

# ISA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE  
AGRONOMIA

2024-2025

## Uso e Gestão do Território e da Água

Ana Russo ([acrusso@isa.ulisboa.pt](mailto:acrusso@isa.ulisboa.pt)), Ext. 3235

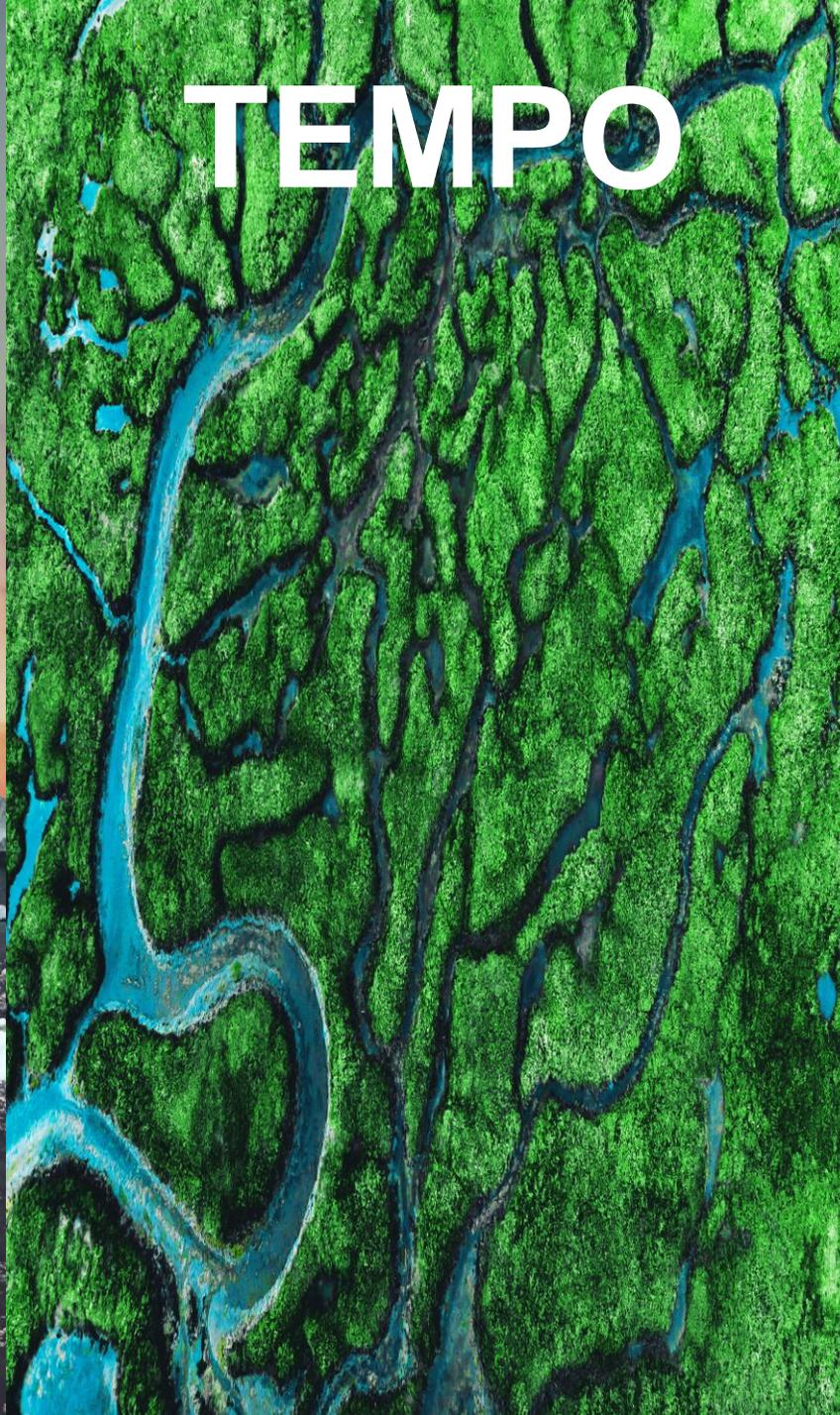
U LISBOA | UNIVERSIDADE  
DE LISBOA

INSTITUTO  
SUPERIOR DE  
AGRONOMIA

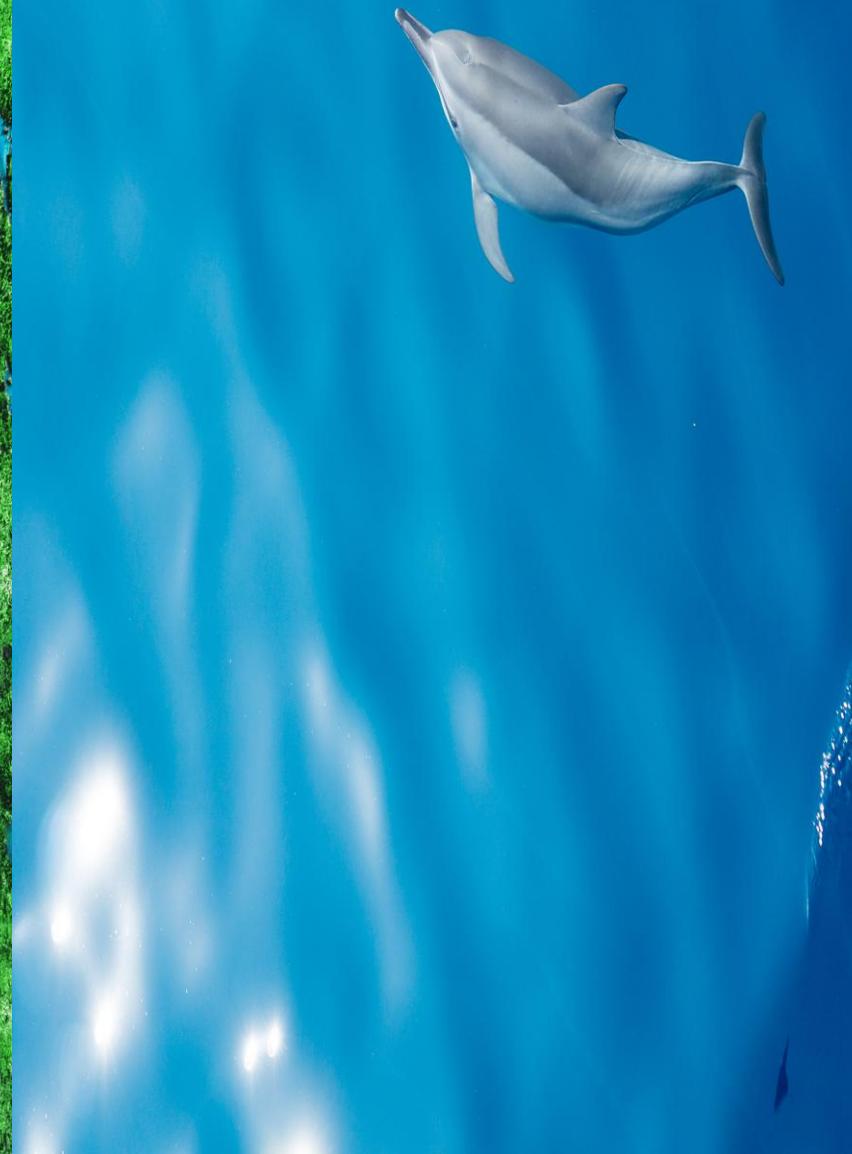
# CLIMA



# TEMPO



# EXTREMOS



# METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA



**METEOROLOGIA** - etimologicamente, tem origem no grego (**Meteoro**) estuda o conhecimento da **atmosfera** nos seus diferentes aspectos.

Assim, em meteorologia são analisados os fenómenos físicos que ocorrem na atmosfera e à superfície do globo (fronteira), assim como transformações químicas que nela ocorrem entre os seus diferentes componentes, naturais e antropogénicos.



**CLIMATOLOGIA** –estuda o **clima**, síntese dos estados de tempo característicos de um dado local ou região num intervalo de tempo definido

Clima é o que queremos e tempo é o que recebemos



Quiz

Vamos avaliar cada afirmação:

- **Os verões aqui são quentes e húmidos**

**Clima:** Esta afirmação descreve o padrão de condições meteorológicas no verão ao longo do tempo, o que implica consistência de ano para ano

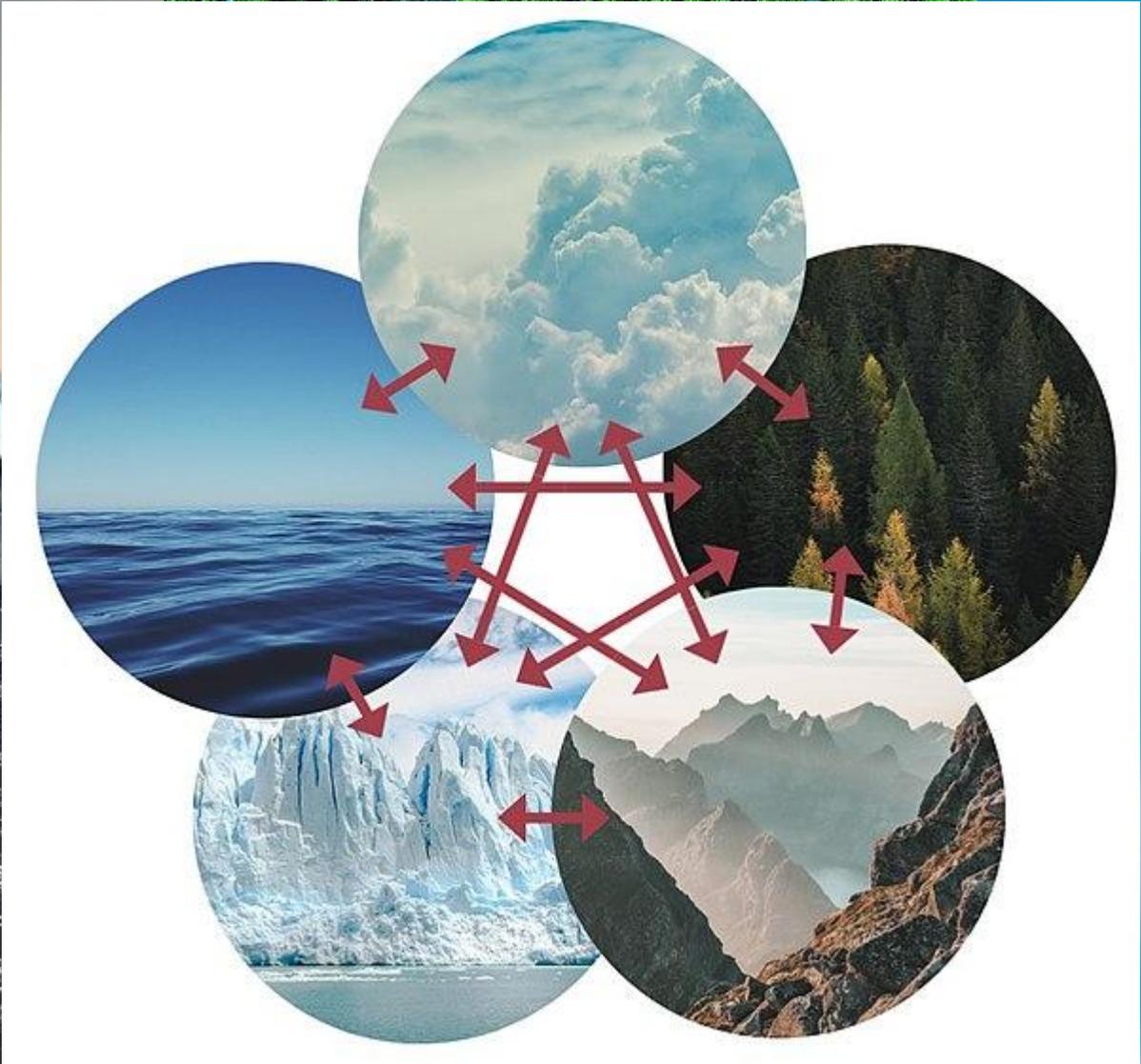
- **Nuvens cumulus estão a cobrir todo o céu**

**Tempo:** Esta afirmação refere-se às condições atuais das nuvens, um fenómeno atmosférico de curto prazo

# CLIMA



# TEMPO

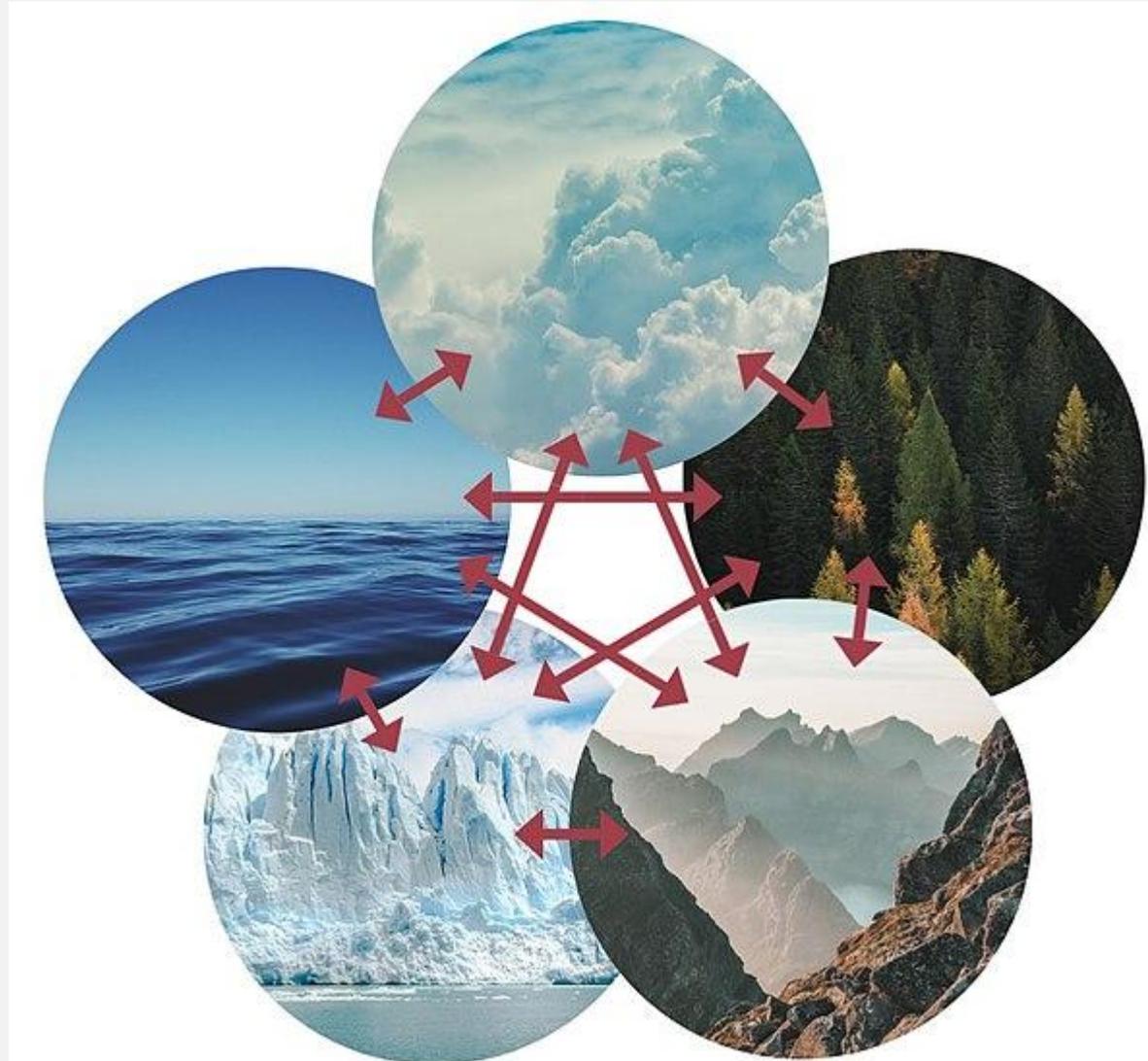


# EXTREMOS



**Sistema climático:** Um sistema integrado fisicamente formado por diferentes componentes cujas interações determinam vários estados de diferentes propriedades físicas (precipitação, temperatura, etc.).

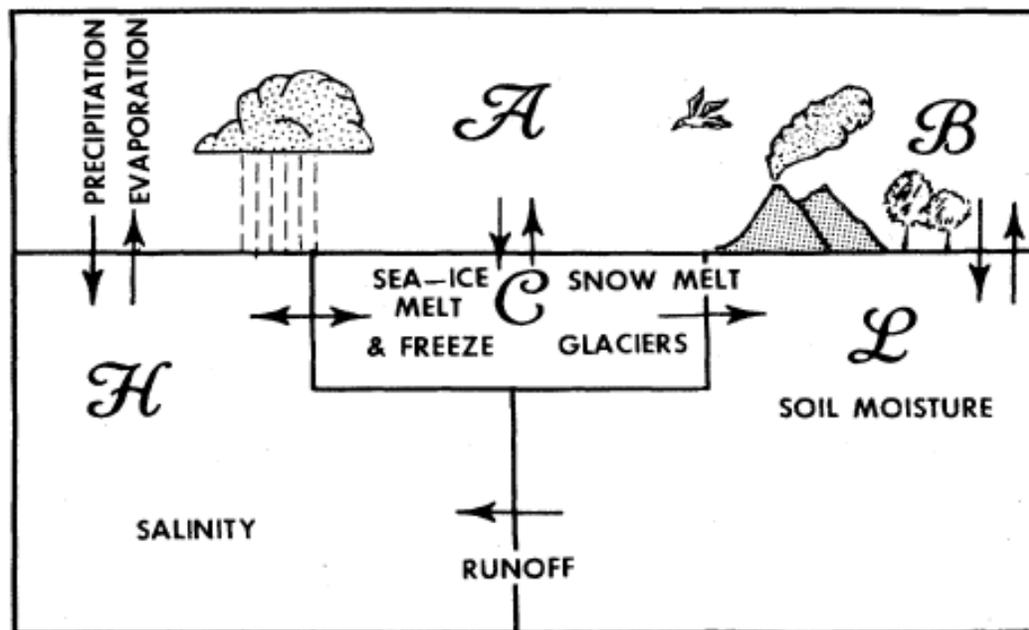
- Atmosfera
- Hidrosfera
- Criosfera (Gelo)
- Geosfera/Litosfera
- Biosfera



## THE TOTAL CLIMATE SYSTEM AND ITS SUBSYSTEMS



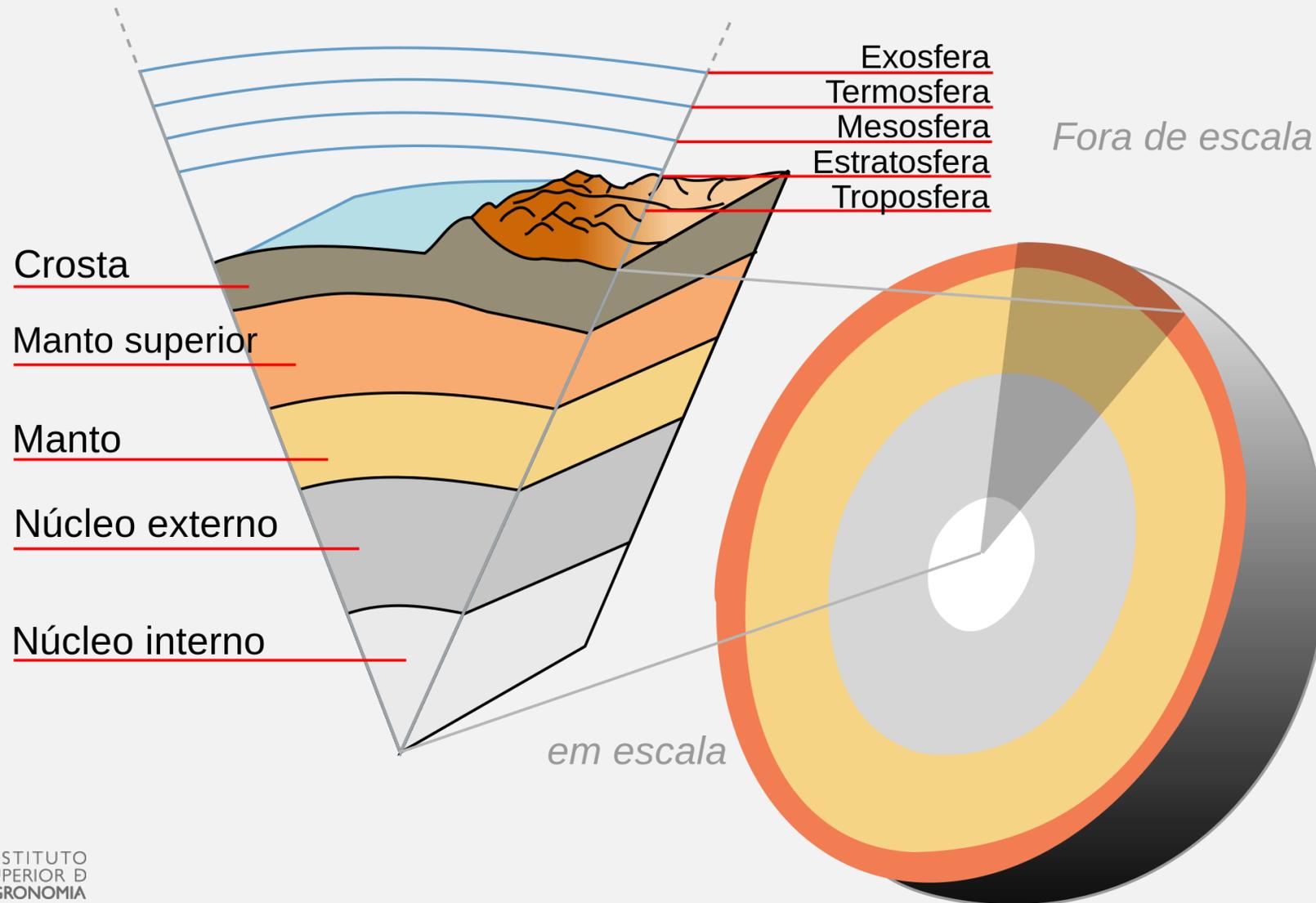
$S \equiv A U H U C U L U B$



- $A$  = atmosphere
- $H$  = hydrosphere (ocean)
- $C$  = cryosphere (snow & ice)
- $L$  = lithosphere (land)
- $B$  = biosphere

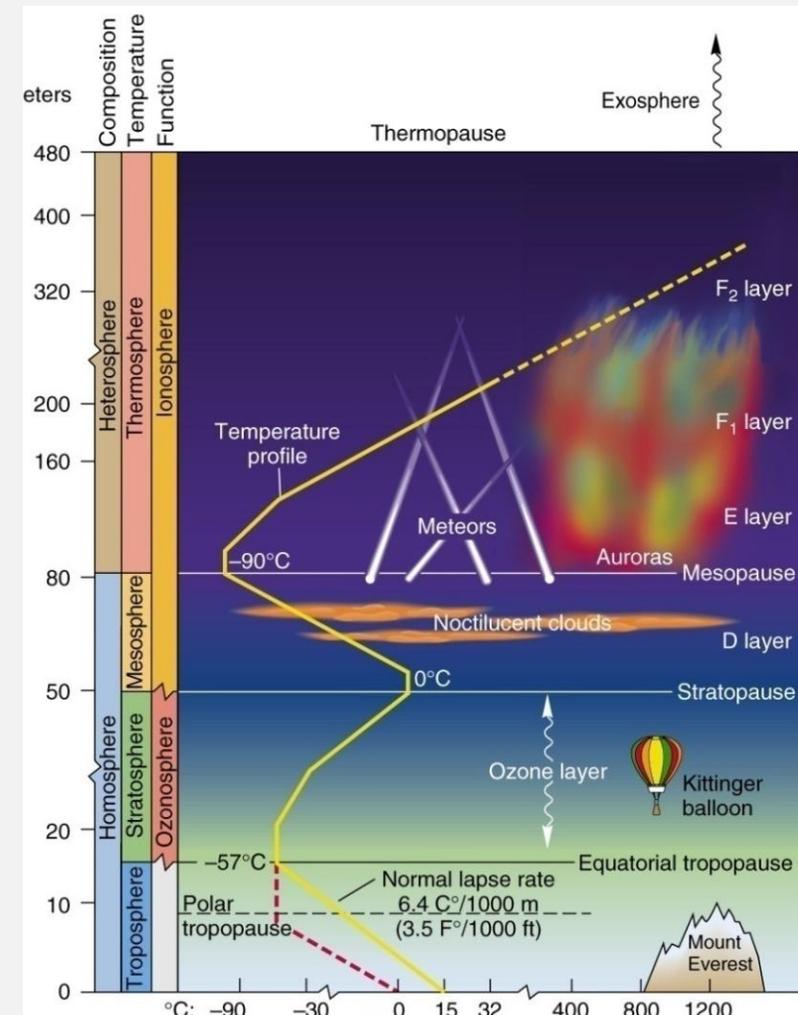
O sistema climático é um **sistema fechado** (i.e. não há trocas de matéria com o exterior) **apenas de energia**. No entanto, cada subsistema é bastante complexo com estrutura, composição, propriedades físicas e comportamento próprio, eles estão ligados entre si **através de fluxos de massa e de energia** numa teia de relações não lineares, com diferentes escalas temporais.

Mas o Sistema Climático é apenas um dos sistemas terrestres com várias componentes.



# A Atmosfera

- **Troposfera:** A camada mais próxima da superfície terrestre, onde ocorrem os fenómenos meteorológicos. A altitude varia de 8 a 15 km
- **Estratosfera:** Estende-se até cerca de 50 km de altitude. Contém a camada de ozono, responsável por filtrar a radiação ultravioleta
- **Mesosfera:** Localizada entre 50 e 85 km de altitude, é a camada onde as temperaturas caem drasticamente, e é aqui que a maioria dos meteoros se desintegram ao entrar na atmosfera
- **Termosfera:** Estende-se de cerca de 85 km até 300 km de altitude. As temperaturas aumentam significativamente devido à absorção da radiação solar
- **Exosfera:** A camada mais externa da atmosfera, onde as partículas de ar são extremamente raras e se misturam com o espaço interplanetário (ESCAPE)

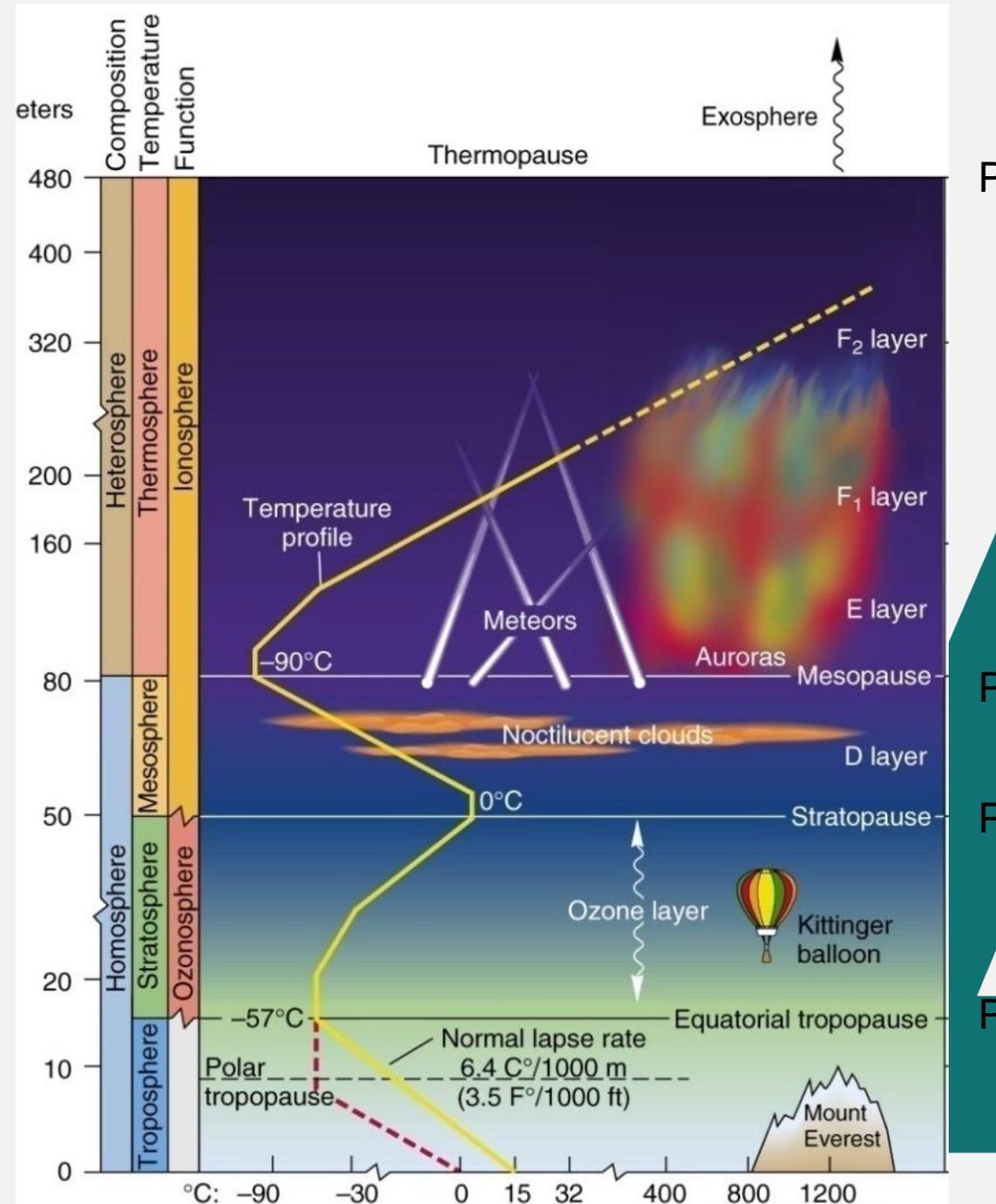


# A Atmosfera

A **Atmosfera** compreende o envelope gasoso da terra, formada por várias camadas estratificadas com mistura de gases e partículas separados por pausas

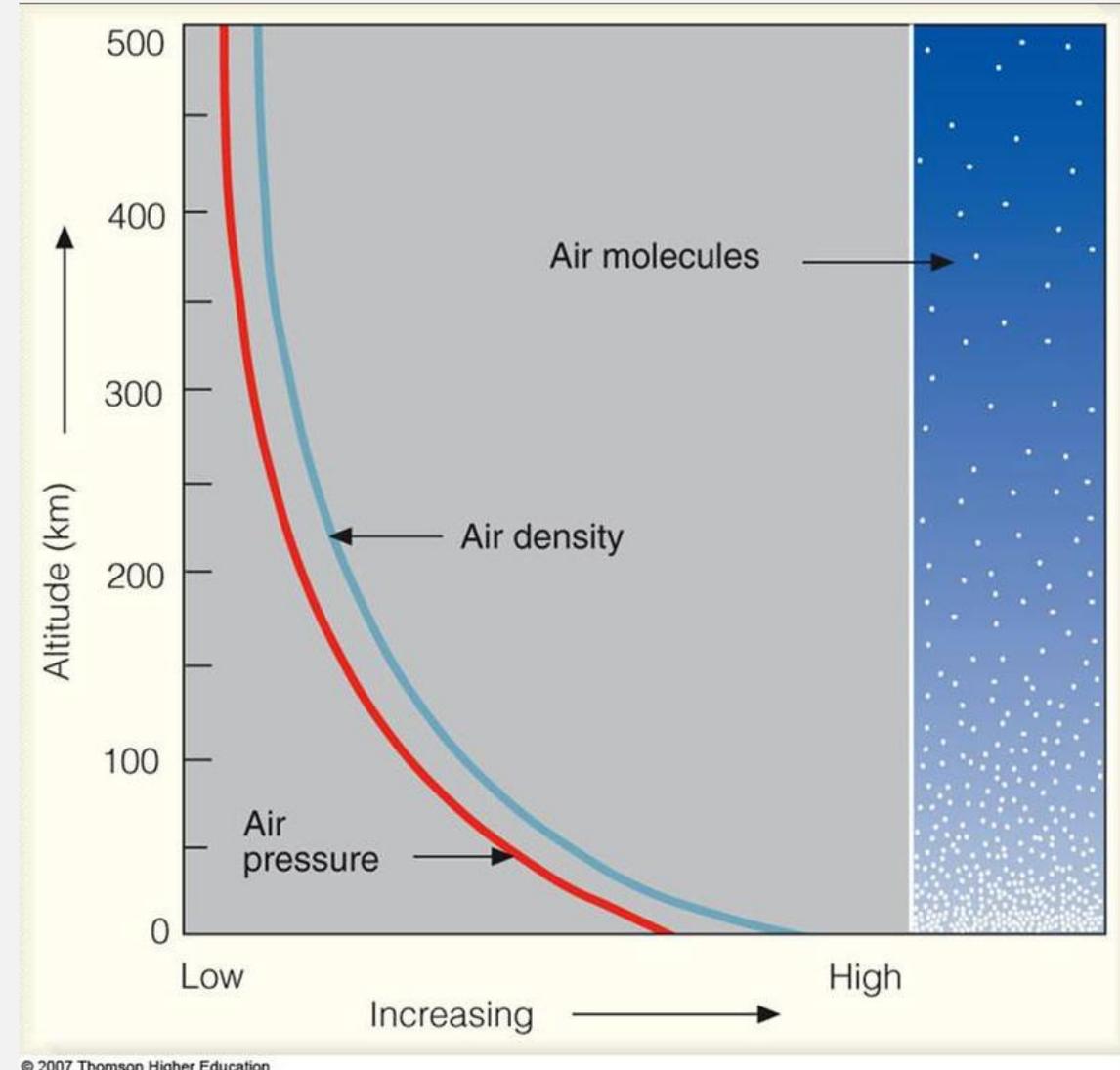
A composição química é um fator determinante do clima da Terra com o Azoto (78%) e o Oxigénio (21%) os grandes contribuintes

A atmosfera da Terra evoluiu do processamento de uma atmosfera original, parecida à atmosfera de Marte e Júpiter (constituída por maioritariamente por CO<sub>2</sub>). Pela acção da água, a atmosfera foi descarbonizada.



