

ISA

INSTITUTO SUPERIOR
DE
AGRONOMIA

2024-2025

Uso e Gestão do Território e da Água

Ana Russo (acrusso@isa.ulisboa.pt), Ext. 3235

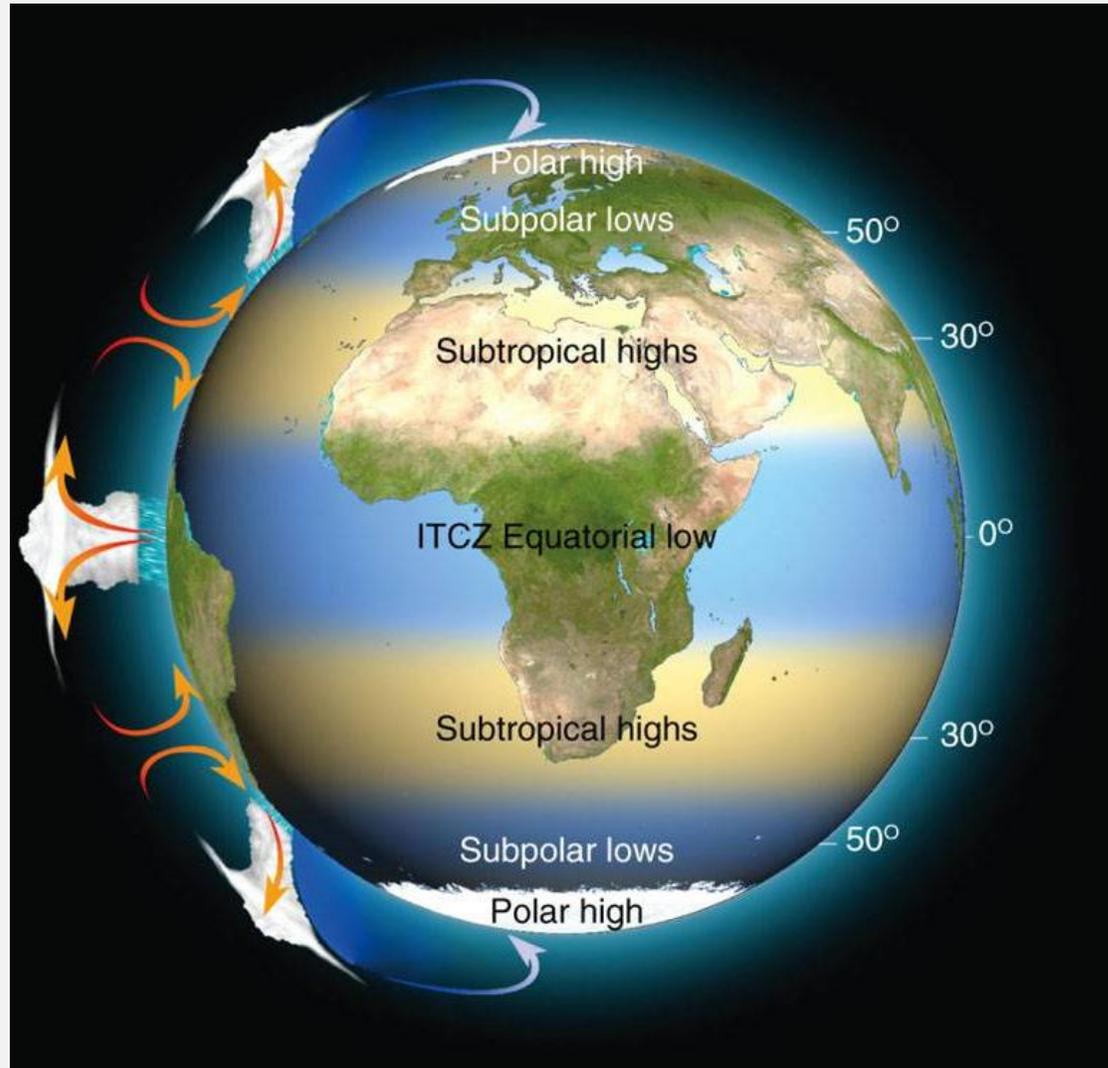
U LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA

Circulação Geral da Atmosfera

Circulação geral e Precipitação

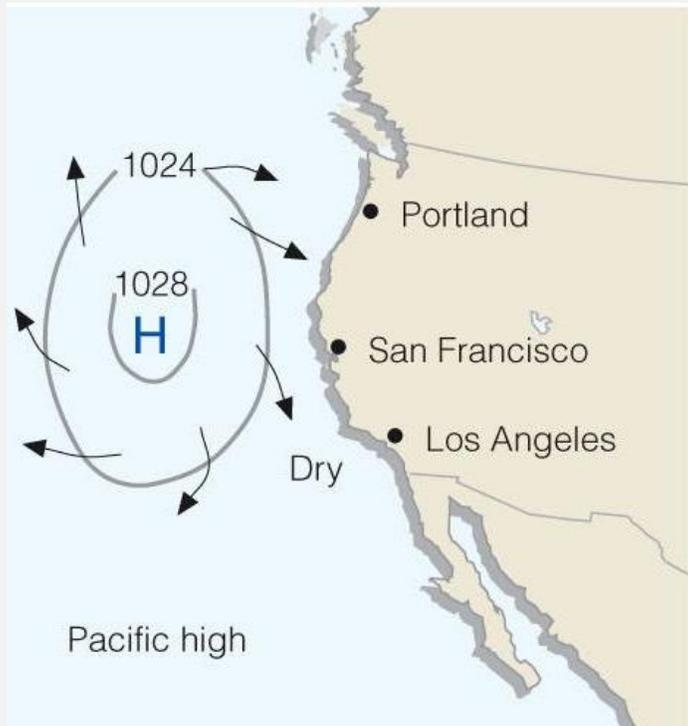


© 2007 Thomson Higher Education

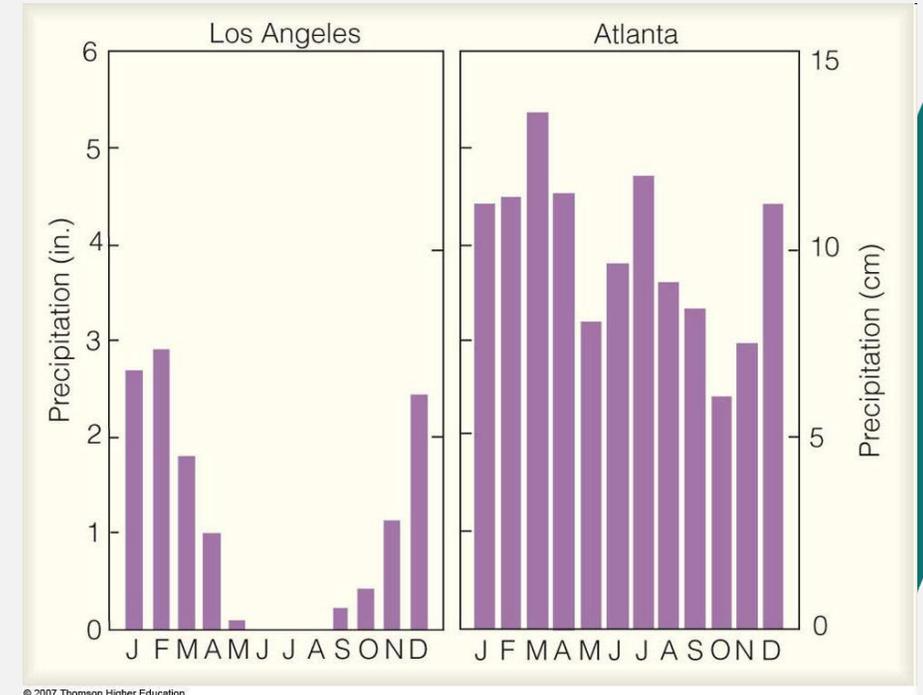
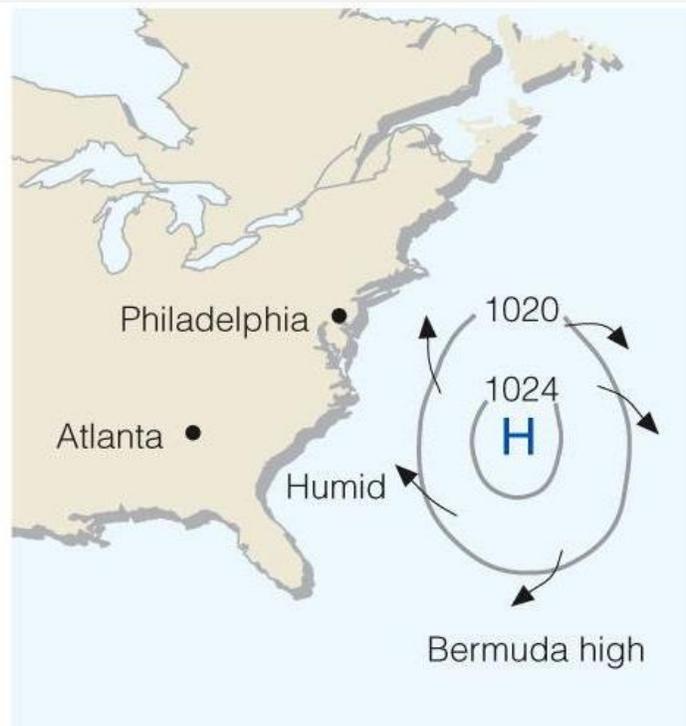
Circulação Geral da Atmosfera

Circulação geral e Precipitação

- Situação Verão



© 2007 Thomson Higher Education

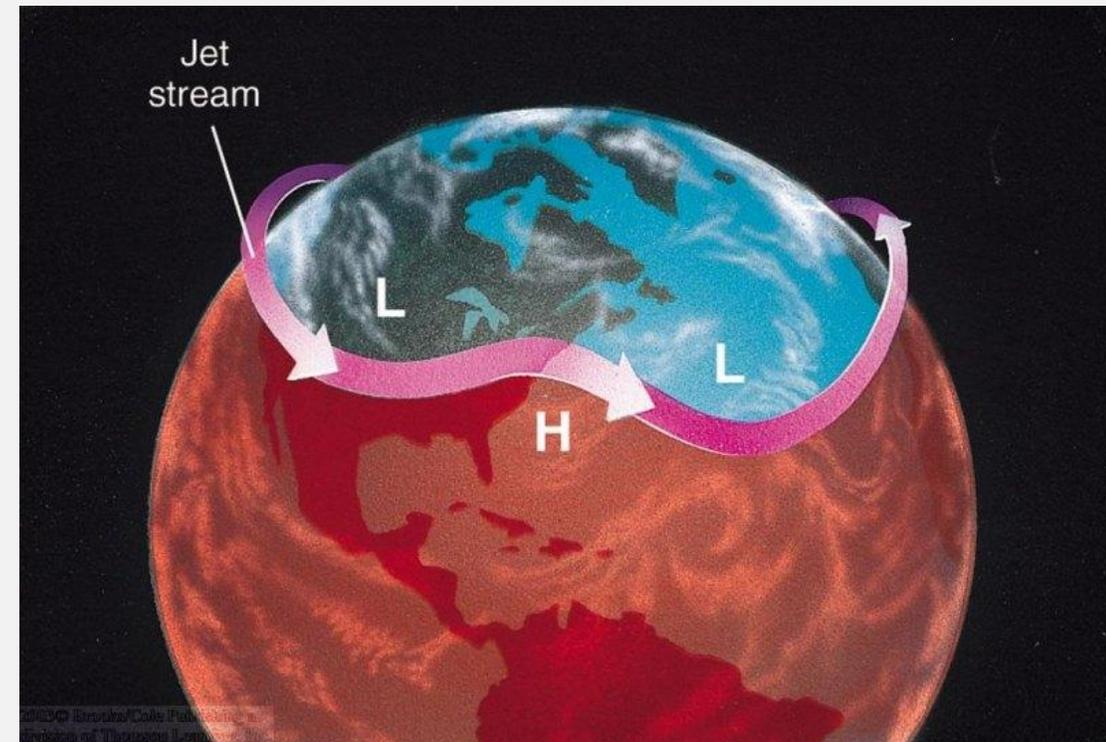


© 2007 Thomson Higher Education

Circulação Geral da Atmosfera

Correntes de jato

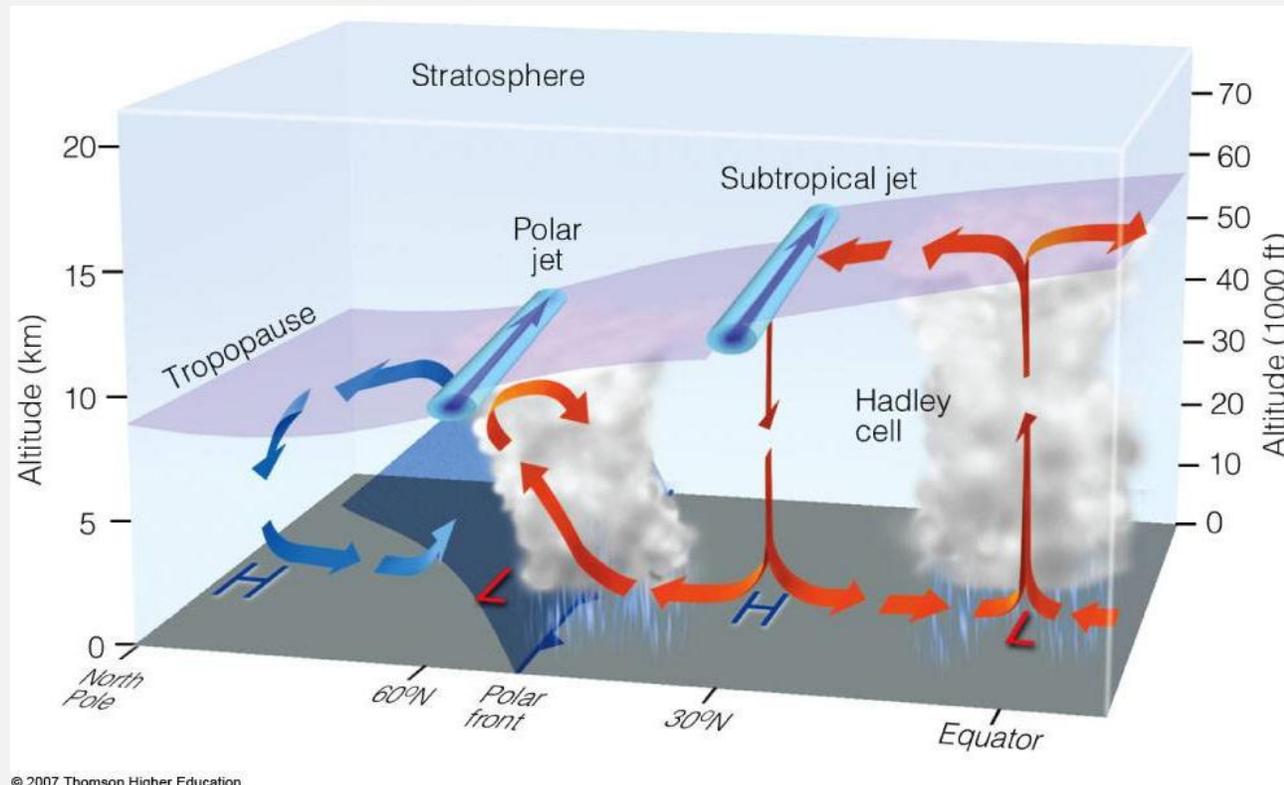
- Centenas de quilómetros de comprimento
- Alguns quilómetros de largura
- Cerca de um quilómetro de altura
- Velocidades maiores que 200 km/h



