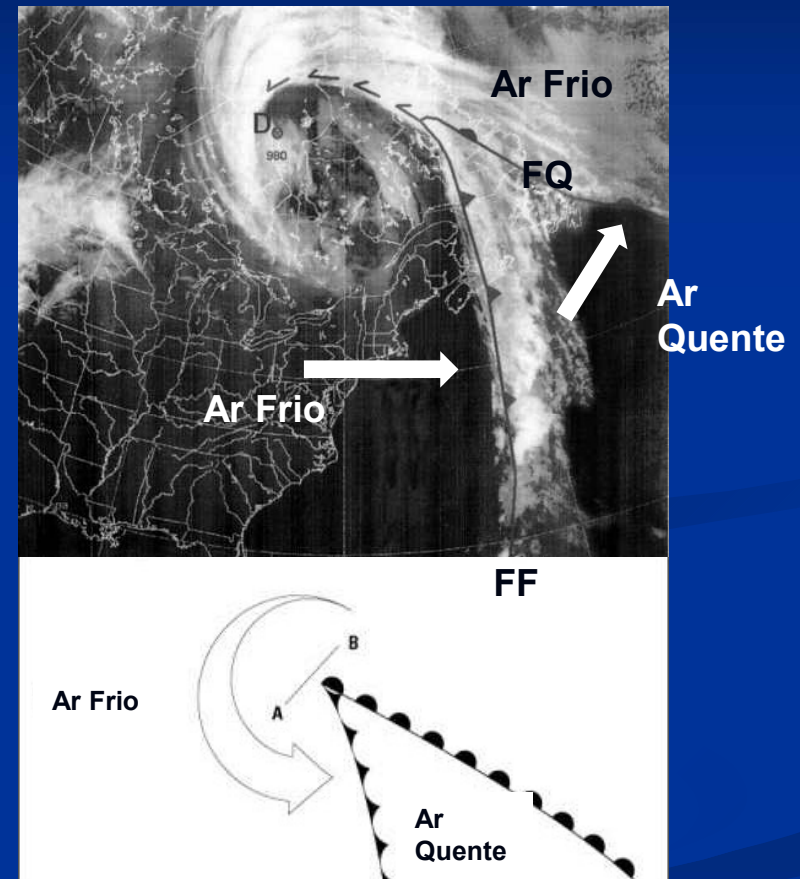


As frentes frias e quentes ocorrem concomitantemente, variando apenas no espaço.

Frentes fria e quente no Hemisfério Sul



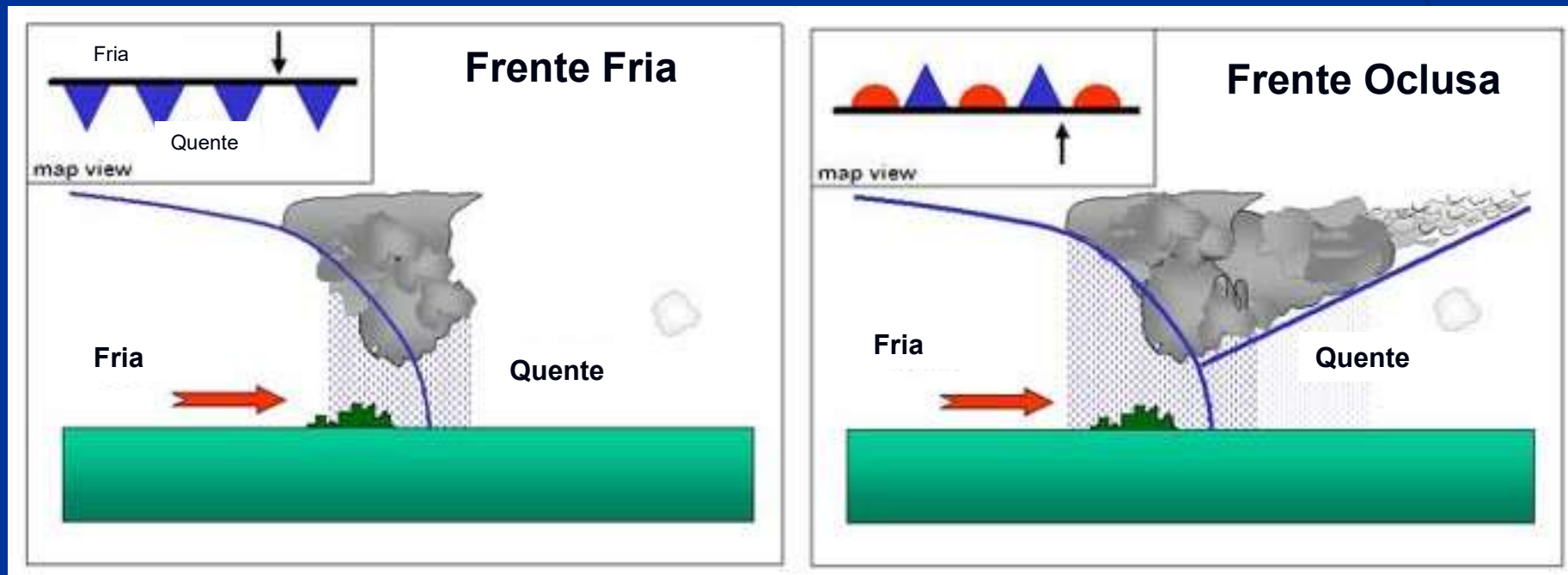
Frentes fria e quente no Hemisfério Norte