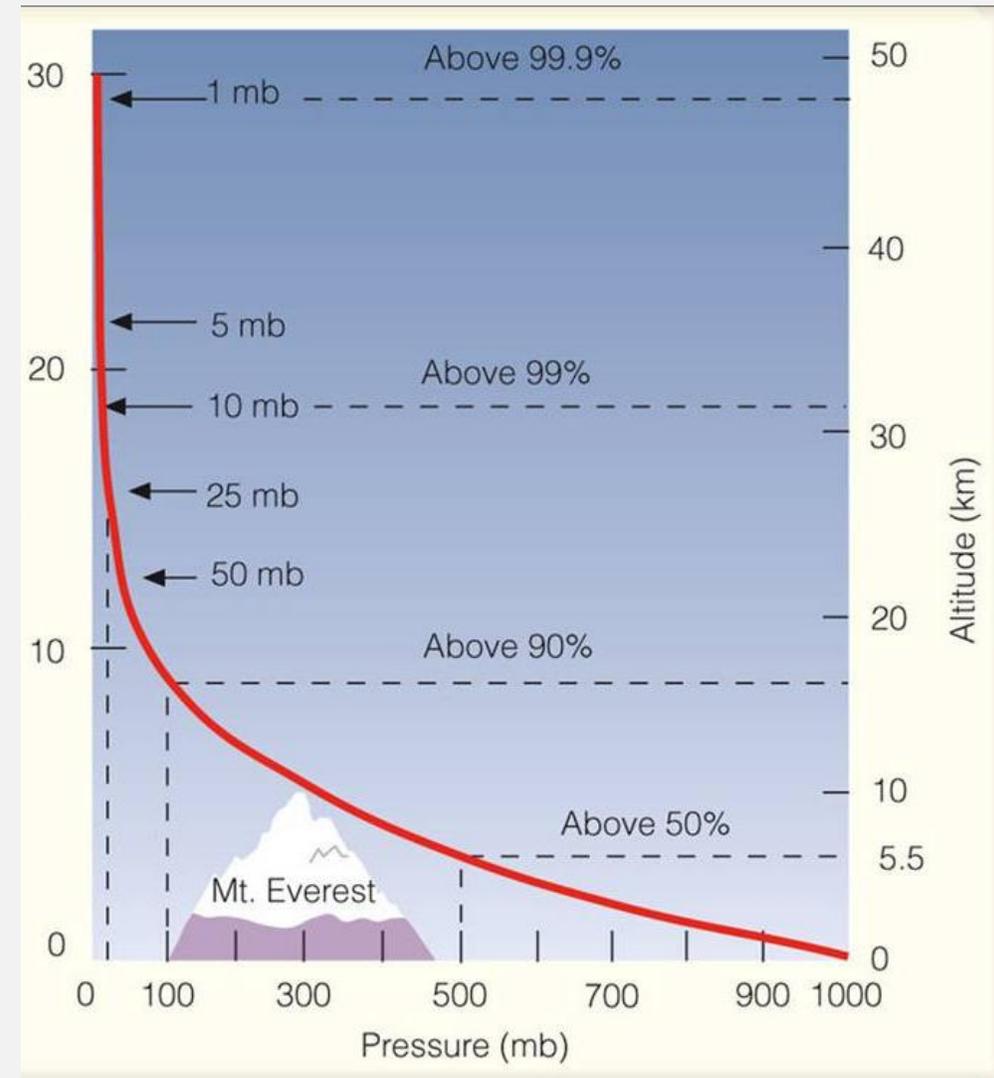
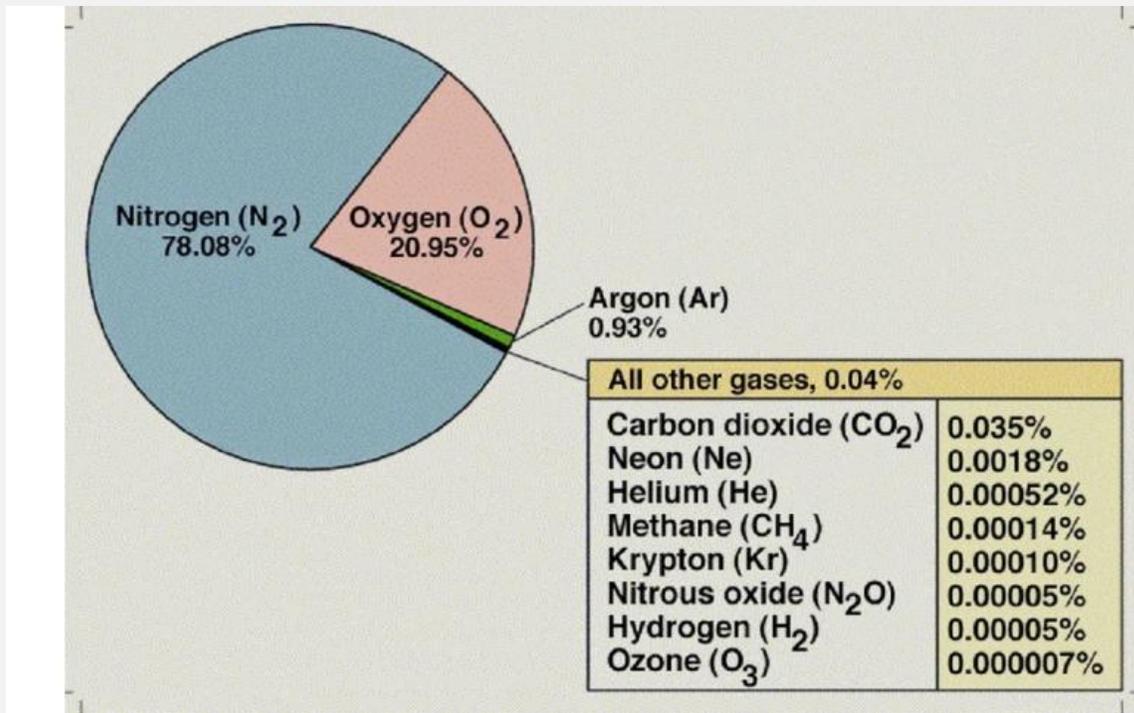
# Pressão Atmosférica

- À medida em que subimos na atmosfera existem cada vez menos moléculas de ar sobre nós; portanto a **pressão do ar diminui com o aumento da altitude**
- A nossa atmosfera está concentrada junto à superfície, fazendo com que a pressão atmosférica decresça com a altitude rapidamente no começo e mais lentamente em altas altitudes

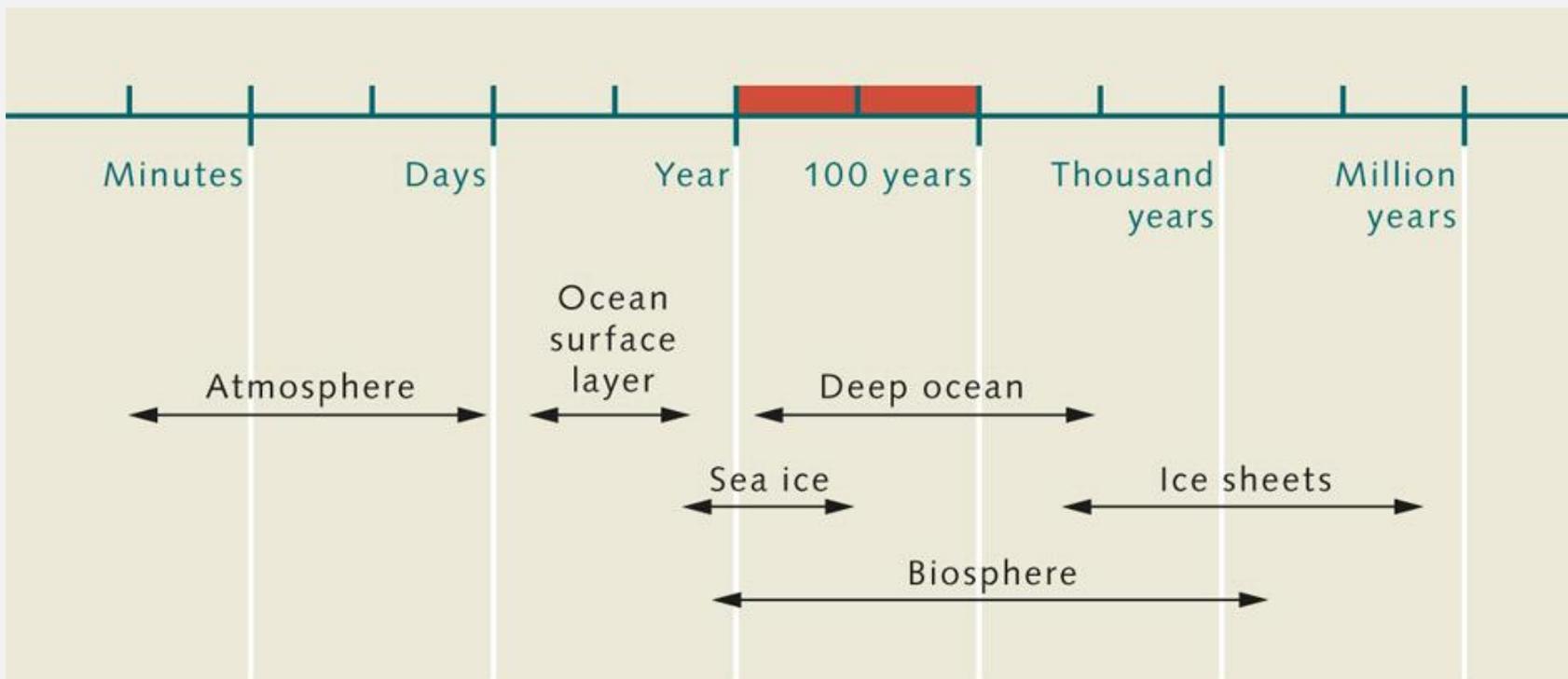


A composição da Atmosfera é praticamente uniforme até à mesopausa no que respeita os gases permanentes e de CO<sub>2</sub>. A densidade e a pressão diminuem exponencialmente com a altura seguindo o equilíbrio hidrostático

### Composição da Atmosfera seca na troposfera

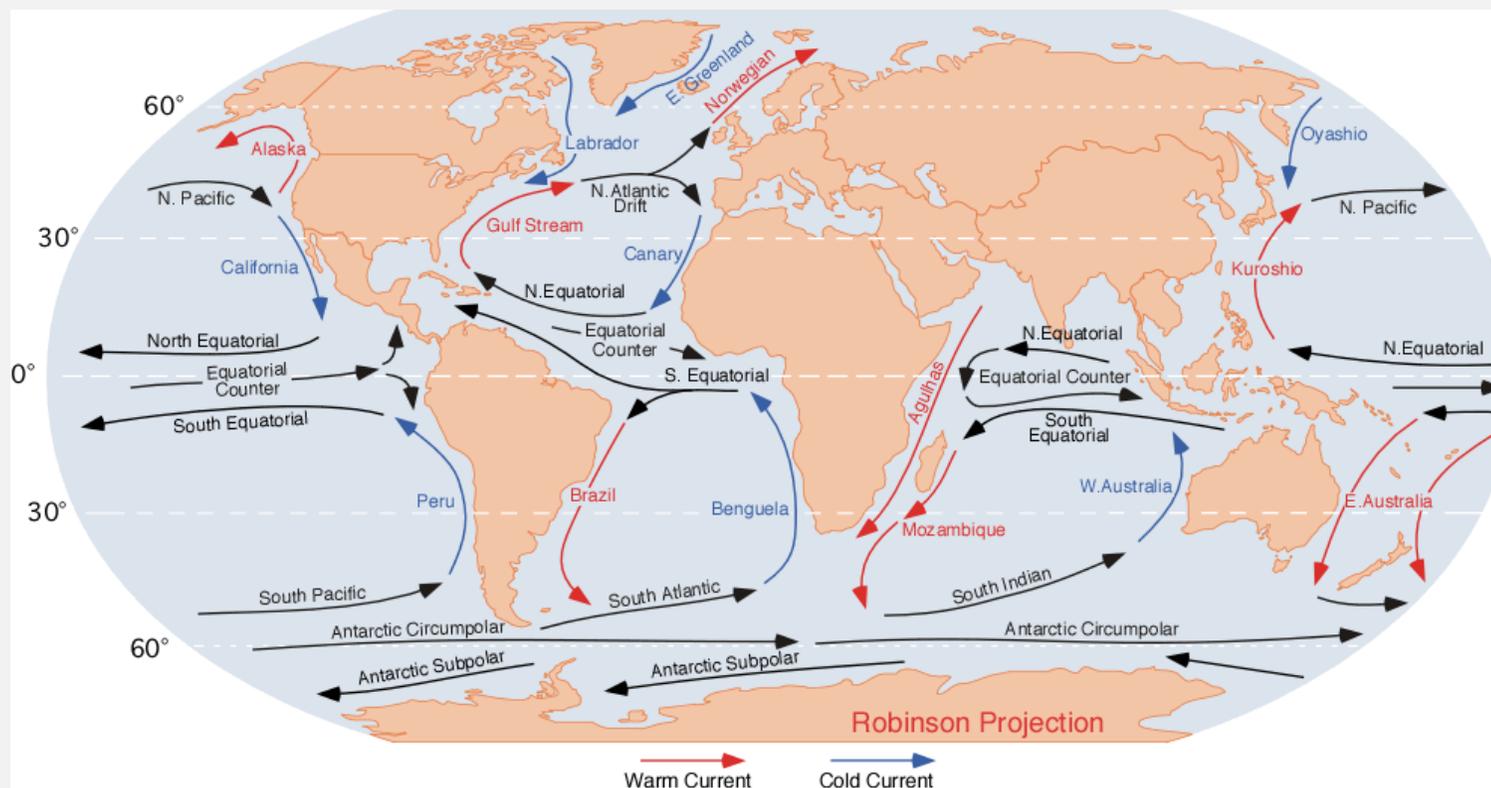


A atmosfera constitui a **componente “rápida” do sistema climático**, com uma grande variabilidade das suas propriedades, tanto no espaço como no tempo. O tempo de resposta da atmosfera (i.e., o tempo que demora a recuperar uma situação de equilíbrio a partir de uma perturbação que lhe é imposta) é muito curto (dias-semanas), como consequência da sua grande compressibilidade, baixo calor específico e baixa densidade.



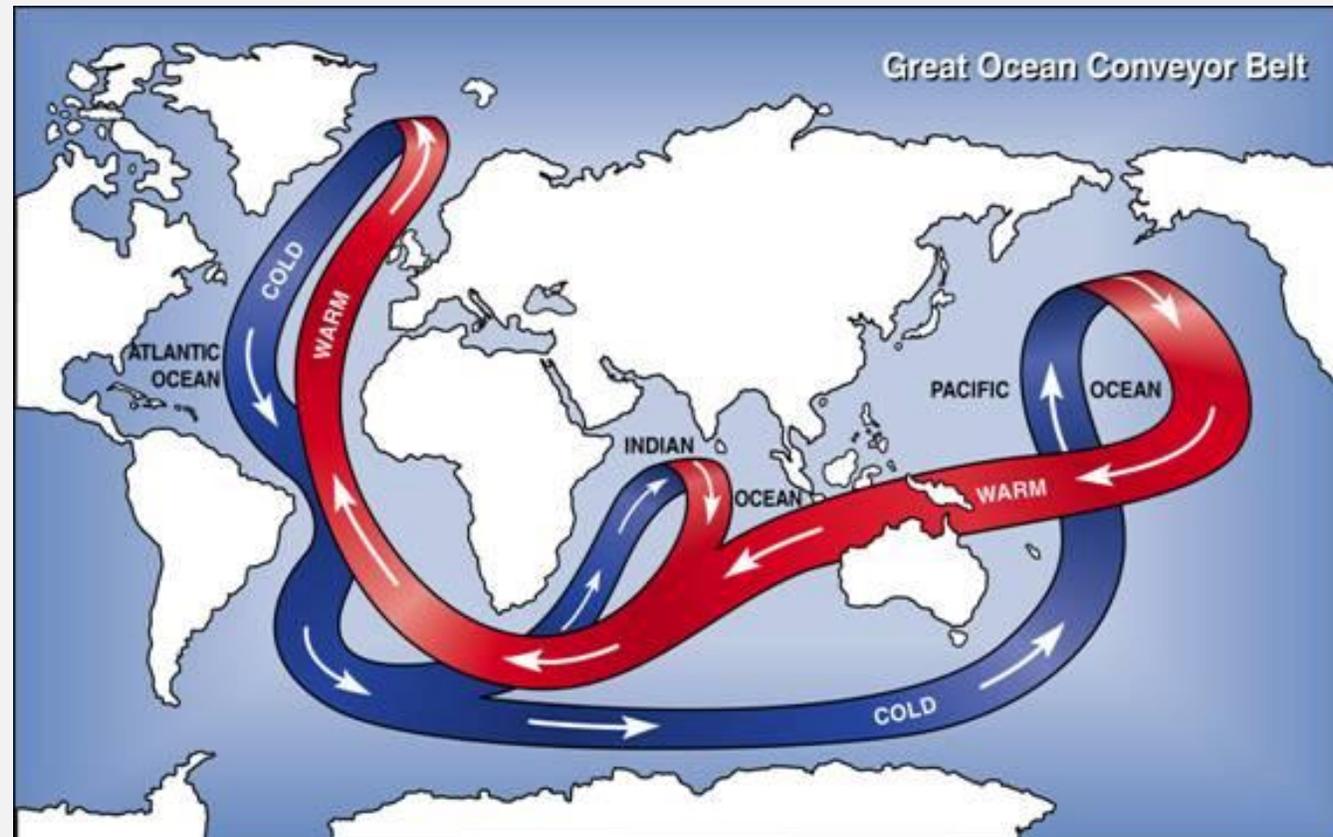
A **Hidrosfera** inclui toda a água no estado líquido, os oceanos, os mares interiores, os lagos, os rios e os aquíferos subterrâneos. **Os oceanos** cobrem cerca de 2/3 da superfície do Globo, são a componente mais importante da hidrosfera e incluem cerca de **97% da água líquida total do planeta**.

Devido à sua enorme massa e elevado calor específico, constituem um grande reservatório de energia. Devido à sua inércia térmica (associada ao elevado calor específico da água), os oceanos actuam como regulador da temperatura do Globo, tendo uma inércia mecânica maior e uma maior estratificação.



A circulação oceânica é muito mais lenta que a atmosférica. O tempo de resposta varia muito, desde a ordem de grandeza das semanas a meses na camada de mistura, das estações do ano na termoclina, até séculos ou milénios do oceano profundo.

**A atmosfera e o oceano estão fortemente acoplados.** Interações oceano-atmosfera ocorrem, em diversas escalas espaciais e temporais, através da troca de energia, matéria e momento linear.

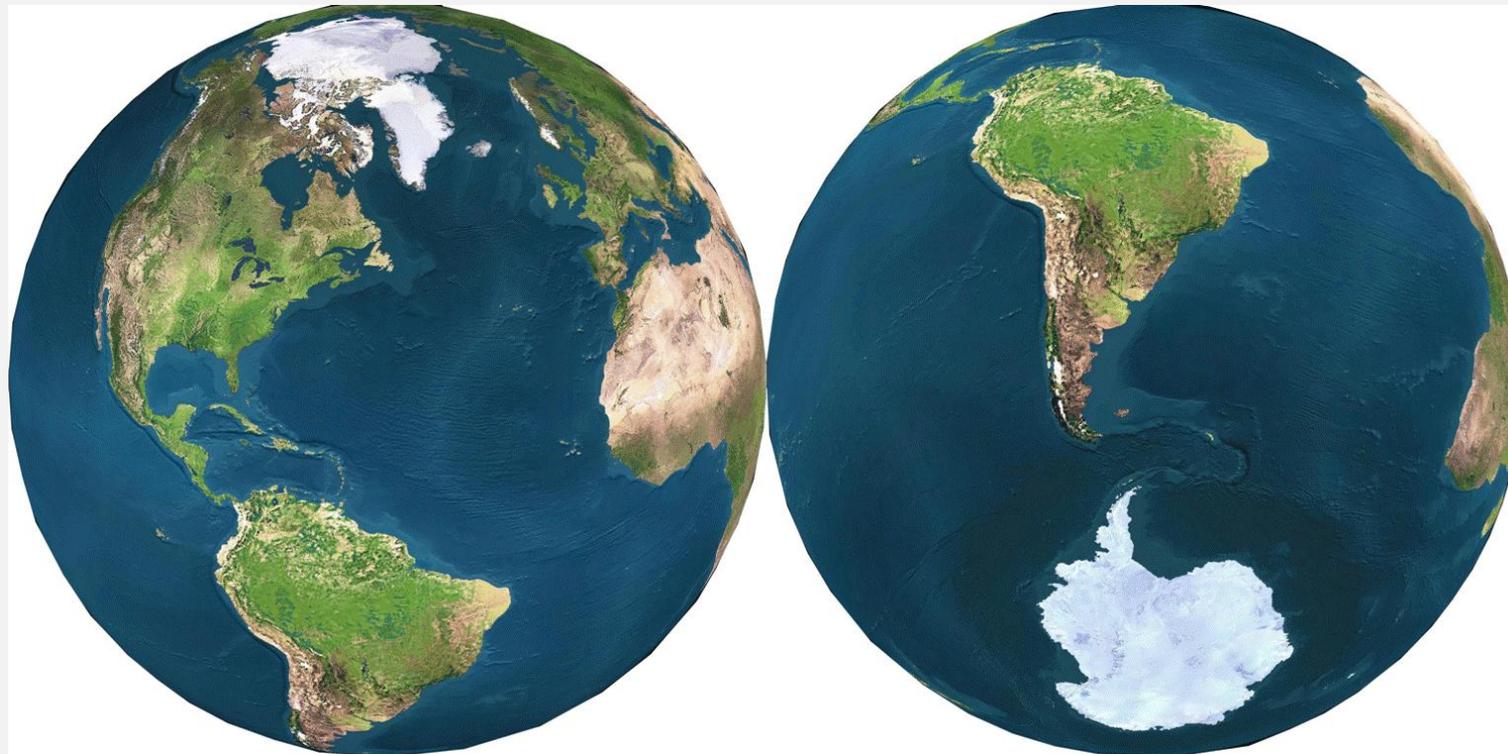


A **Criosfera** inclui as grandes massas de gelo e neve da superfície do Globo (campos de gelo da Gronelândia e da Antártida, glaciares continentais e campos de neve, gelo oceânico e *permafrost*).

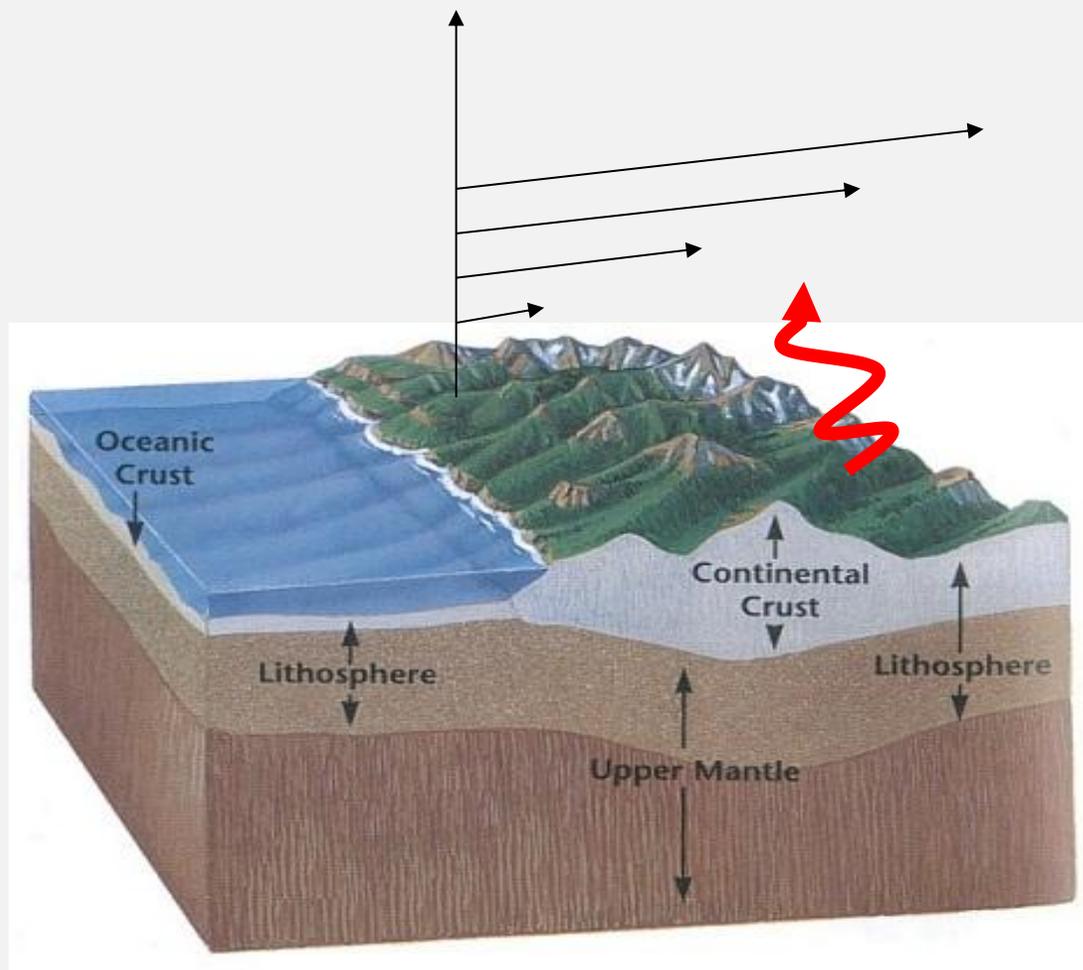
A maior parte da massa de gelo está contida nos grandes calotes de gelo da Antártida (89%) e da Gronelândia (8,6%). Gelo perene abrange ~ 10% da área de terra e de 7% do oceano do mundo.



Video - Gelo



A **Geoesfera** inclui os continentes (cuja topografia afecta os movimentos do ar) e o fundo oceânico. Esta componente do sistema climático é a que tem o maior tempo de resposta excluindo a camada mais superficial do solo e os vulcões. Há uma forte interação da geosfera com a atmosfera e a hidrosfera através da transferência de massa (vapor de água, precipitação líquida e sólida, partículas e poeiras, sobretudo vulcânicas) e de calor.



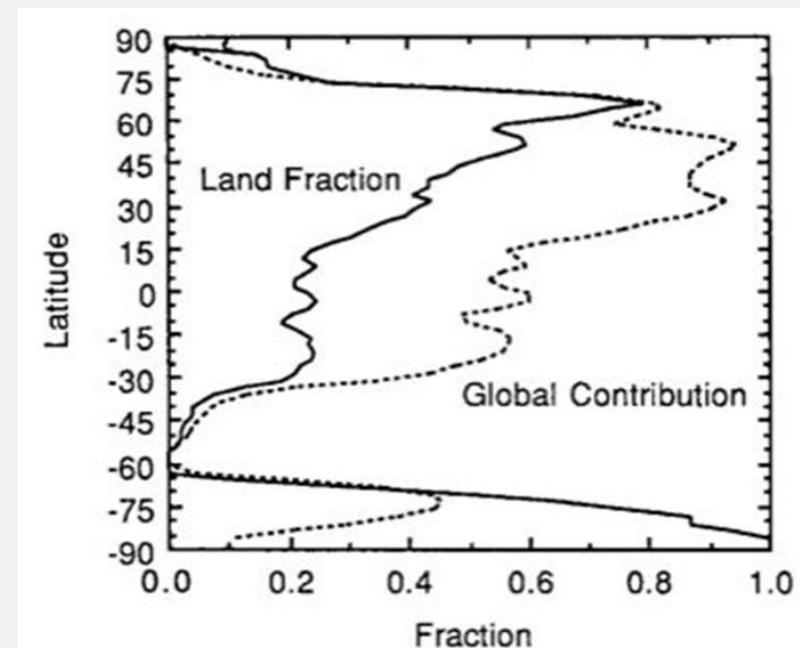
1) Importância fundamental da **humidade na camada de solo superficial** (albedo e troca de água e energia).

2) Impacto dos **grandes vulcões** no clima é bem conhecido (Pinatubo, Krakatoa, Tambora).

3) **Grandes cadeias montanhosas** (Andes, Himalaias, Rochosas) tem grande importância na circulação geral.

4) Grande **assimetria de área continental entre o Hemisfério norte e o Hemisfério Sul**

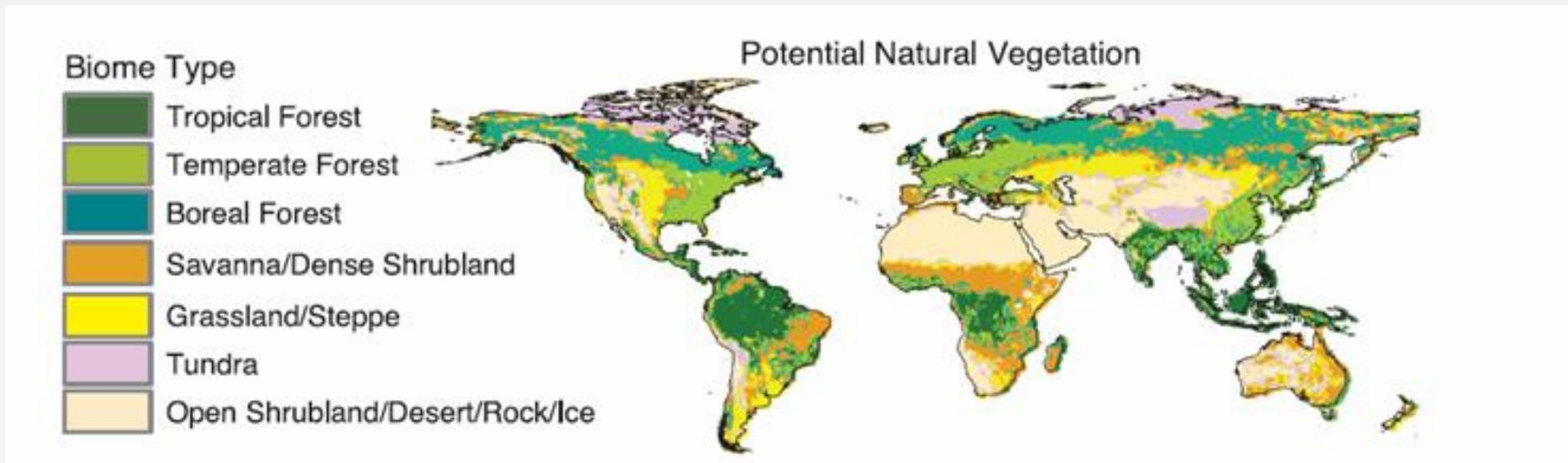
Pinatubo  
1991



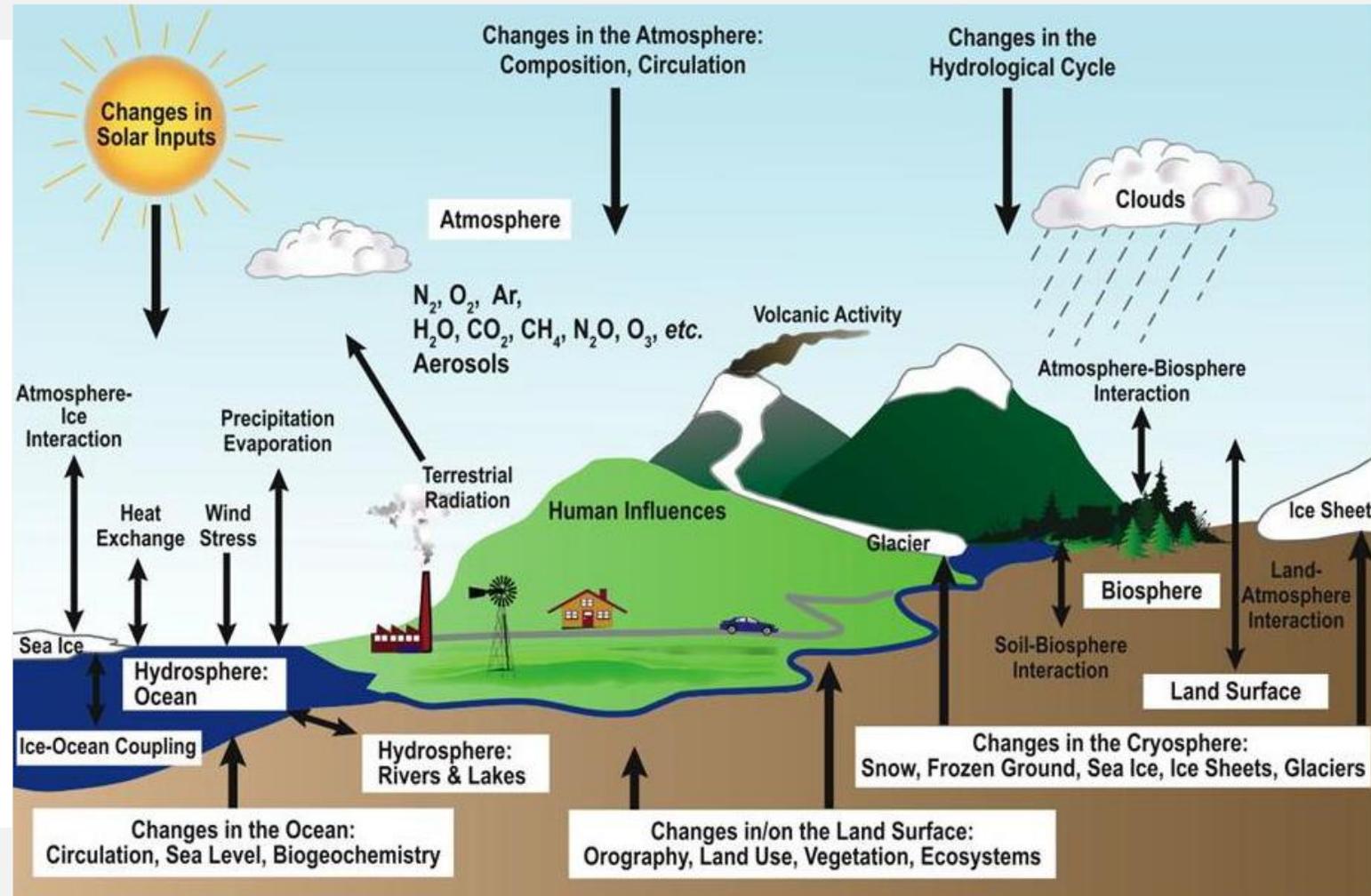
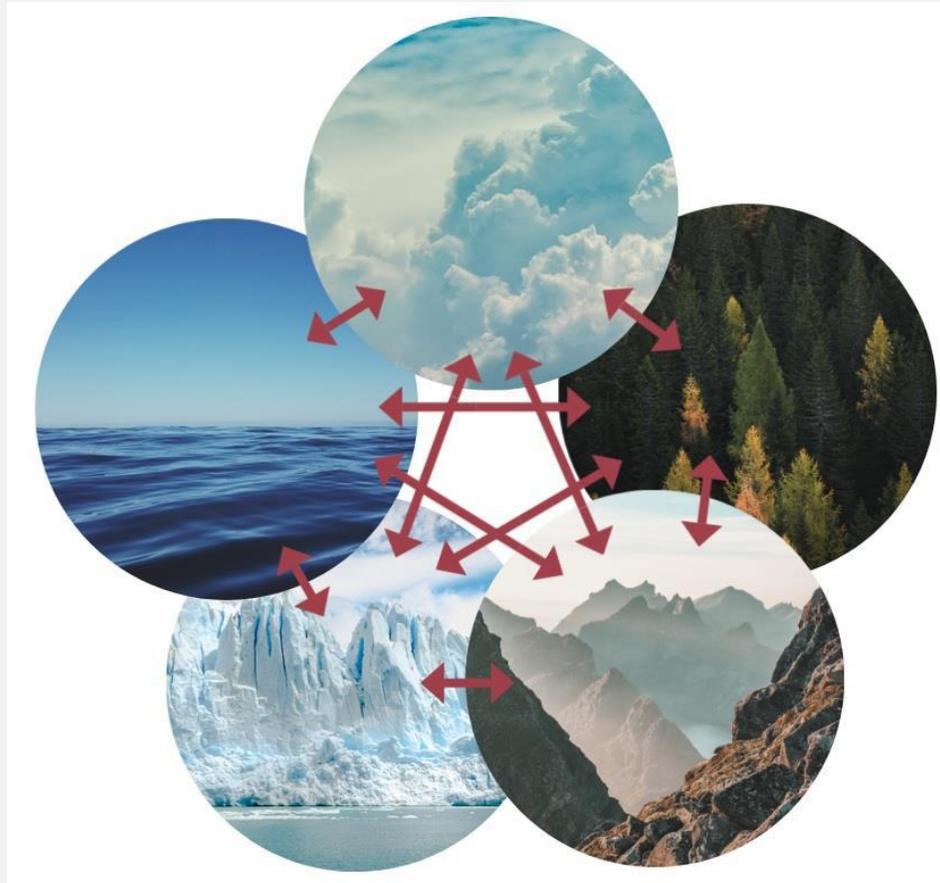
A **Biosfera** inclui a vegetação e a fauna terrestre e marinha.

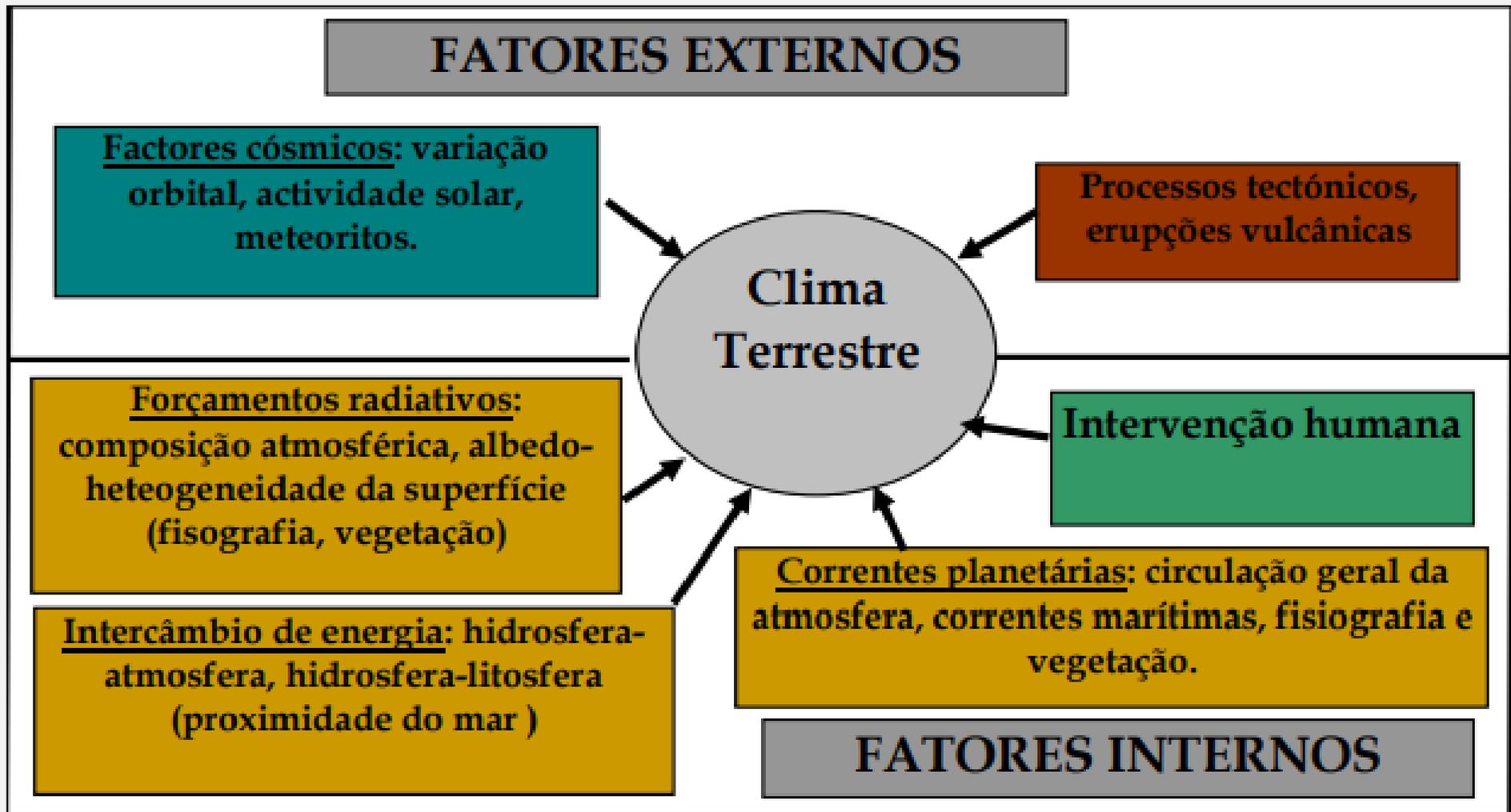
A vegetação tem um efeito importante no condicionamento da rugosidade da superfície da Terra, no albedo, na evaporação e nos ciclos biogeoquímicos fundamentais.

A biosfera é sensível a variações do clima atmosférico e é através da assinatura dessas variações (em fósseis, anéis de crescimento das árvores, pólen, etc.) que se pode obter informação sobre o clima no passado (**variáveis Proxy**).