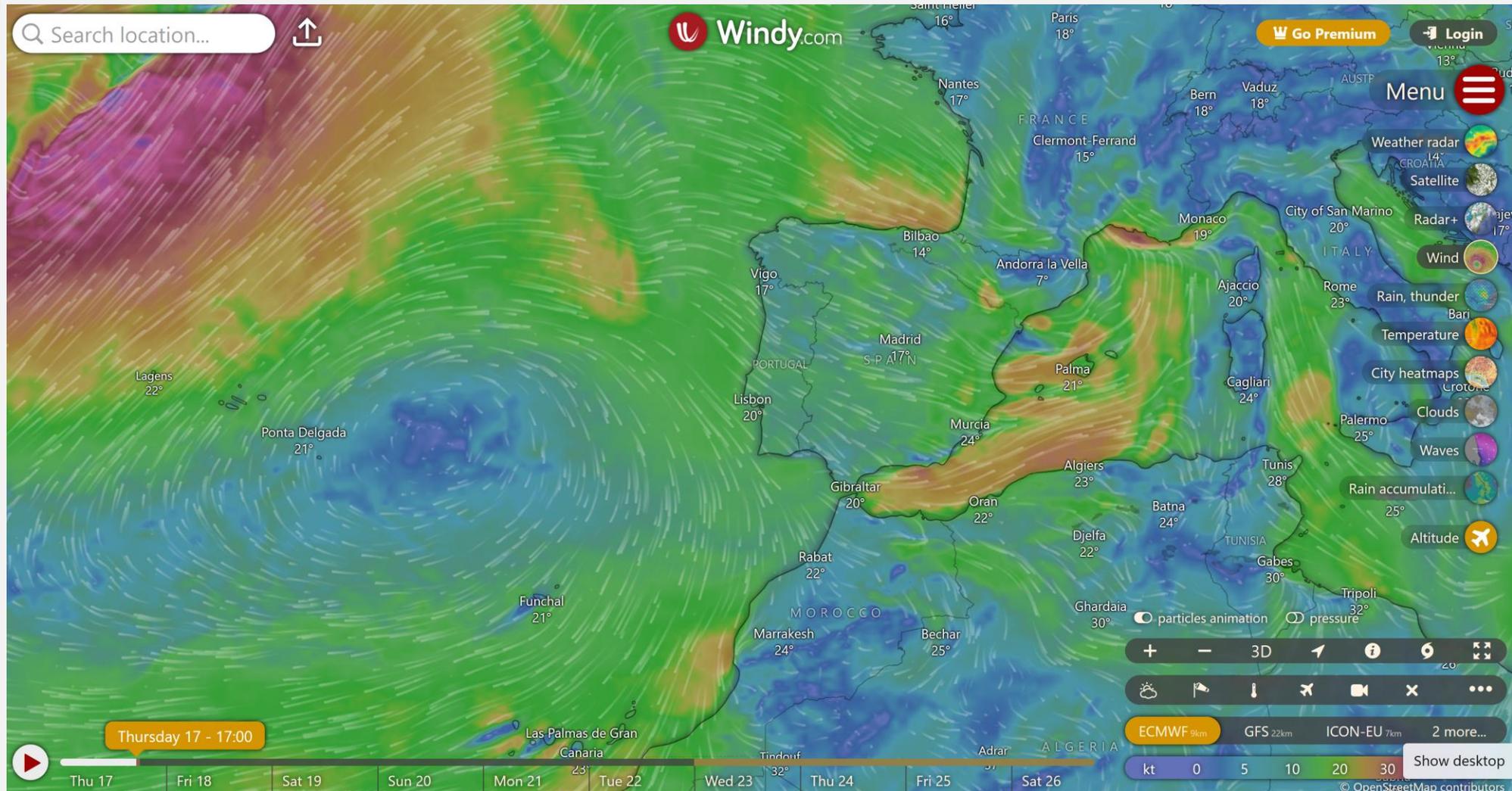
Circulação Geral da Atmosfera

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

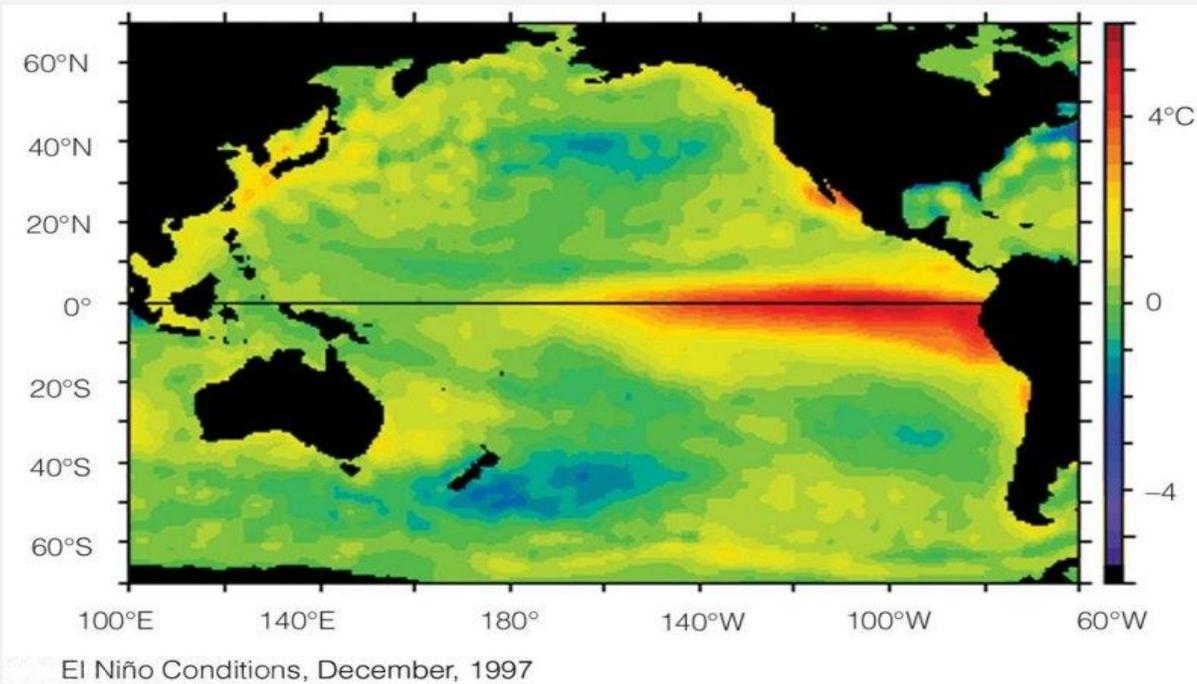
As teleconexões são relações ou **ligações significativas entre fenómenos meteorológicos em locais muito separados na Terra**, que normalmente implicam padrões climáticos que se estendem por milhares de quilómetros.

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

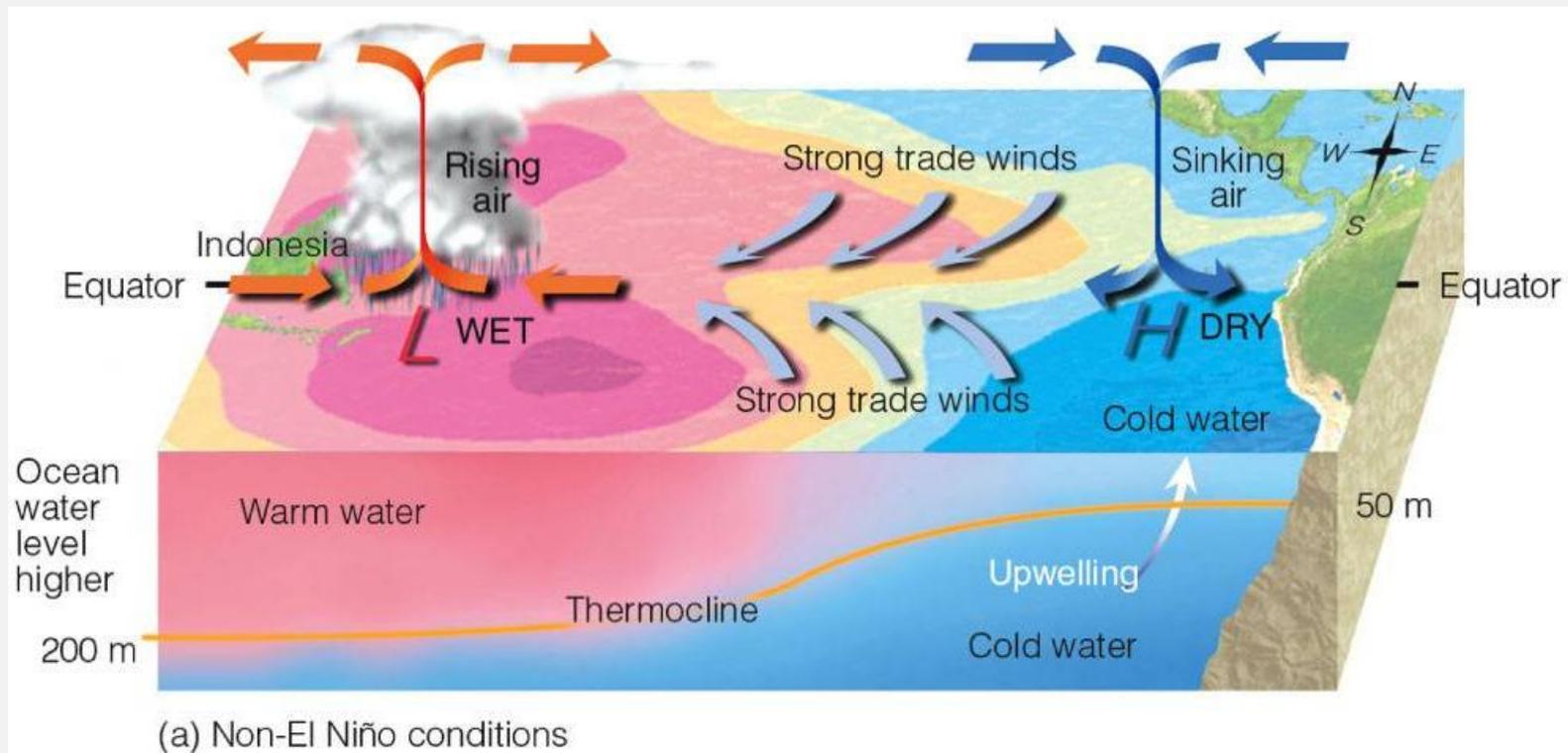


[Animação](#)

Circulação Geral da Atmosfera

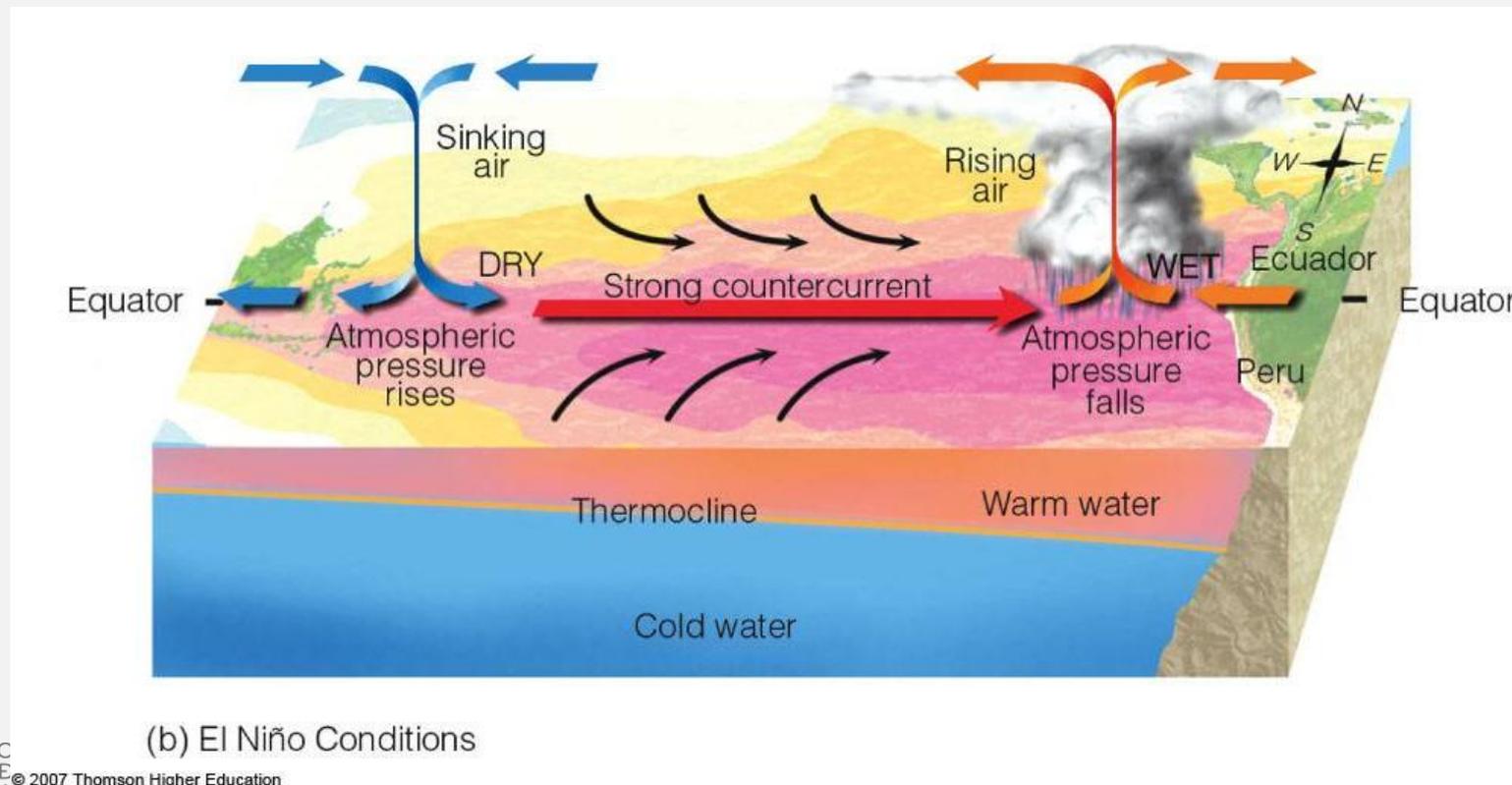
Durante um ano normal existe uma grande quantidade de água quente no pacífico oeste