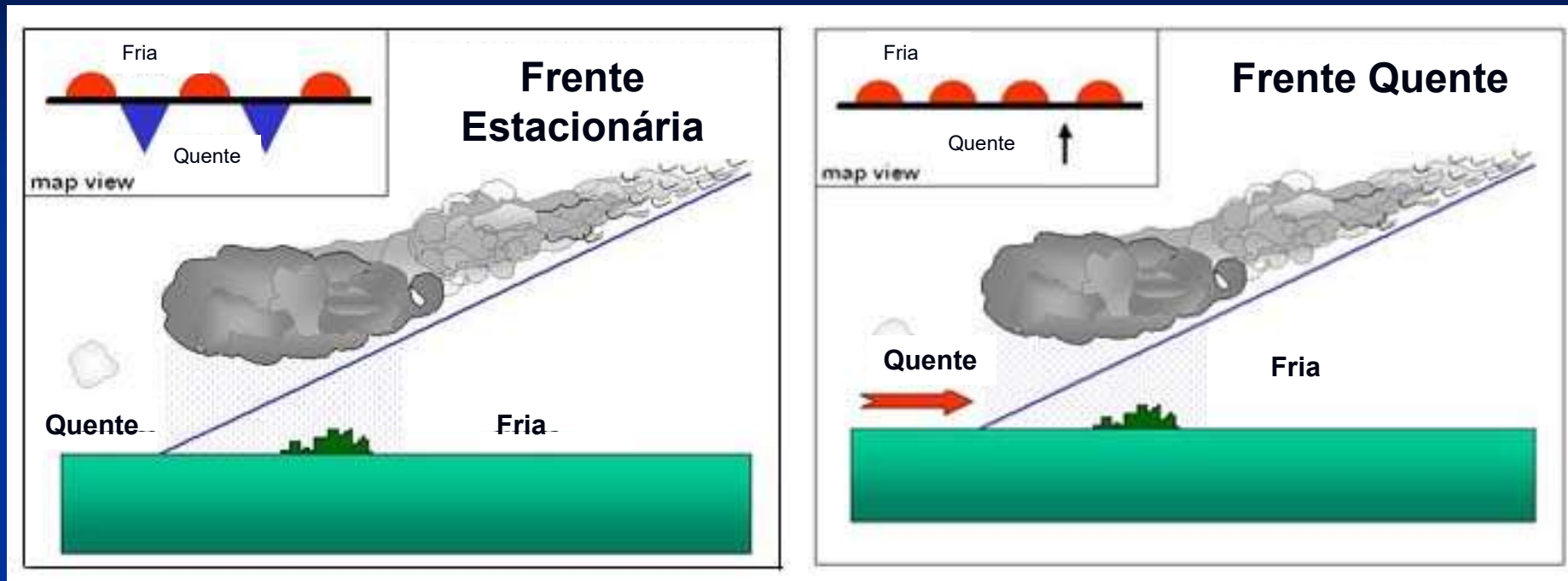


A América do Sul, devido ao seu formato, sofre a influência predominante das FFs. As FQs situam-se predominantemente sobre o Oceano Atlântico.

Além da frente fria, que provoca a ocorrência de chuvas durante a passagem do sistema frontal e queda na temperatura, e da frente quente, que promovem chuvas amenas antes da passagem do sistema frontal e logo após aumento da temperatura, existem ainda as frentes oclusas e as frentes estacionárias. Nesses dois últimos casos, as chuvas são intensas e por períodos prolongados.