# SISTEMA CLIMÁTICO - FORÇADORES





O clima e a sua variabilidade são o resultado da ação conjunta de **fatores** que podem ser **externos** e/ou **internos** ao Sistema Climático

# FATORES EXTERNOS

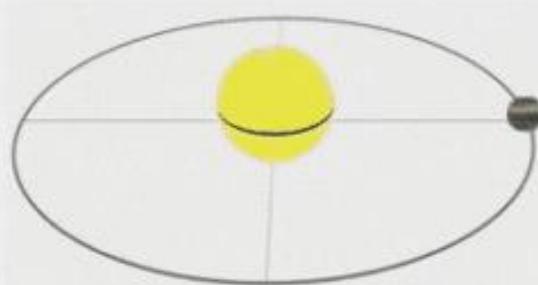
Variação orbital: Ciclos de Milankovich

## THE THREE MILANKOVITCH CYCLES

**CHANGES IN AXIAL  
PRECESSION (WOBBLE) IN  
A 26,000-YEAR CYCLE**



**CHANGES IN ECCENTRICITY  
(ORBIT SHAPE) IN A  
100,000-YEAR CYCLE**

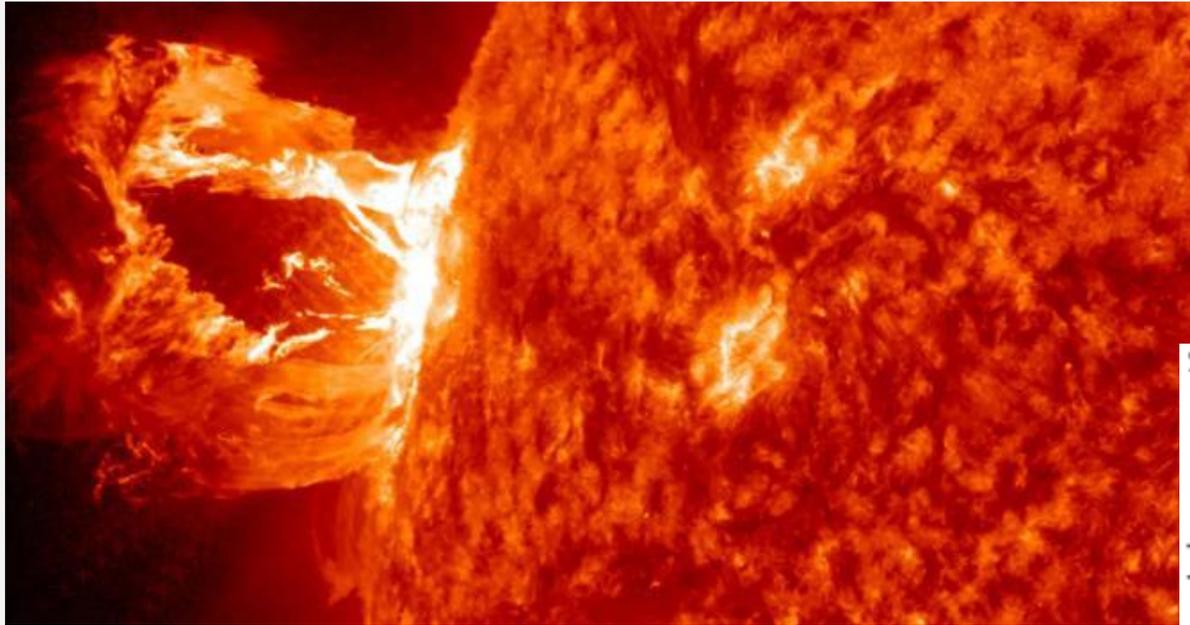


**CHANGES IN OBLIQUITY  
(TILT) IN A 41,000-YEAR  
CYCLE**

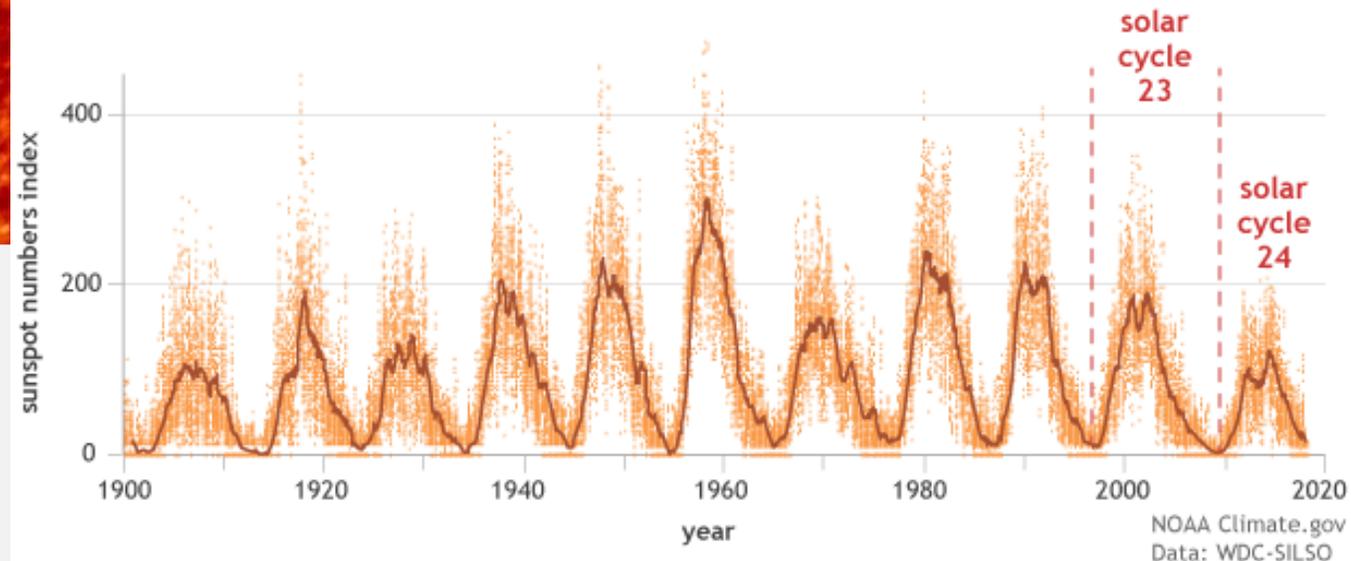


# FATORES EXTERNOS

**Atividade Solar:** emissão de radiação solar não são constantes



Solar activity over the past 11 sunspot cycles



# FATORES EXTERNOS

**Meteoritos:** 1) raros; 2) grandes quantidades de poeiras e detritos para a atmosfera

**Processos tectónicos:** movimentação das placas tectónicas, dando origem a variação das massas de água e terra, que conseqüentemente resulta na variação dos fluxos energéticos

# FATORES EXTERNOS



**Erupções vulcânicas:** enormes quantidades de dióxido de enxofre são libertadas para a atmosfera e permanecem na estratosfera até 3 anos, reduzindo a passagem da radiação solar

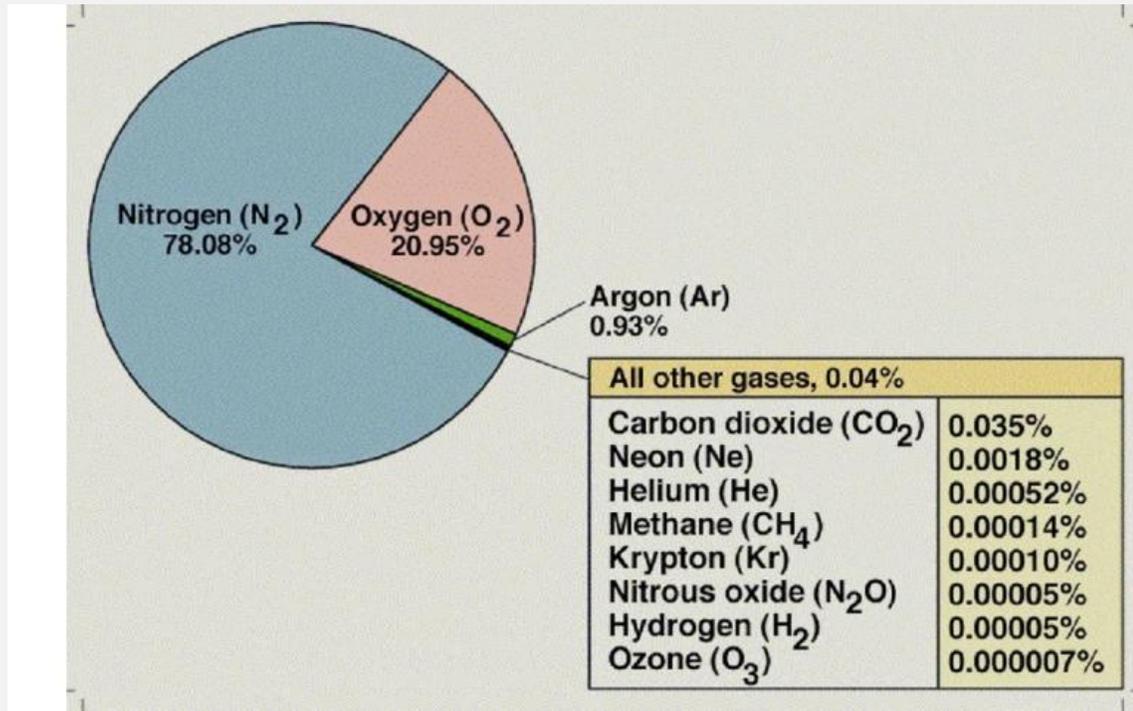


NATIONAL  
GEOGRAPHIC  
PORTUGAL

Saúl Santos

# FATORES INTERNOS

## Composição da Atmosfera:



**Albedo:** proporção da radiação solar incidente que é reflectida

Quadro 3.2. Albedo (0-1) em função da inclinação dos raios solares e da natureza das superfícies: A. Inclinação dos raios solares (valores médios para duas estações do ano em três latitudes diferentes); B. Superfícies aquáticas e de solos; C. Ocupação do solo; D. Nuvens; E. Homem (Sellers, 1965).

A. INCLINAÇÃO DOS RAIOS SOLARES		C. OCUPAÇÃO DO SOLO		
	0°Latitude	0,06	Savana (estação seca)	0,25-0,30
Inverno	30°Latitude	0,09	Savana (estação húmida)	0,15-0,20
	60°Latitude	0,21	Chaparral	0,15-0,20
			Prado	0,10-0,20
	0°Latitude	0,06	Floresta de folha caduca	0,10-0,21
Verão	30°Latitude	0,06	Floresta de folha coníferas	0,05-0,15
	60°Latitude	0,07	Tundra	0,15-0,20
			Cultura agrícola	0,15-0,25
B. SUPERFÍCIES AQUÁTICAS E DE SOLOS		D. NUUVENS		
	Neve fresca	0,75-0,95	Cumuliformes	0,70-0,90
	Neve, alguns dias depois	0,40-0,70	Estratos	0,59-0,84
	Lago gelado	0,1	Altoestratos	0,39-0,59
	Lago gelado com neve	0,46	Cirroestratos	0,44-0,50
	Superfície do mar, calmo	0,07-0,08		
	Superfície do mar, encrespado	0,12-0,14	E. HOMEM	
	Duna de areia, seca	0,35-0,45	Pele clara	0,43-0,45
	Duna de areia, húmida	0,20-0,30	Pele morena	0,35
	Solo escuro	0,05-0,15	Pele escura	0,16-0,22
	Solo argiloso seco	0,20-0,35		
	Solo turfoso	0,05-0,15		

# FATORES INTERNOS

**Circulação da atmosfera/massas de ar:** circulação atmosférica contribui com cerca de 60% na redistribuição da energia entre o equador e zonas polares

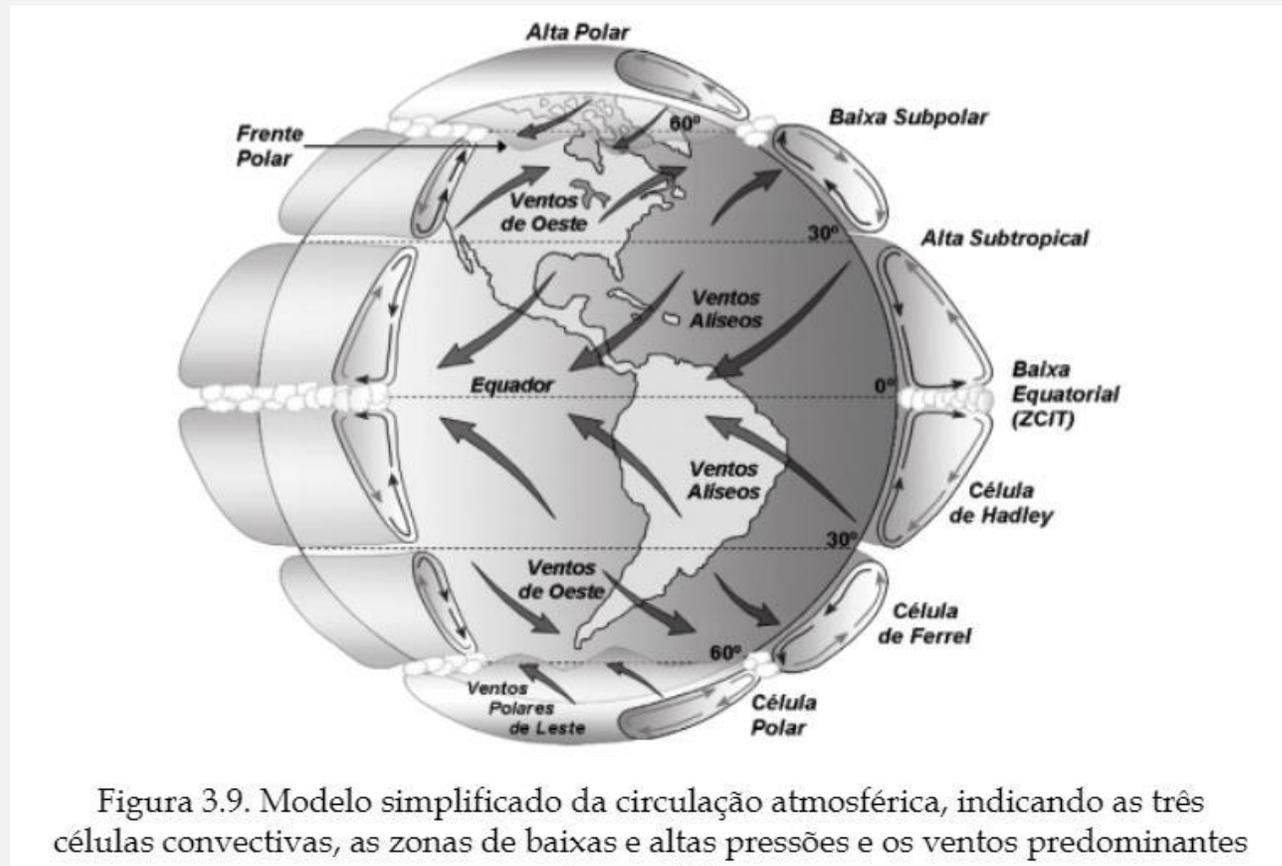
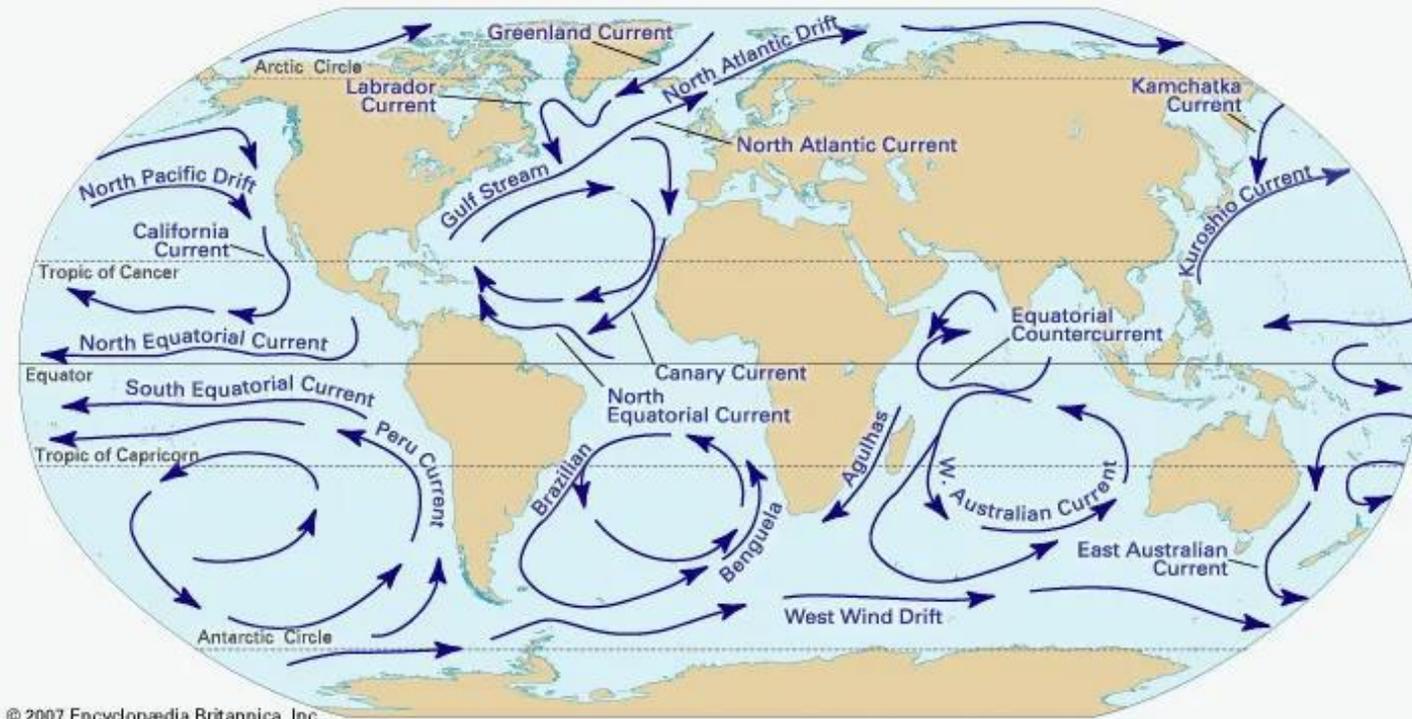


Figura 3.9. Modelo simplificado da circulação atmosférica, indicando as três células convectivas, as zonas de baixas e altas pressões e os ventos predominantes

# FATORES INTERNOS

**Correntes marítimas:** circulação atmosférica contribui com cerca de 60% na redistribuição da energia entre o equador e zonas polares



**Fisiografia:** altitude do relevo e da sua direção, exerce efeitos no clima à escala local, global e regional

# FATORES INTERNOS

## Continentalidade/Maritimidade

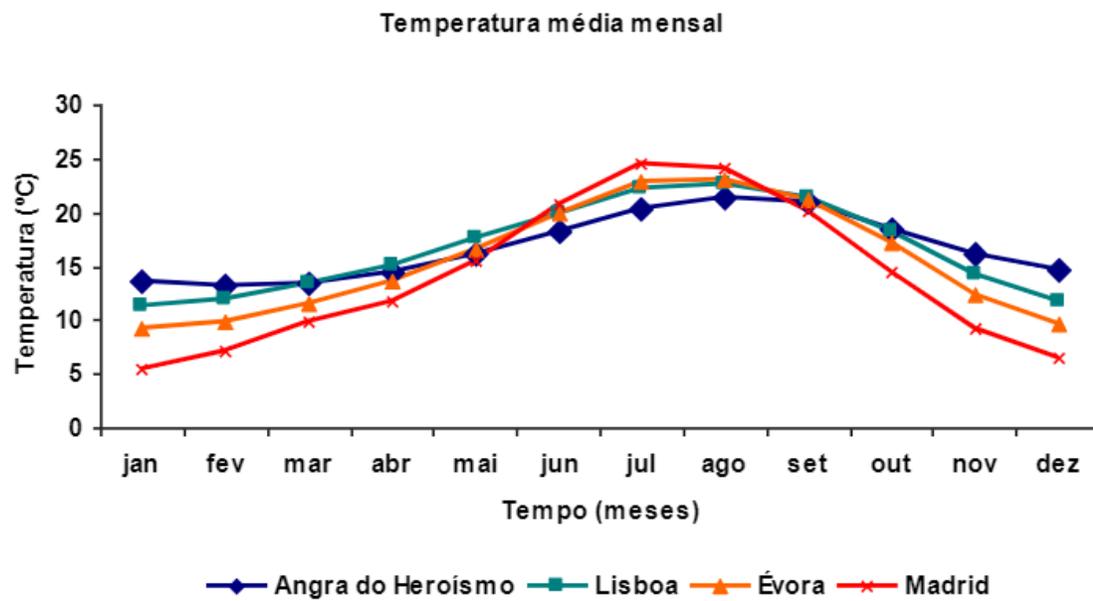
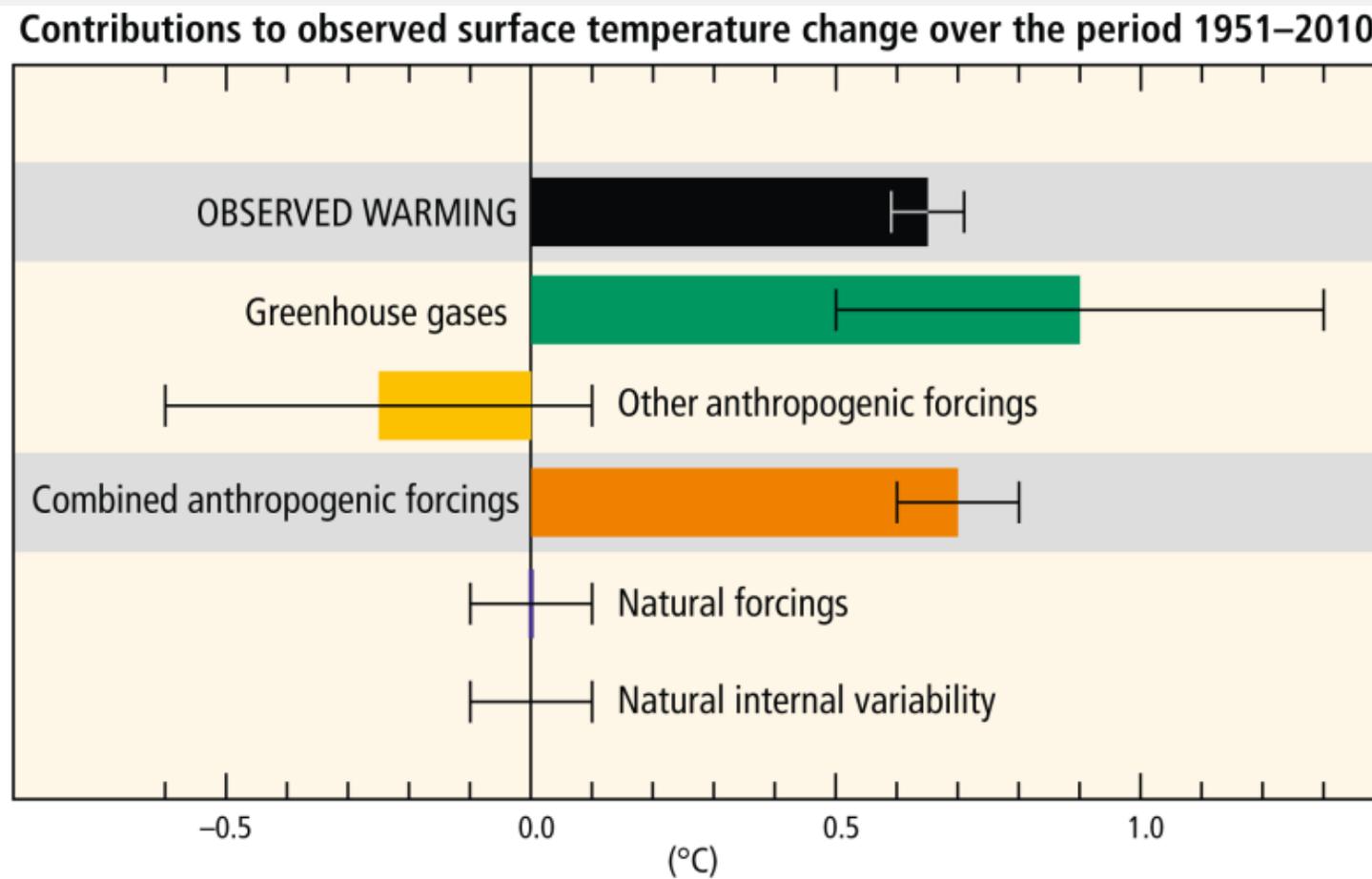


Figura 3.12. Efeito da continentalidade sobre as temperaturas médias mensais de 4 localidades: Madrid, Lisboa, Évora e Angra do Heroísmo.



**Impactes antropogénicos:** alteração na exploração e uso da terra (desflorestação, urbanização, desertificação, rega) e crescente uso de combustíveis fósseis (libertação de aerossóis e gases de estufa).



ISA

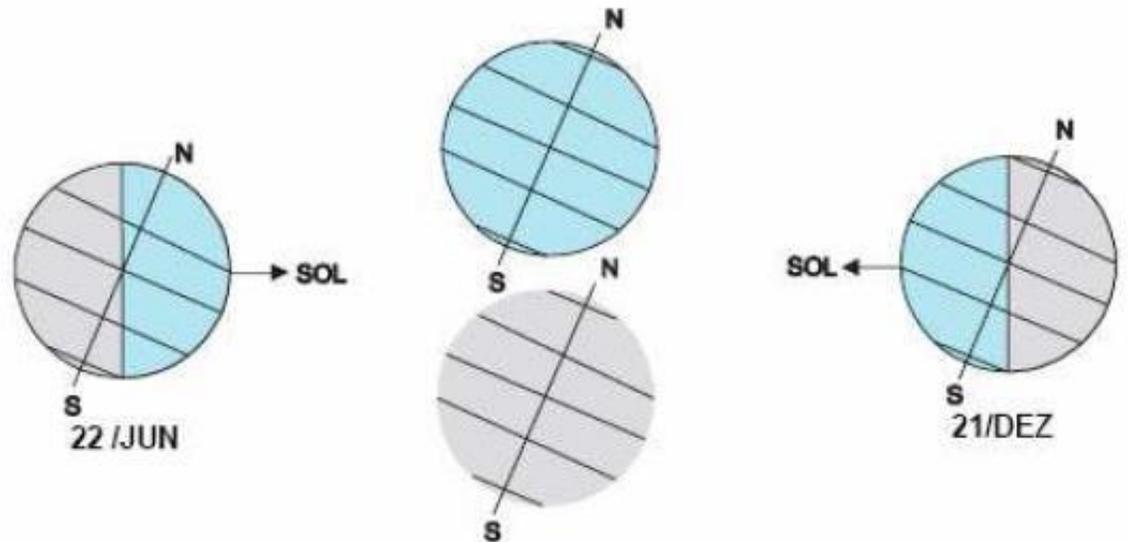
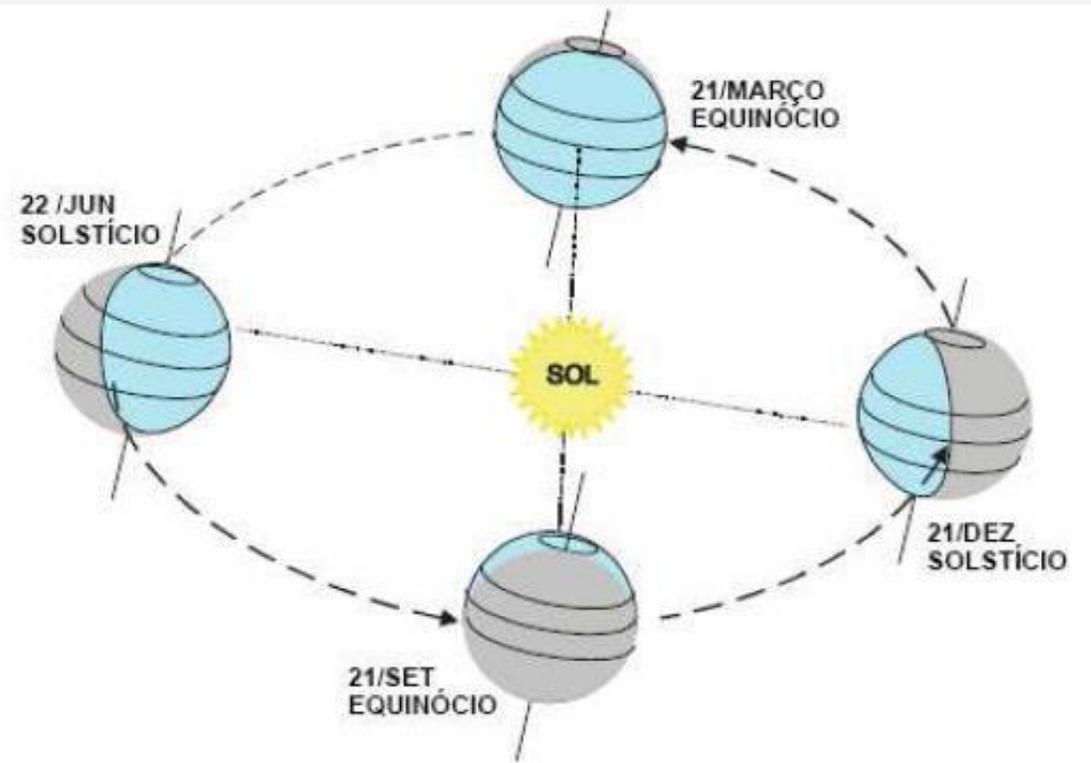
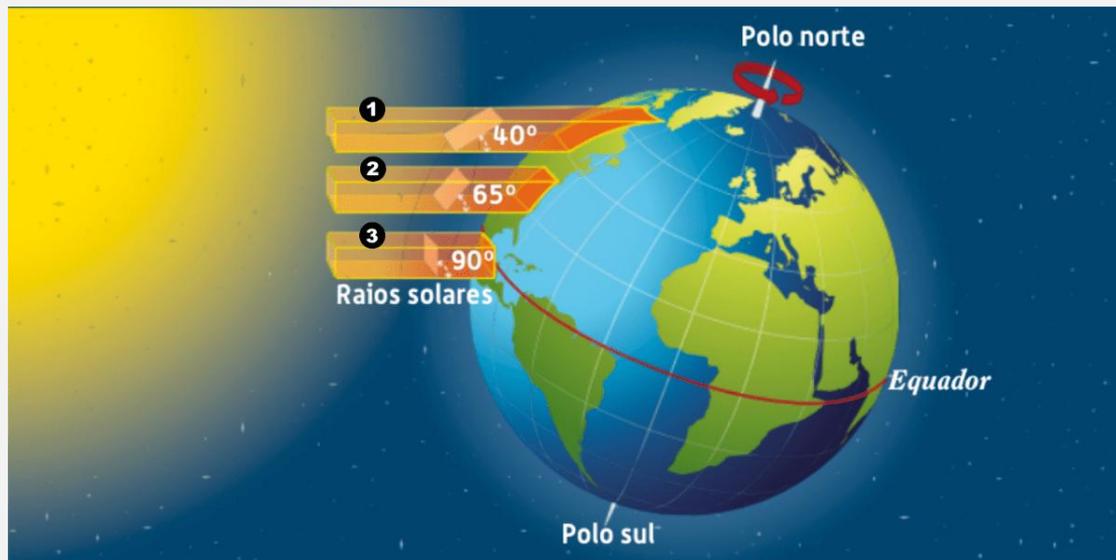
# O sol, a terra e o balanço de energia



# O Sol

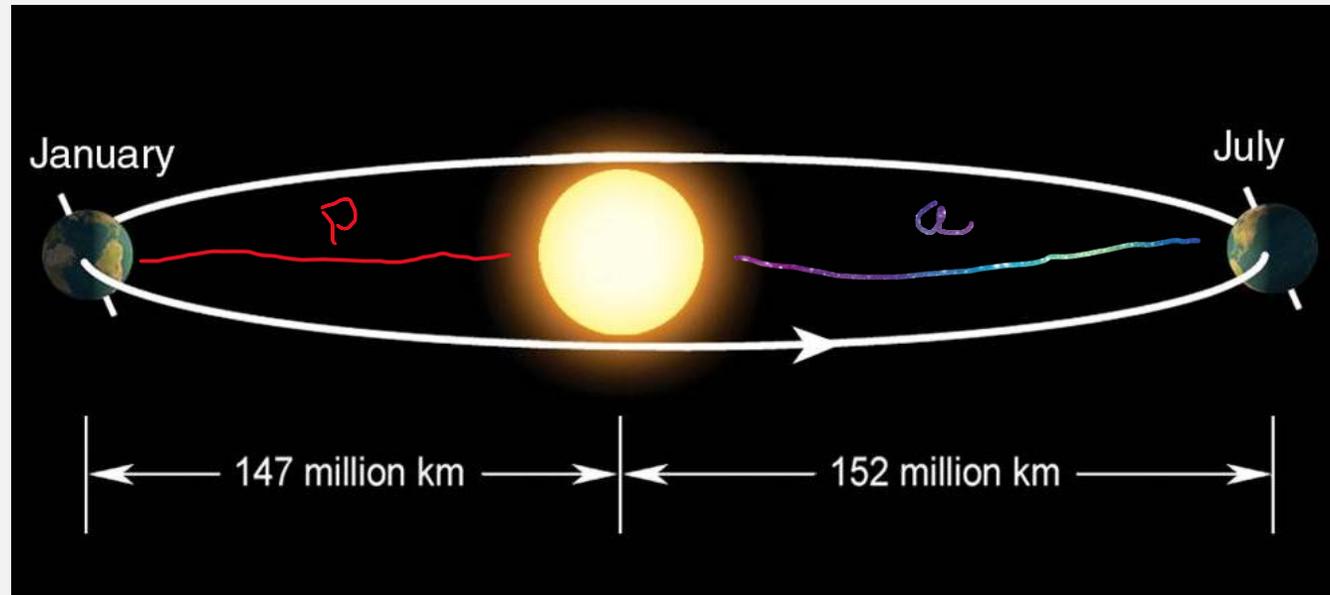
A irradiância varia com:

- **Distância Terra-Sol**
- **Inclinação dos raios solares**



# Estações do Ano

- A Terra torna-se mais próxima do Sol em Janeiro (147 milhões de km) ao contrário do que ela faz em Julho (152 milhões de km).



© 2007 Thomson Higher Education

Periélio - Ponto da órbita de um planeta mais próximo da estrela em torno da qual ocorre a translação

Afélio - Ponto da órbita de um planeta mais afastado da estrela em torno da qual ocorre a translação

# Estações do Ano

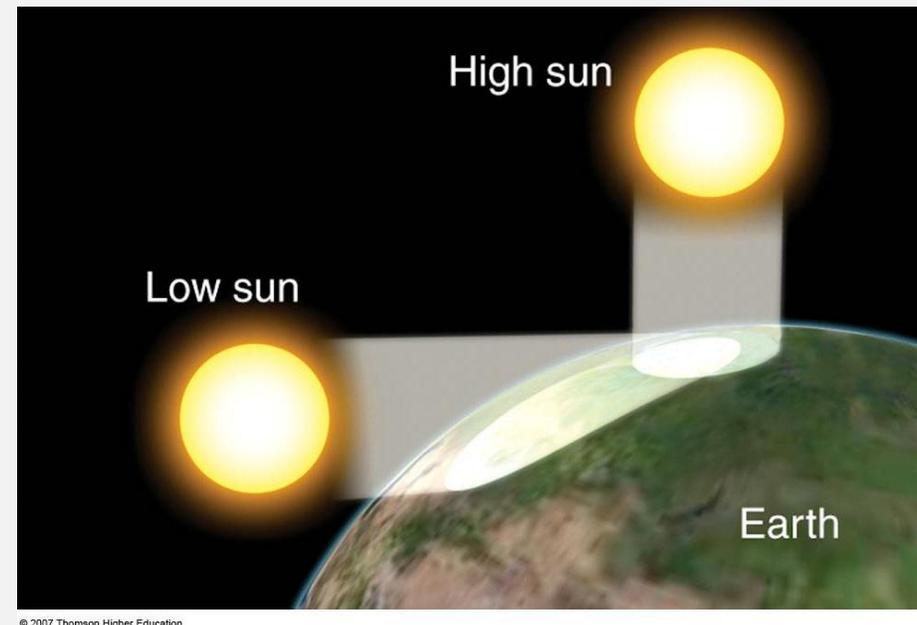
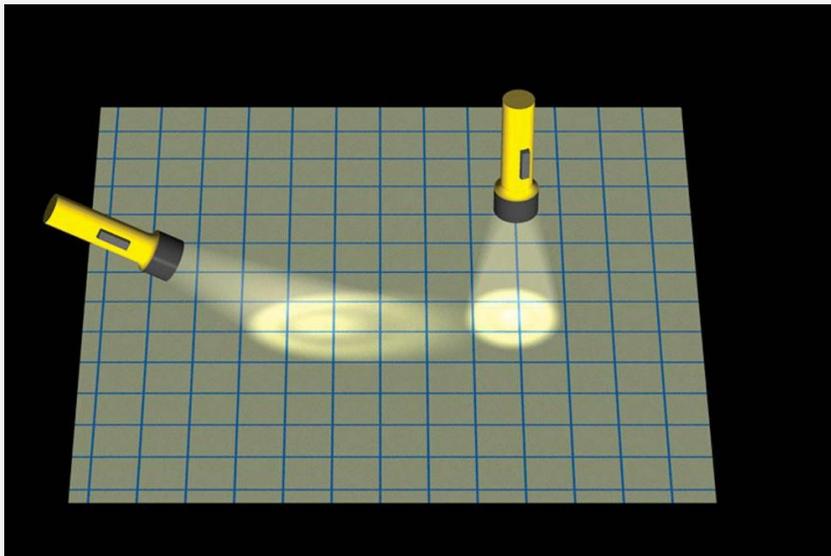
- No Hemisfério Norte (H.N.) o inverno ocorre em Janeiro quando estamos mais perto do Sol e o verão ocorre em Julho quando estamos mais longe
- Se a proximidade do sol fosse a causa principal das estações, então, de fato, Janeiro seria mais quente do que Julho. No entanto, a proximidade do sol é apenas uma das contribuições

# Estações do Ano

- As estações do ano são reguladas pela quantidade de energia solar recebida pela superfície da Terra e esta quantidade é determinada por 2 fatores principais:
  - Pelo ângulo no qual a luz do sol atinge a superfície
  - Por quanto tempo o sol brilha em uma determinada latitude (horas de luz num dia)

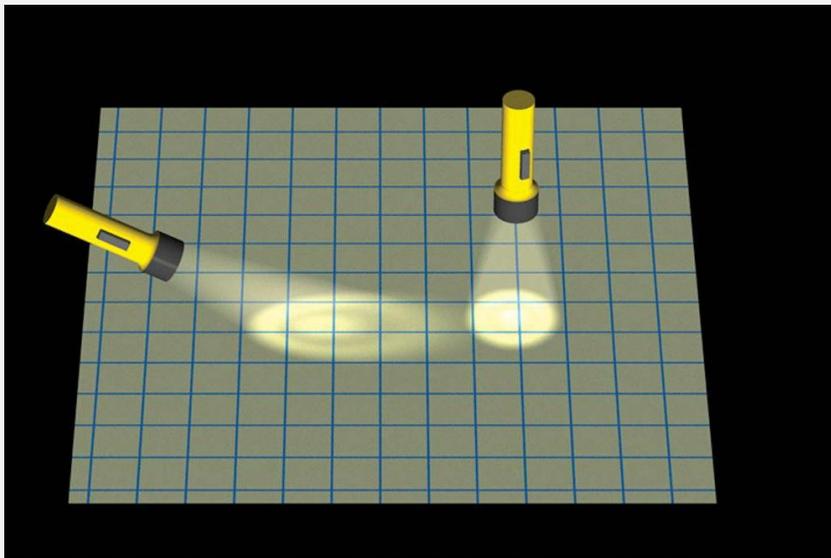
# Estações do Ano

- A energia solar que atinge a superfície da terra perpendicularmente é muito mais intensa do que a energia que a atinge em um determinado ângulo.
- Perpendicular – A energia é distribuída sobre uma pequena área.
- Fora da Perpendicular - A energia é distribuída sobre uma área maior.