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



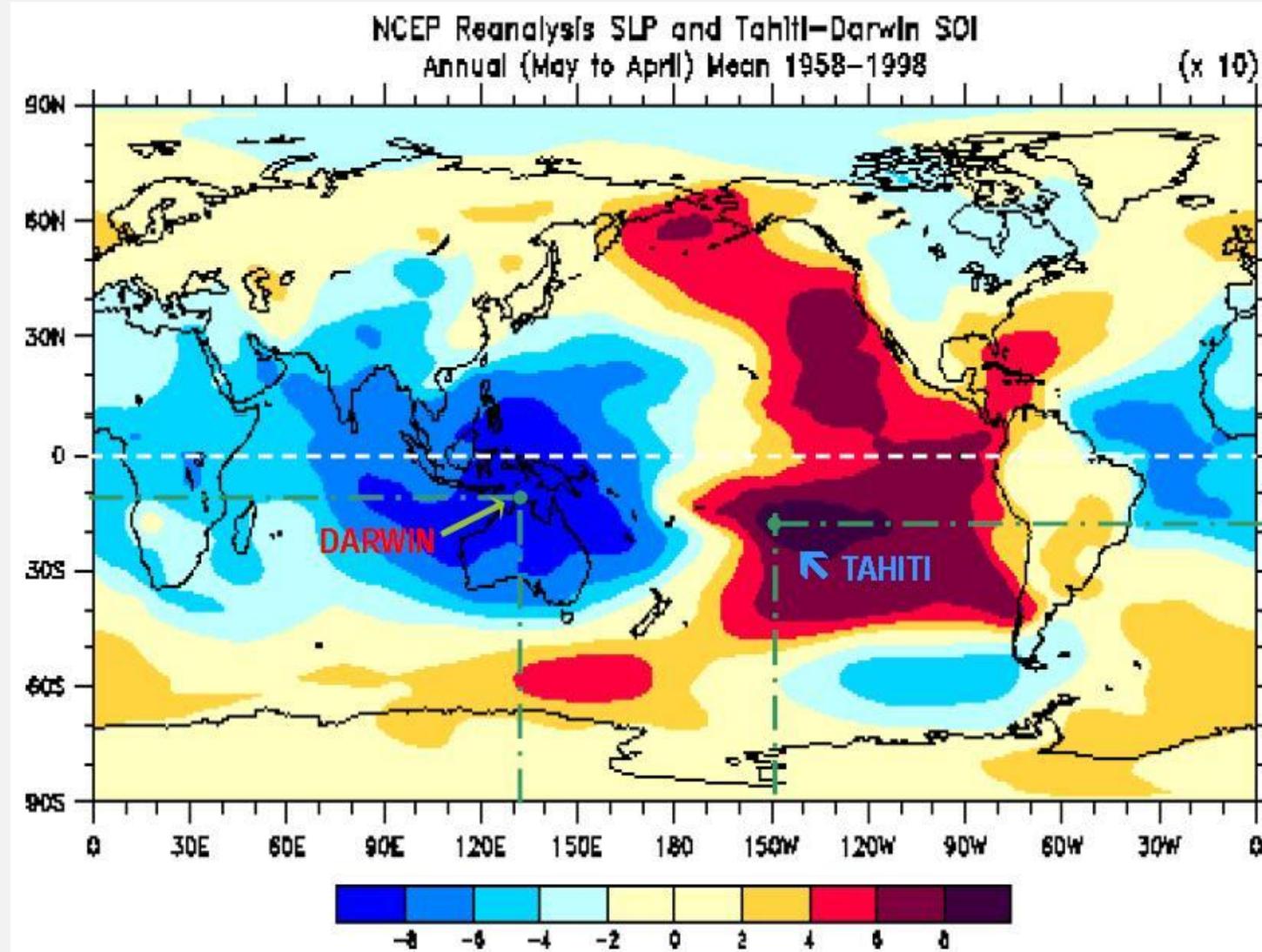
Circulação Geral da Atmosfera

El Niño e a Oscilação do Sul

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

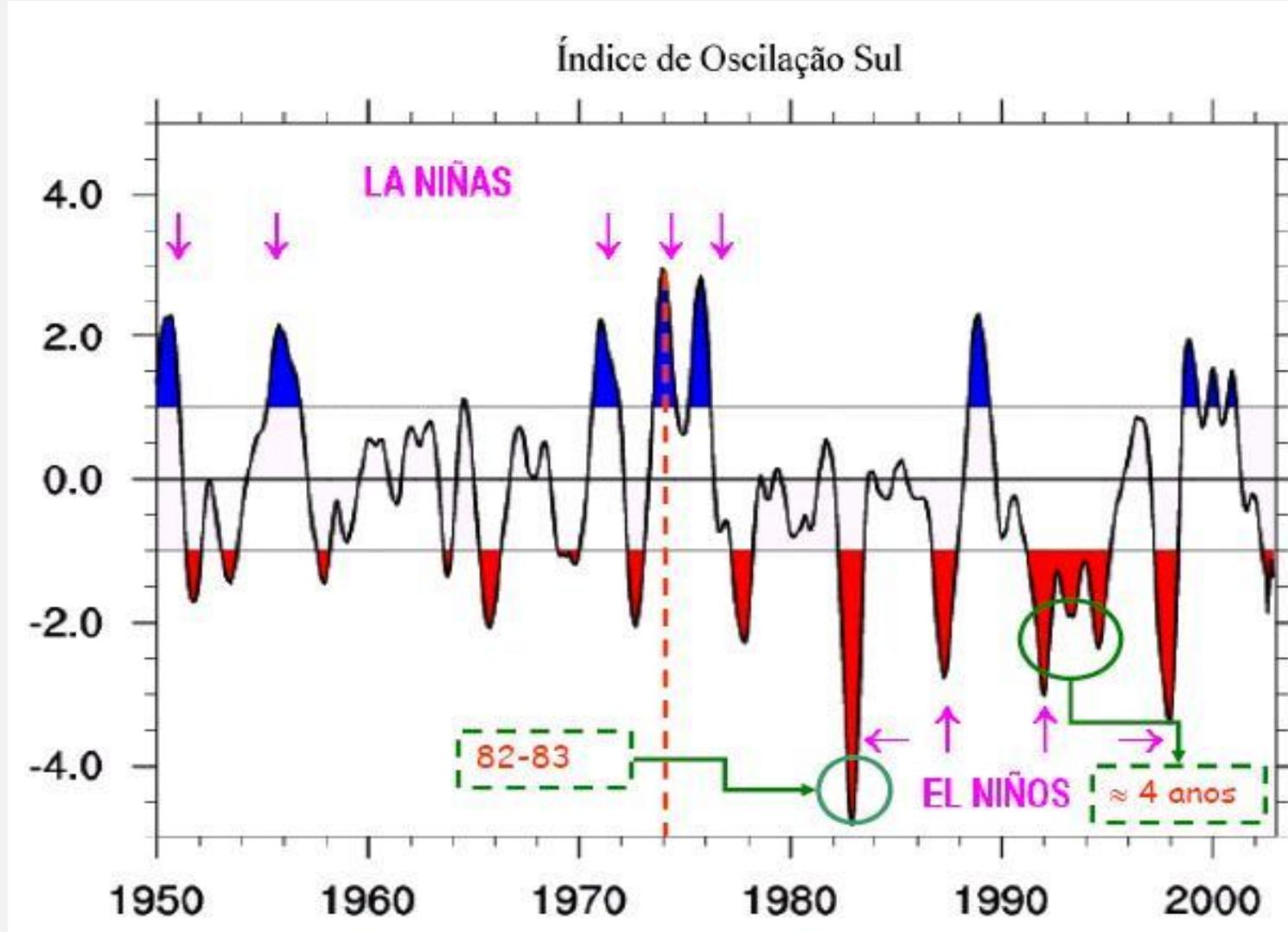
SE IOS FOR:

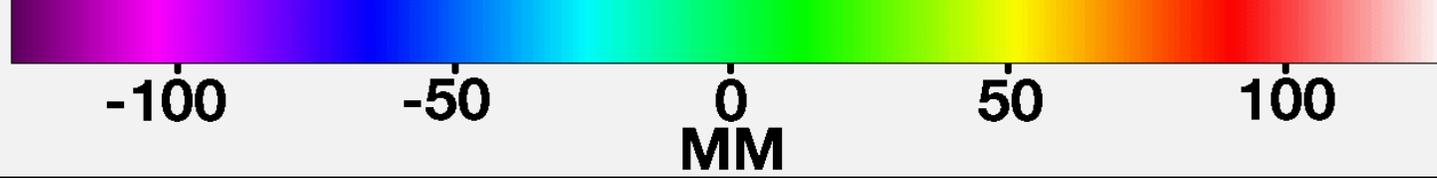
- ✓ **POSITIVO** = ÁGUAS FRIAS = LA NIÑA
- ✓ **NEGATIVO** = ÁGUAS MAIS QUENTES = EL NIÑO



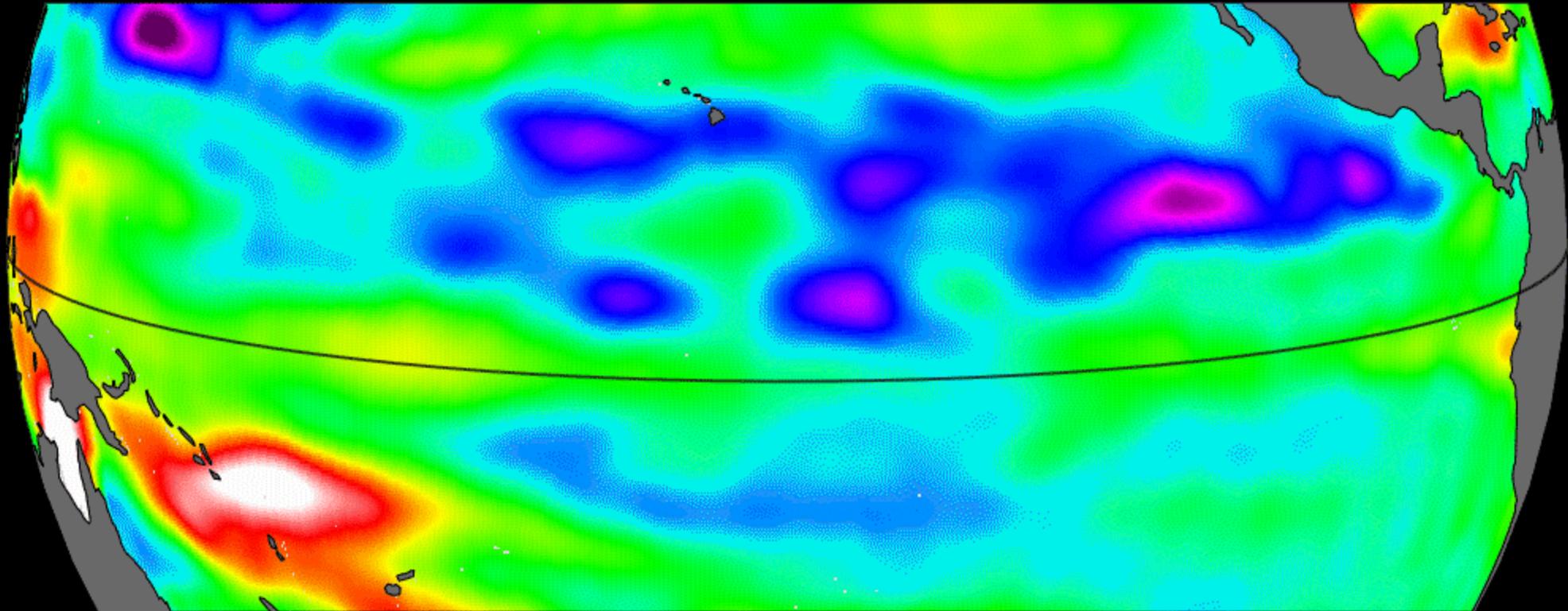
Circulação Geral da Atmosfera

El Niño e a Oscilação do Sul





06 Mar 2023



El Niño Conditions (DJF)

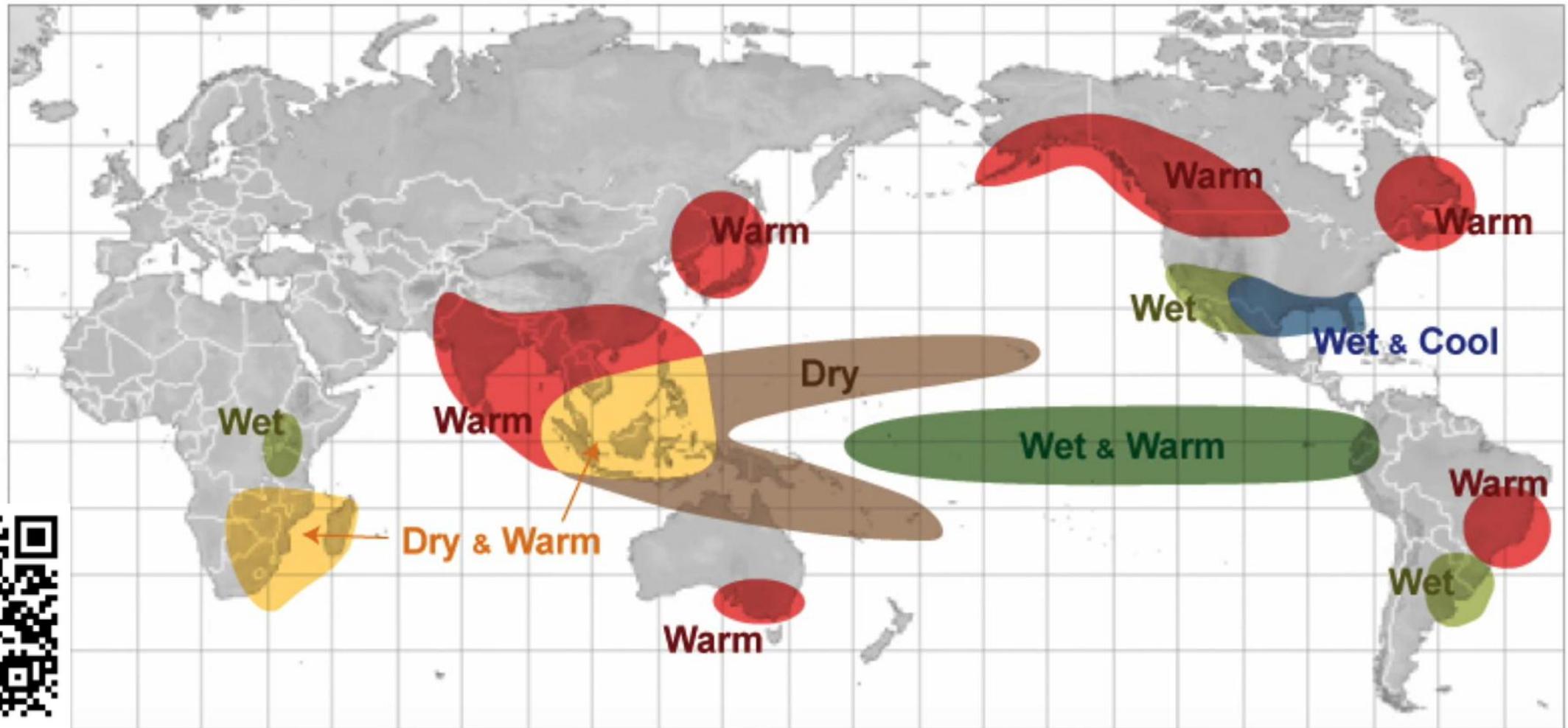


Figure: El Niño impacts for December through February (https://www.weather.gov/jetstream/enso_impacts)

El Niño Conditions (JJA)

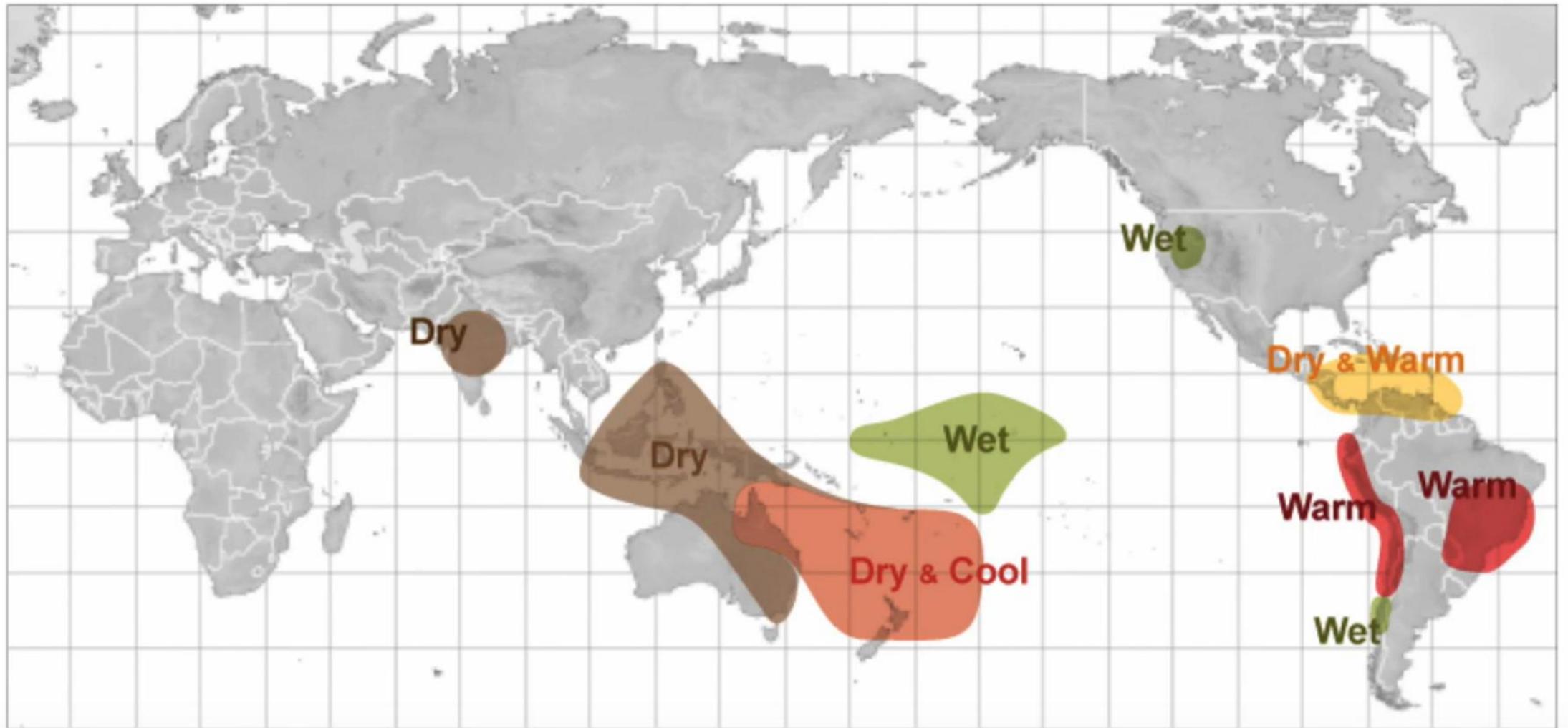


Figure: El Niño impacts for June through August (https://www.weather.gov/jetstream/enso_impacts)

La Niña Conditions (DJF)