Veja nas figuras a seguir as diferenças entre os quatro tipos de frentes mencionados

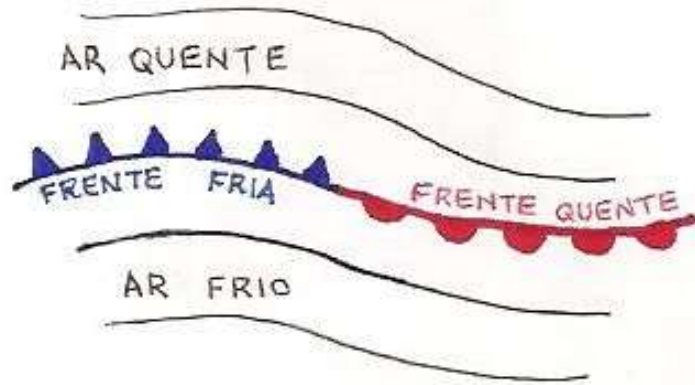




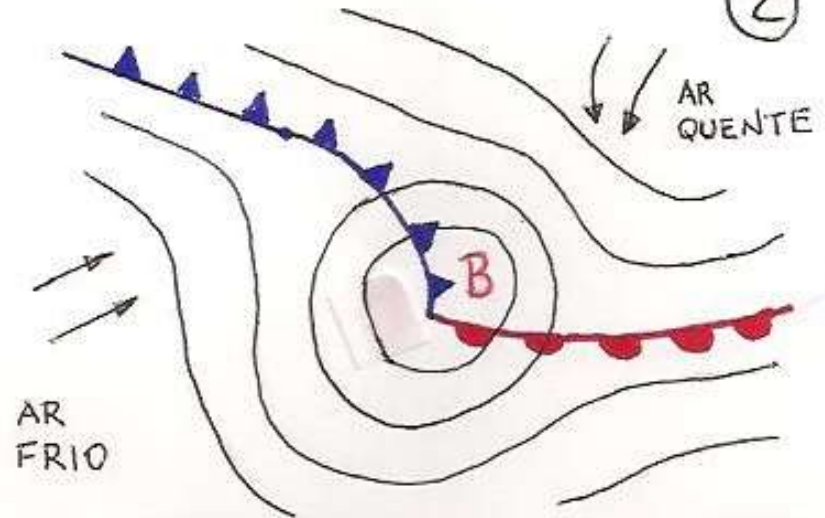
Na frente estacionária, não há predomínio de avanço de uma massa em direção à outra, fazendo com que o sistema fique estacionado sobre uma região, provocando chuvas contínuas.

A figura a seguir mostra uma frente fria e uma frente quente sobre a região S e SE do Brasil. A área branca corresponde à nebulosidade, formada devido à ação das frentes.