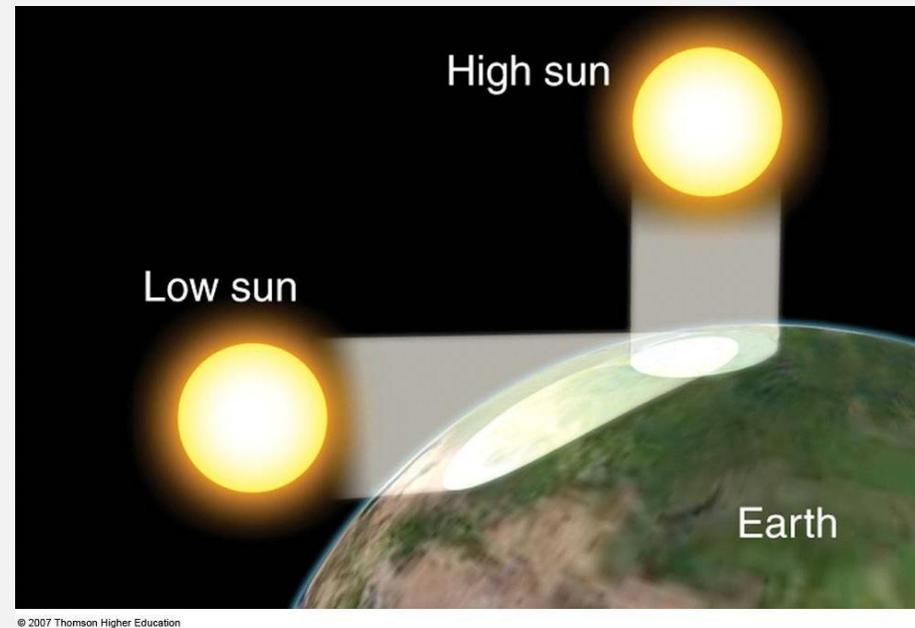


# Estações do Ano

- Quanto mais os raios de sol se afastam da perpendicular mais atmosfera eles têm que penetrar, e nesse caso haverá mais atenuação (espalhamento e absorção).



© 2007 Thomson Higher Education



© 2007 Thomson Higher Education

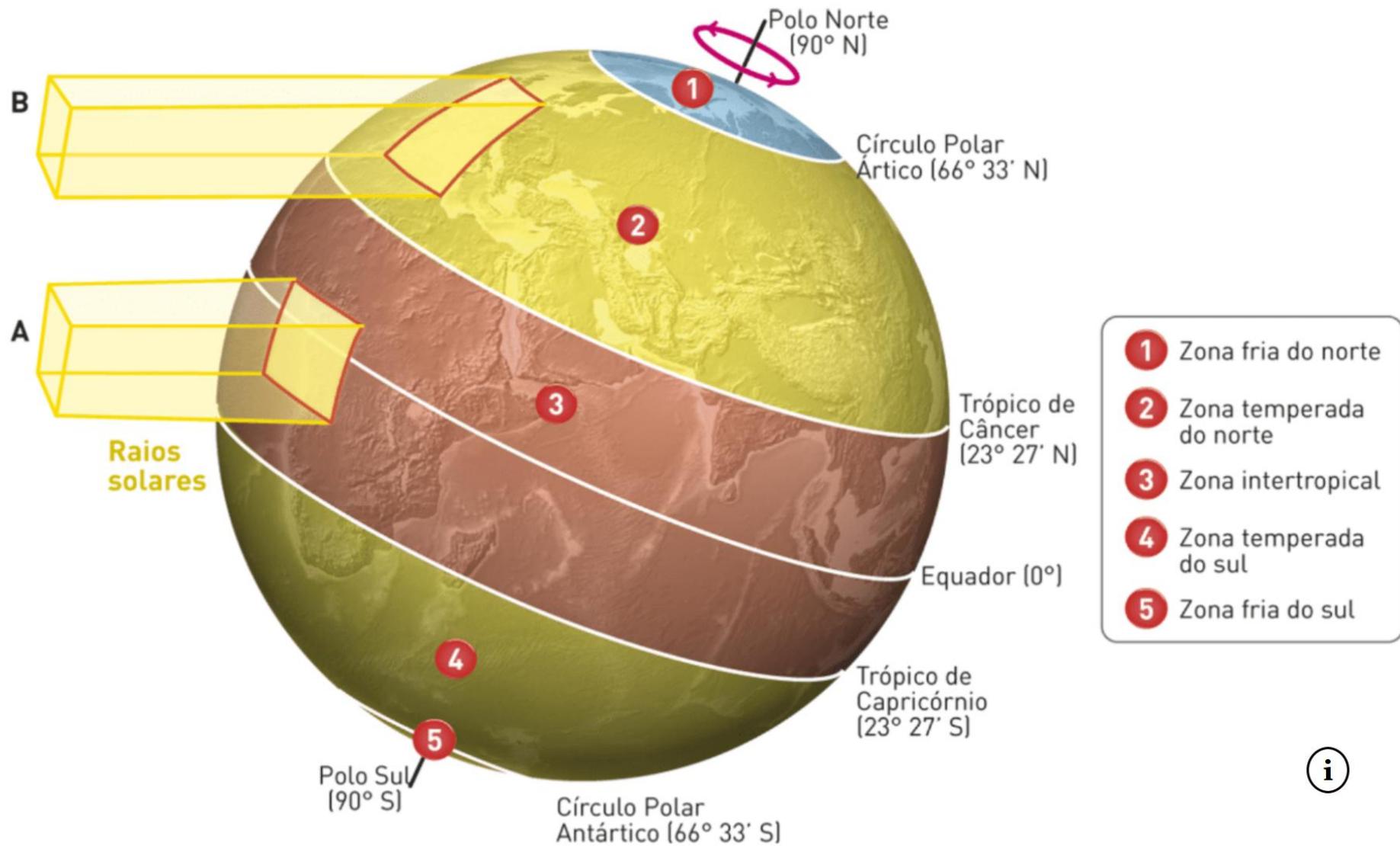
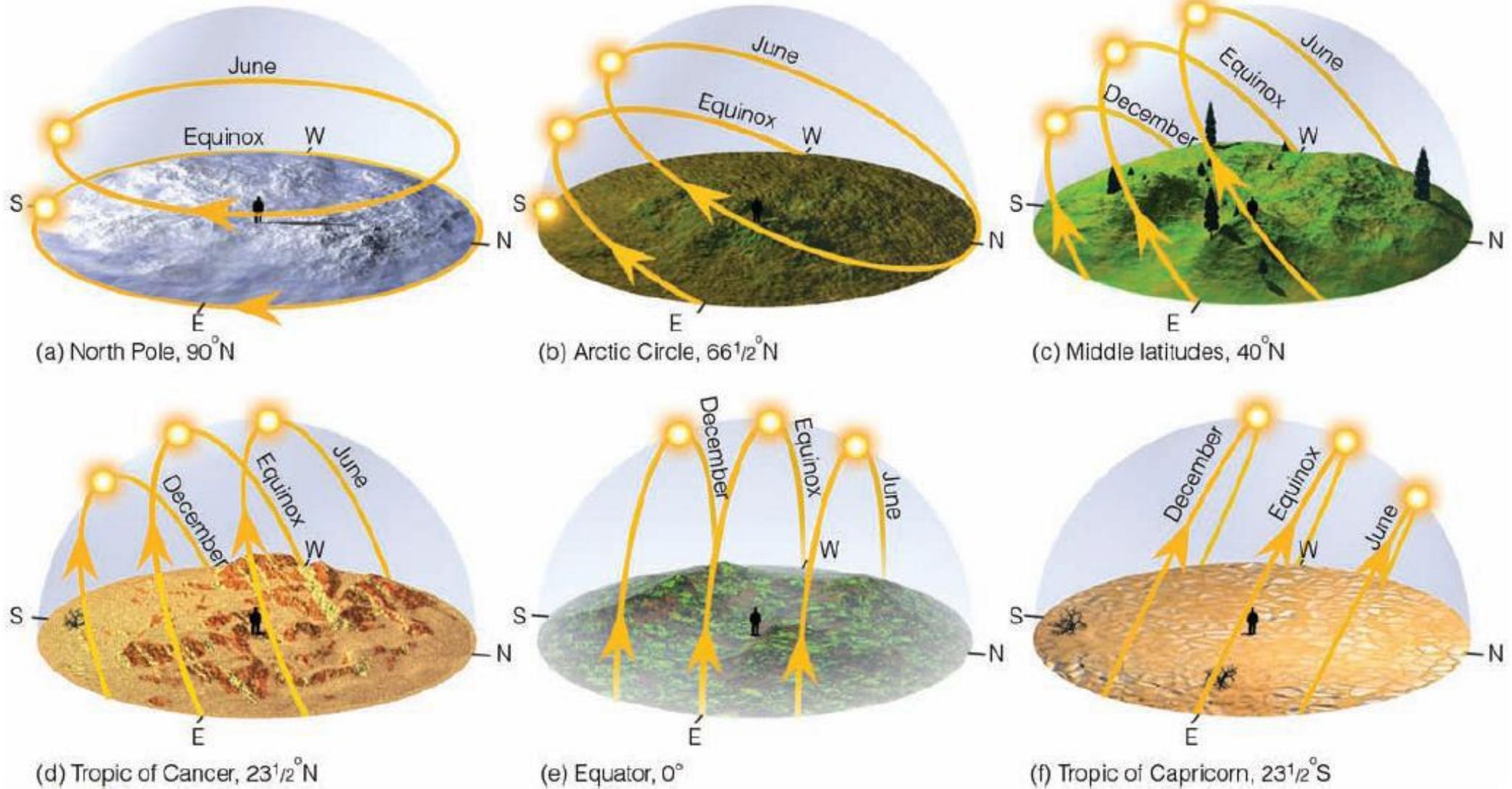


Figura 18: Variação da inclinação dos raios solares nas diferentes zonas climáticas.



● **FIGURE 3.8** The apparent path of the sun across the sky as observed at different latitudes on the June solstice (June 21), the December solstice (December 21), and the equinox (March 20 and September 22).



📷 Figura 17: Movimento aparente diário do sol visível no Ártico, durante o solstício de junho – o sol nunca se põe.

# DISTRIBUIÇÃO DA R. SOLAR NO TOPO DA ATMOSFERA

**EQUADOR** - devido à posição do Sol, não há grande variação ao longo do ano da Insolação Astronómica e da Inclinação dos Raios Solares:

Irradiância constante ao longo do ano

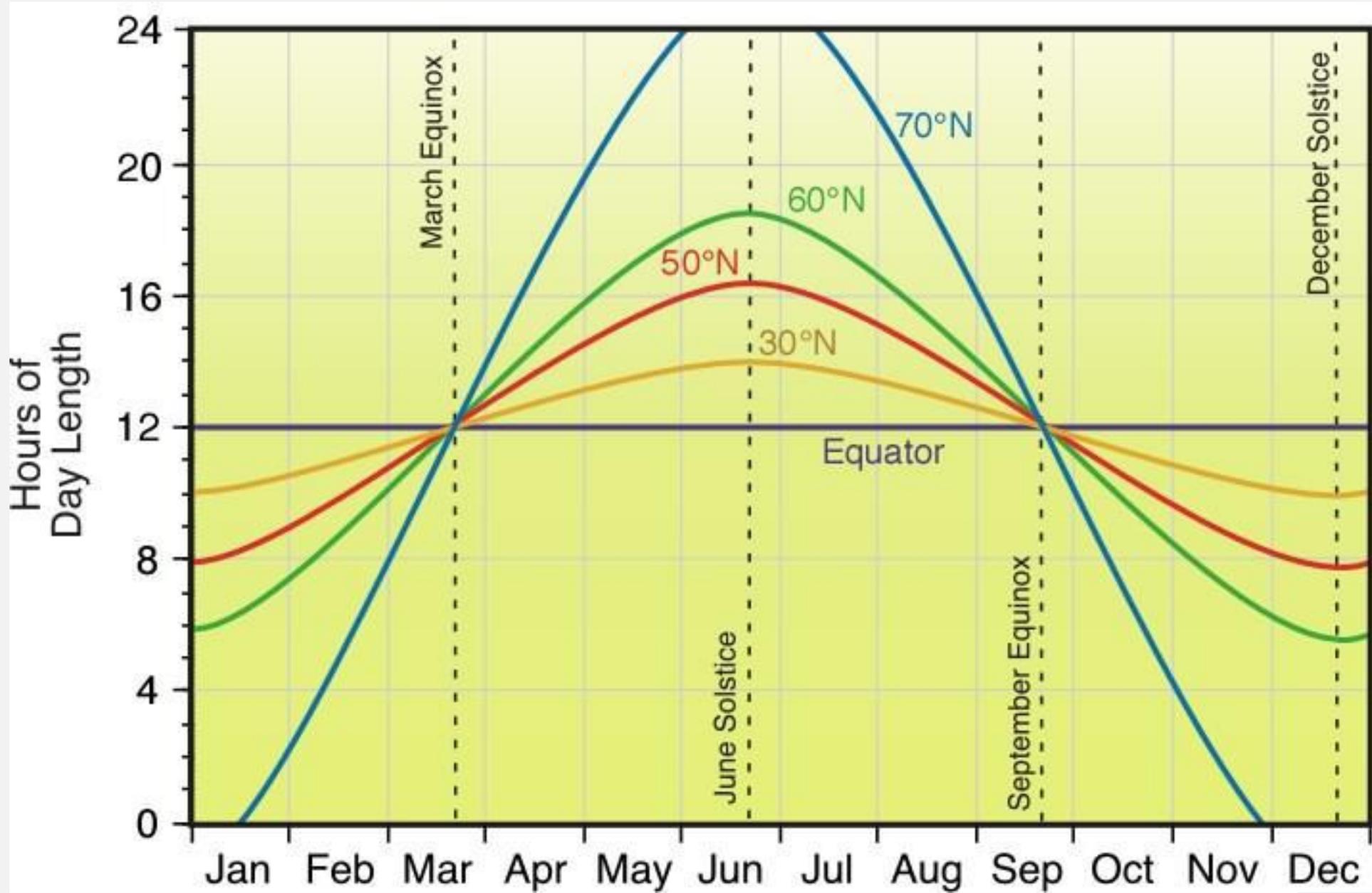
**LATITUDES MÉDIAS e ALTAS** –devido à maior Insolação Astronómica e maior Altura do Sol no Verão do que no Inverno:

Irradiância varia com a estação do ano, sendo maior no Verão

**PÓLOS** –tem 2 estações nítidas: Verão com Insolação Astronómica de » 24 h e Inverno com Insolação Astronómica de » 0 h:

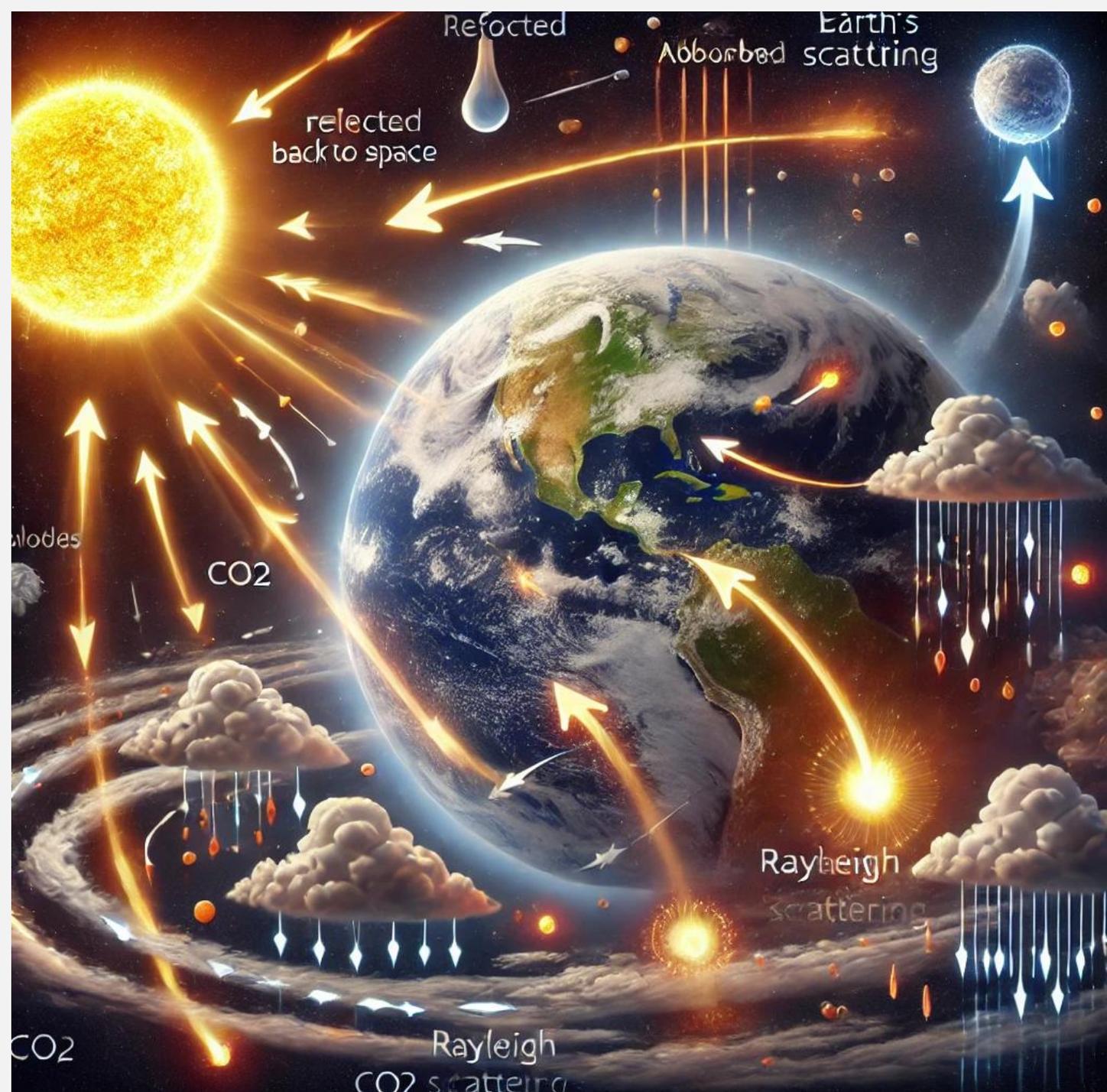
Irradiância máxima no Verão e mínima (»0 W m<sup>-2</sup>) no Inverno

mas, como a Altura do Sol é sempre pequena, este máx. no Verão acaba por ser esbatido relativamente à energia recebida nas outras latitudes



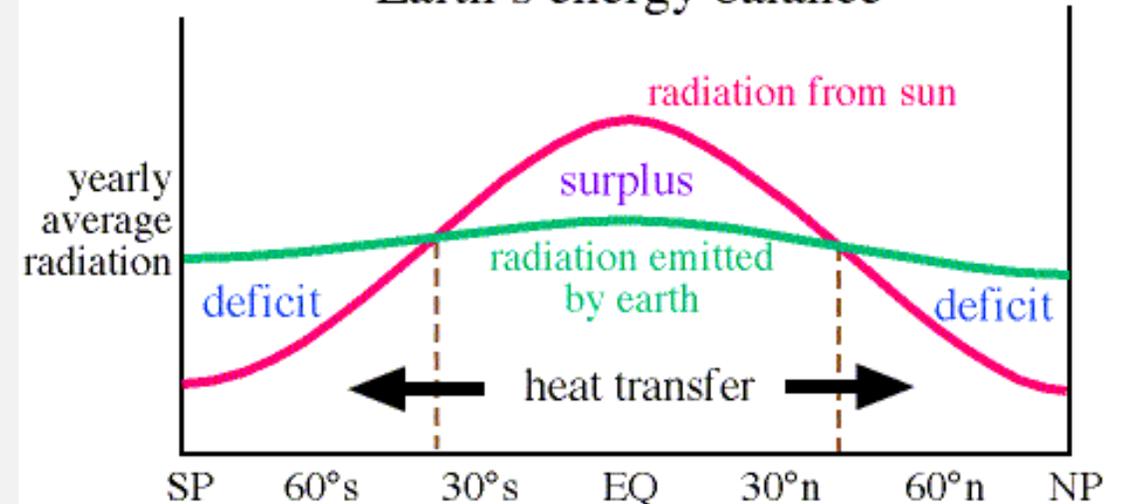
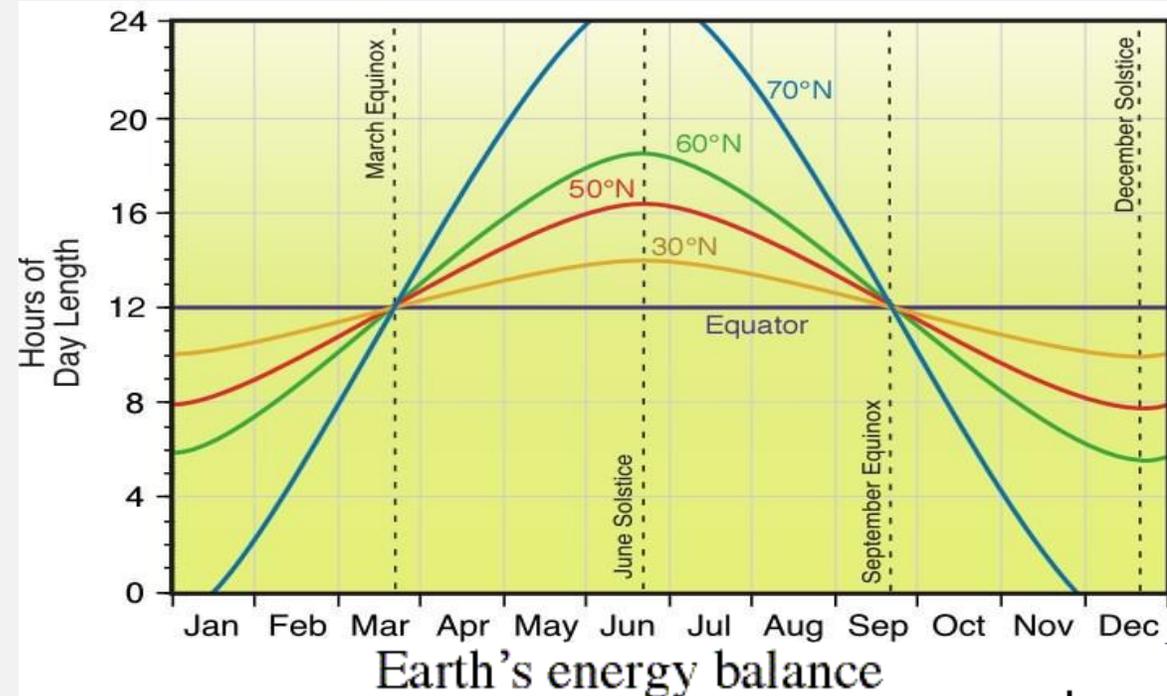
# Radiação Solar Incidente

- O que acontece com a radiação solar quando ela entra na atmosfera?
  - **Absorvida** (gases, gotículas)
  - **Difundida** (moléculas de ar, núcleos de condensação ou partículas em suspensão)
  - **Refletida** (nuvens e pela superfície da terra)
  - **Refractada** (cristais de gelo que formam as nuvens)
  - **Difractada** (gotas de água das nuvens)



# Circulação Geral da Atmosfera

- Representa apenas o fluxo médio do ar ao redor da terra
- A causa básica da circulação geral é o aquecimento desigual da superfície da terra
- Para manter o equilíbrio, a atmosfera transporta ar quente para os pólos e ar frio para o equador

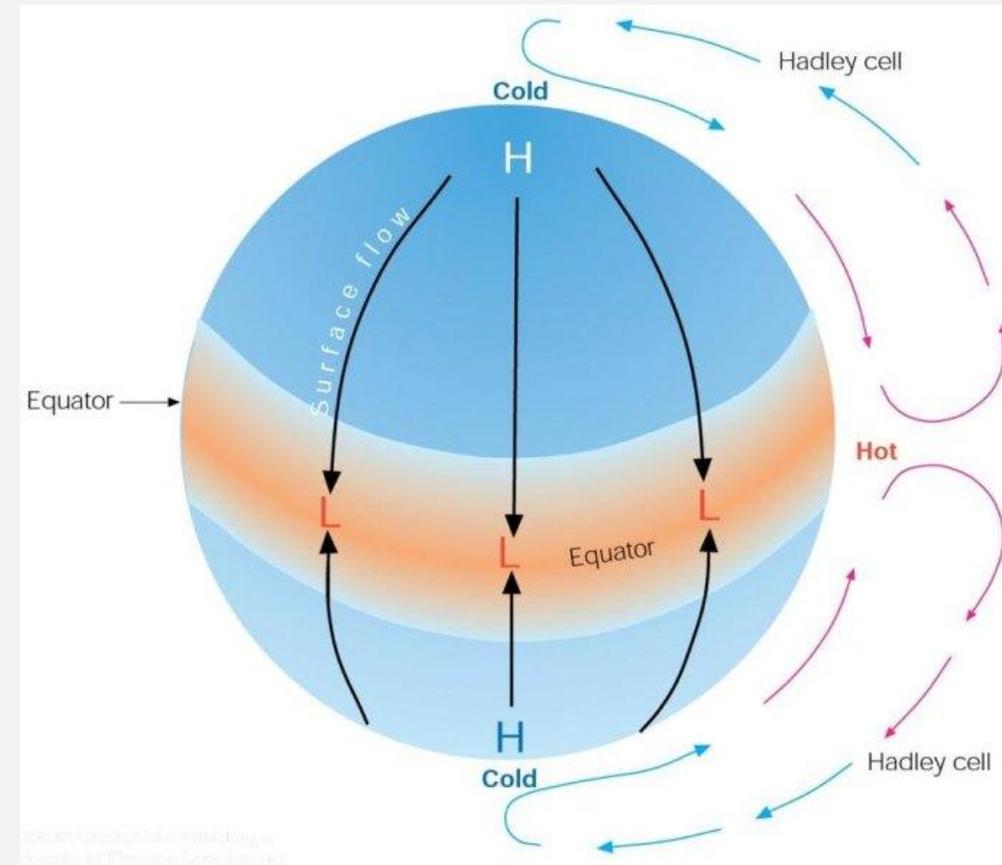


# Circulação Geral da Atmosfera

- Modelo Unicelular

- Superfície uniforme coberta de água
- Sol diretamente sobre o equador
- A terra não gira
- Uma única célula – Célula de Hadley

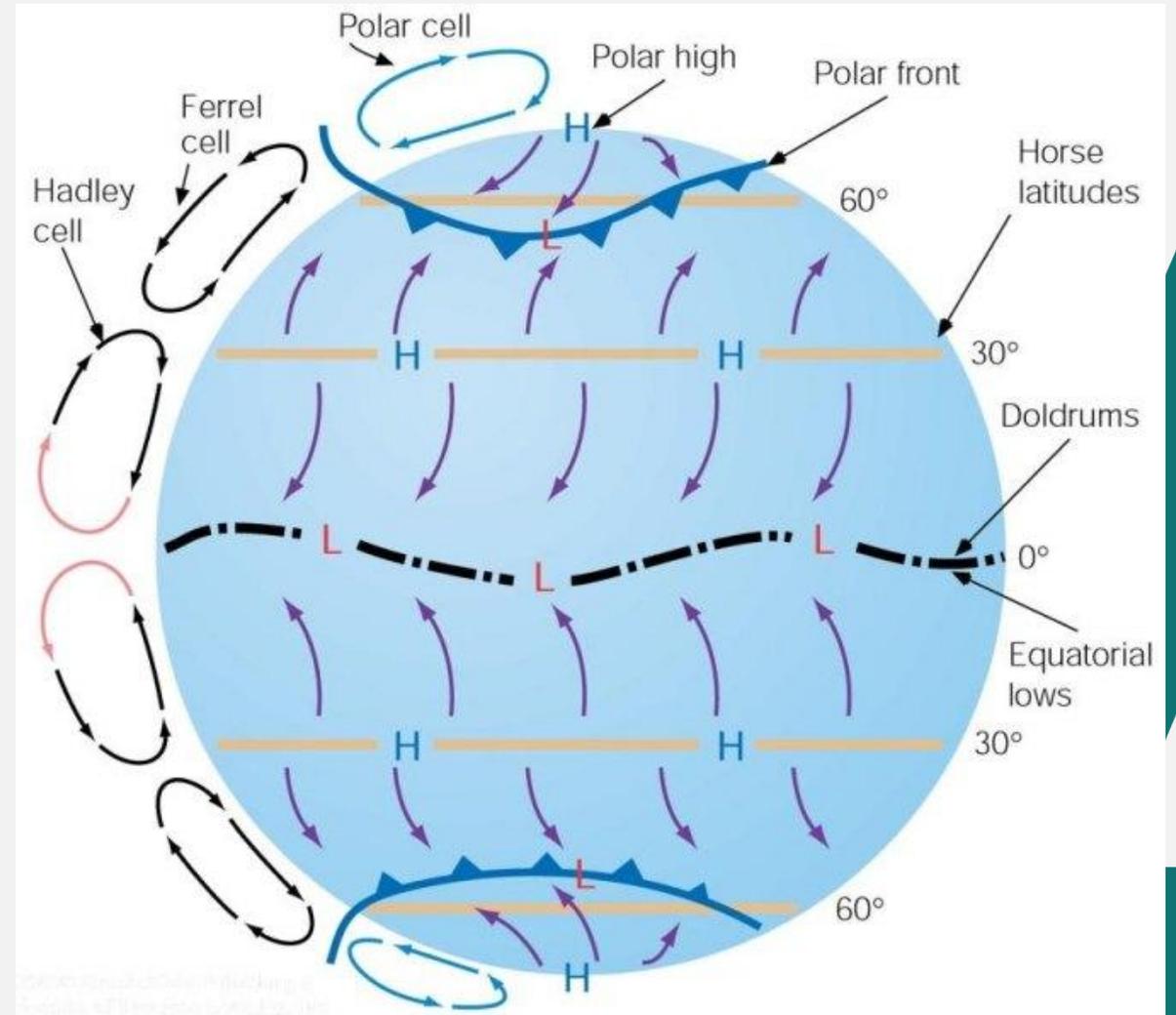
Célula de Hadley (1735)



# Circulação Geral da Atmosfera

## ● Modelo Tricelular

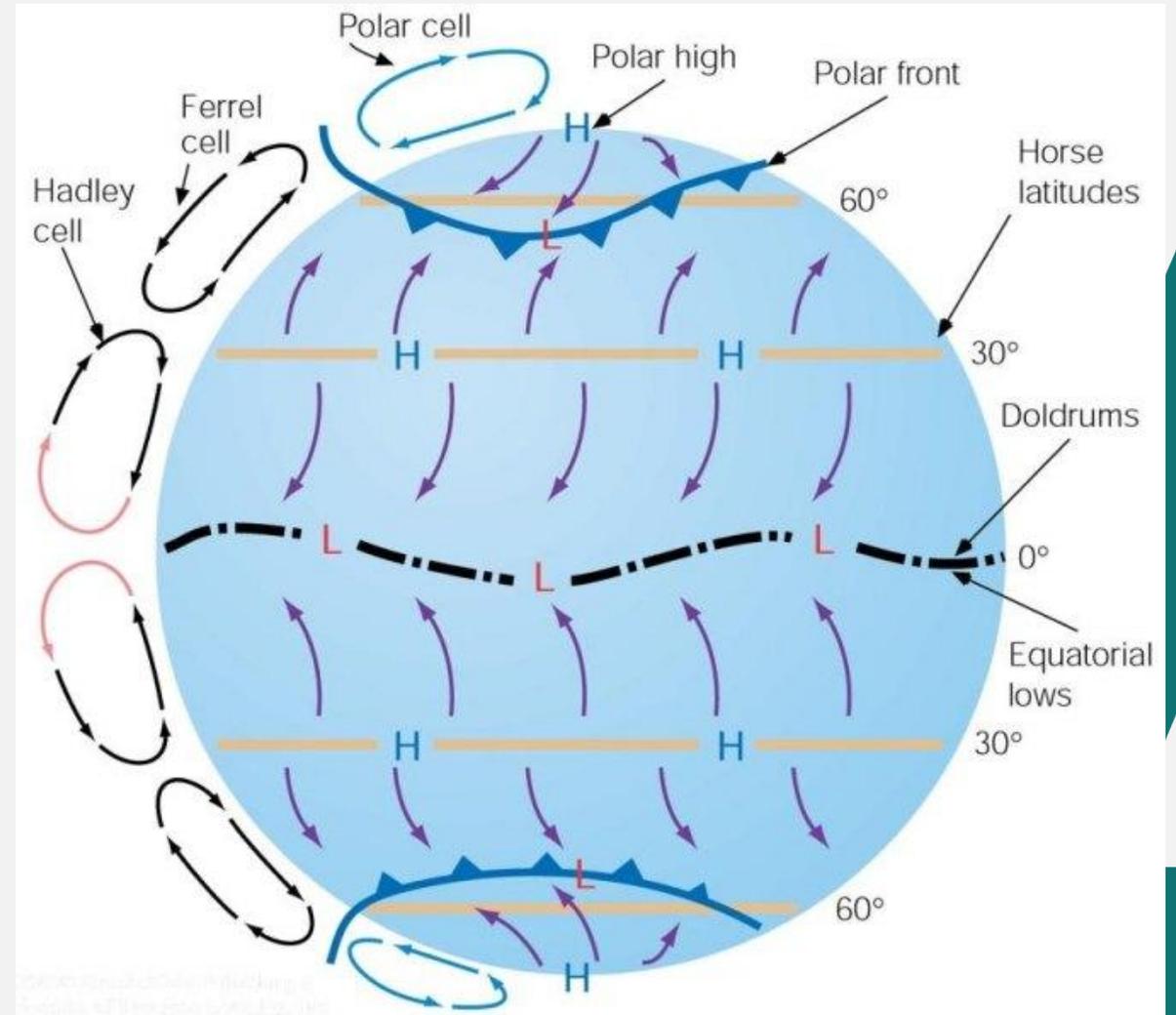
- **Célula de Hadley (1735):** Circulação directa em que o ar mais quente sobe perto do equador, flui em direção ao hemisfério de inverno em níveis superiores e desce em latitudes subtropicais.
- **Célula de Ferrel (1855):** Circulação indirecta com subida nas latitudes médias (ar frio) e afundamento na zona intertropical (ar mais quente). Circulação mais fraca do que a célula de Hadley.
- **Células polares:** fraca circulação direta.



# Circulação Geral da Atmosfera

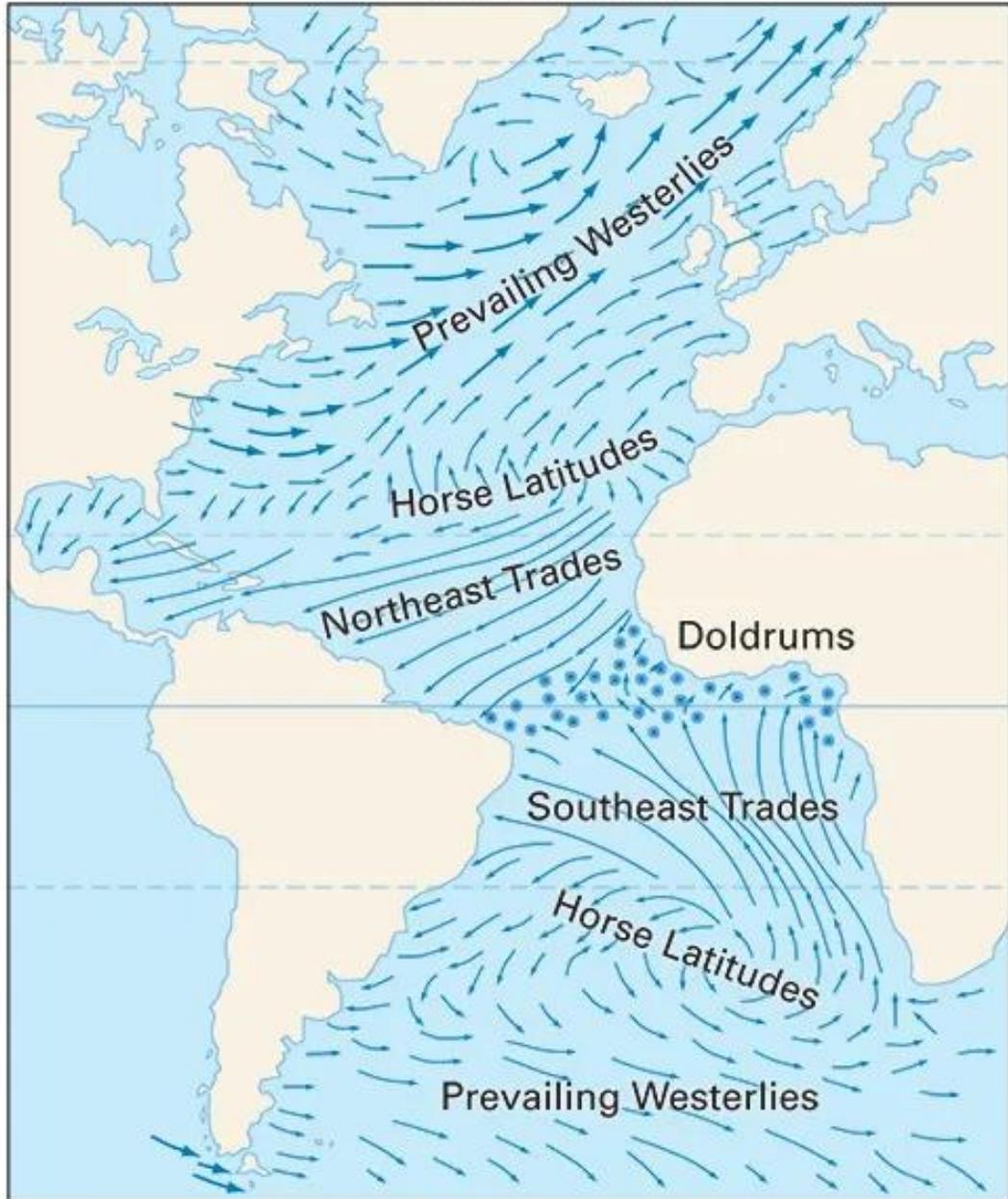
- Modelo Tricelular

- Ventos alísios (de travessia) - Velejadores usavam este vento. Águas equatoriais, ar quente, fraco gradiente de pressão, ventos fracos. Ventos de NE no H.N. e de SE no H.S. Ventos de leste
- Latitude dos cavalos?