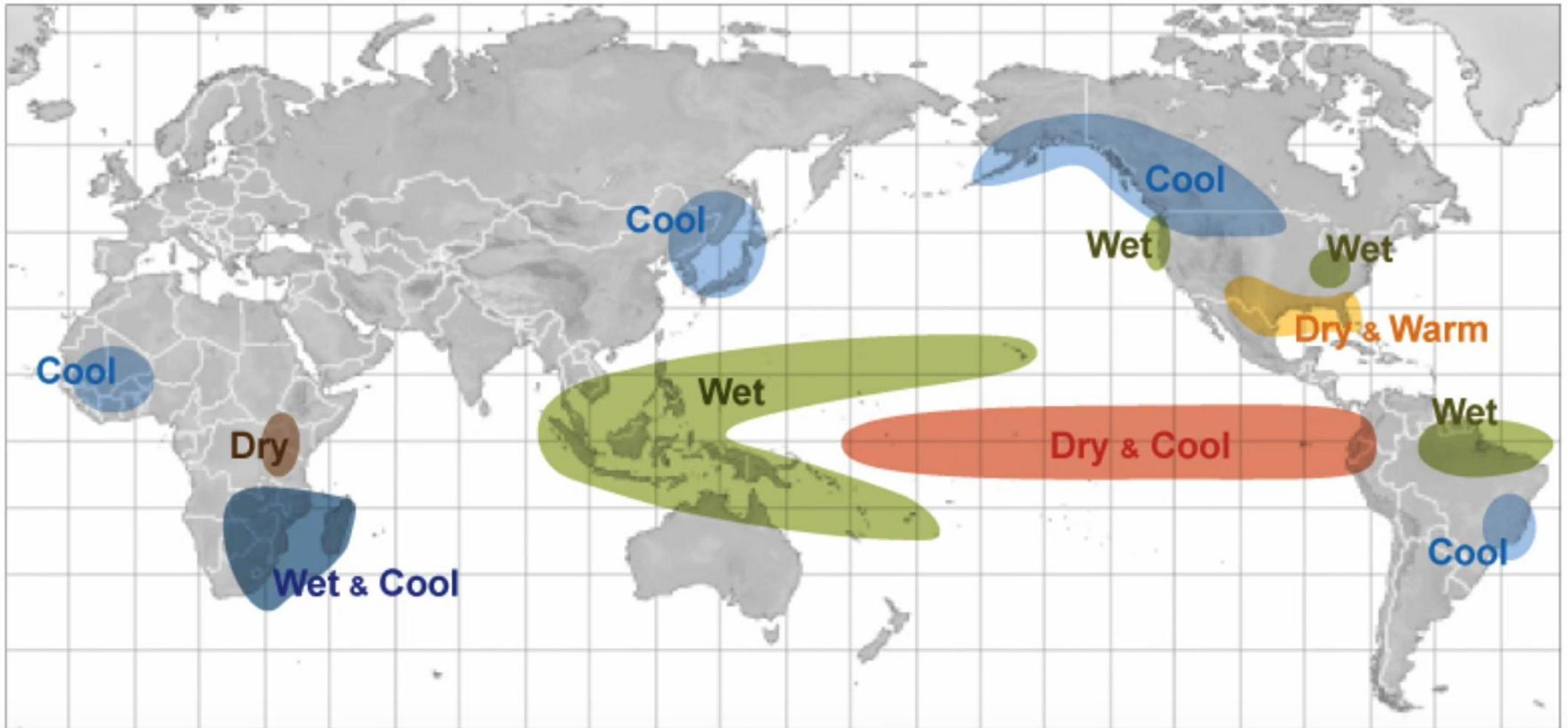


Figure: La Niña impacts for December through February (https://www.weather.gov/jetstream/enso_impacts)

La Niña Conditions (JJA)

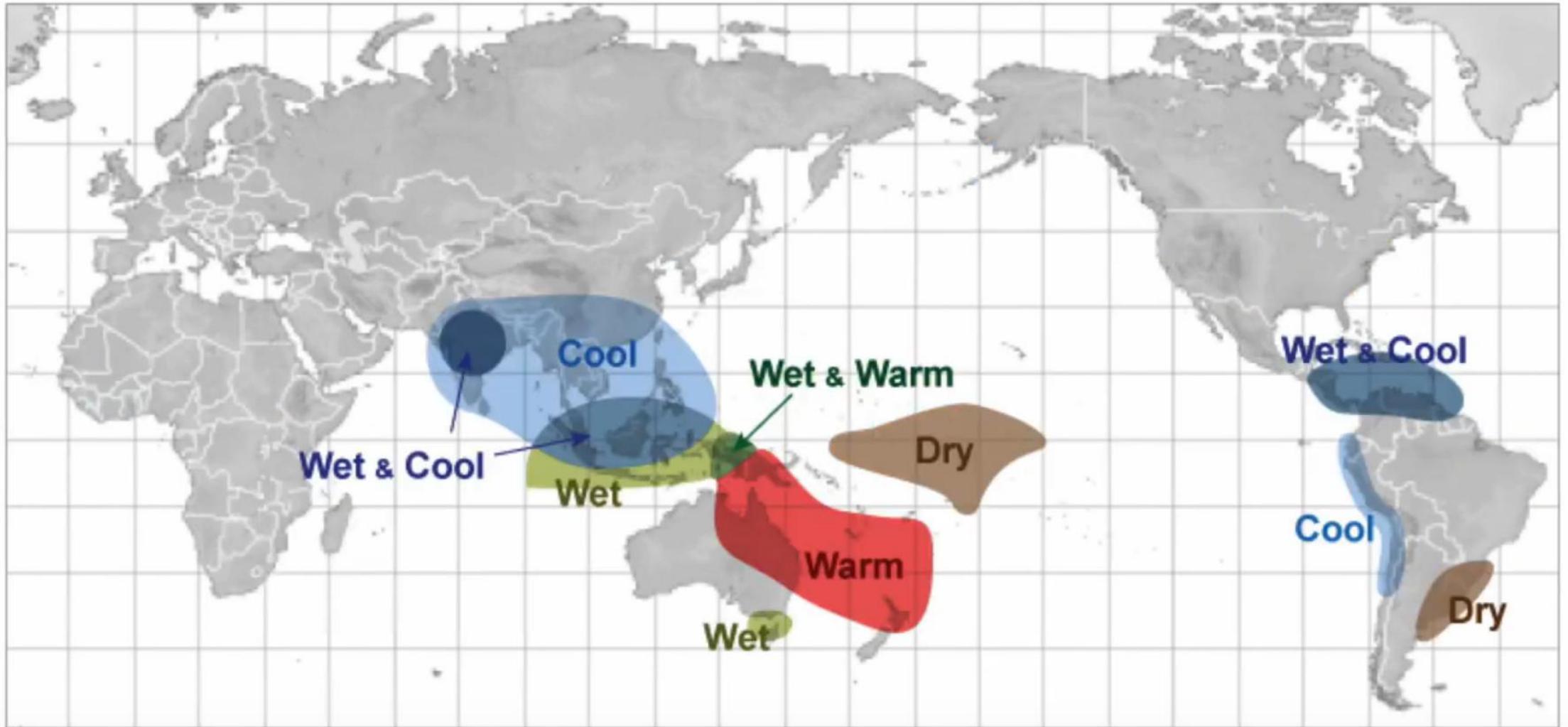


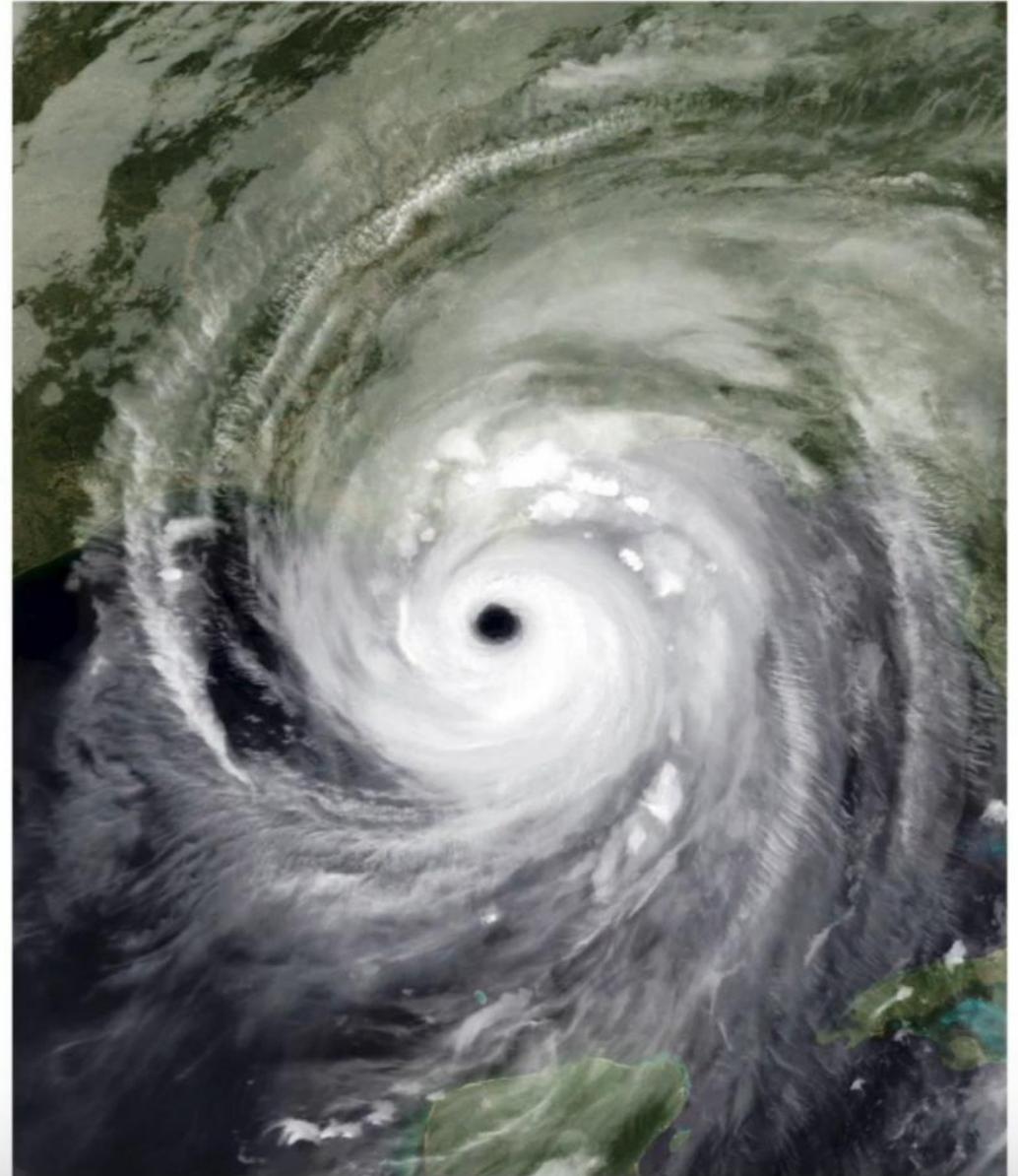
Figure: La Niña impacts for June through August (https://www.weather.gov/jetstream/enso_impacts)

El Niño and Tropical Cyclones

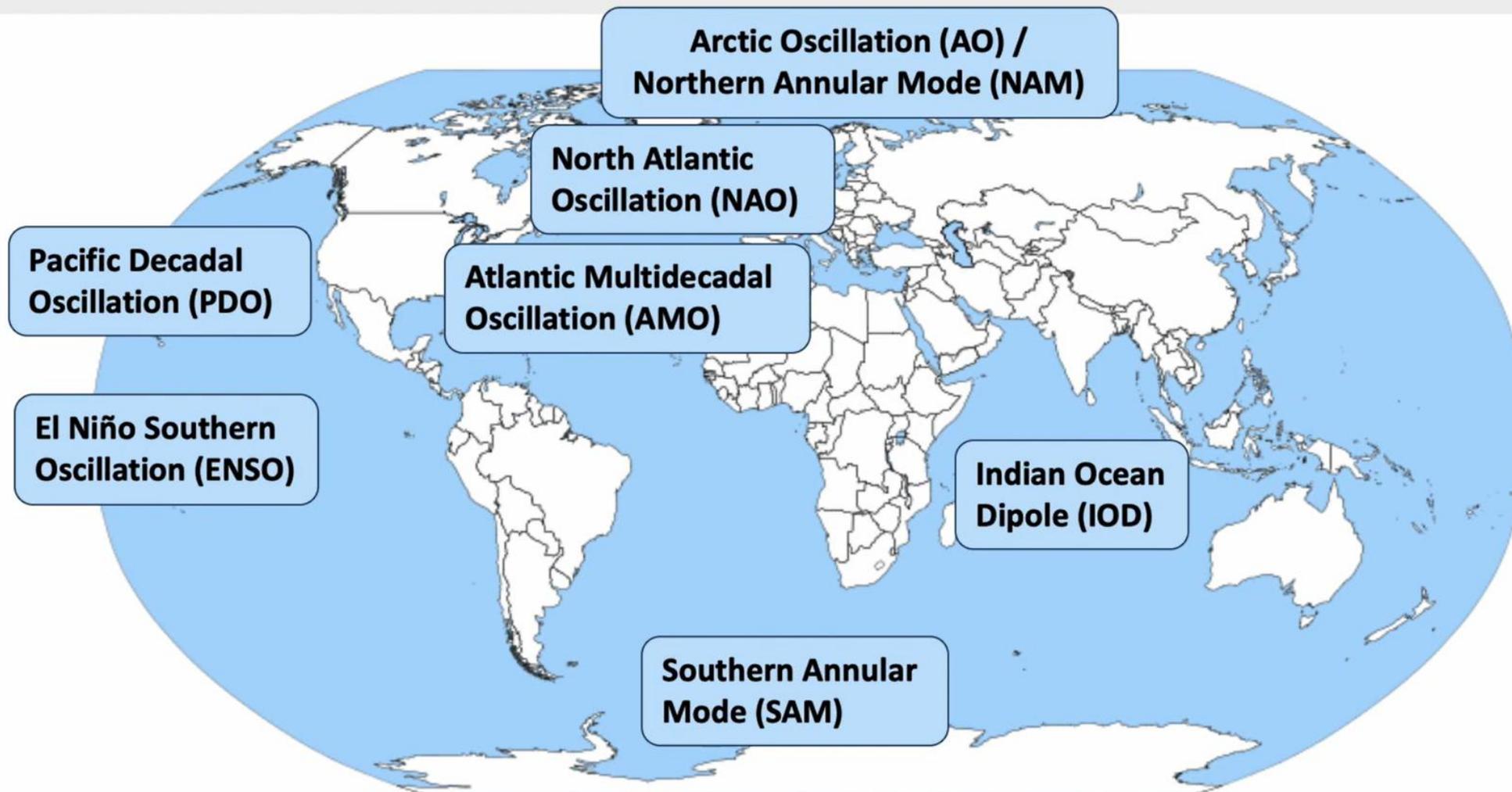
Tropical cyclone activity in the North Atlantic basin is particularly sensitive to El Niño influences. When a moderate to strong El Niño is present, the North Atlantic basin experiences:

- 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



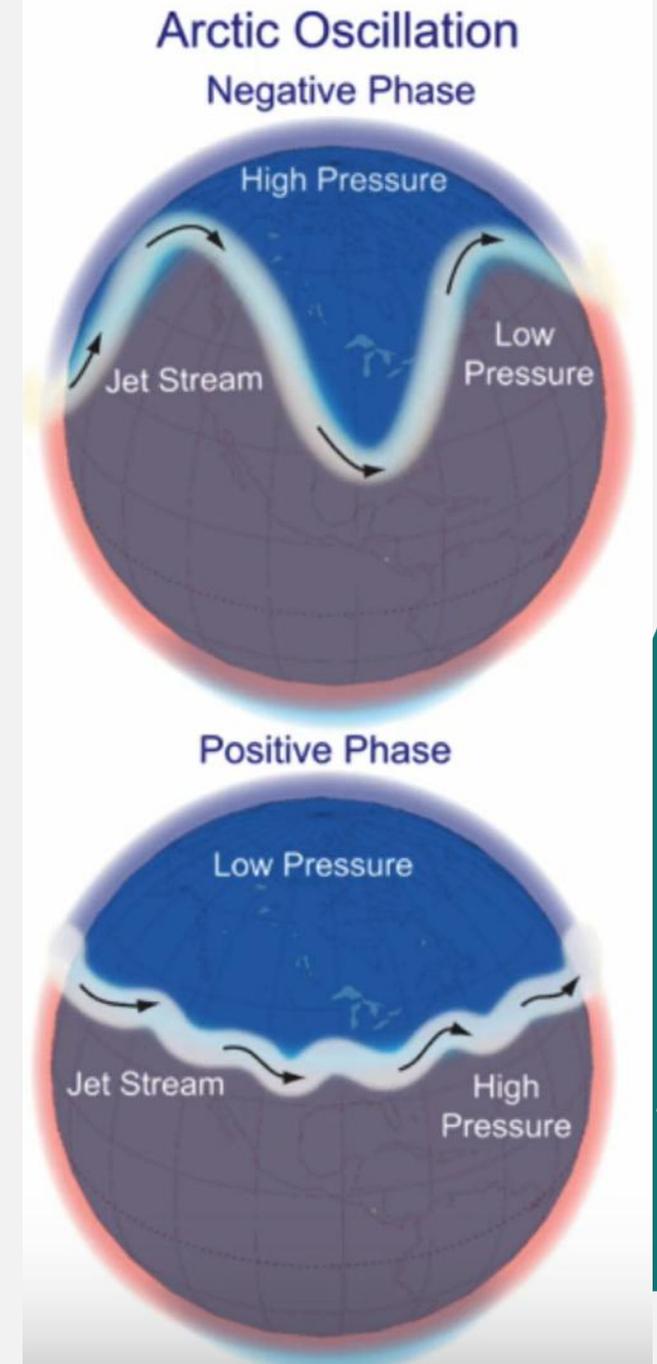
Circulação Geral da Atmosfera

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)