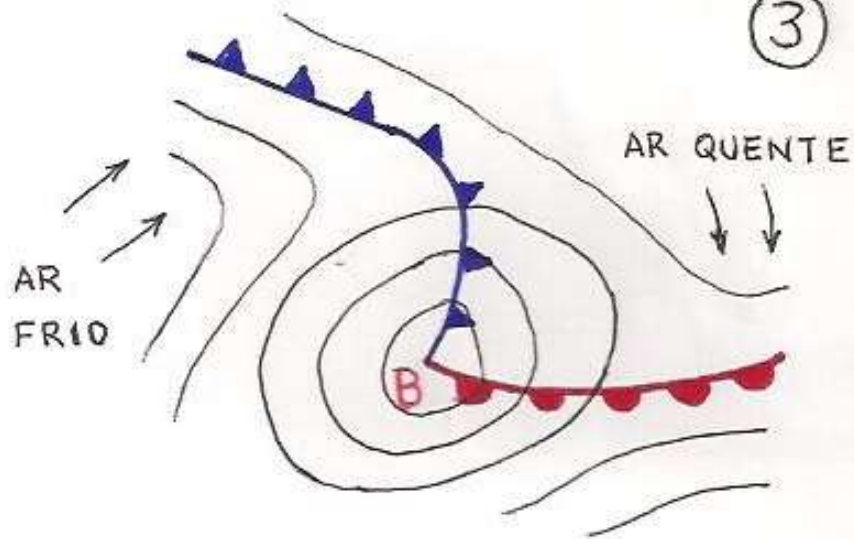
①



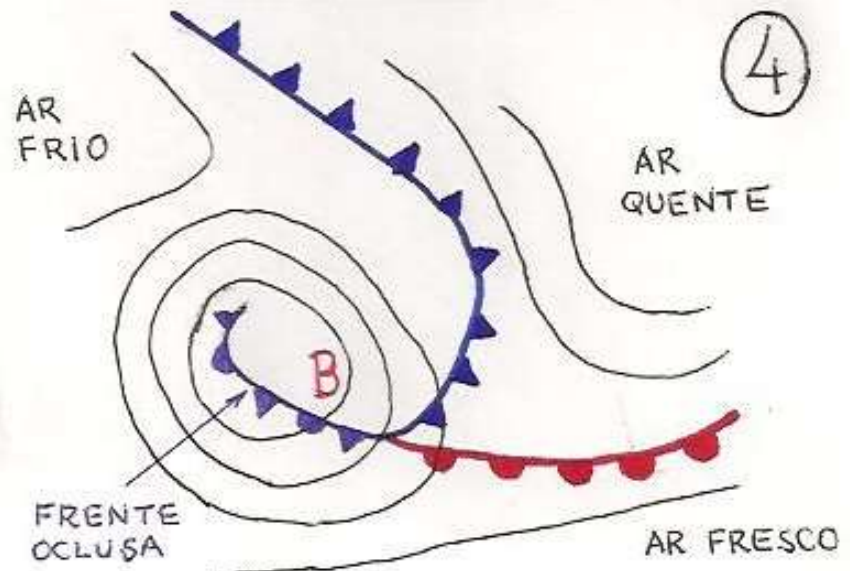
②



③

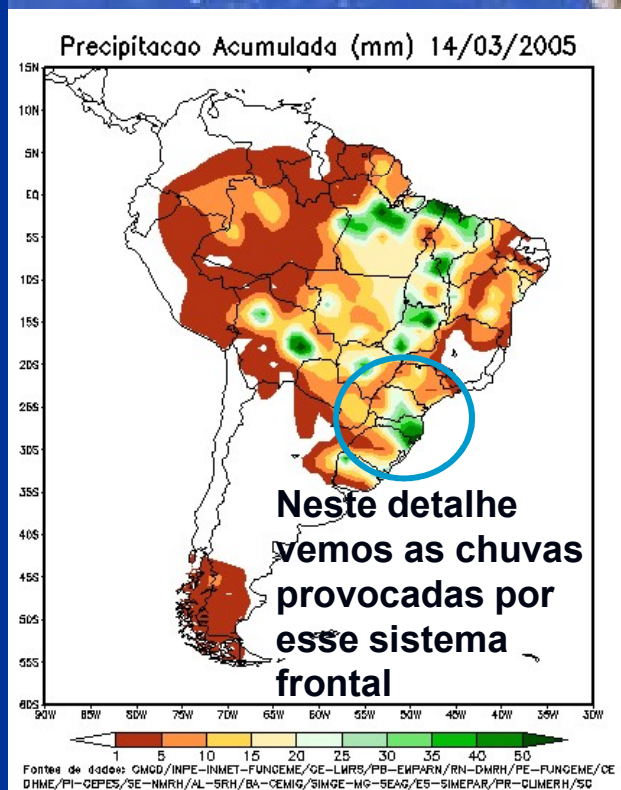


④



Frente fria e quente na Região Sul do Brasil

Imagem de Satélite de 14/03/2005 – 12:00Z



Observe a FF no continente e a FQ no oceano

Fatores que Interferem na formação e distinção dos climas

- Latitude
- Altitude
- Maritimidade
- Continentalidade
- Relevo (Morfologia)
- Correntes Marítimas
- Ventos, Frentes e Massas de Ar

Com esta aula finalizamos os tópicos relativos à formação das condições do tempo e do clima. Vale lembrar que as condições meteorológicas, e por consequência as condições climáticas, de um local dependem da combinação dinâmica dos diversos fatores condicionadores, dos quais os mais importantes foram discutidos: latitude, altitude, continentalidade, correntes oceânicas, circulação geral da atmosfera, circulação local, massas de ar, frentes etc.



TESTE RÁPIDO

- 1) Qual a importância da concentração dos gases que compõe a atmosfera terrestre, em termos físicos e biológicos?
- 2) Quais os principais gases de efeito estufa e quais são suas principais fontes naturais e antrópicas de emissão?
- 3) Quais os ventos predominantes que ocorrem na macro-escala?
- 4) Liste as principais consequências para o Brasil dos fenômenos El Niño e La Niña.
- 5) Quais as massas de ar que atuam no Brasil e qual a relação delas com a estacionalidade das chuvas no país?
- 6) Qual a diferença entre as frentes fria e quente?