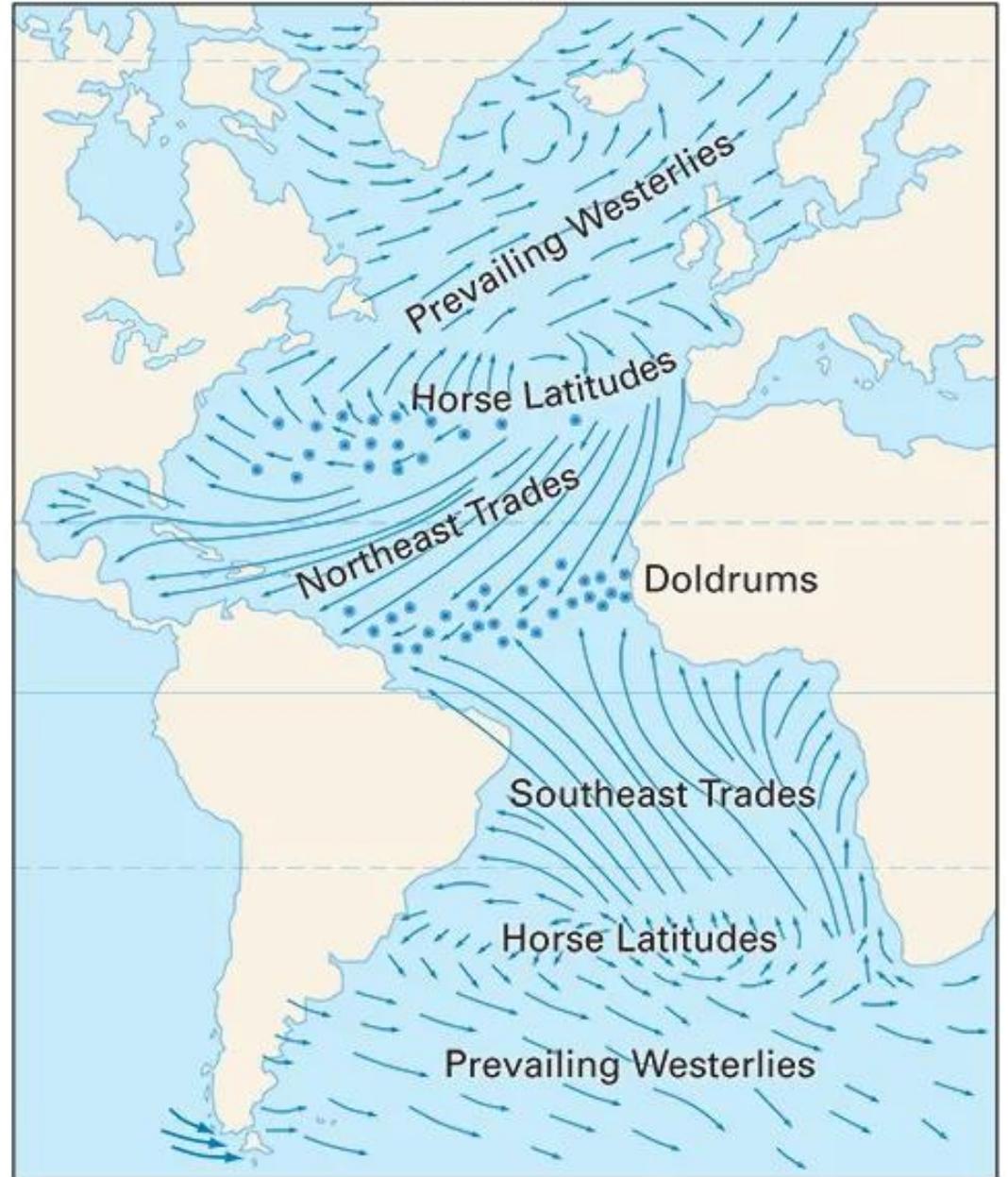


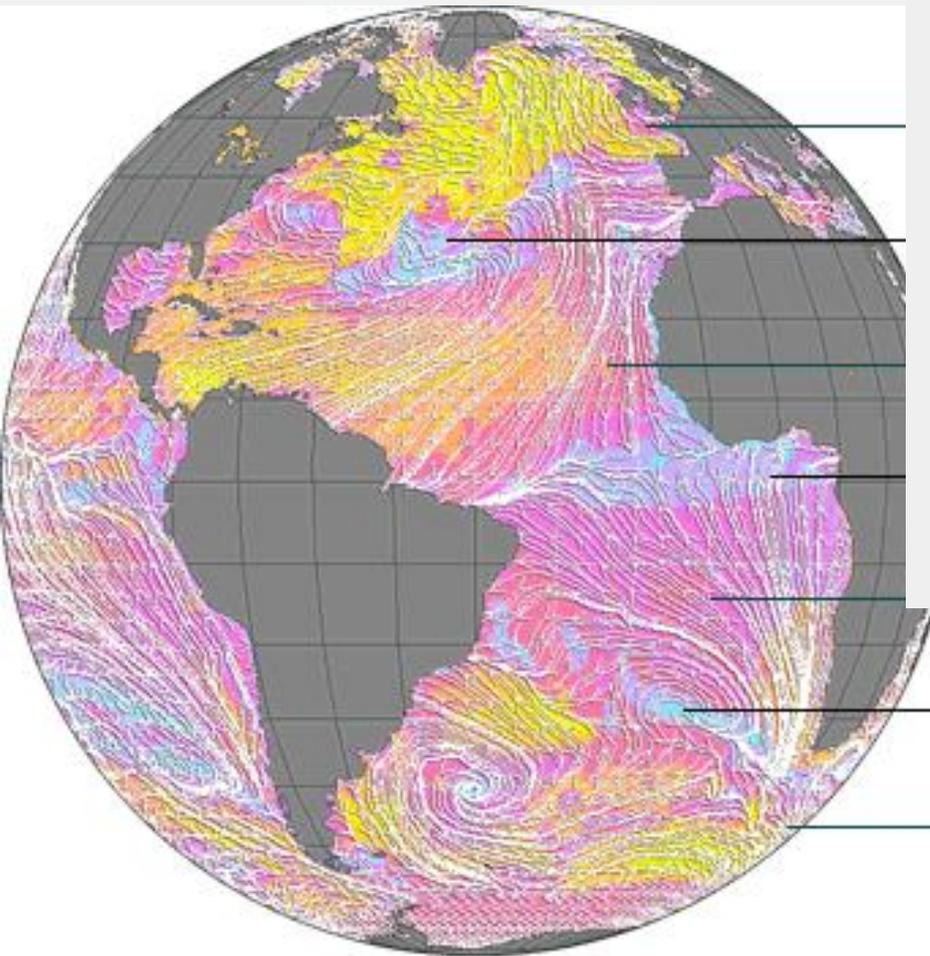
# WIND BELTS OF THE ATLANTIC OCEAN

## WINDS IN JANUARY



## WINDS IN JULY





South Atlantic High

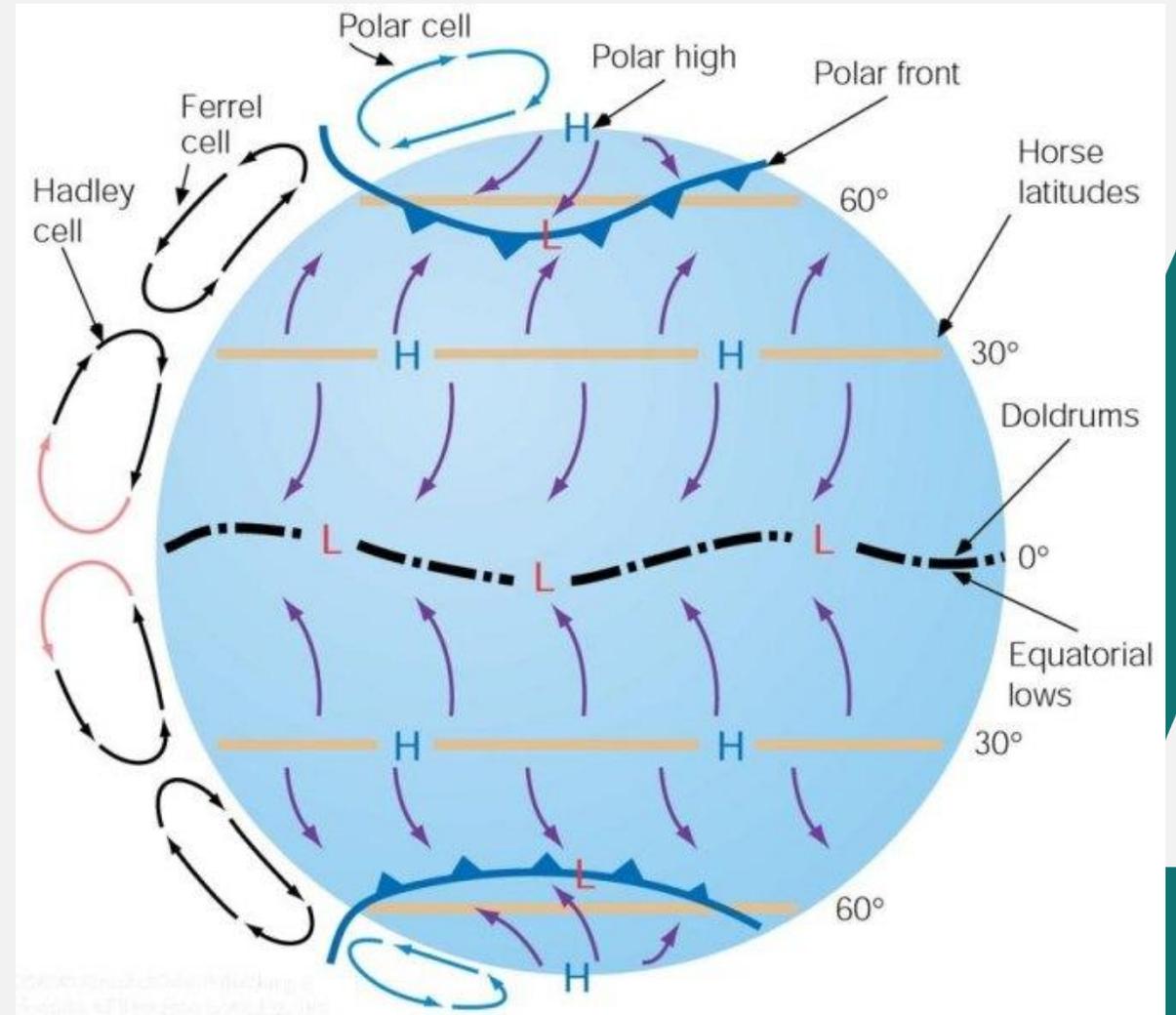
Prevailing Westerlies (South)



# Circulação Geral da Atmosfera

- Modelo Tricelular

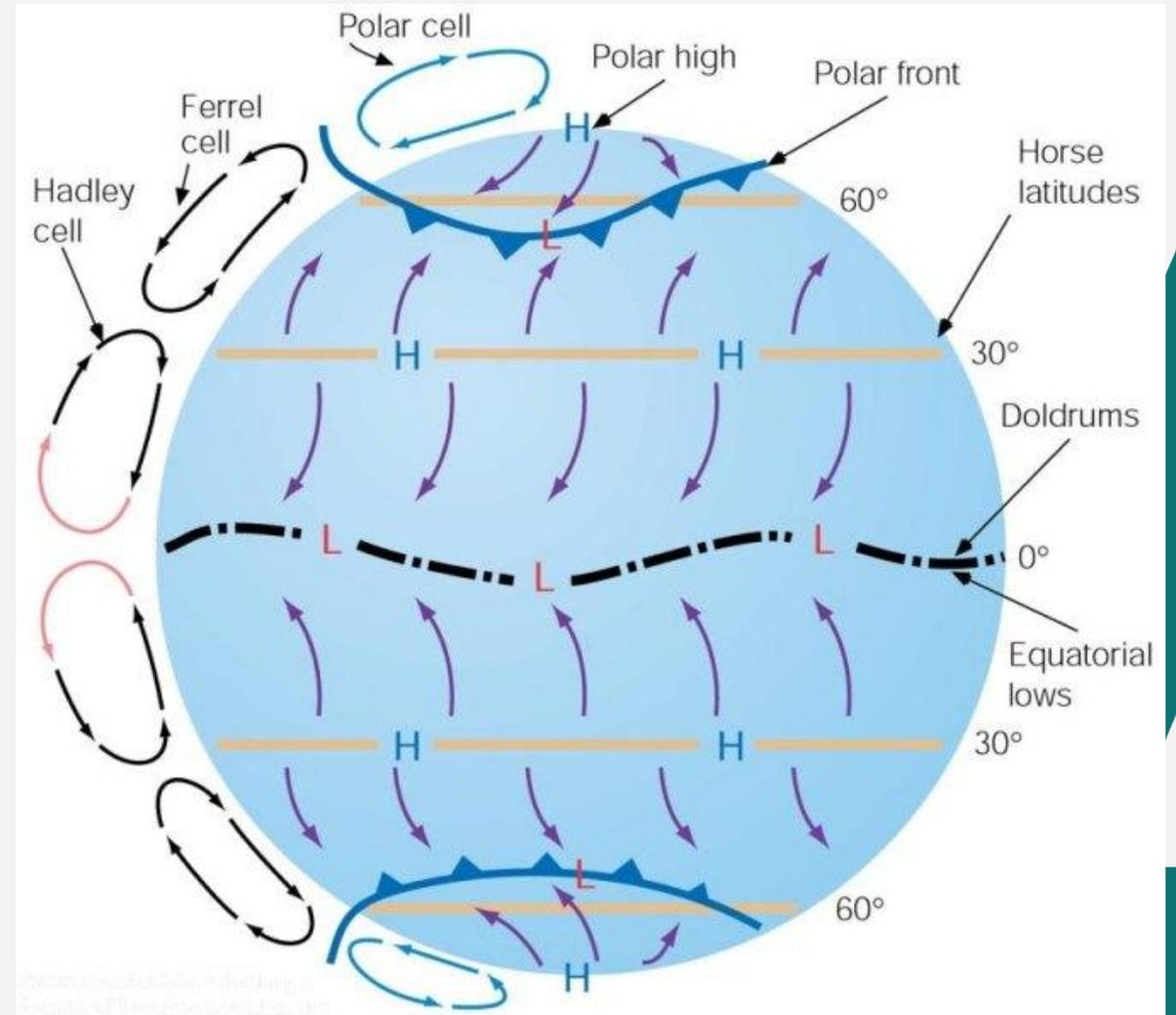
- Equador: Zona de Convergência Intertropical – região de convergência dos alísios. Ar sobe e Muita chuva
- 30° - Altas subtropicais: Ar desce e a maioria dos desertos do mundo está nesta latitude. Ventos de oeste em direção a baixa subpolar. SW no H.N e NW no H.S.



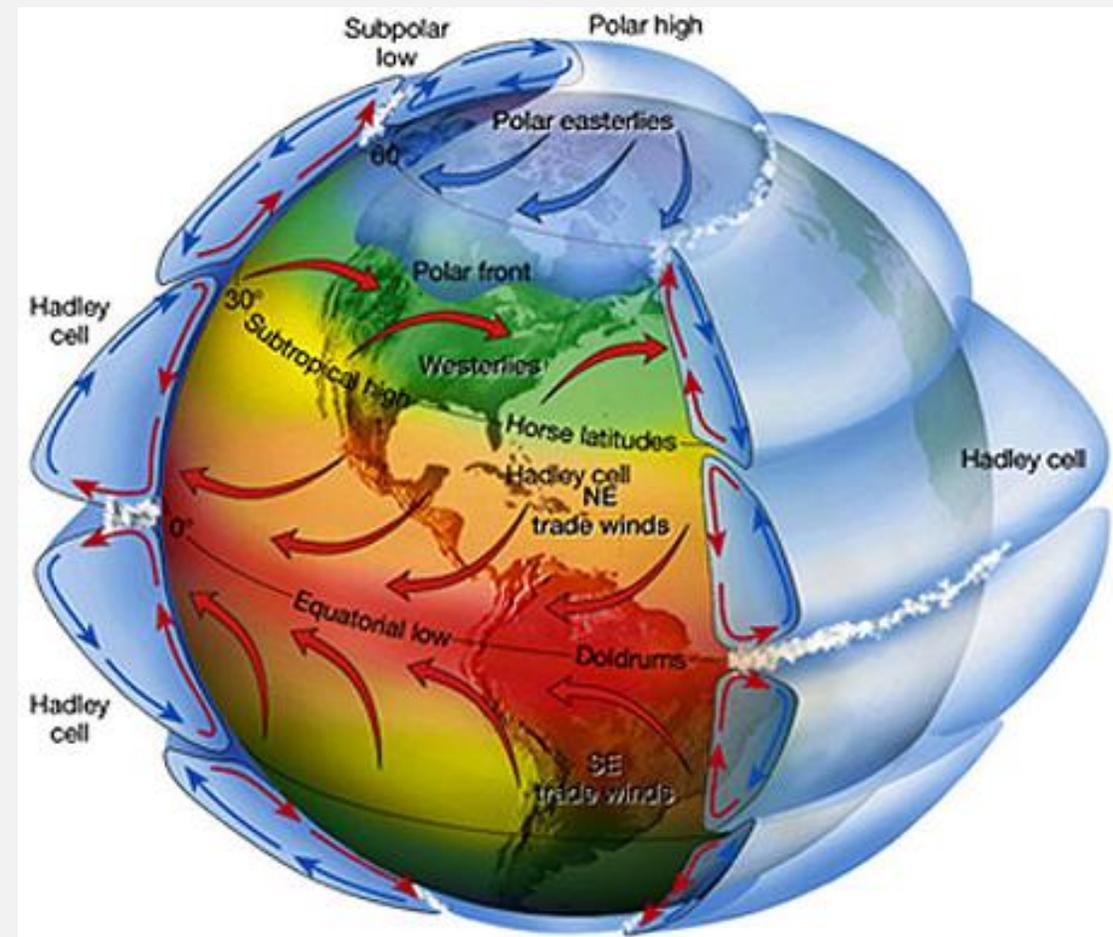
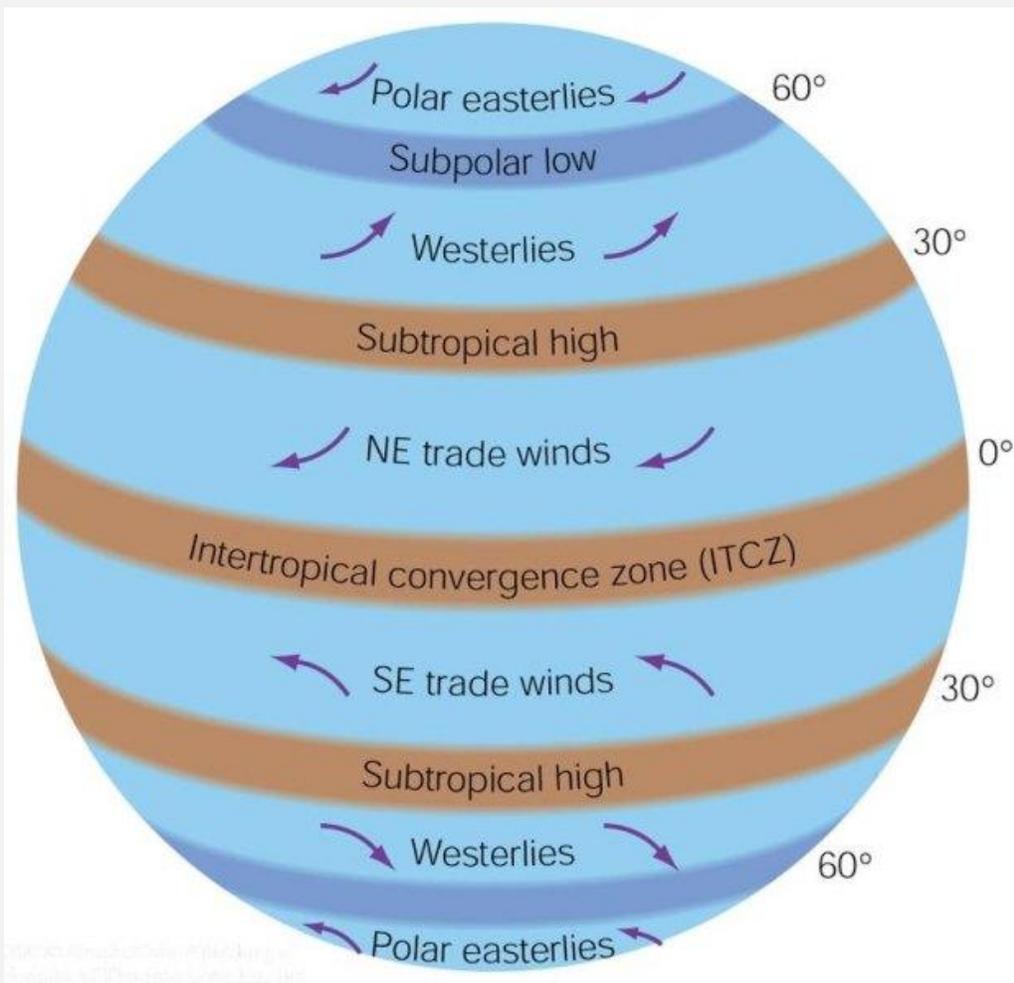
# Circulação Geral da Atmosfera

- Modelo Tricelular

- 60° - Baixa subpolar: cinturão de baixas pressões entre 50 e 70 graus. Ar sobe e é onde se forma as tempestades de latitudes médias
- Frente polar - uma frente que separa as massas de ar tropicais das polares



# Circulação Geral da Atmosfera

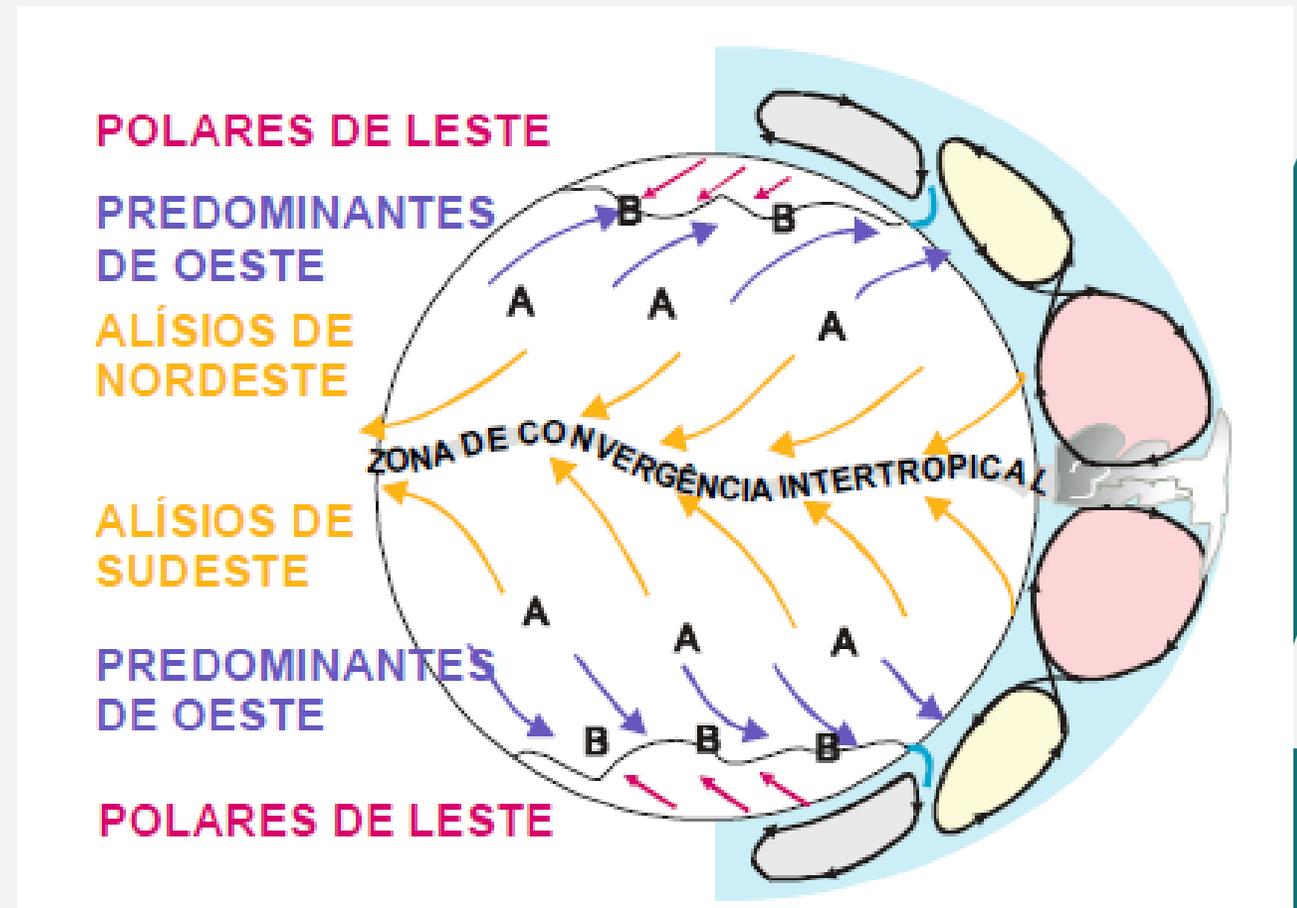


A circulação geral da atmosfera origina **ventos constantes ou dominantes** (sopram durante todo o ano com a mesma direção):

-**ventos alísios**, que se deslocam das altas pressões subtropicais para as baixas pressões equatoriais

-**ventos de oeste**, que se deslocam das altas pressões subtropicais para as baixas pressões subpolares

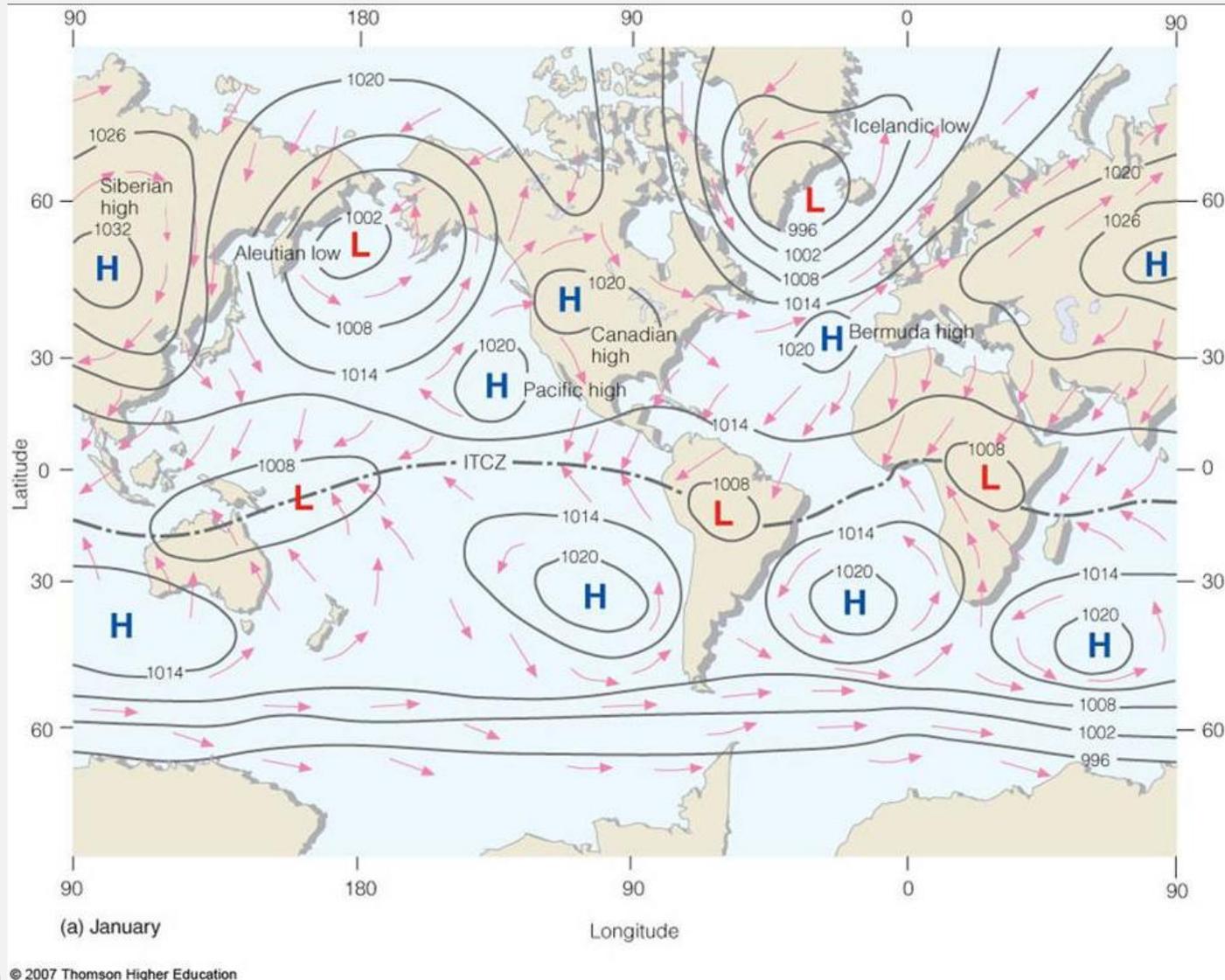
-**ventos polares de leste**, que se deslocam das altas pressões polares para as baixas pressões subpolares.



# Circulação Geral da Atmosfera

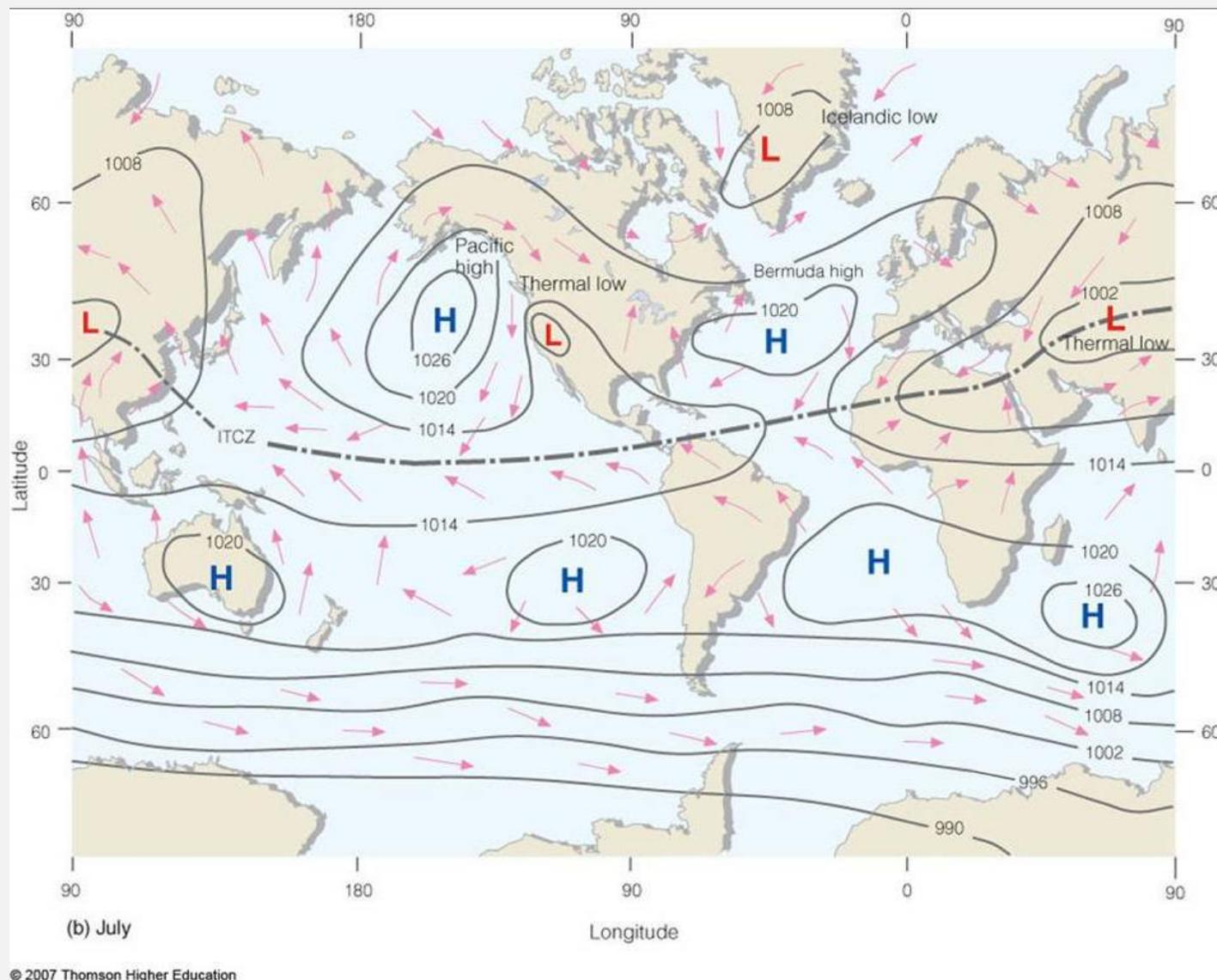
- Sistemas de pressão semi permanentes -Altas e baixas que movem levemente durante o ano:
  - Alta das Bermudas-Açores (Atlântico)
  - Alta do Pacífico
  - Baixa da Islândia – cobre a Islândia e Groelândia
  - Baixa da Aleutas – Ilhas Aleutas no Pacífico Norte
- Sistemas Sazonais
  - Alta da Sibéria
  - Alta do Canadá

# Circulação Geral da Atmosfera



© 2007 Thomson Higher Education

# Circulação Geral da Atmosfera



CCSM CAM3

Jul 26 Hour 16

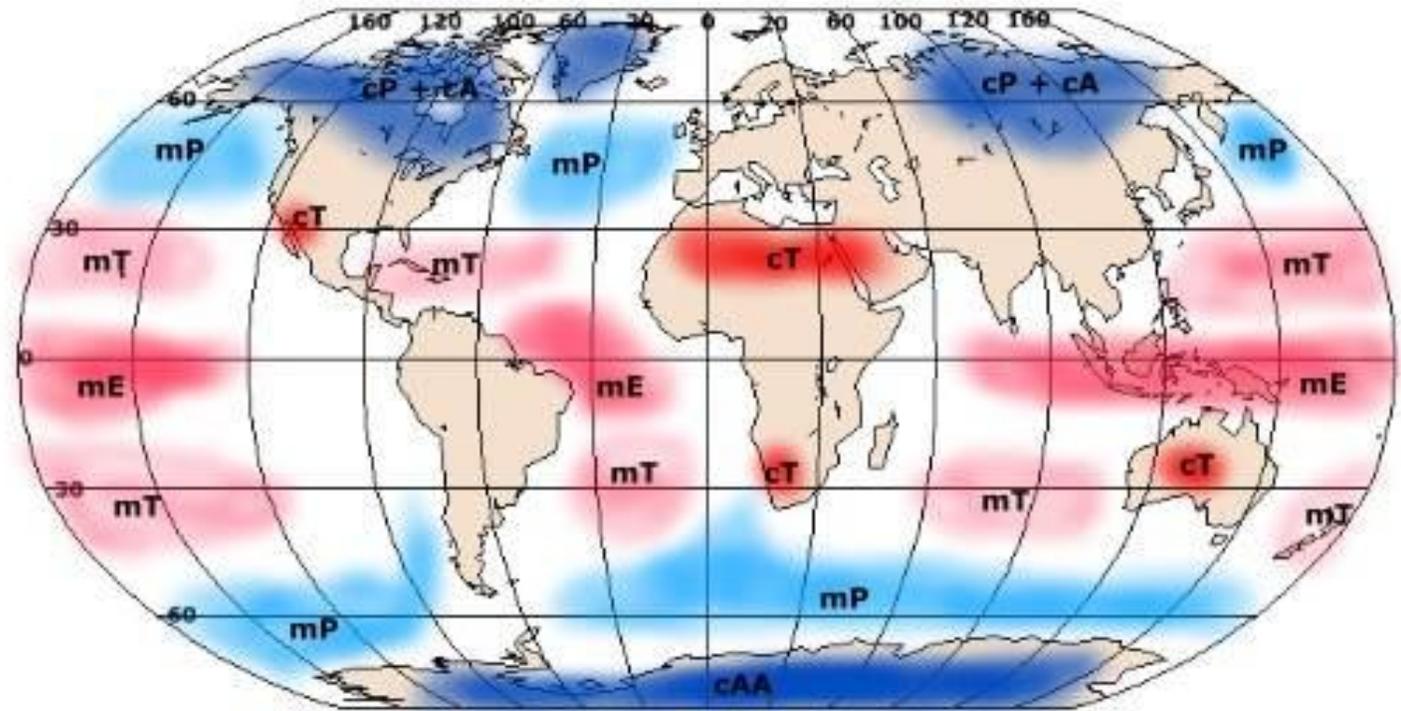


NCAR 

# Massas de ar

Uma **massa de ar** é um extenso volume de ar com temperatura e humidade homogéneas que se forma quando o movimento desse volume de ar na atmosfera é muito lento, permitindo adquirir as características da região onde se forma

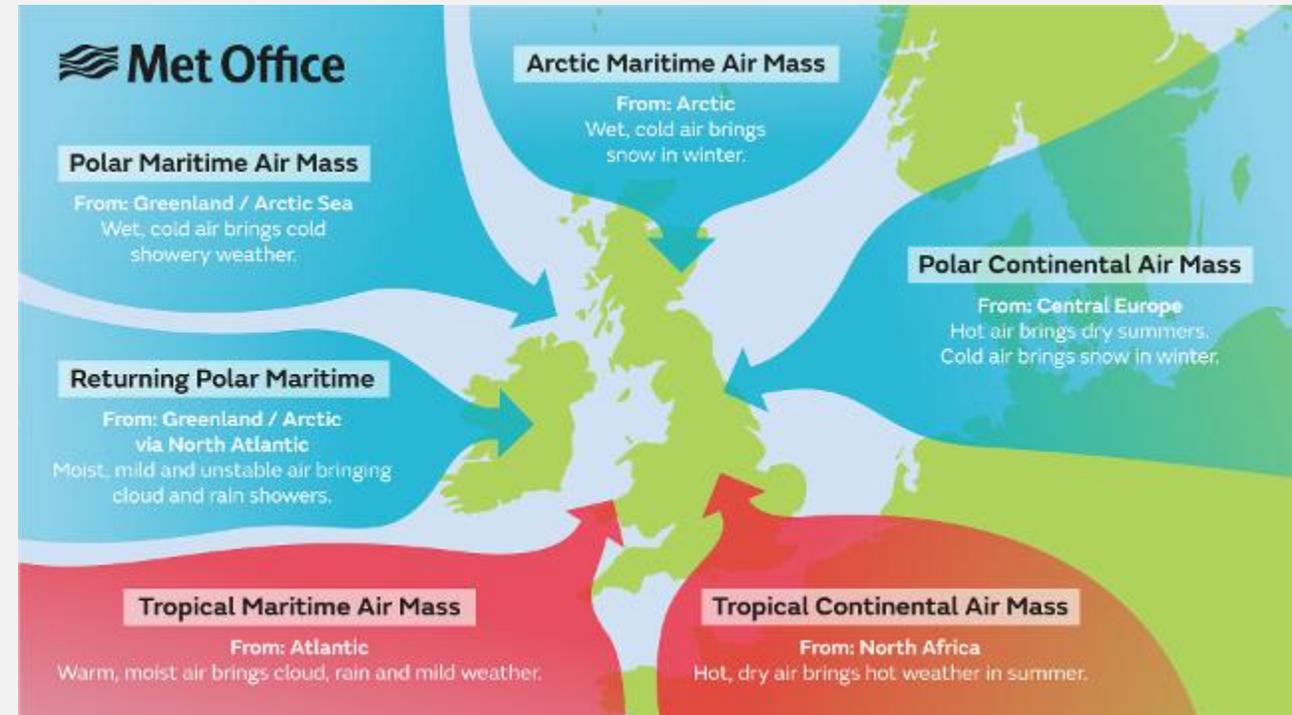
As massas de ar não são todas iguais, podendo ser **massas de ar continental (c)**, com característica de ar mais seco ou **massas de ar marítimo (m)**, que trazem ar mais húmido. Estes dois grupos podem ainda subdividir-se em várias categorias, consoante a temperatura da região onde se formam



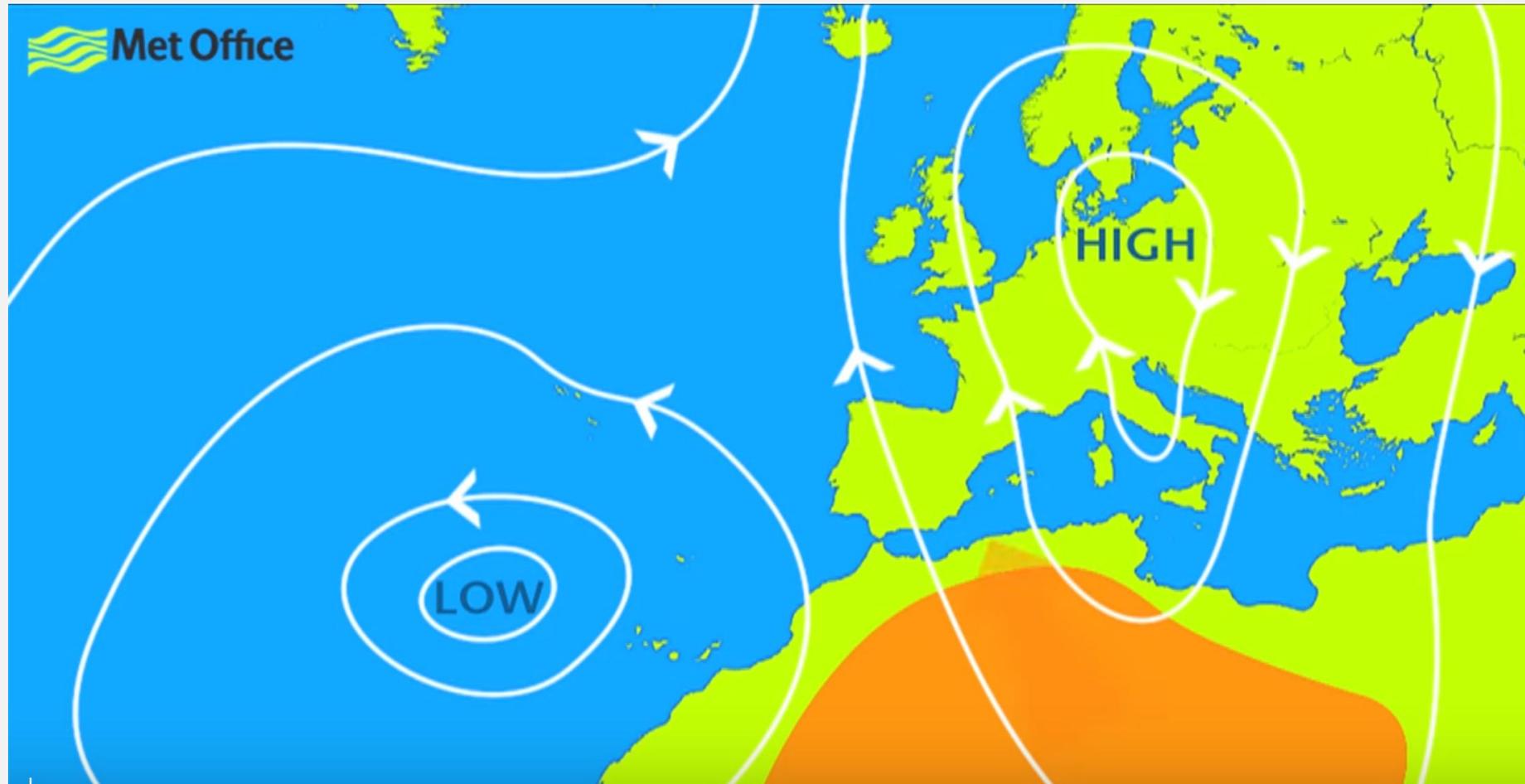
# Massas de ar

As massas de ar podem ser agrupadas de acordo com a sua temperatura:

- **Massa de ar ártico (A):** tem origem nas regiões do Ártico ou da Antártida e é conseqüentemente muito fria;
- **Massa de ar polar (P):** tem origem em regiões de latitudes mais elevadas, frequentemente acima dos 60°, e é menos fria que a massa de ar ártico;
- **Massa de ar tropical (T):** tem origem em regiões de latitudes baixas, mais frequentemente abaixo dos 35°, e é conseqüentemente quente;
- **Massa de ar equatorial (E):** tem origem junto ao equador e é mais quente que a massa de ar tropical.