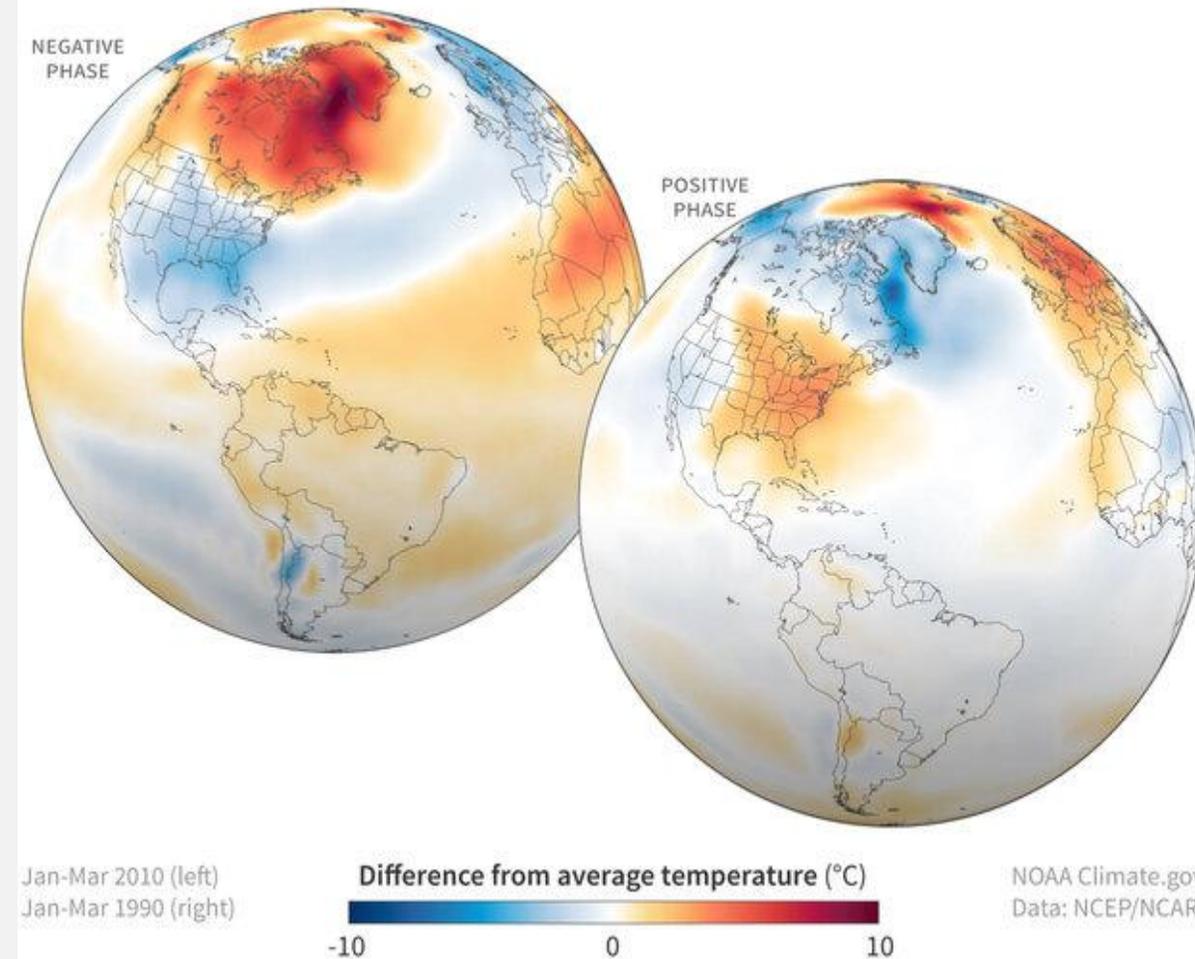
Circulação Geral da Atmosfera

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



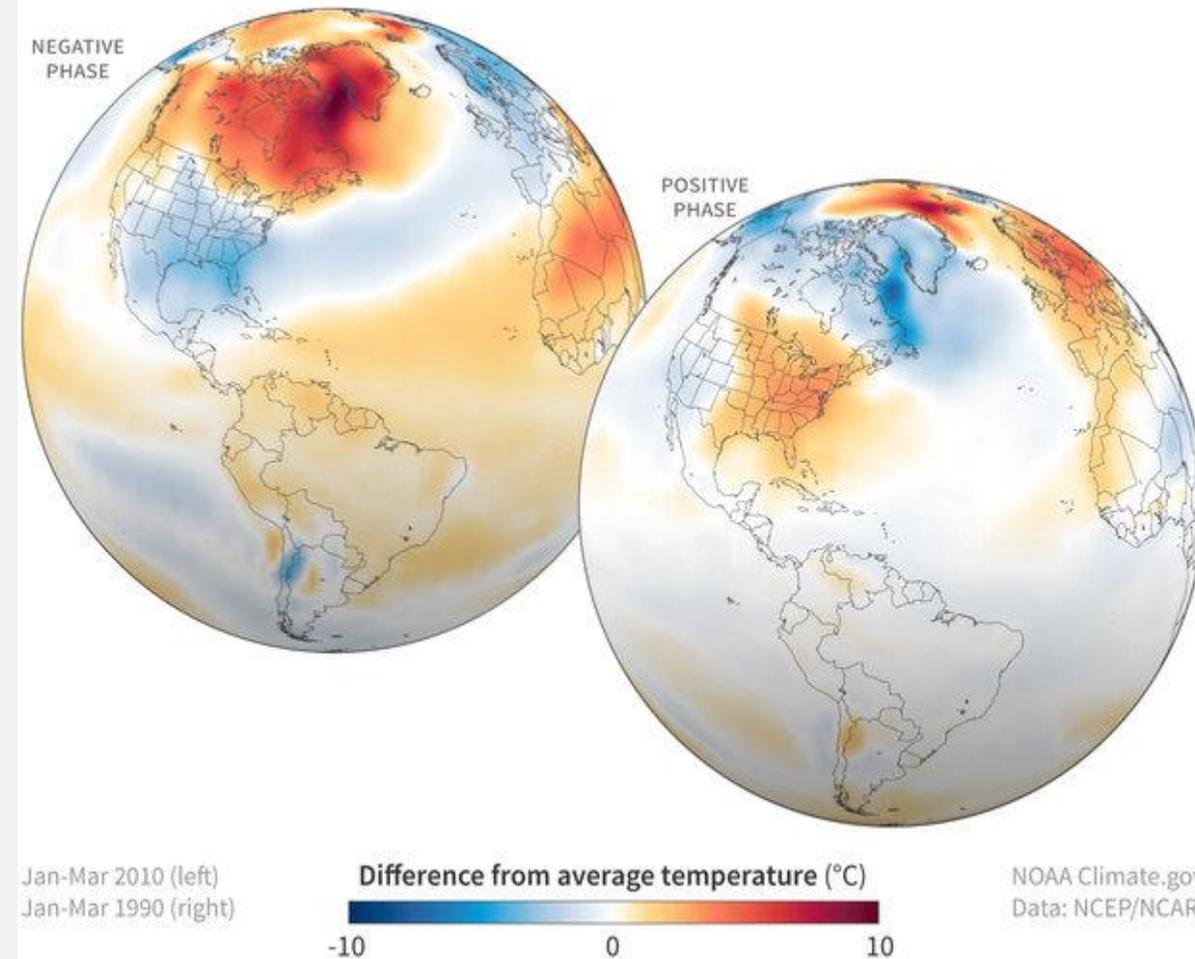
Circulação Geral da Atmosfera

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

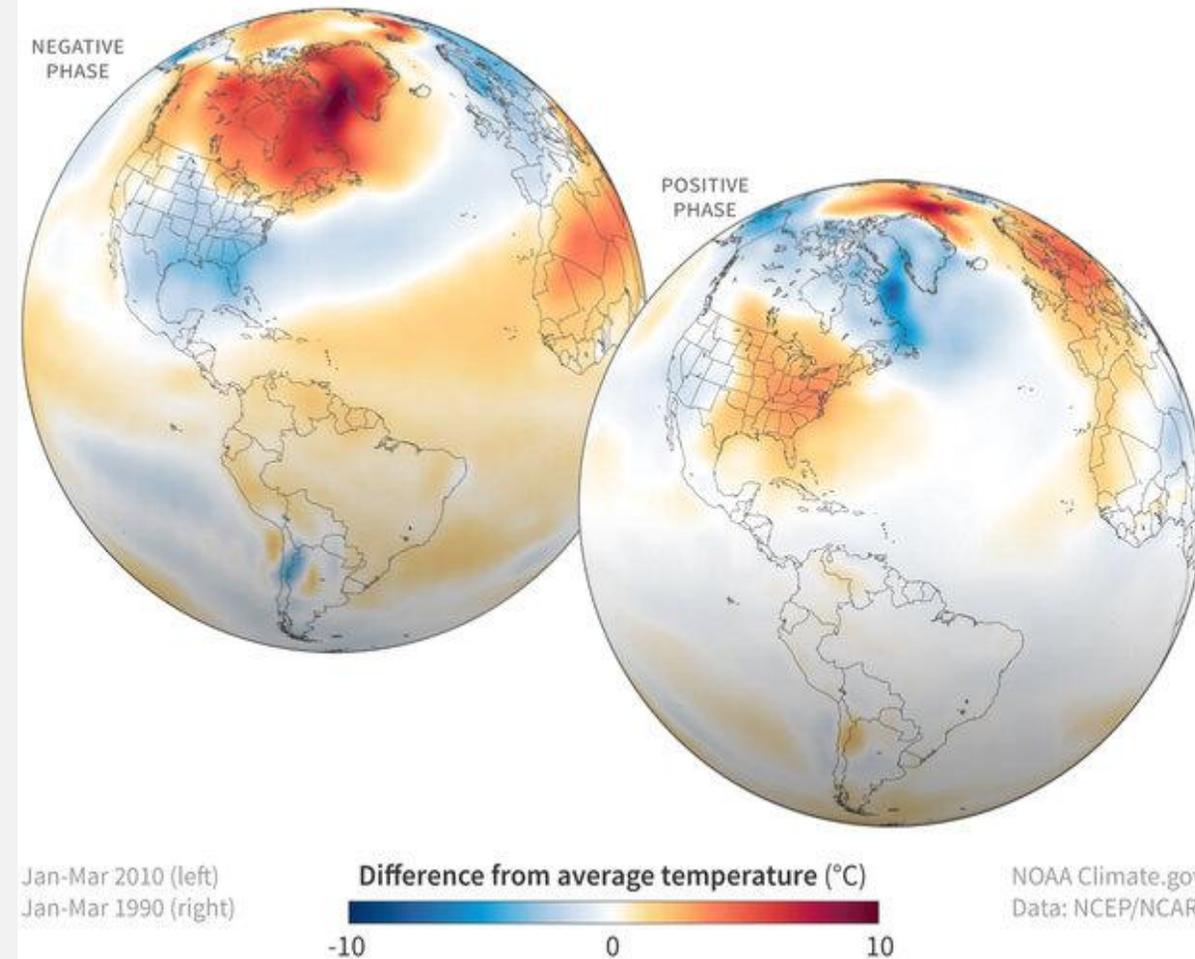
North Atlantic Oscillation (NAO)

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,^{a,b,*} DAVID POZO-VÁZQUEZ,^c TIMOTHY J. OSBORN,^d YOLANDA CASTRO-DÍEZ,^e
SONIA GÁMIZ-FORTIS^c and MARÍA JESUS ESTEBAN-PARRA^c

^a CGUL, Departamento de Física, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal

^b Departamento de Engenharias, Universidade Lusófona, Lisbon, Portugal

^c Departamento de Física, Universidad de Jaén, Jaén, Spain

^d Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK

^e 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

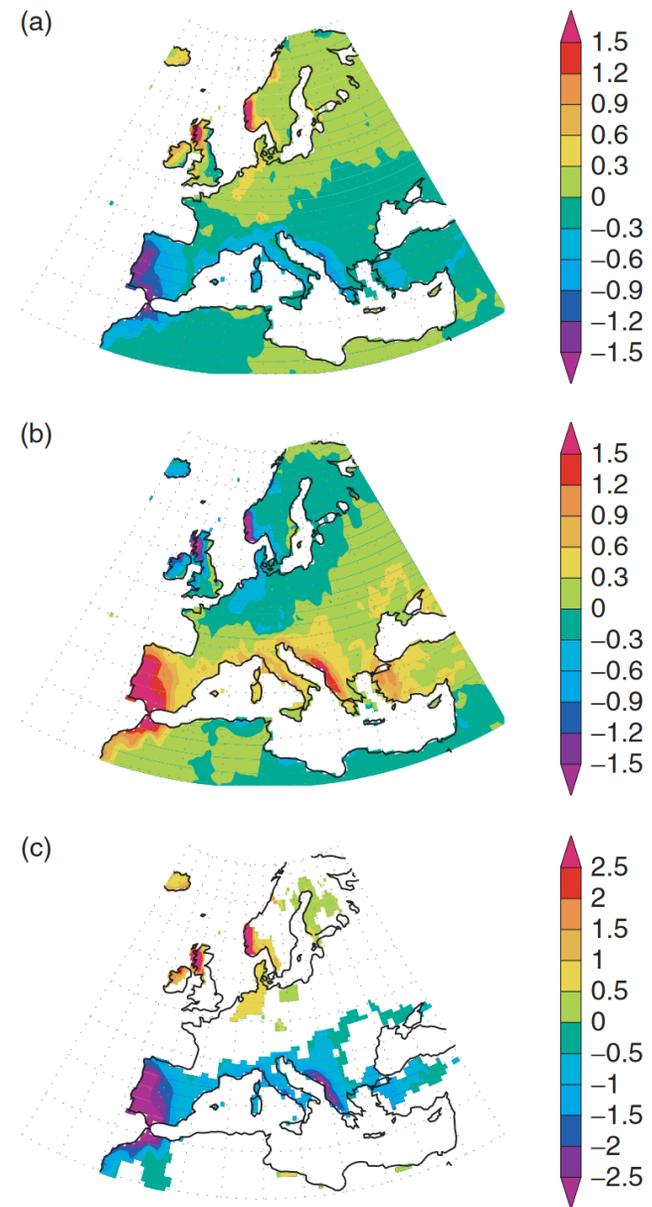


Figure 4. Precipitation anomaly fields (mm/day) from the CRU data set for winter months with (a) high NAO index >1.0 , (b) low NAO index <-1.0 and (c) their difference (represented only if significant at the 1% level)

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

RICARDO M. TRIGO^{1,2,*}, JOSÉ L. ZÊZERE³,
MARIA L. RODRIGUES³ and ISABEL F. TRIGO⁴

¹Centro 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;

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

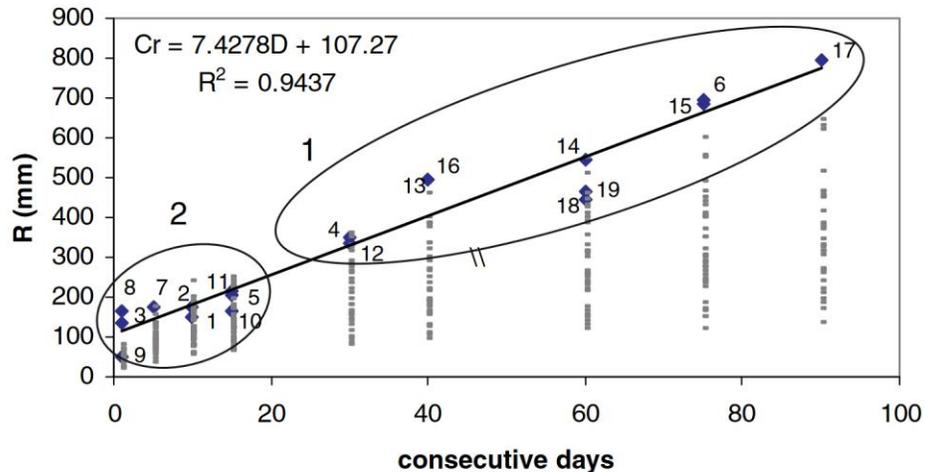


Figure 8. Regression line between critical cumulative rainfall amount and corresponding rainfall duration. Black diamonds: values associated to each one of the 19 identified landslide episodes. Small dots: values obtained from the yearly maximum cumulative rainfall values for all duration intervals (computed 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)

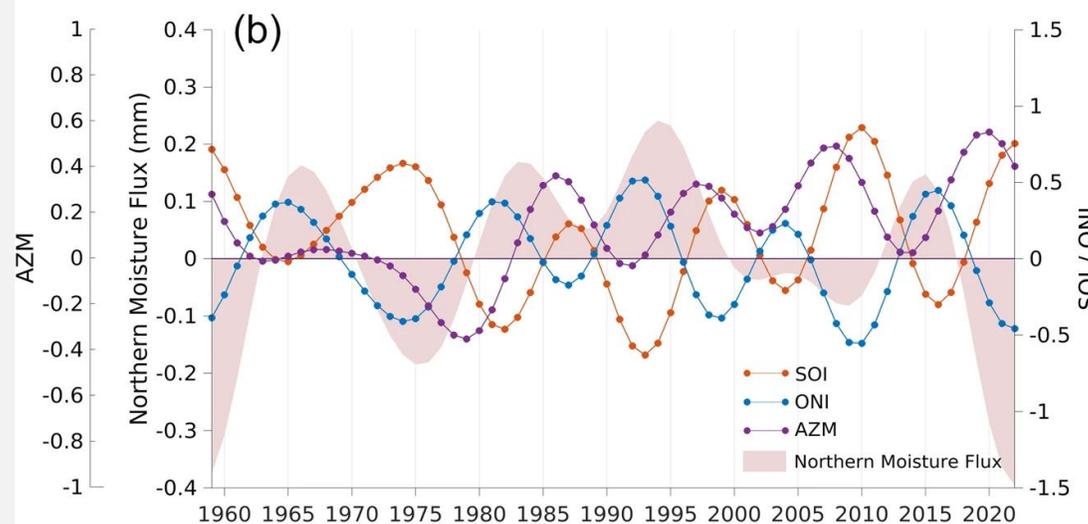
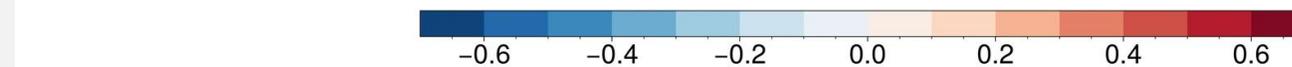
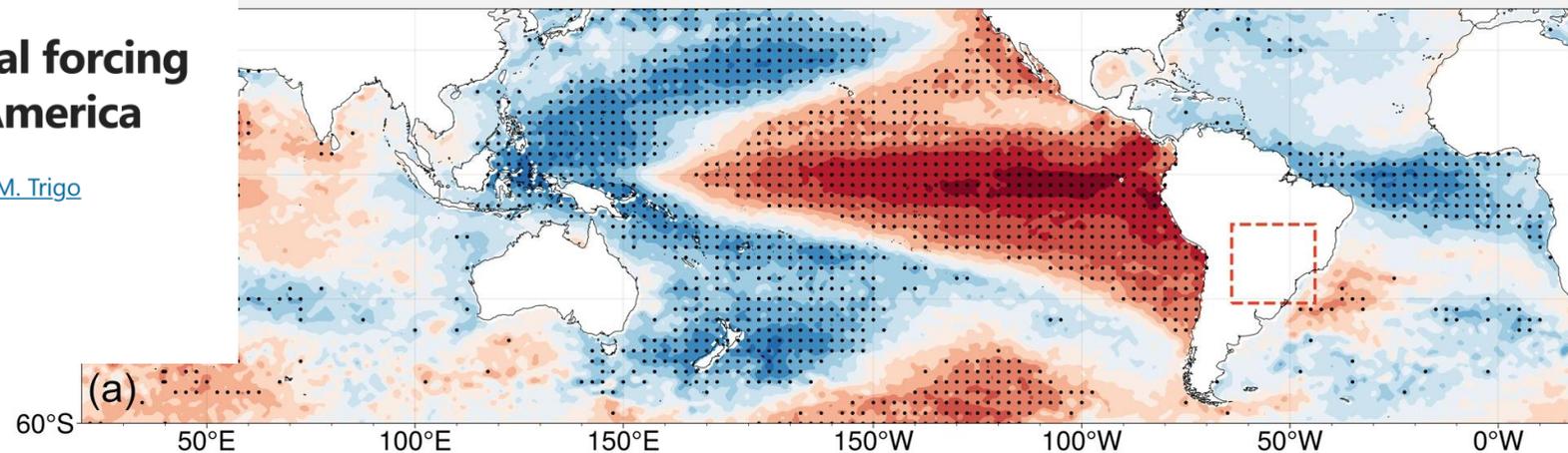
Combined large-scale tropical and subtropical forcing on the severe 2019–2022 drought in South America

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	-0.33	0.29	-0.10
MAY	-0.29	0.51	-0.37
JUN	-0.41	0.30	-0.41
JUL	-0.50	0.41	-0.37
AUG	-0.24	0.30	-0.15
SEP	-0.36	0.42	-0.12
OCT	-0.19	0.12	0.10
NOV	-0.24	0.38	-0.15
DEC	-0.35	0.34	-0.22
ANNUAL	-0.56	0.56	-0.36
ANNUAL (10-yr Filtered)	-0.73	0.67	-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>

ISA

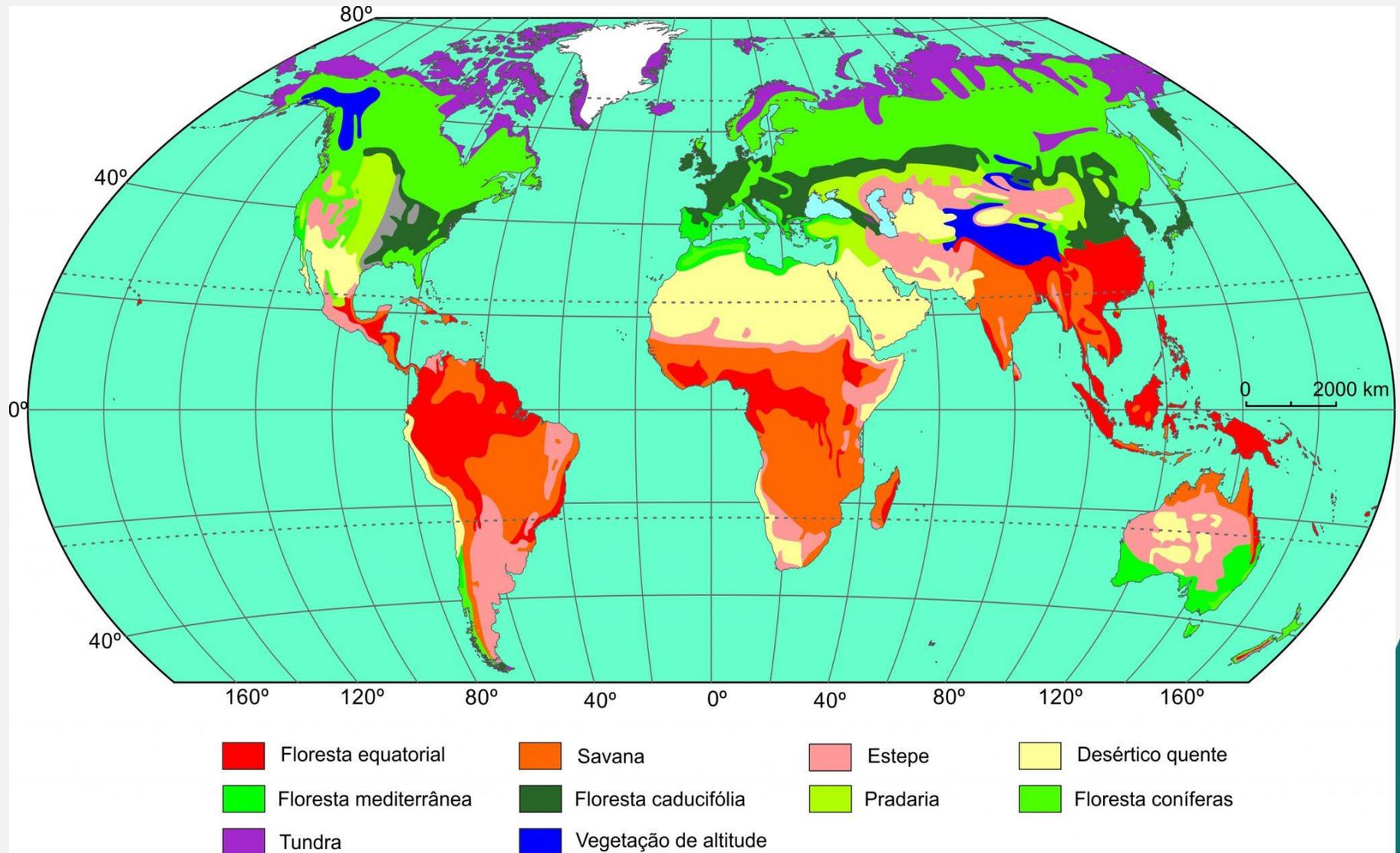
Zonas climáticas Indíces climáticos



Zonas climáticas

- Existem várias classificações climáticas que dividem o nosso planeta em grandes zonas climáticas, tendo por base elementos (temperatura, precipitação, evapotranspiração, entre outros) que permitem caracterizar um clima, os chamados elementos climáticos.
- A distribuição das grandes zonas climáticas, como já se disse, influencia a distribuição da flora e da fauna, dando também origem a grandes zonas biogeográficas, largamente dependentes dos valores anuais e da variação ao longo do ano das temperaturas e das precipitações, pois, naturalmente, as árvores precisam de maior quantidade de água do que um arbusto ou uma planta herbácea. Com efeito, a variação dos elementos climáticos é, sem dúvida, o fator mais importante para a diversidade da flora e fauna, influenciando a estrutura das várias cadeias alimentares.

Zonas bioclimáticas



Zona Mediterrânea

O clima mediterrânico caracteriza-se por um **verão bastante seco** e um **inverno relativamente chuvoso**. As árvores como a oliveira ou o sobreiro de folha persistente estão bem adaptadas a este clima. O maquis e o garrigue são formações essencialmente arbustivas, sendo a segunda mais baixa e menos densa do que a primeira. Nesta zona habitam animais como a **raposa e o lobo**, embora a fauna selvagem seja muito rara devido à grande ocupação humana.



Fig.2 – Zona arbustiva maquis, na Córsega, em França.

FREEIMAGES



Fig.3 – Formação arbustiva garrigue, na Serra da Arrábida,

Portugal. APROFGEO

Clima temperado

- Nas regiões de clima temperado marítimo ou oceânico, devido à maior precipitação anual, crescem florestas de árvores de folha caduca – as **florestas caducifólias** (Fig.4). As espécies mais características são a faia, o castanheiro, o carvalho, etc. Entre alguns dos animais que aqui vivem, podemos encontrar o urso, o javali e o veado.



Pradarias

- Alternando com a floresta temperada caducifólia que se localiza, sobretudo, nas fachadas ocidentais dos continentes, às latitudes médias aparecem as **pradarias** (Fig.5), no interior dos continentes, formadas por uma vegetação herbácea, já que a precipitação não é tão abundante. Nela vivem variados tipos de animais como o bisonte americano, quase extinto.
- Nas áreas continentais mais interiores, a pradaria pode dar lugar ao **deserto**, no caso, um deserto frio, com invernos muito frios e verões muito quentes.
- Nestas diferentes zonas biogeográficas os solos diferem também. Assim, nas regiões mais frescas e húmidas de floresta, encontramos solos pobres, mas que podem ser enriquecidos através de adubos; já nas pradarias, os solos são negros e mais férteis, desde que as chuvas não sejam muito irregulares.



Índices e classificações climáticas

Índices climáticos - sumariar os dados climáticos de uma região, permitindo comparar e classificar os climas da Terra ou de uma região

alguns índices passaram a incorporar informação indireta sobre os estados hídricos do solo e do comportamento da vegetação.

Classificações climáticas - são sistemas que utilizam valores dos índices climáticos para criar grupos ou subgrupos onde se podem inserir os climas globais ou de uma região.

Classificações climáticas

As mais utilizadas são

- ✓ **Classificação de Köppen** (1936), modificada por **Geiger** (1954 e 1961)
- ✓ **Classificação racional de Thornthwaite** (1948) e uma versão revista (Thornthwaite & Mather)

Classificação climática de Köppen

Sistema empírico que se baseia na **precipitação e temperatura**

- Os climas do mundo são divididos em cinco grupos principais, que dão a **primeira letra** da fórmula climática:

A: Clima tropical (megatérmico) chuvoso
B: Clima seco
C: Clima temperado (mesotérmico) com invernos suaves
D: Clima frio (microtérmico) com invernos frios
E: Clima polar

- A **segunda letra** refere-se ao tipo de precipitação sazonal
- A **terceira letra** indica o nível de calor

Quadro 11.3 Classificação climática de Köppen. Símbolos das variáveis utilizadas nos critérios de classificação: \bar{T} = média da temperatura média anual; \bar{P} = média das precipitações médias anuais; $\overline{ET_p}$ = média das ET_p anuais; P = precipitação; m = mensal; f = mês mais frio; q = mês mais quente; s = mês mais seco; h = mês mais húmido.

1ª ordem	2ª ordem	3ª ordem	Características	Critério de classificação
A			Clima tropical chuvoso	$Tmf > 18\text{ °C}$
	f		Floresta tropical	$Pms > 60\text{ mm}$
	m		Monção	$\bar{P} > 2500 - 25 \times Pms$
	w		Savana	$\bar{P} < 2500 - 25 \times Pms$
B			Clima seco (árido e semi-árido)	$ETp > \bar{P}$
	S		Semi-árido, estepe	i) Precipitação no verão (70% \bar{P} nos 6 meses + quentes); $20\bar{T} + 280 > \bar{P} > 10\bar{T} + 140$ ii) Precipitação no inverno (70% P nos 6 meses + frios); $20\bar{T} > \bar{P} > 10\bar{T}$ iii) $30 - 70\% \bar{P}$ nos 6 meses + quentes; $20\bar{T} + 140 > \bar{P} > 10\bar{T} + 70$
	W		Desértico, árido	i) Precipitação no verão (70% \bar{P} nos 6 meses + quentes); $\bar{P} < 10\bar{T} + 140$ ii) Precipitação no inverno (70% \bar{P} nos 6 meses + frios); $\bar{P} < 10\bar{T}$ iii) $30 - 70\% P$ nos 6 meses + quentes; $\bar{P} < 10\bar{T} + 70$
		h	Quente e seco	$\bar{T} > 18\text{ °C}$
		k	Frio e seco	$\bar{T} < 18\text{ °C}$

C		Temperado (mesotérmico)	$Tmf < 18\text{ °C}; Tmf > -3\text{ °C}; Tmq > 10\text{ °C}$
	s	Verão seco	Pms (na estação quente) $< 0.33 \times Pmh$ (na estação fria); Pms (na estação quente) $< 40\text{ mm}$
	w	Inverno seco	Pms (na estação fria) $< 0.1 \times Pmh$ (na estação quente)
	f	Sem estação seca	outro caso (não s nem w)

Quadro 11.3 Cont.