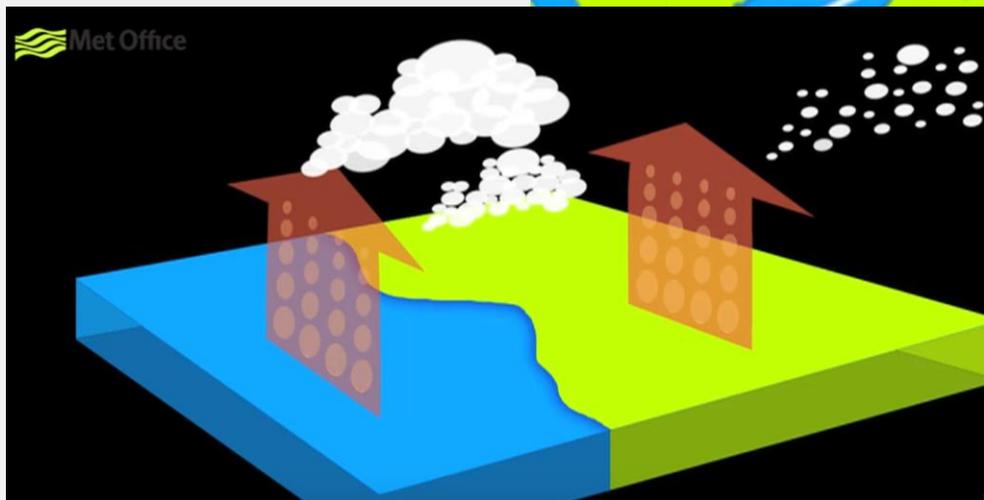
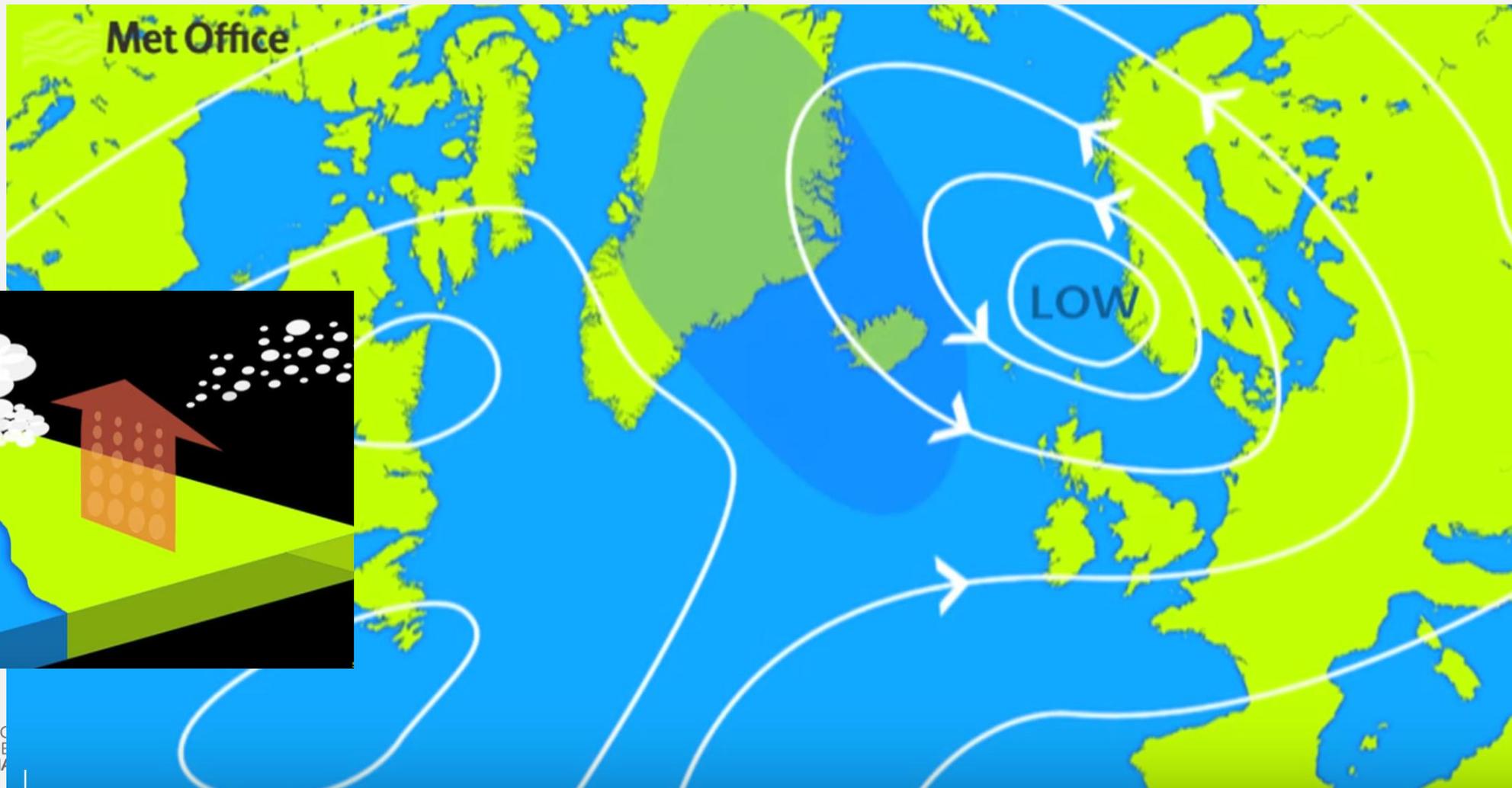
# Massa de ar continental tropical (cT)



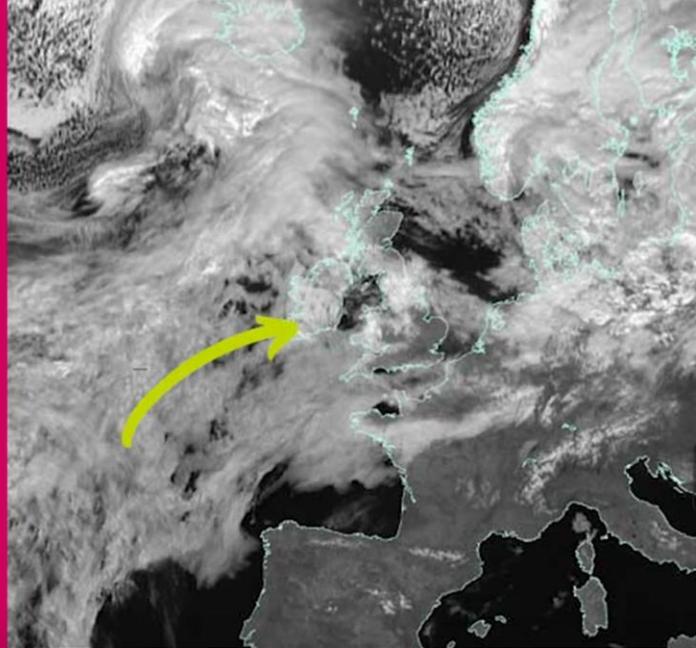
# Massa de ar continental polar (cP)



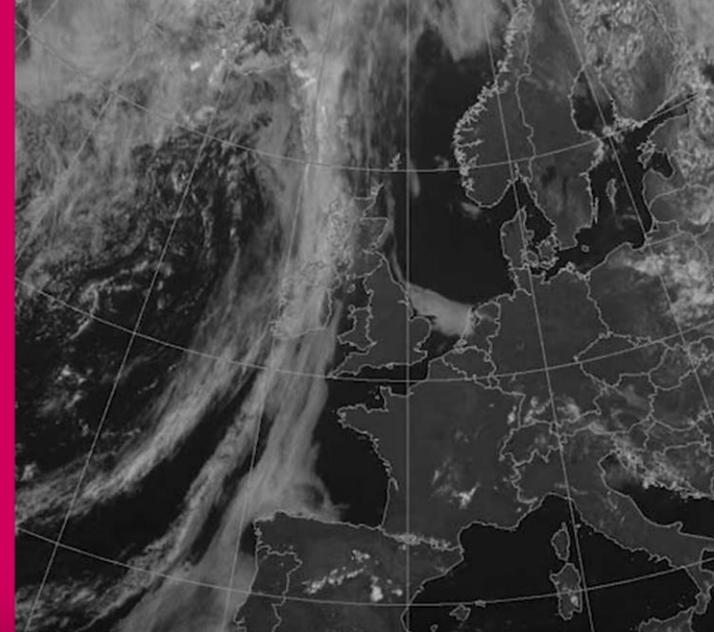
# Massa de ar marítimo polar (mP)



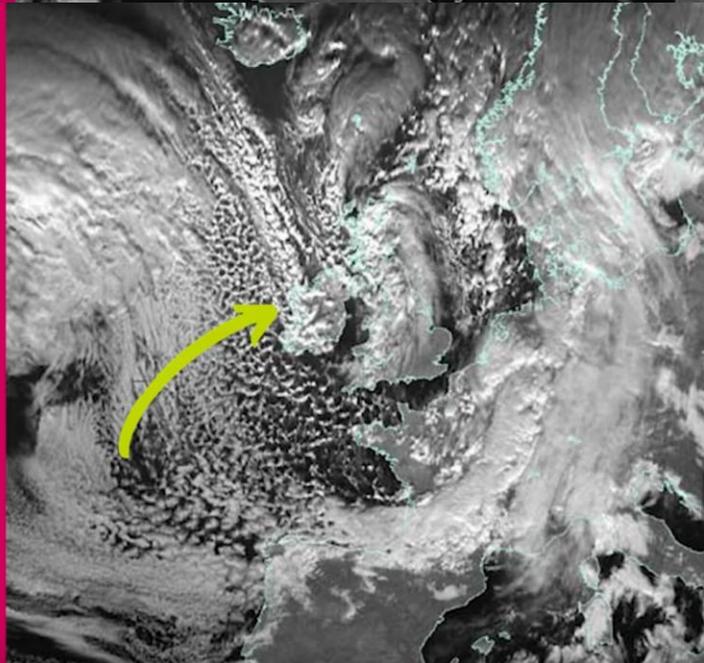
Tropical  
maritime



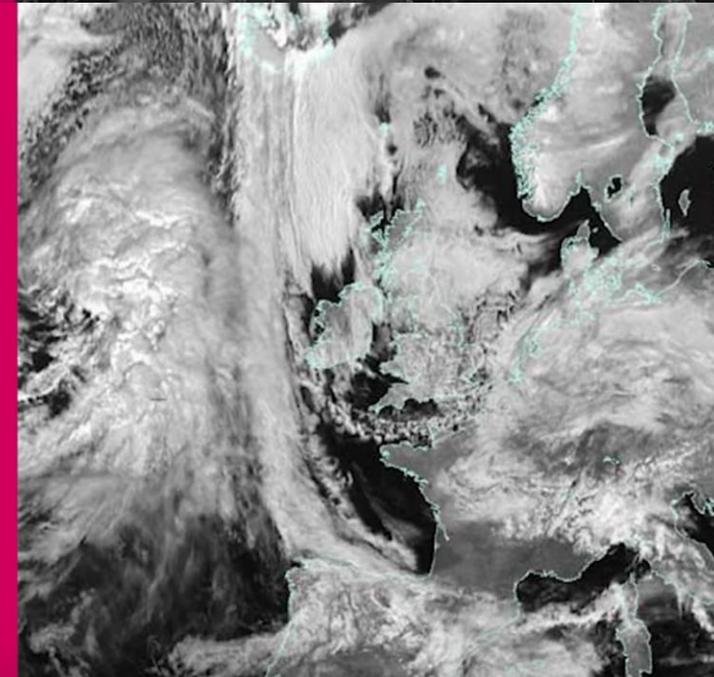
Tropical  
continental



Polar  
maritime



Polar  
continental



	Code	Source regions	Surface travelled over?	Air temperature	Direction of Travel	Humidity increasing or not?	Temperature increasing or decreasing?	Convection?	Rainfall?
<b>Polar Maritime</b>									
<b>Polar Continental</b>									
<b>Tropical Maritime</b>									
<b>Tropical Continental</b>									
<b>Arctic Maritime</b>									

**Think, pair, share:** Diga o que aconteceria se as seguintes massas de ar atingissem Portugal no inverno

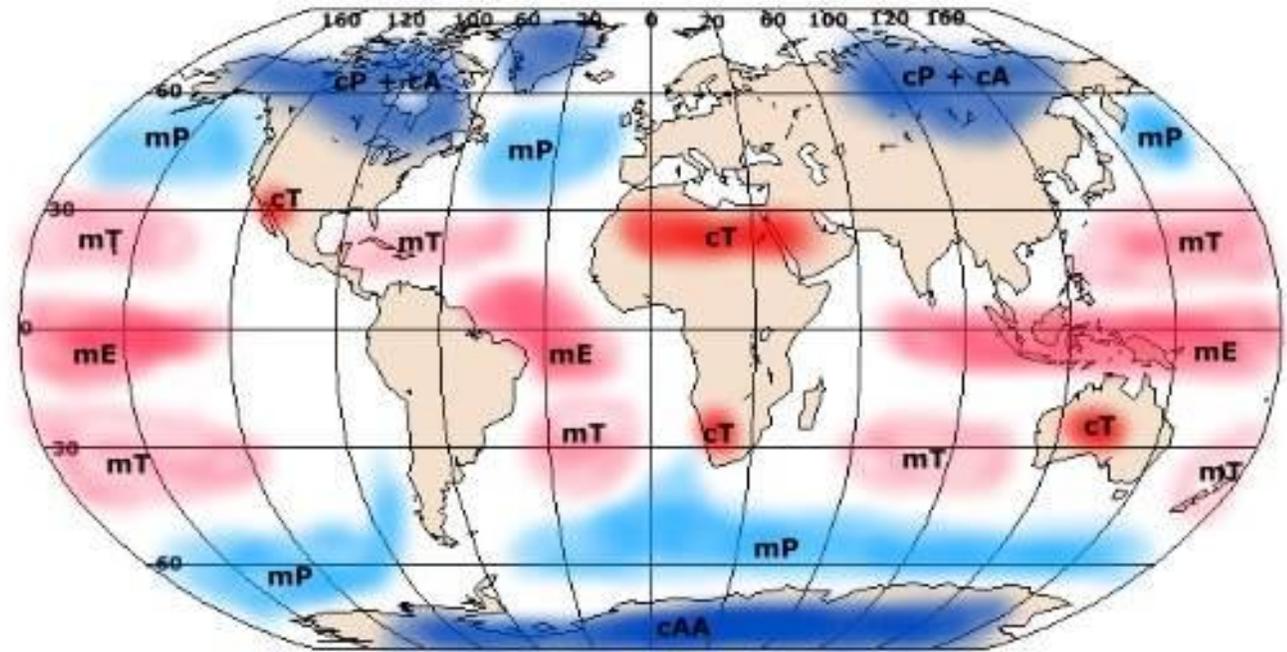
	Code	Source regions	Surface travelled over?	Air temperature	Direction of Travel	Humidity increasing or not?	Temperature increasing or decreasing?	Convection?	Rainfall?
<b>Polar Maritime</b>	Pm	Eastern Canada and Greenland	Ocean	Cold	towards the south-east	Yes, it picks up a lot of moisture over the Atlantic	Increasing (it warms as it moves south)	Yes, warm air rises	Yes, especially on west coast
<b>Polar Continental</b>									
<b>Tropical Maritime</b>									
<b>Tropical Continental</b>									
<b>Arctic Maritime</b>									

# Think, pair, share

Responda às seguintes perguntas:

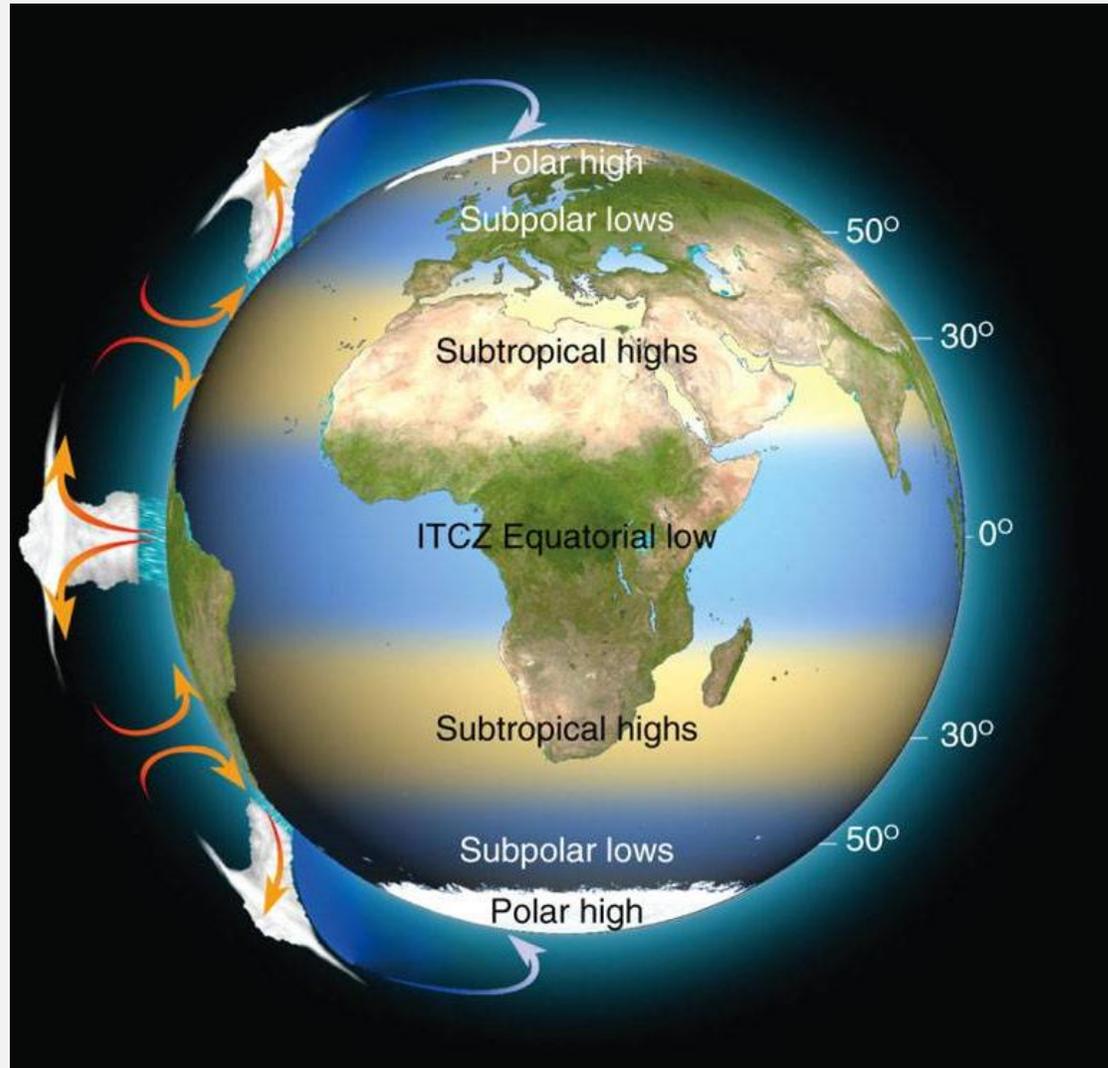
Que massas de ar nos fariam:

- Aumentar as vendas de gelados?
- Trazer muito frio e talvez neve?
- Fazer com que as pessoas liguem o aquecimento?
- Trazer pó do Sahara?



# Circulação Geral da Atmosfera

## Circulação geral e Precipitação

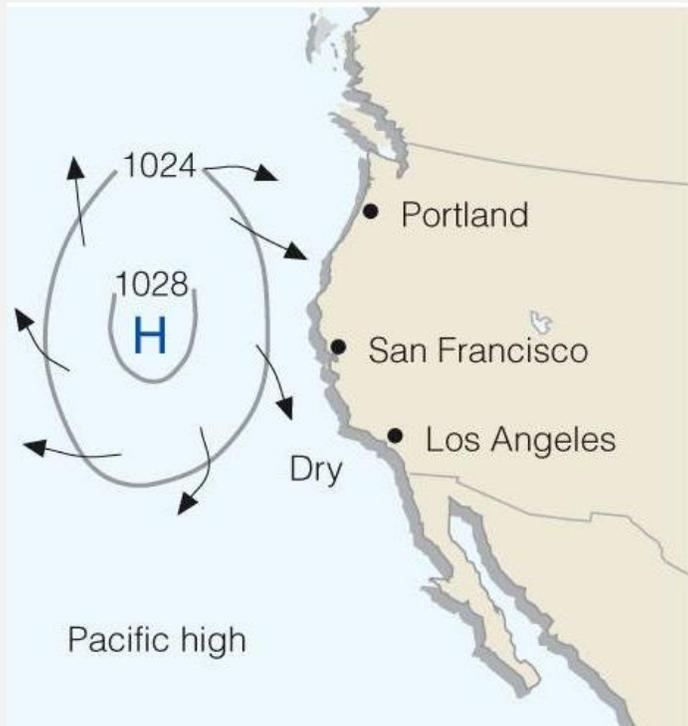


© 2007 Thomson Higher Education

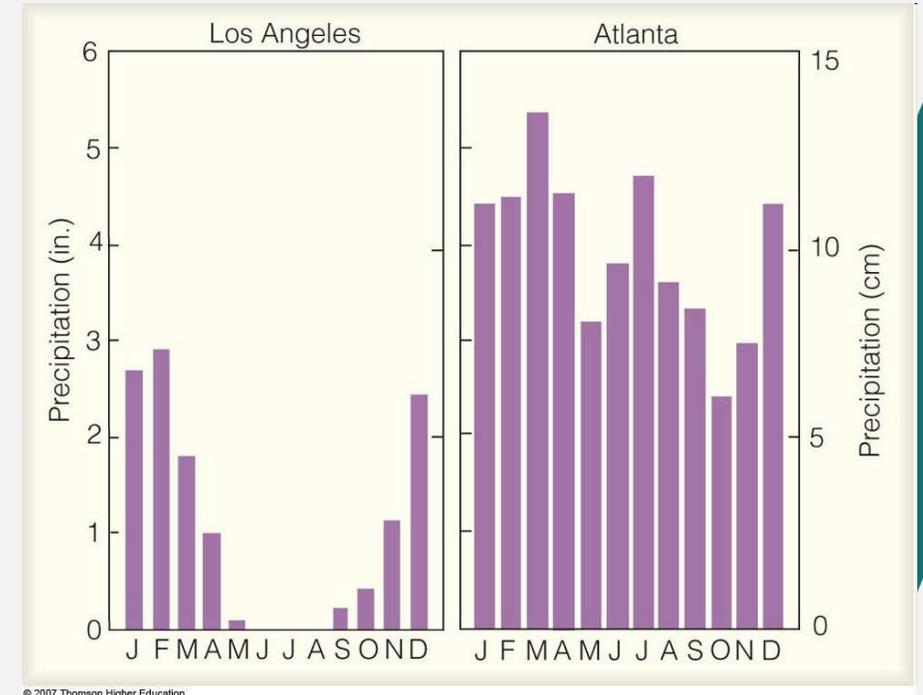
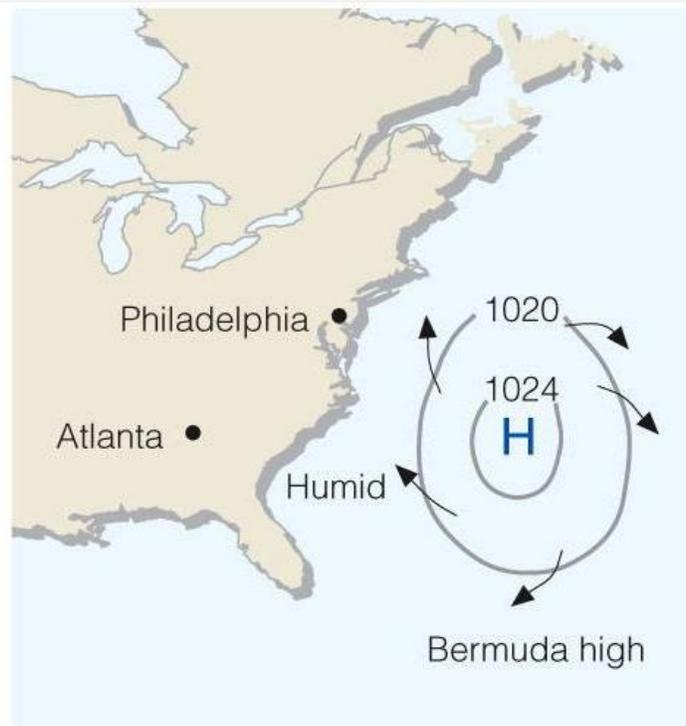
# Circulação Geral da Atmosfera

## Circulação geral e Precipitação

- Situação Verão



© 2007 Thomson Higher Education

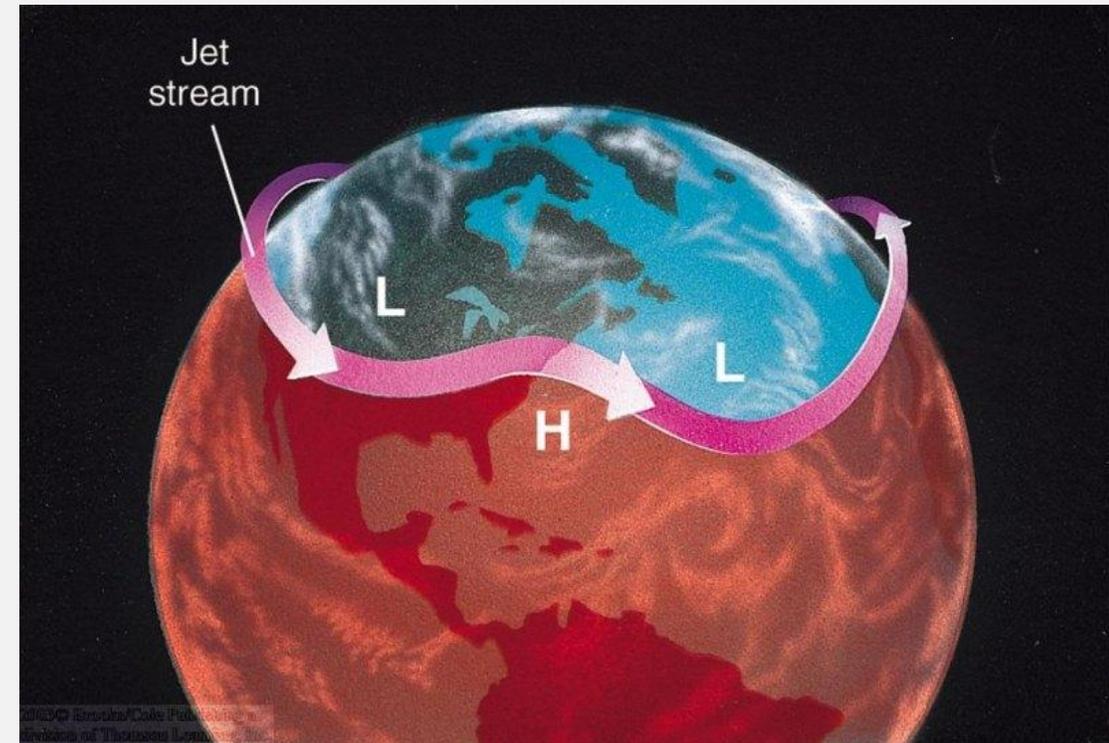


© 2007 Thomson Higher Education

# Circulação Geral da Atmosfera

## Correntes de jato

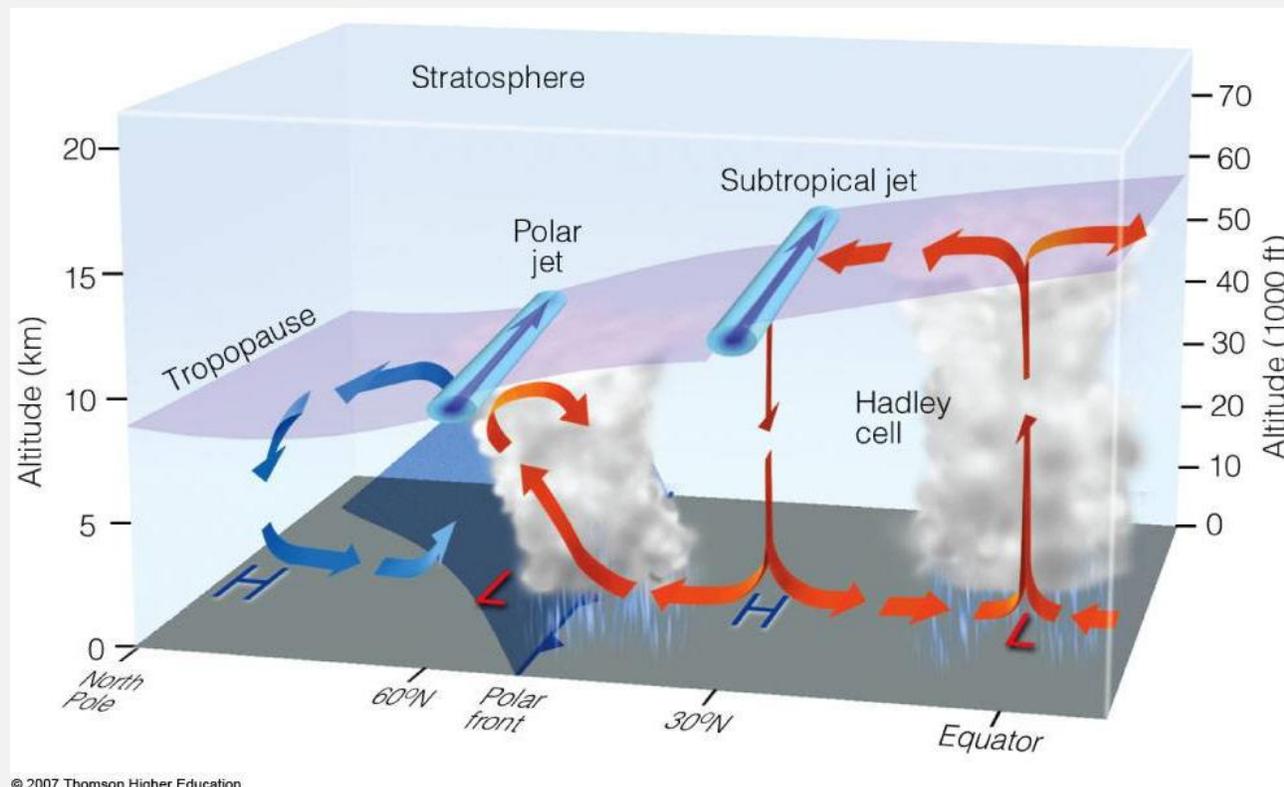
- Centenas de quilómetros de comprimento
- Alguns quilómetros de largura
- Cerca de um quilómetro de altura
- Velocidades maiores que 200 km/h



# Circulação Geral da Atmosfera

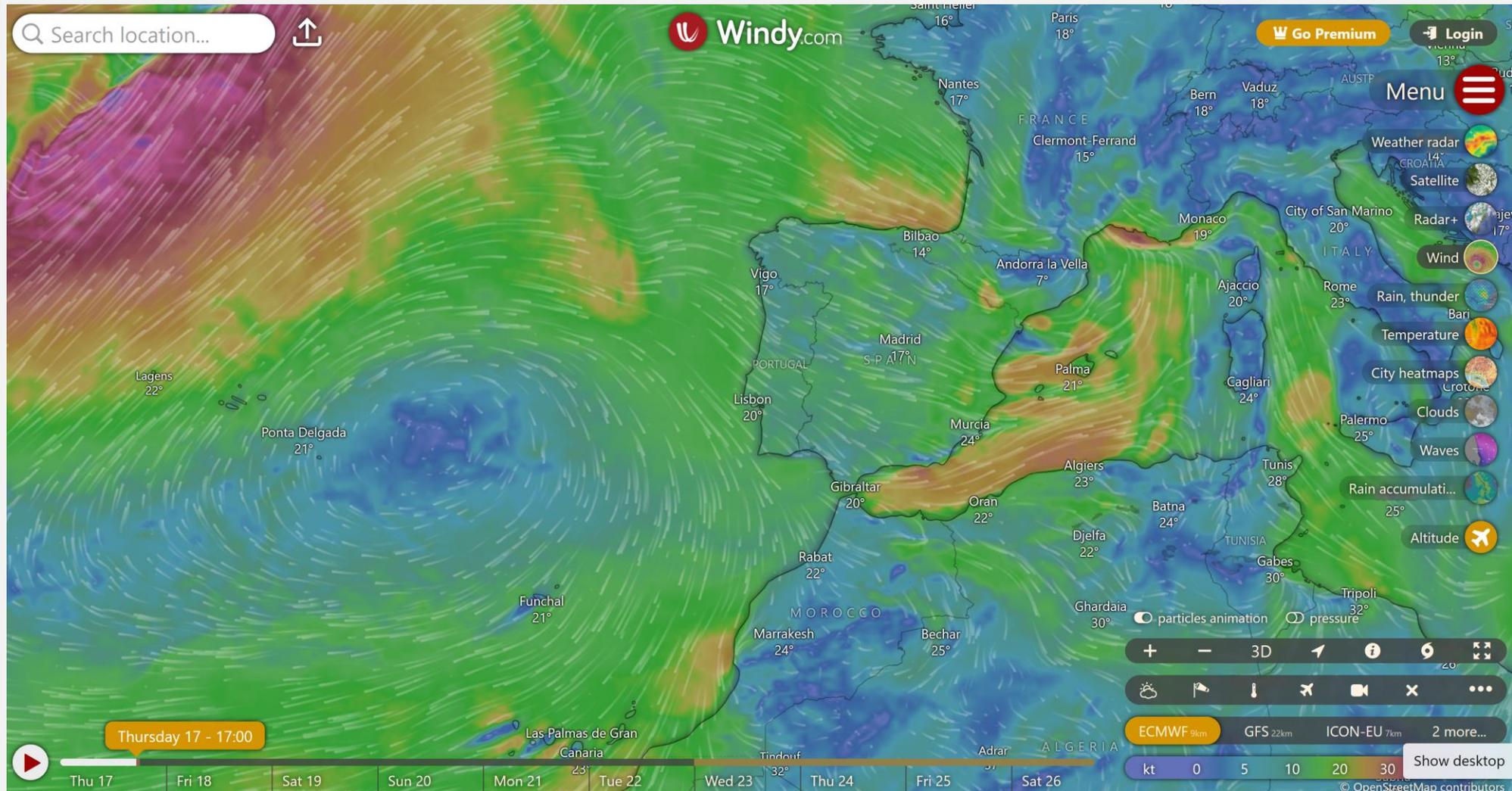
## Correntes de jato

- Jato subtropical – situado sobre as altas subtropicais
- Jato Polar – situado sobre a frente polar





Ao olhar para a previsão num aplicativo de clima, pode ser difícil imaginar que a previsão possa estar conectada às condições atmosféricas e oceânicas em todo o mundo



# Circulação Geral da Atmosfera

## Teleconexões

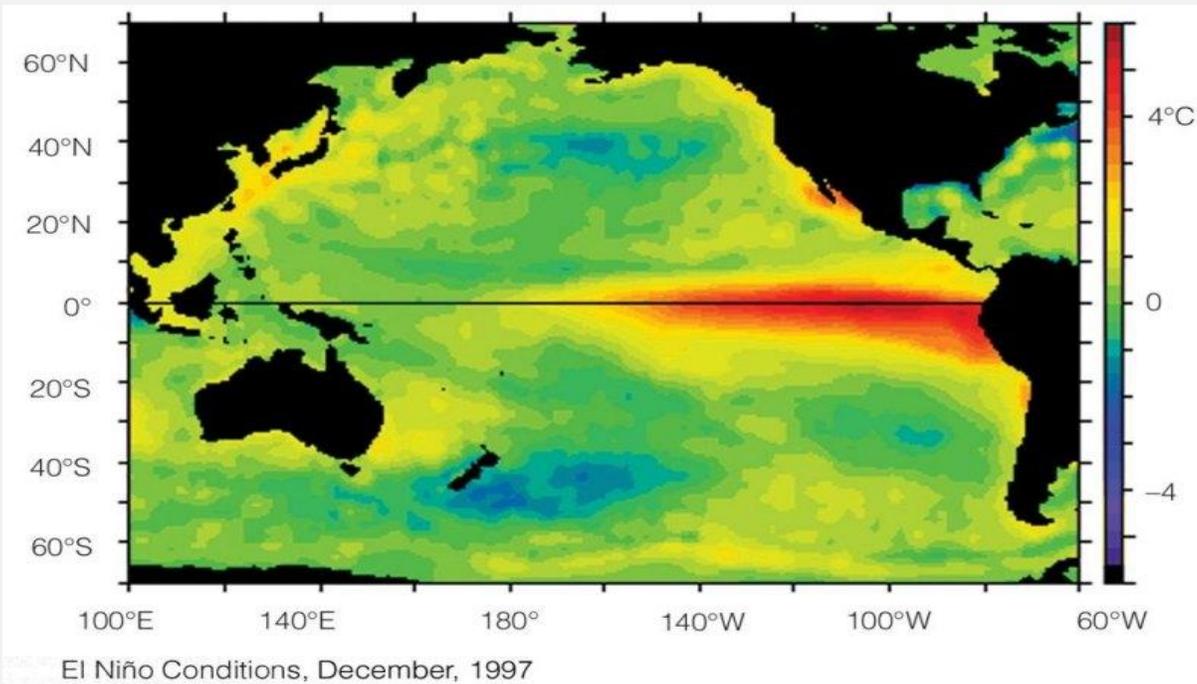
As teleconexões são relações ou **ligações significativas entre fenómenos meteorológicos em locais muito separados na Terra**, que normalmente implicam padrões climáticos que se estendem por milhares de quilómetros.