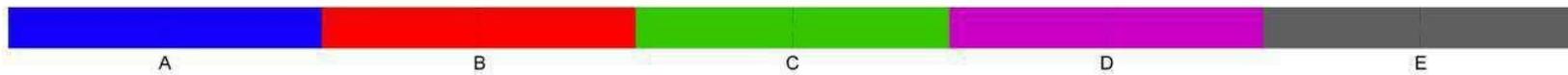
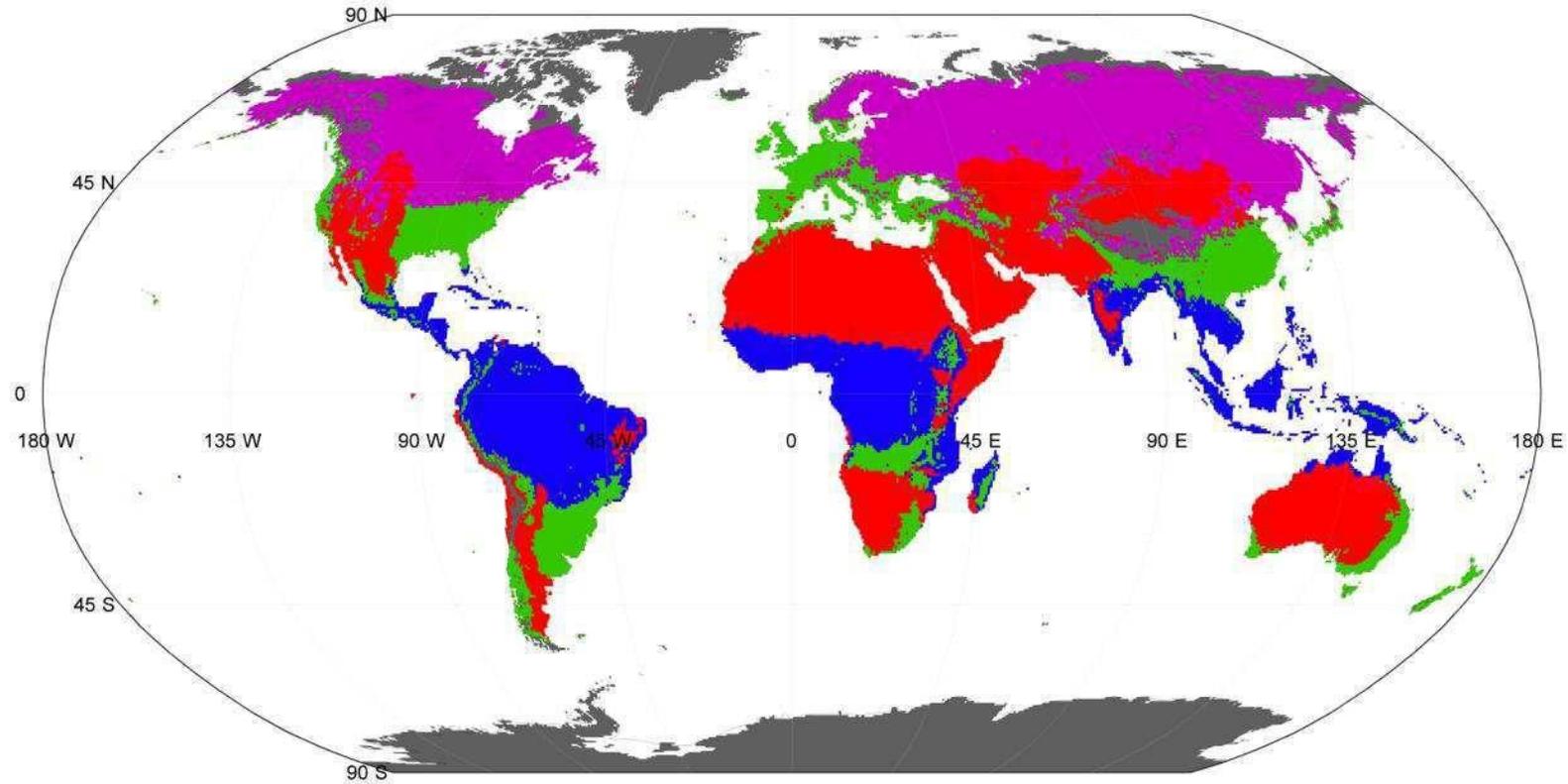
1ª ordem	2ª ordem	3ª ordem	Características	Critério de classificação
C		a	Verão quente	$Tmq > 22\text{ °C}; >4$ meses com $Tm > 10\text{ °C}$
		b	Verão suave	$Tmq < 22\text{ °C}; > 4$ meses com $Tm > 10\text{ °C}$
		c	Verão fresco	$Tmq < 22\text{ °C}; 1$ a 3 meses com $Tm > 10\text{ °C}$
D			Frio (microtérmico)	$Tmf < -3\text{ °C}; Tmq > 10\text{ °C}$
	s		Verão seco	Pms (na estação quente) $< 0.33 \times Pmh$ (na estação fria); Pms (na estação quente) $< 40\text{ mm}$
	w		Inverno seco	Pms (na estação fria) $< 0.1 \times Pmh$ (na estação quente)
	f		Sem estação seca	outro caso (não s nem w)
		a	Verão quente	$Tmq > 22\text{ °C}; >4$ meses com $Tm > 10\text{ °C}$
		b	Verão suave	$Tmq < 22\text{ °C}; 4$ meses com $Tm > 10\text{ °C}$
		c	Verão fresco	$Tmq < 22\text{ °C}; 1$ a 3 meses com $Tm > 10\text{ °C}$
		d	Inverno rigoroso	$Tmf < -38\text{ °C}$
E			Polar	$Tmq < 10\text{ °C}$
		F	Calores polares	$Tmq < 0\text{ °C}$
		T	Tundra	$Tmq > 0\text{ °C}$

Table 1. Description of Köppen climate symbols and defining criteria.

1st	2nd	3rd	Description	Criteria*	
A			Tropical	$T_{\text{cold}} \geq 18$	
	f		- Rainforest	$P_{\text{dry}} \geq 60$	
	m		- Monsoon	Not (Af) & $P_{\text{dry}} \geq 100 - \text{MAP}/25$	
	w		- Savannah	Not (Af) & $P_{\text{dry}} < 100 - \text{MAP}/25$	
B			Arid	$\text{MAP} < 10 \times P_{\text{threshold}}$	
	W		- Desert	$\text{MAP} < 5 \times P_{\text{threshold}}$	
	S		- Steppe	$\text{MAP} \geq 5 \times P_{\text{threshold}}$	
		h	- Hot	$\text{MAT} \geq 18$	
		k	- Cold	$\text{MAT} < 18$	
C			Temperate	$T_{\text{hot}} > 10$ & $0 < T_{\text{cold}} < 18$	
	s		- Dry Summer	$P_{\text{sdry}} < 40$ & $P_{\text{sdry}} < P_{\text{wwet}}/3$	
	w		- Dry Winter	$P_{\text{wdry}} < P_{\text{swet}}/10$	
	f		- Without dry season	Not (Cs) or (Cw)	
		a	- Hot Summer	$T_{\text{hot}} \geq 22$	
		b	- Warm Summer	Not (a) & $T_{\text{mon10}} \geq 4$	
		c	- Cold Summer	Not (a or b) & $1 \leq T_{\text{mon10}} < 4$	
	D			Cold	$T_{\text{hot}} > 10$ & $T_{\text{cold}} \leq 0$
		s		- Dry Summer	$P_{\text{sdry}} < 40$ & $P_{\text{sdry}} < P_{\text{wwet}}/3$
w			- Dry Winter	$P_{\text{wdry}} < P_{\text{swet}}/10$	
f			- Without dry season	Not (Ds) or (Dw)	
		a	- Hot Summer	$T_{\text{hot}} \geq 22$	
		b	- Warm Summer	Not (a) & $T_{\text{mon10}} \geq 4$	
		c	- Cold Summer	Not (a, b or d)	
		d	- Very Cold Winter	Not (a or b) & $T_{\text{cold}} < -38$	
E			Polar	$T_{\text{hot}} < 10$	
	T		- Tundra	$T_{\text{hot}} > 0$	
	F		- Frost	$T_{\text{hot}} \leq 0$	

*MAP = mean annual precipitation, MAT = mean annual temperature, T_{hot} = temperature of the hottest month, T_{cold} = temperature of the coldest month, T_{mon10} = number of months where the temperature is above 10, P_{dry} = precipitation of the driest month, P_{sdry} = precipitation of the driest month in summer, P_{wdry} = precipitation of the driest month in winter, P_{swet} = precipitation of the wettest month in summer, P_{wwet} = precipitation of the wettest month in winter, $P_{\text{threshold}}$ = varies according to the following rules (if 70% of MAP occurs in winter then $P_{\text{threshold}} = 2 \times \text{MAT}$, if 70% of MAP occurs in summer then $P_{\text{threshold}} = 2 \times \text{MAT} + 28$, otherwise $P_{\text{threshold}} = 2 \times \text{MAT} + 14$). Summer (winter) is defined as the warmer (cooler) six month period of ONDJFM and AMJJAS.

World map of Köppen climate classification for 1901–2010



Letter

- A: Tropical
- B: Dry
- C: Mild temperate
- D: Snow
- E: Polar

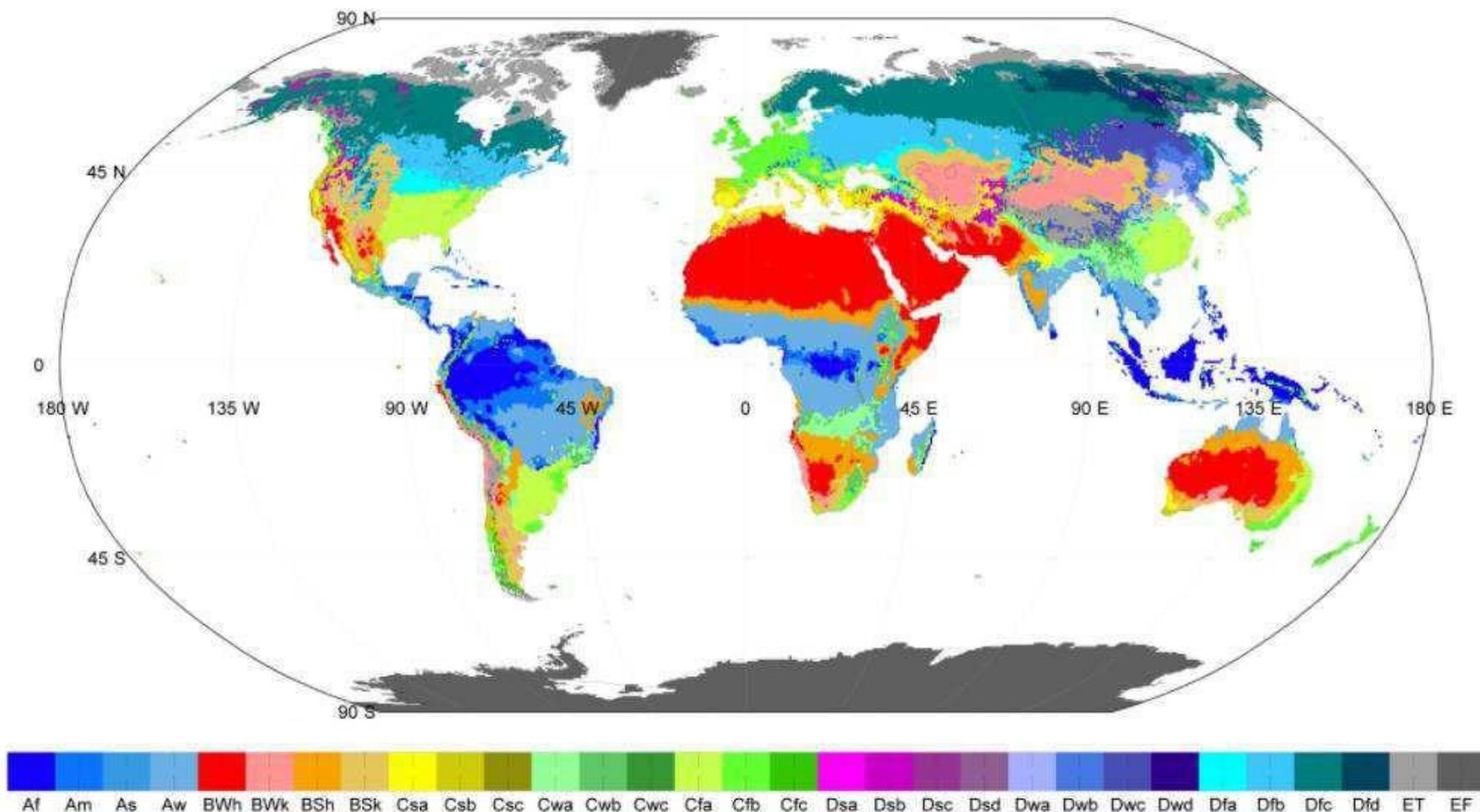
Data source: Terrestrial Air Temperature/Precipitation: 1900–2010 Gridded Monthly Time Series (V 3.01)

Resolution: 0.5 degree latitude/longitude

Website: <http://hanschen.org/koppen>

Ref: Chen, D. and H. W. Chen, 2013: Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. *Environmental Development*, 6, 69–79, 10.1016/j.envdev.2013.03.007.

World map of Köppen climate classification for 1901–2010



First letter

A: Tropical
 B: Dry
 C: Mild temperate
 D: Snow
 E: Polar

Second letter

f: Fully humid
 m: Monsoon
 s: Dry summer
 w: Dry winter
 W: Desert
 S: Steppe

Third letter

h: Hot arid
 k: Cold arid
 a: Hot summer
 b: Warm summer
 c: Cool summer
 d: Cold summer

Data source: Terrestrial Air Temperature/Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series (V 3.01)

Resolution: 0.5 degree latitude/longitude

Website: <http://hanschen.org/koppen>

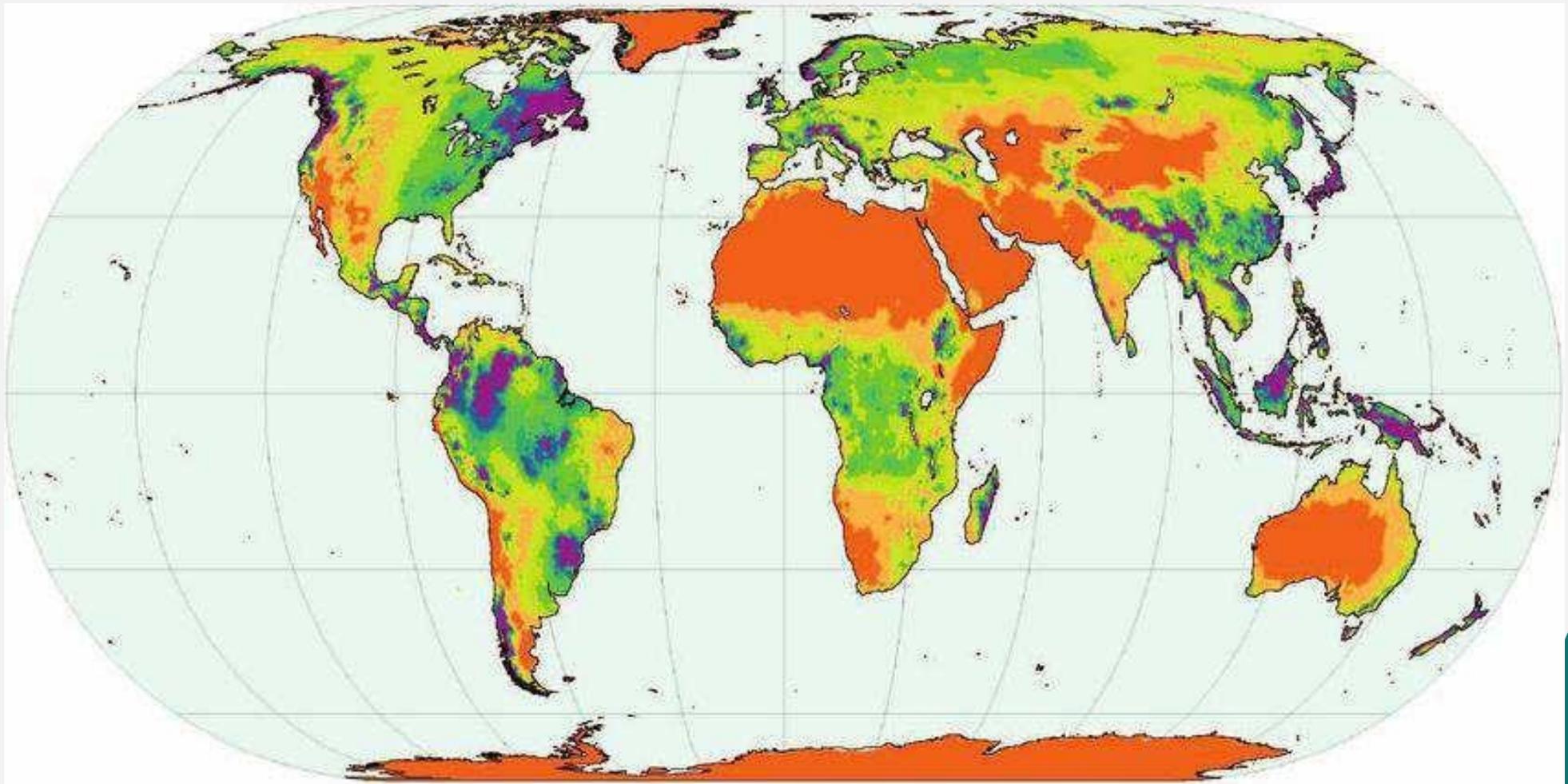
Ref: Chen, D. and H. W. Chen, 2013: Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. *Environmental Development*, 6, 69-79. 10.1016/j.envdev.2013.03.007.