Muitos padrões de teleconexão se comportam como uma gangorra, com massa/pressão atmosférica se deslocando para frente e para trás entre dois locais distantes — um aumento, digamos, da pressão atmosférica em um local resulta em uma diminuição da pressão em algum lugar muito, muito distante.

# Circulação Geral da Atmosfera

## El Niño e a Oscilação do Sul

- Inicialmente referido como a uma semana com água quente aparecendo anualmente por volta do Natal ao longo da costa do Peru e Equador (não é bom para a indústria pesqueira)
- Pode produzir consequências económicas e atmosféricas significantes em todo o globo
- Acontece a cada 3-7 anos

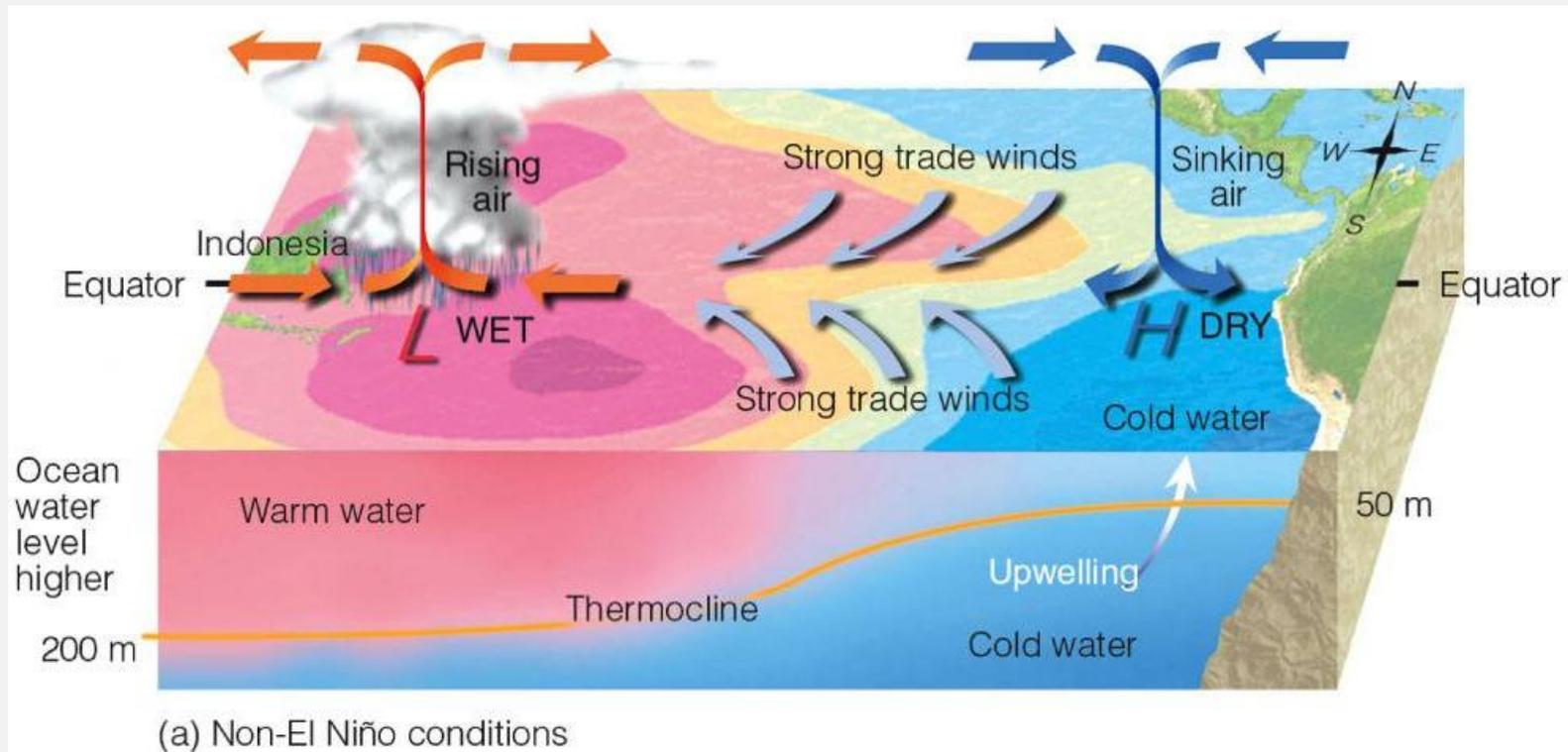


[Animação](#)

# Circulação Geral da Atmosfera

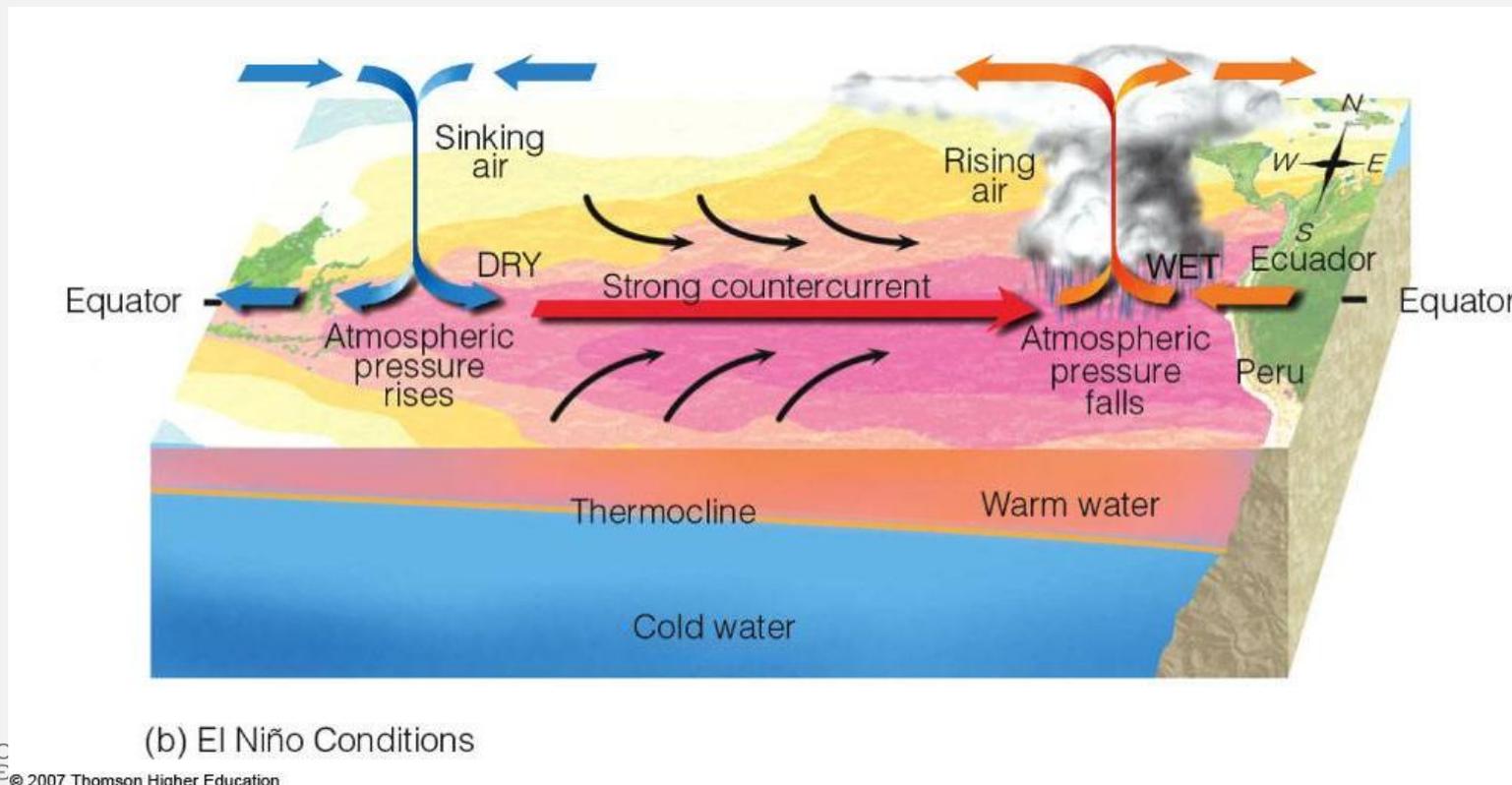
Durante um ano normal existe uma grande quantidade de água quente no pacífico oeste

Baixas pressões dominam o pacífico oeste e altas pressões dominam o pacífico leste sobre as águas frias



# Circulação Geral da Atmosfera

- Durante um de El Niño, a temperatura da superfície do mar (TSM) no pacífico leste se torna mais quente que o normal
- O sistema de alta pressão se desloca do pacífico leste para o pacífico oeste
- O sistema de baixa pressão se desloca do pacífico oeste para o pacífico leste
- A mudança da pressão em superfície é chamada de Índice de Oscilação Sul



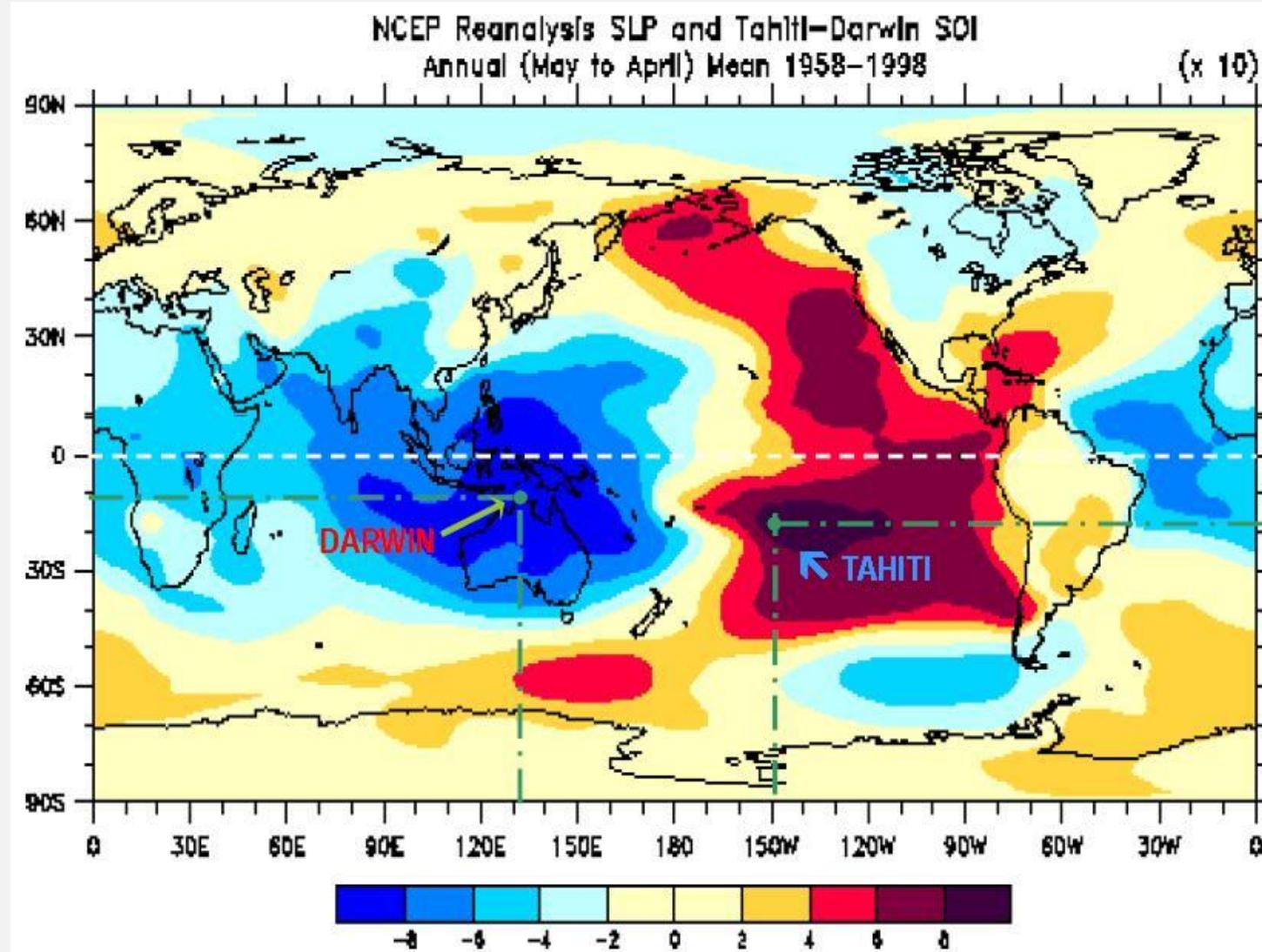
# Circulação Geral da Atmosfera

## El Niño e a Oscilação do Sul

**IOS** = 
$$\frac{\Delta \text{PRESSÃO TAHITI} - \Delta \text{PRESSÃO DARWIN}}{\text{DESVIO-PADRÃO}}$$

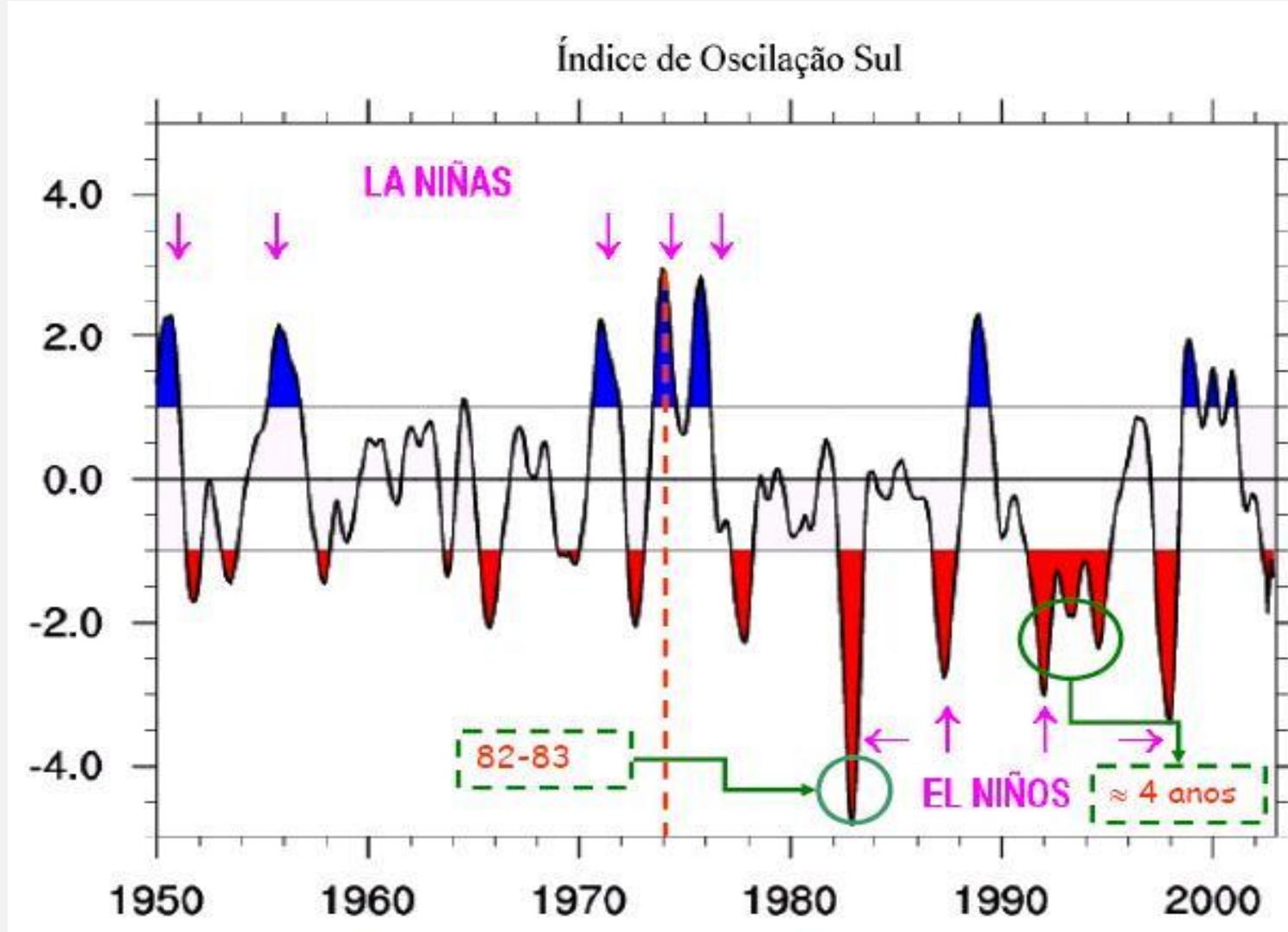
SE IOS FOR:

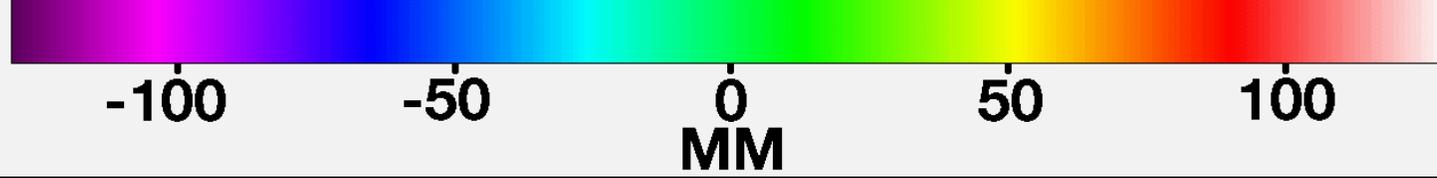
- ✓ **POSITIVO** = ÁGUAS FRIAS = LA NIÑA
- ✓ **NEGATIVO** = ÁGUAS MAIS QUENTES = EL NIÑO



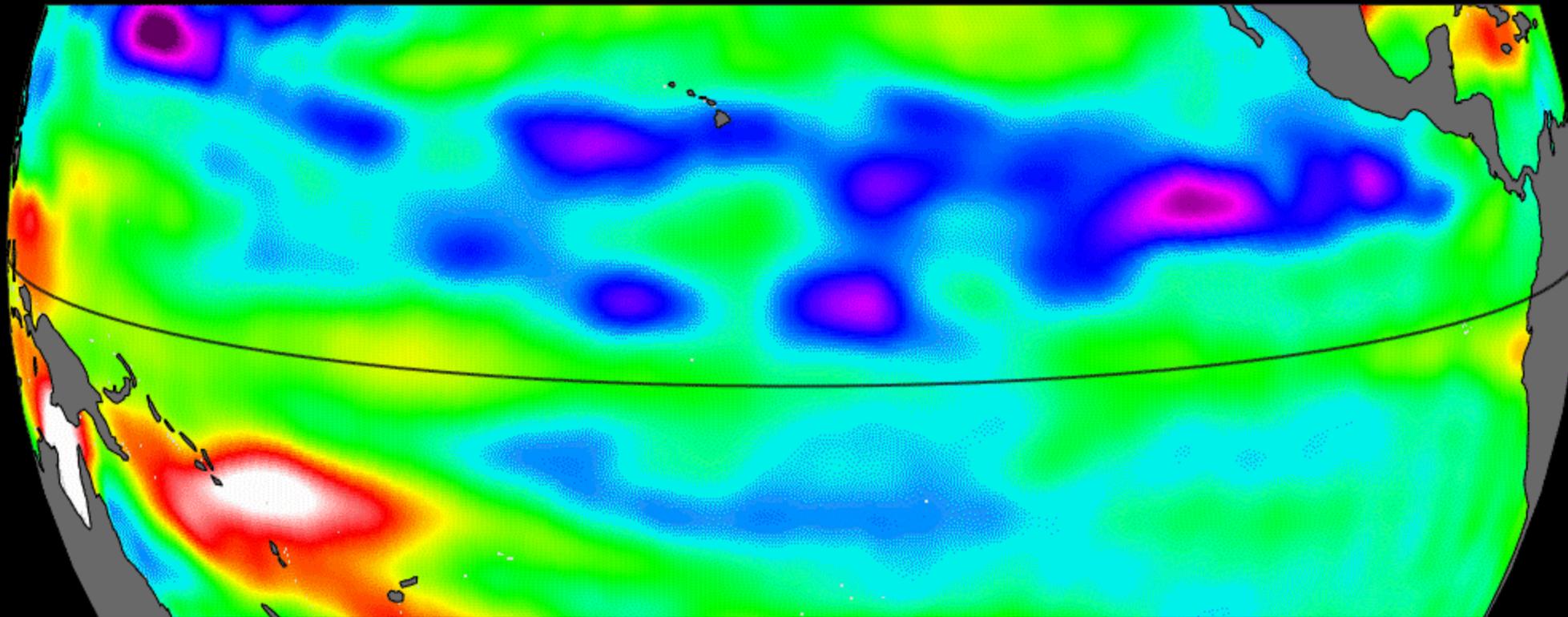
# Circulação Geral da Atmosfera

## El Niño e a Oscilação do Sul





06 Mar 2023



# El Niño Conditions (DJF)

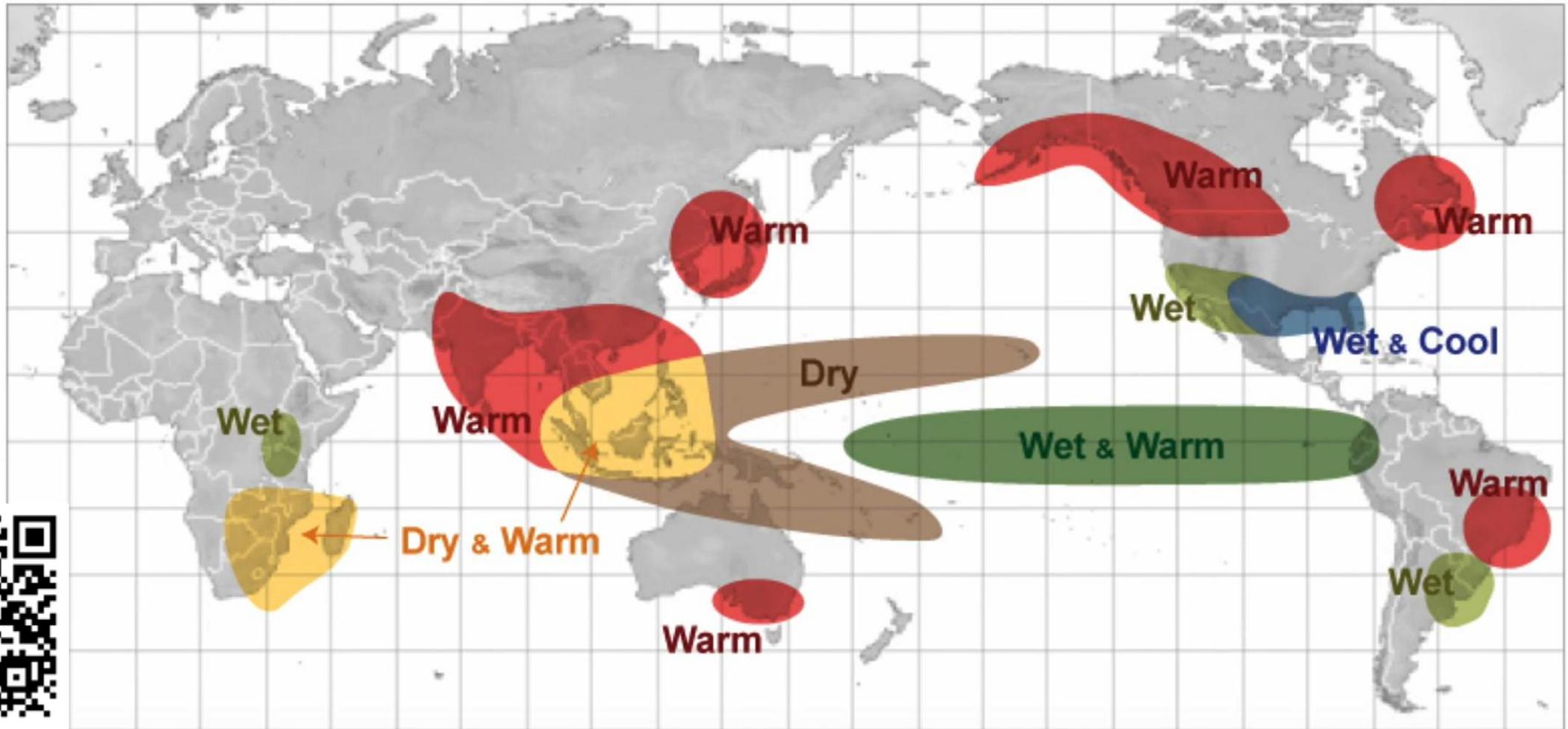
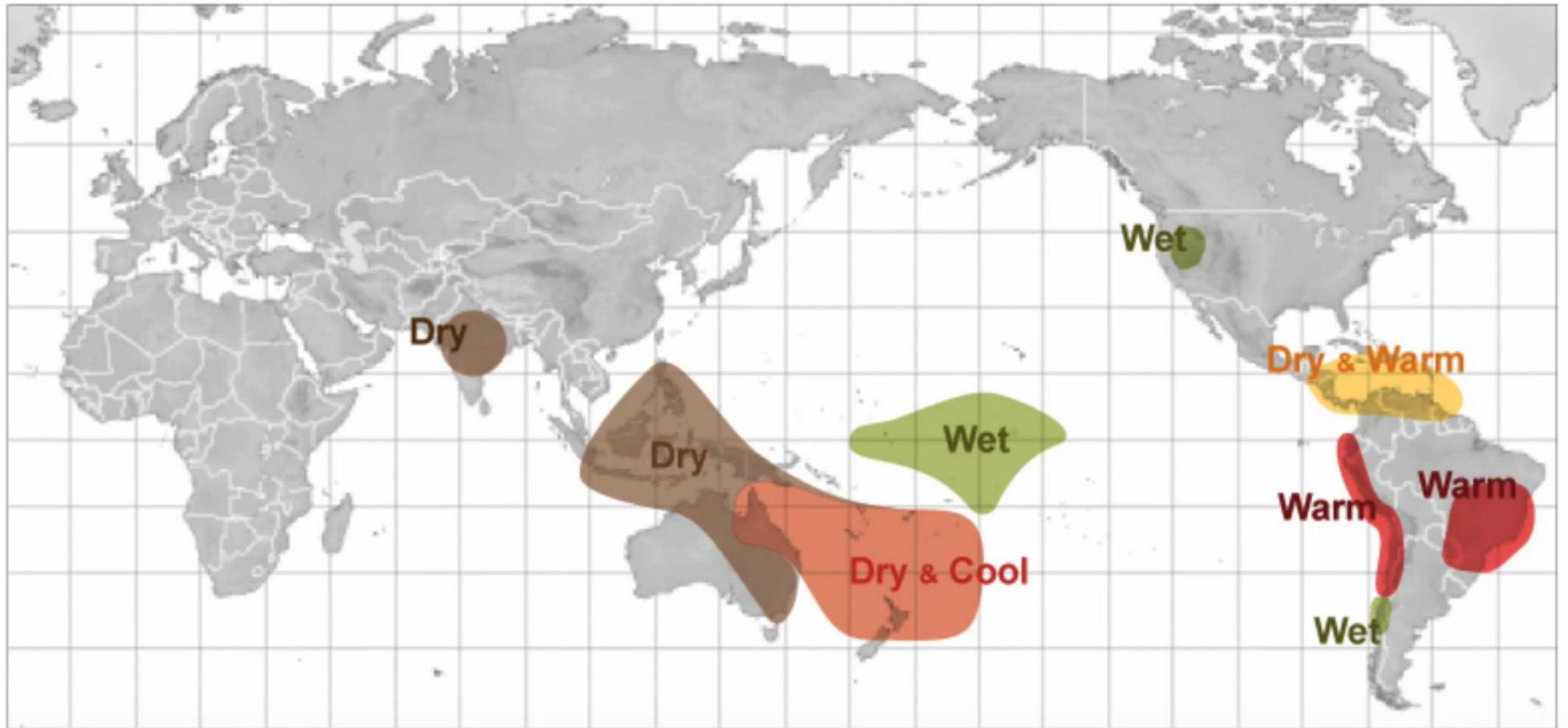


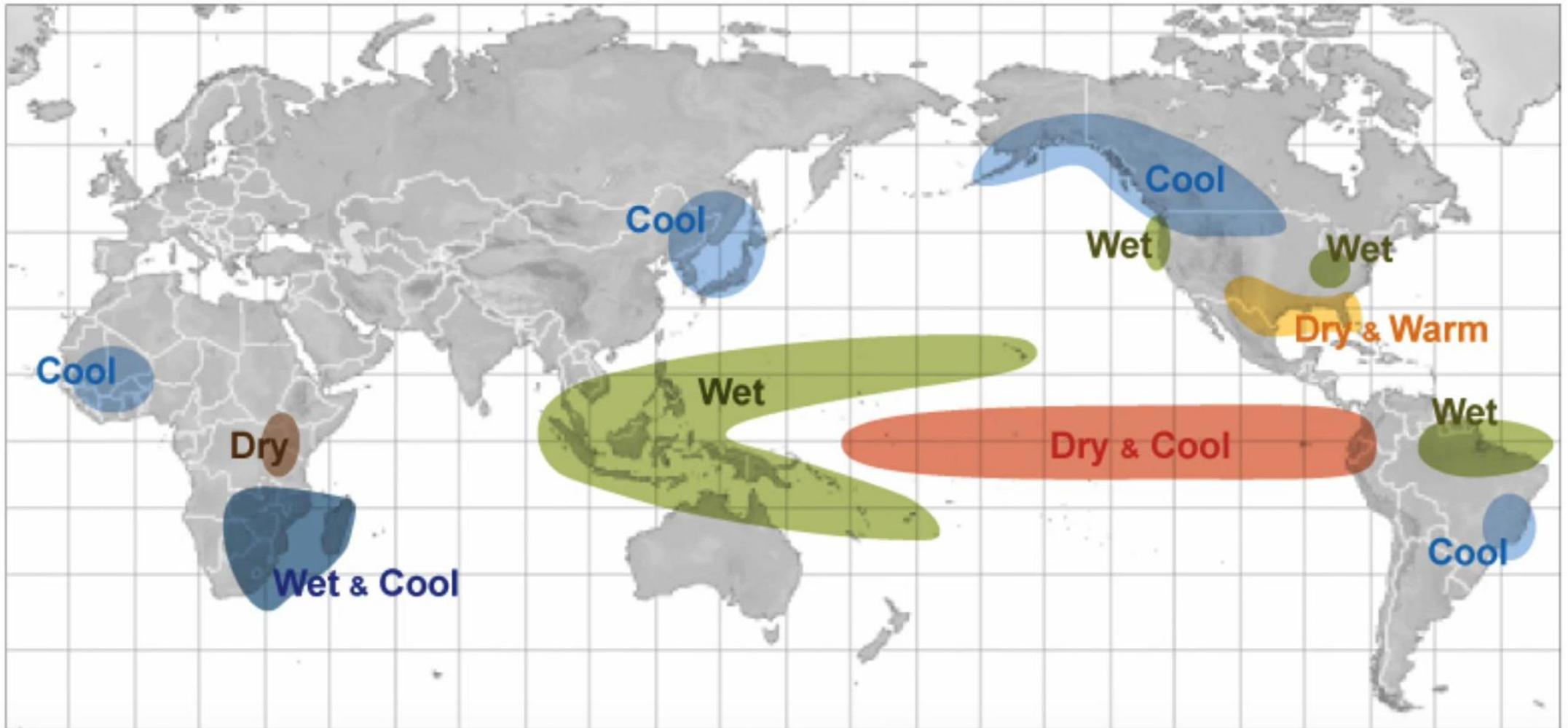
Figure: El Niño impacts for December through February ([https://www.weather.gov/jetstream/enso\\_impacts](https://www.weather.gov/jetstream/enso_impacts))

# El Niño Conditions (JJA)



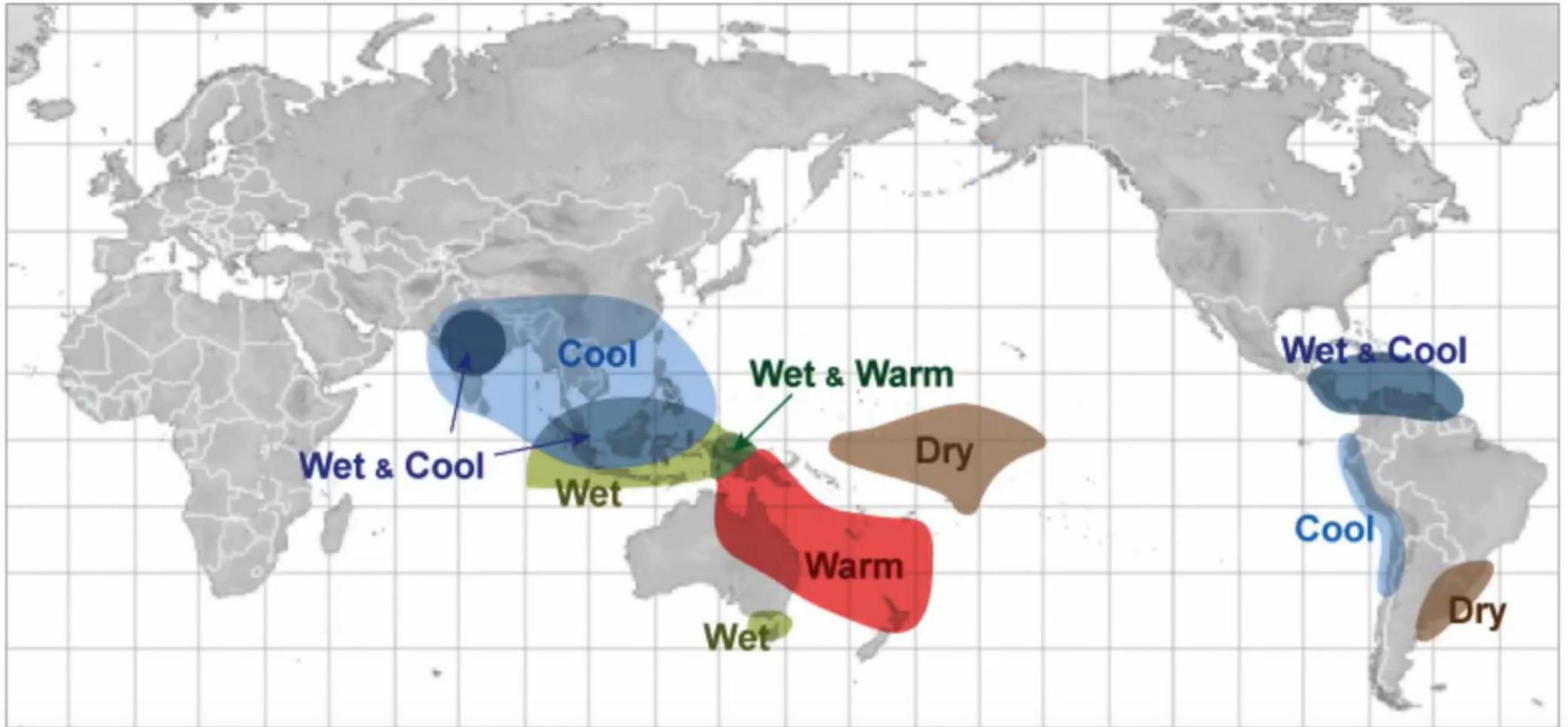
**Figure:** El Niño impacts for June through August ([https://www.weather.gov/jetstream/enso\\_impacts](https://www.weather.gov/jetstream/enso_impacts))

# La Niña Conditions (DJF)



**Figure:** La Niña impacts for December through February ([https://www.weather.gov/jetstream/enso\\_impacts](https://www.weather.gov/jetstream/enso_impacts))

# La Niña Conditions (JJA)



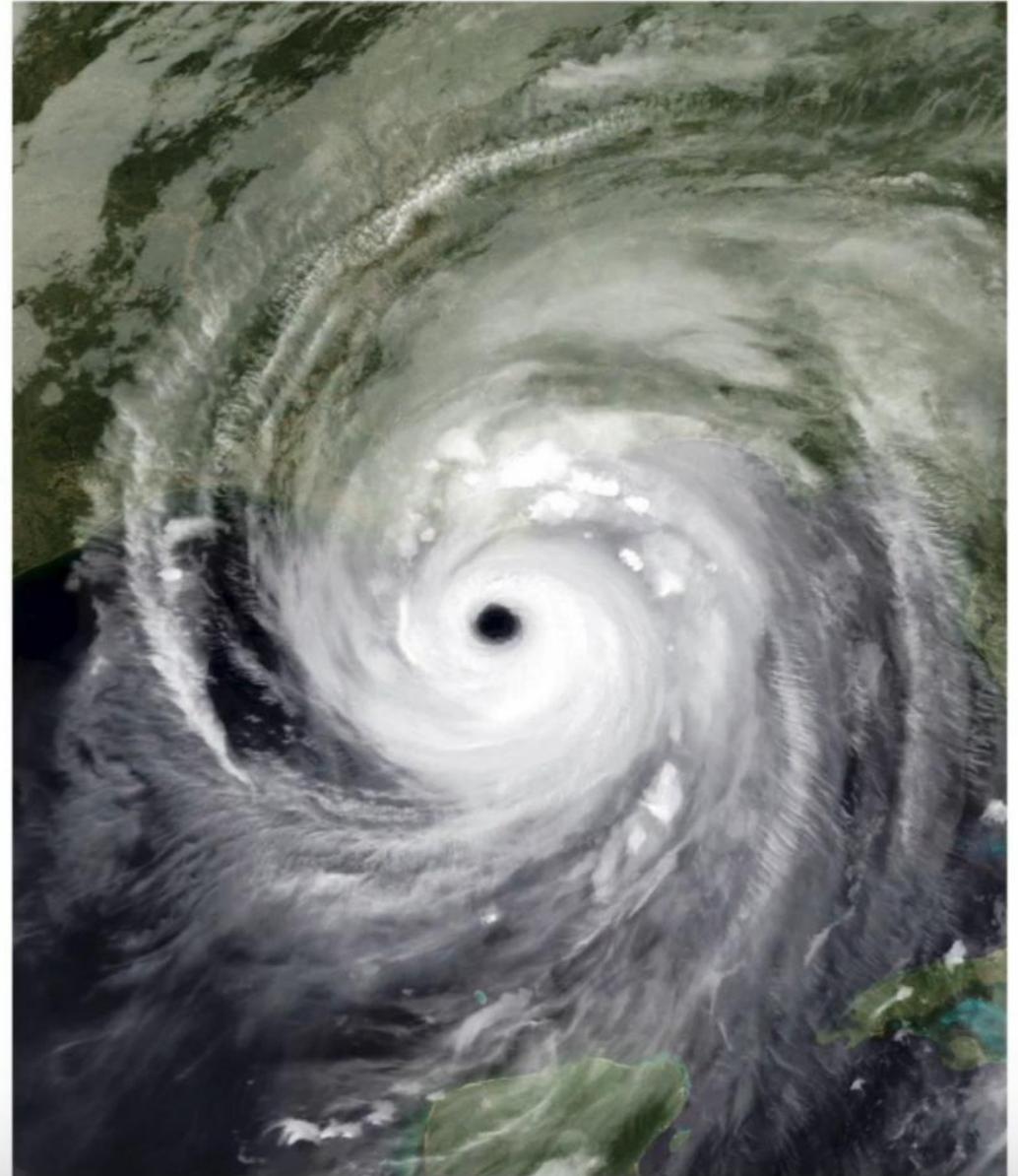
**Figure:** La Niña impacts for June through August ([https://www.weather.gov/jetstream/enso\\_impacts](https://www.weather.gov/jetstream/enso_impacts))

# El Niño and Tropical Cyclones

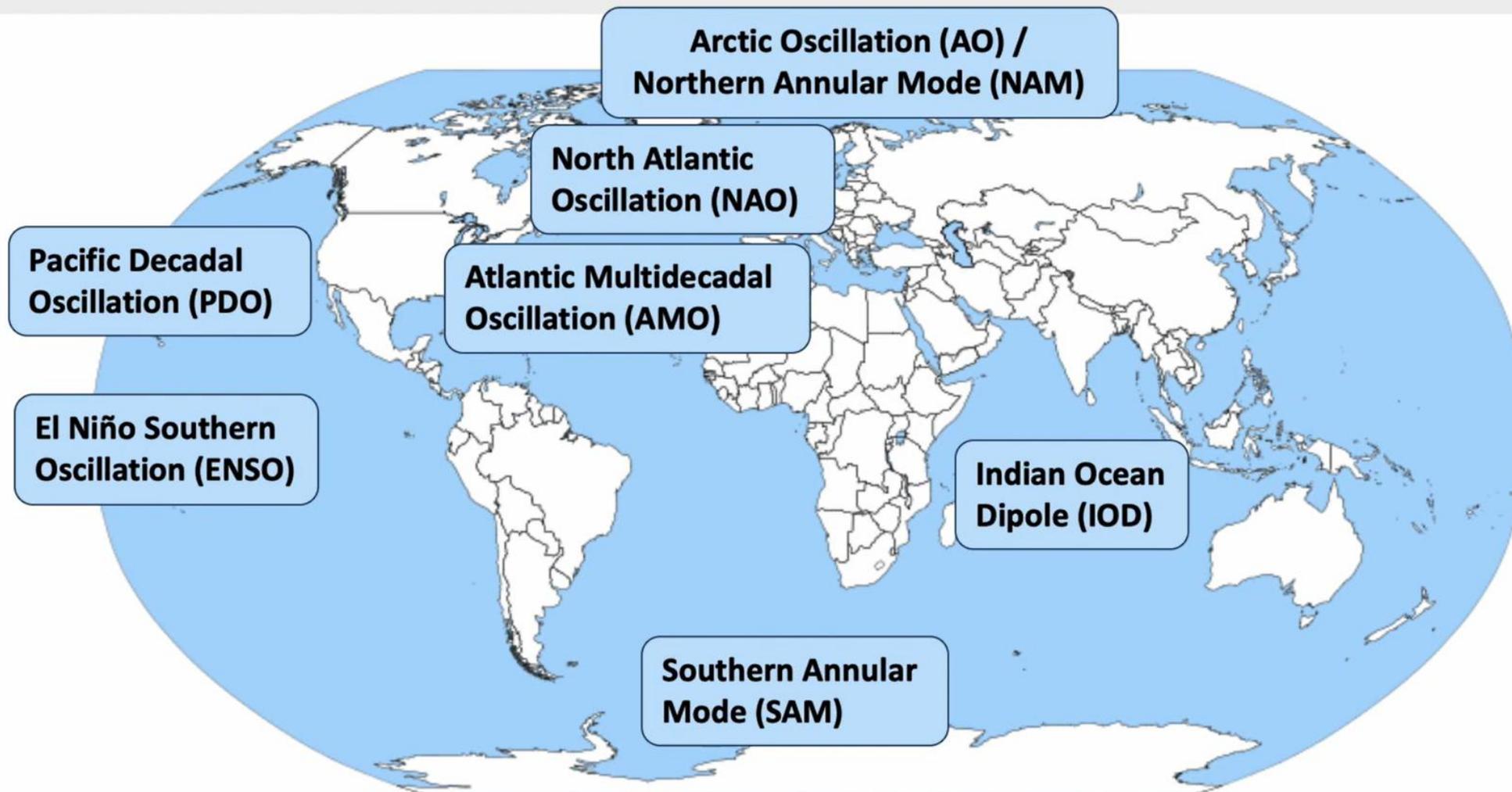
Tropical cyclone activity in the North Atlantic basin is particularly sensitive to El Niño influences. When a moderate to strong El Niño is present, the North Atlantic basin experiences:

- A substantial reduction in cyclone numbers
- A 60% reduction in number of hurricane days
- An overall reduction in system intensity

This change is due to stronger than normal westerly winds during El Niño years.



# Teleconnections



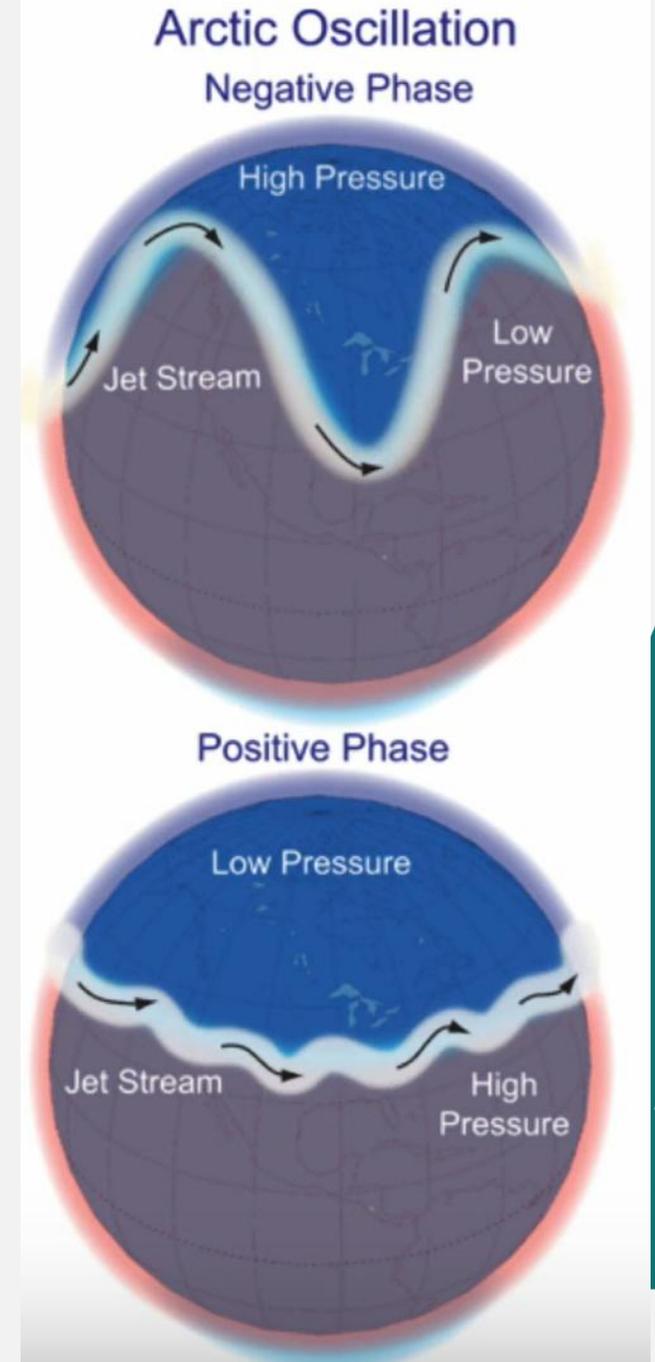
# Circulação Geral da Atmosfera

## Arctic Oscillation (AO)

A **Oscilação do Ártico** refere-se a um padrão de circulação atmosférica sobre as latitudes médias a altas do Hemisfério Norte

O reflexo mais óbvio da fase desta oscilação é a localização norte-sul da corrente de jato de latitude média

É uma das oscilações mais predictíveis (a escalas curtas de tempo)



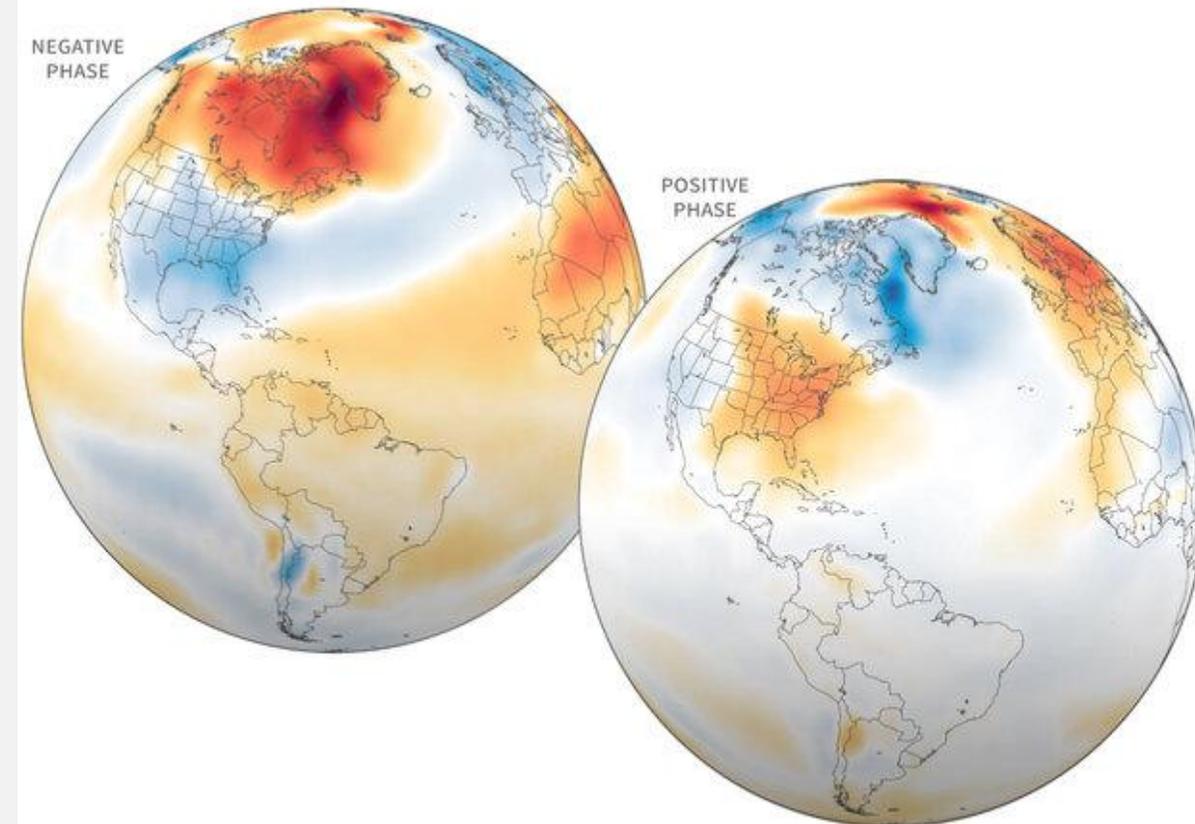
# Circulação Geral da Atmosfera

## North Atlantic Oscillation (NAO)

A **Oscilação do Atlântico Norte** baseia-se na diferença de pressão do nível do mar superficial entre a Alta Subtropical (Açores) e a Baixa Subpolar

Ambas as fases do NAO estão associadas a mudanças em toda a bacia na intensidade e localização da corrente de jato do Atlântico Norte e da trilha de tempestades, e em modulações em larga escala dos padrões normais de transporte zonal e meridional de calor e humidade, o que, por sua vez, resulta em mudanças nos padrões de temperatura e precipitação, muitas vezes estendendo-se do leste da América do Norte para a Europa ocidental e central

### NAO TEMPERATURE PATTERNS



Jan-Mar 2010 (left)  
Jan-Mar 1990 (right)

Difference from average temperature (°C)



NOAA Climate.gov  
Data: NCEP/NCAR

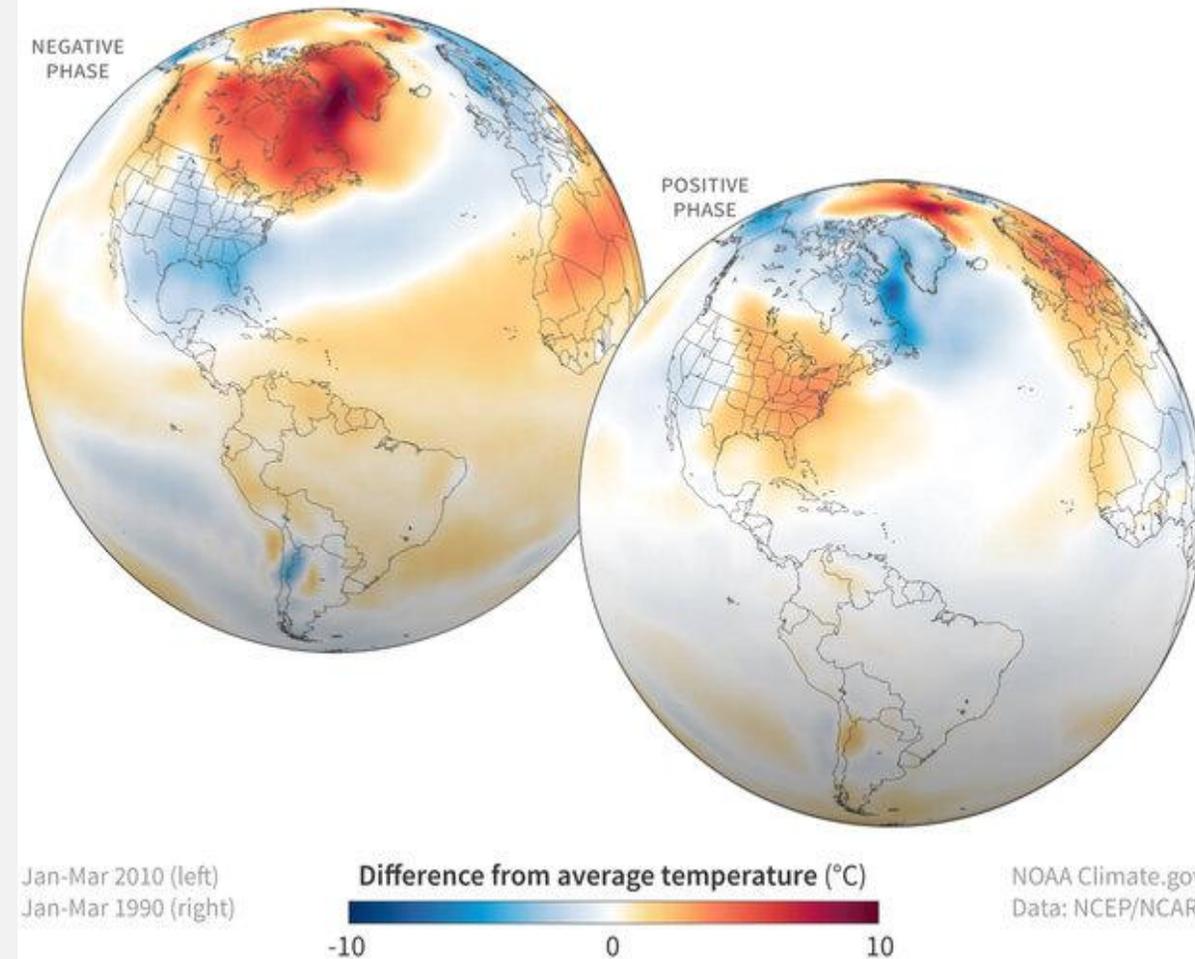
# Circulação Geral da Atmosfera

## North Atlantic Oscillation (NAO)

Fortes fases positivas do NAO tendem a ser associadas a temperaturas acima do normal no leste dos Estados Unidos e em todo o norte da Europa e temperaturas abaixo do normal na Groenlândia e, muitas vezes, no sul da Europa e no Oriente Médio

Estão também associadas a precipitações acima do normal sobre o norte da Europa e a Escandinávia e precipitações abaixo do normal sobre a Europa meridional e central.

### NAO TEMPERATURE PATTERNS



# Circulação Geral da Atmosfera

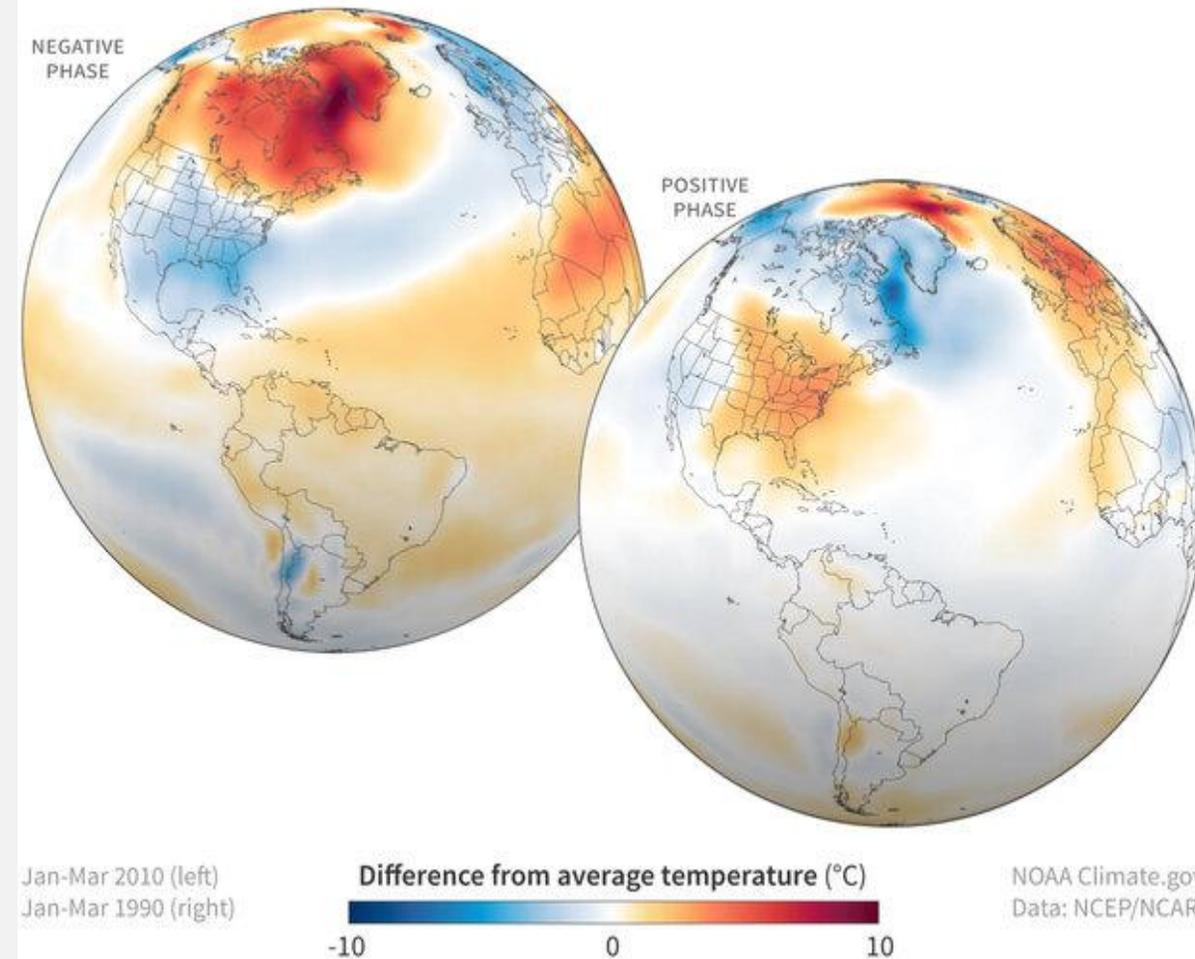
## North Atlantic Oscillation (NAO)

Padrões opostos de anomalias de temperatura e precipitação são tipicamente observados durante fortes fases negativas da NAO

Durante períodos particularmente prolongados dominados por uma fase particular da NAO, padrões anormais de altura e temperatura também são frequentemente vistos estendendo-se até o centro da Rússia e o centro-norte da Sibéria

A NAO exibe considerável variabilidade intersazonal e interanual, e períodos prolongados (vários meses) de ambas as fases positiva e negativa do padrão são comuns

### NAO TEMPERATURE PATTERNS



## NORTH ATLANTIC OSCILLATION INFLUENCE ON PRECIPITATION, RIVER FLOW AND WATER RESOURCES IN THE IBERIAN PENINSULA

RICARDO M. TRIGO,<sup>a,b,\*</sup> DAVID POZO-VÁZQUEZ,<sup>c</sup> TIMOTHY J. OSBORN,<sup>d</sup> YOLANDA CASTRO-DÍEZ,<sup>e</sup>  
SONIA GÁMIZ-FORTIS<sup>c</sup> and MARÍA JESUS ESTEBAN-PARRA<sup>c</sup>

<sup>a</sup> CGUL, Departamento de Física, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal

<sup>b</sup> Departamento de Engenharias, Universidade Lusófona, Lisbon, Portugal

<sup>c</sup> Departamento de Física, Universidad de Jaén, Jaén, Spain

<sup>d</sup> Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK

<sup>e</sup> Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada, Granada, Spain

Received 19 May 2003

Revised 15 March 2004

Accepted 15 March 2004

- Grande variabilidade interanual nos caudais do Tejo, Douro e Guadiana é largamente modulada pela NAO
- O impacto da NAO e a recente tendência positiva do índice NAO contribuem para uma diminuição significativa do fluxo disponível
- Esta redução representa um risco importante para as economias ibéricas devido ao seu impacto negativo nos recursos dependentes da água, como a agricultura intensiva e a produção de energia hidroelétrica

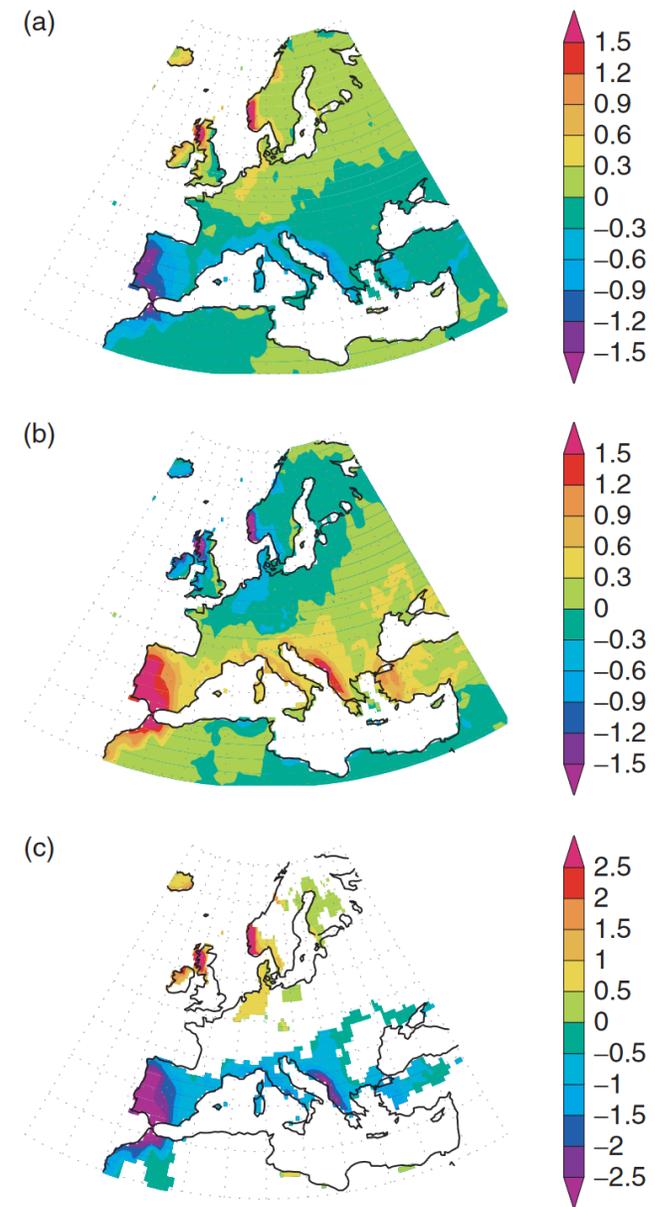


Figure 4. Precipitation anomaly fields (mm/day) from the CRU data set for winter months with (a) high NAO index  $>1.0$ , (b) low NAO index  $<-1.0$  and (c) their difference (represented only if significant at the 1% level)

## The Influence of the North Atlantic Oscillation on Rainfall Triggering of Landslides near Lisbon

RICARDO M. TRIGO<sup>1,2,\*</sup>, JOSÉ L. ZÊZERE<sup>3</sup>,  
MARIA L. RODRIGUES<sup>3</sup> and ISABEL F. TRIGO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa, Departamento de Física, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, Ed C8, Piso 6, 1749-016, Lisboa, Portugal;

<sup>2</sup>Departamento de Engenharias, Universidade Lusófona, Lisboa, Portugal; <sup>3</sup>Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa, Portugal; <sup>4</sup>Instituto de Meteorologia, Lisboa, Portugal

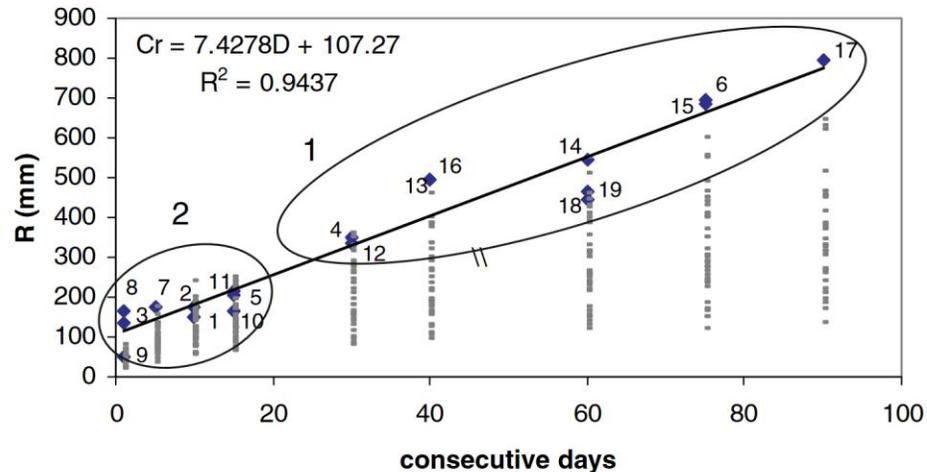


Figure 8. Regression line between critical cumulative rainfall amount and corresponding rainfall duration. Black diamonds: values associated to each one of the 19 identified landslide episodes. Small dots: values obtained from the yearly maximum cumulative rainfall values for all duration intervals (computed for years without reported landslides).

- A maioria dos episódios de deslizamento de terras na zona norte de Lisboa está associada a precipitações de curta (menos de 5 dias), média (5-20 dias) ou de longa duração (mais de 20 dias)
- A grande variabilidade interanual da precipitação de inverno é amplamente modulada pela NAO
- Muitos meses com atividade de deslizamento de terra foram identificados como sendo caracterizada por valores médios negativos do índice NAO e altos valores de precipitação média (acima de 100 mm/mês)

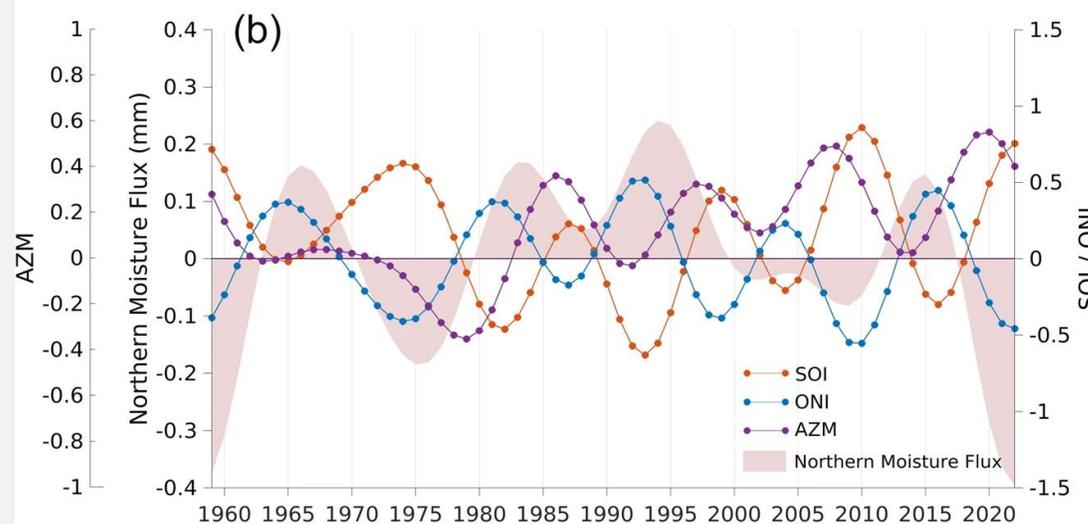
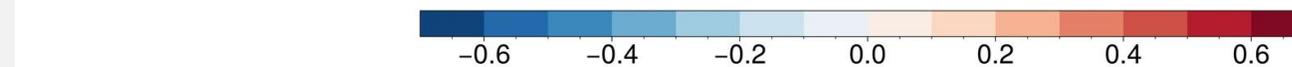
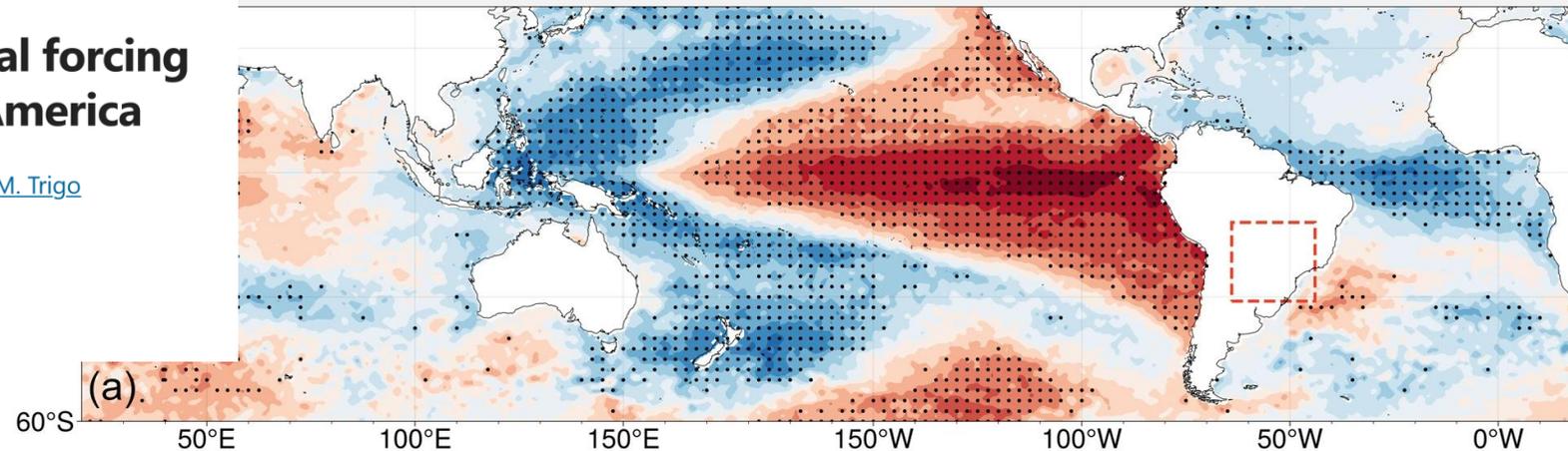
# Combined large-scale tropical and subtropical forcing on the severe 2019–2022 drought in South America

J. L. Geirinhas, A. C. Russo, R. Libonati, D. G. Miralles, A. M. Ramos, L. Gimeno & R. M. Trigo

npj Climate and Atmospheric Science 6, Article number: 185 (2023) | Cite this article

2977 Accesses | 15 Altmetric | Metrics

El Niño–Southern Oscillation foi identificado como um dos forçadores da seca de 2019–2022 na América do Sul



	<i>r</i> SOI	<i>r</i> ONI	<i>r</i> AZM
JAN	-0.18	0.24	-0.02
FEB	-0.15	0.22	0.05
MAR	-0.04	0.00	0.16
APR	<b>-0.33</b>	<b>0.29</b>	-0.10
MAY	<b>-0.29</b>	<b>0.51</b>	<b>-0.37</b>
JUN	<b>-0.41</b>	<b>0.30</b>	<b>-0.41</b>
JUL	<b>-0.50</b>	<b>0.41</b>	<b>-0.37</b>
AUG	-0.24	<b>0.30</b>	-0.15
SEP	<b>-0.36</b>	<b>0.42</b>	-0.12
OCT	-0.19	0.12	0.10
NOV	<b>-0.24</b>	<b>0.38</b>	-0.15
DEC	<b>-0.35</b>	<b>0.34</b>	-0.22
ANNUAL	<b>-0.56</b>	<b>0.56</b>	<b>-0.36</b>
ANNUAL (10-yr Filtered)	<b>-0.73</b>	<b>0.67</b>	-0.19



<https://www.youtube.com/watch?v=HjTqdVuEEPo>



<https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/what-are-teleconnections-connecting-earths-climate-patterns-global>



<https://www.youtube.com/watch?v=LnNCYseTekc>

# Questões?



<https://www.youtube.com/watch?v=HjTqdVuEEPo>

<https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>



Até 4'

Planeta Vivo 3

**NASA Analysis Confirms a Year  
of Monthly Temperature  
Records**

<https://youtu.be/j7cTKiKMKcl>

# Proposta de atividade

Eventos extremos e compostos

Ler os documentos seguintes para discutir na próxima sessão

<https://nca2023.globalchange.gov/chapter/focus-on-1/>

<https://www.nature.com/articles/s41558-018-0156-3>

<https://www.nature.com/articles/s41598-024-69691-y>

INSTITUTO SUPERIOR  
DE AGRONOMIA