Classificação climática de Thornthwaite

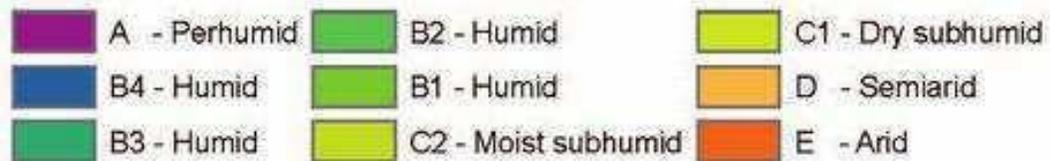
considera a **eficiência da temperatura** e a **efetividade da precipitação**, não se baseando somente na temperatura e na precipitação.

Assenta fundamentalmente em **cinco índices**, que caracterizam os regimes hídrico e térmico anuais

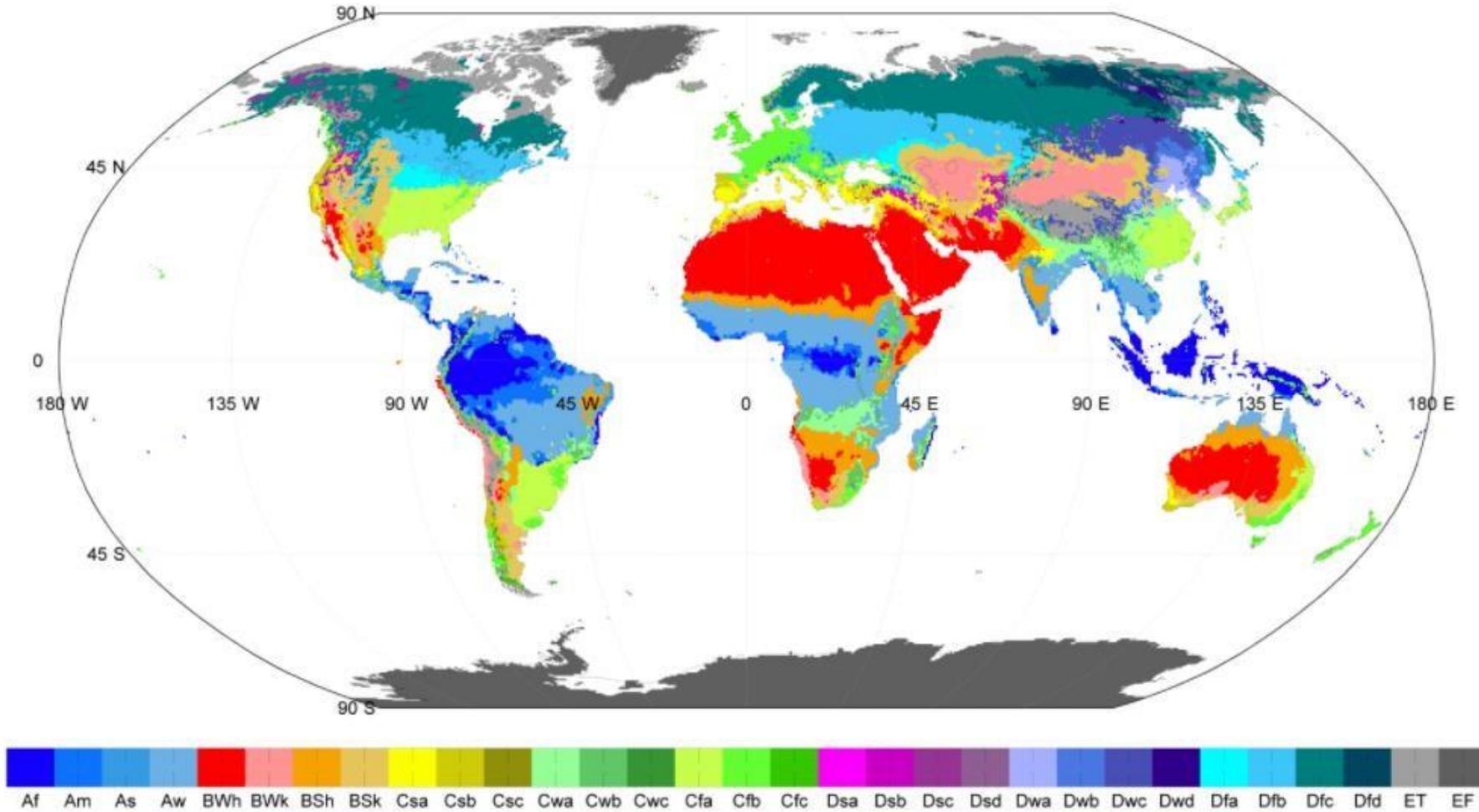
cálculo destes índices faz-se utilizando variáveis obtidas através do **balanço hídrico**, segundo o **método de Thornthwaite-Mather** (1955), e a evapotranspiração potencial (ETp), segundo o método de Thornthwaite



Climatic types based on the 1948 Thornthwaite moisture index



World map of Köppen climate classification for 1901–2010



First letter

A: Tropical
 B: Dry
 C: Mild temperate
 D: Snow
 E: Polar

Second letter

f: Fully humid
 m: Monsoon
 s: Dry summer
 w: Dry winter
 W: Desert
 S: Steppe

Third letter

T: Tundra
 F: Frost
 h: Hot arid
 k: Cold arid
 a: Hot summer
 b: Warm summer
 c: Cool summer
 d: Cold summer

Data source: Terrestrial Air Temperature/Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series (V 3.01)

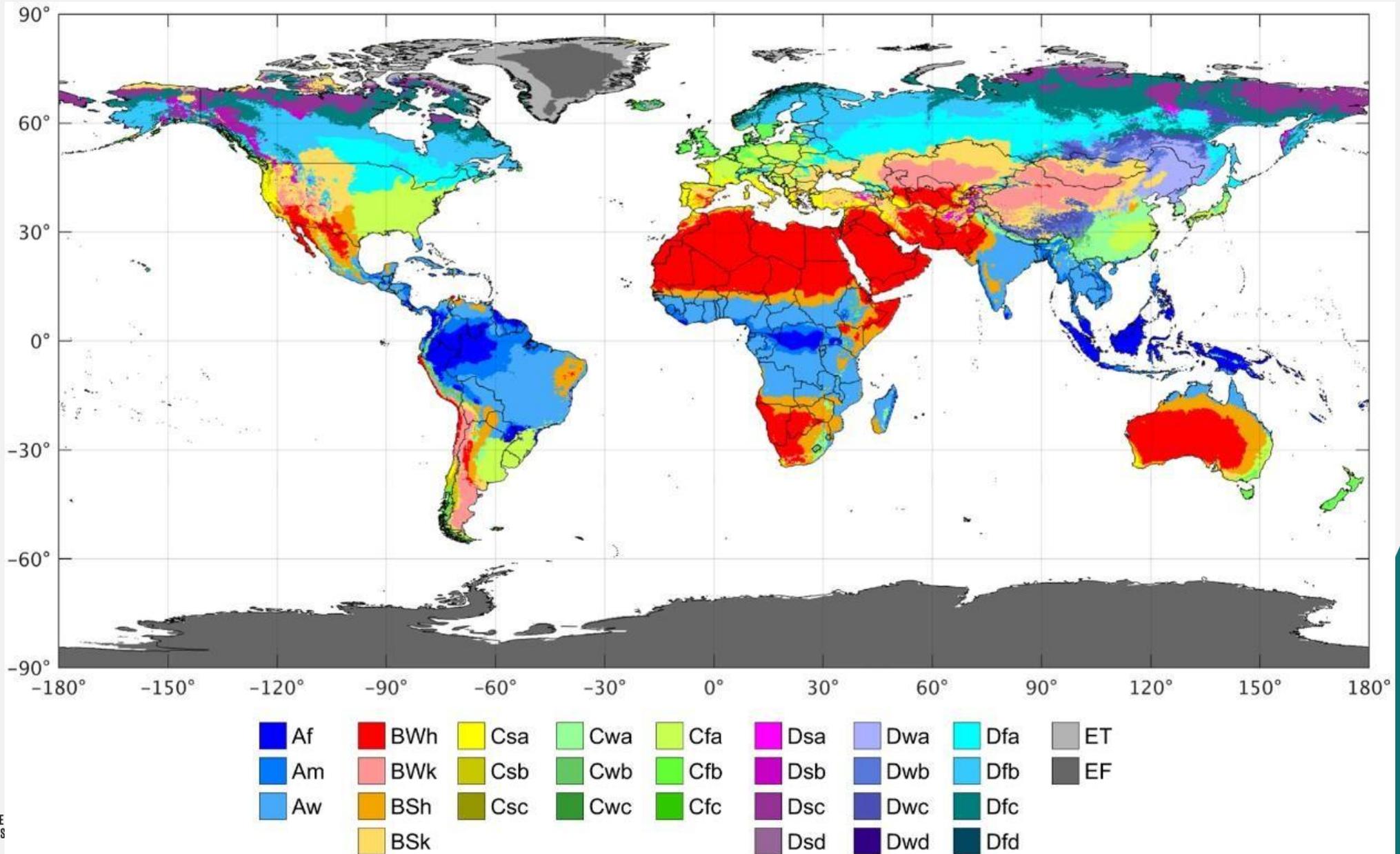
Resolution: 0.5 degree latitude/longitude

Website: <http://hanschen.org/koppen>

Ref: Chen, D. and H. W. Chen, 2013: Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. Environmental Development, 6, 69-79, 10.1016/j.envdev.2013.03.007.

Future Köppen-Geiger climate classification

(2071–2100)



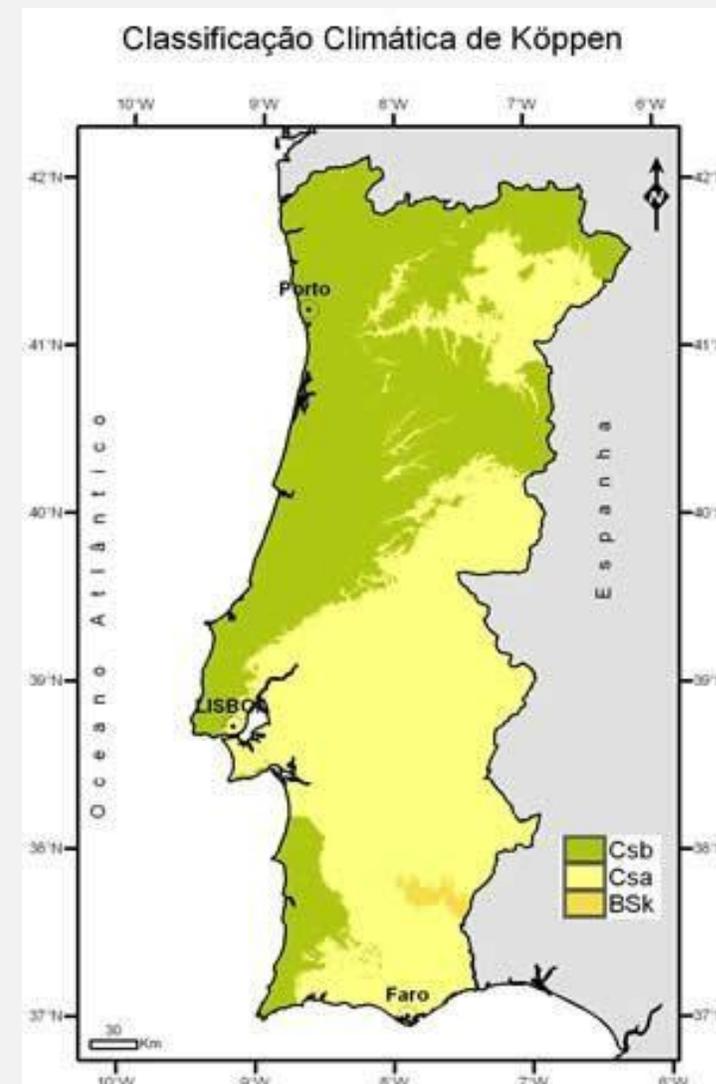
Clima de Portugal

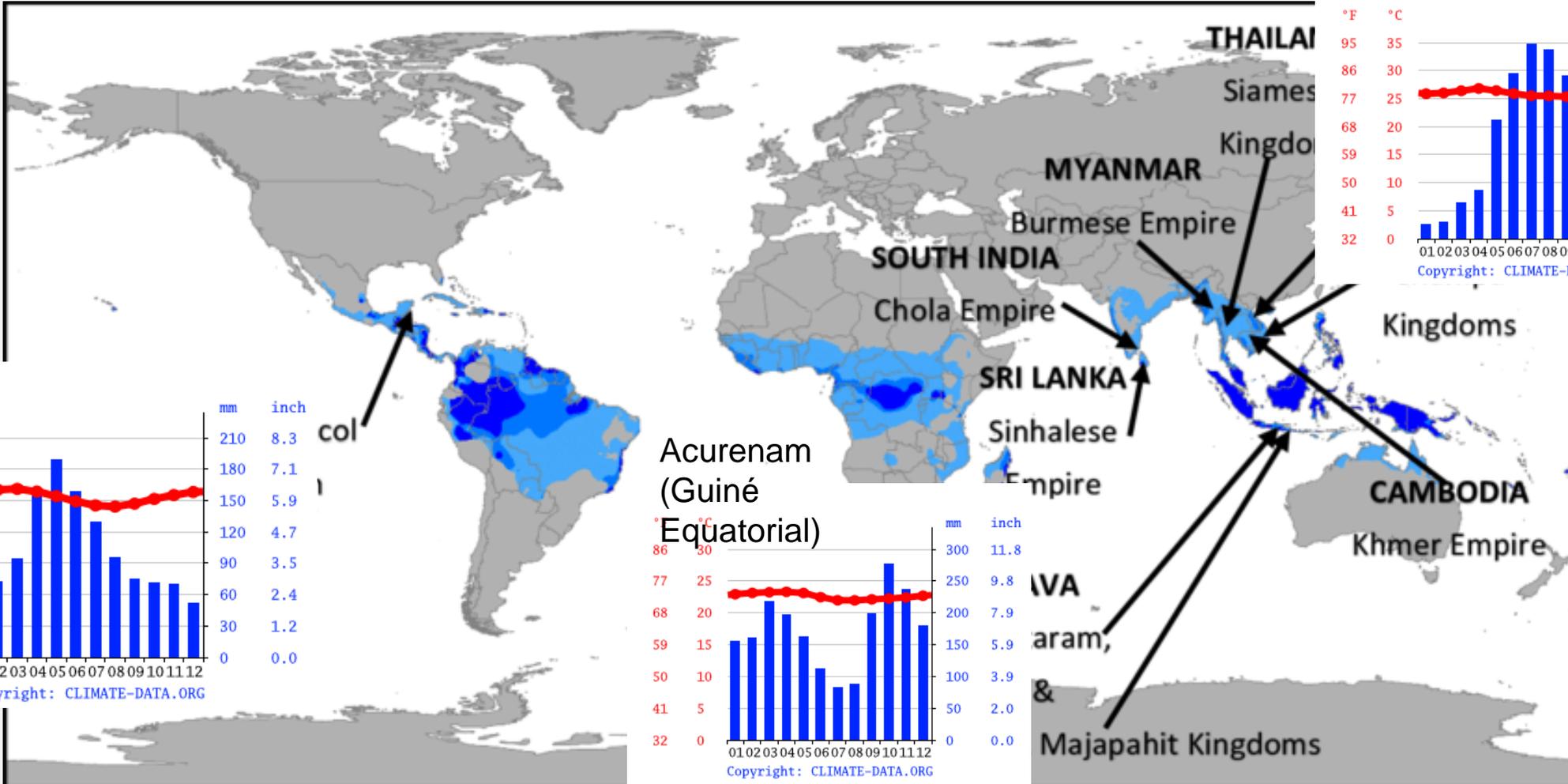
Classificação de Köppen

Csa - clima temperado com Verão seco e quente nas regiões interiores do vale do Douro, assim como nas regiões a sul do sistema montanhoso Montejunto-Estrela (exceto no litoral oeste do Alentejo e Algarve).

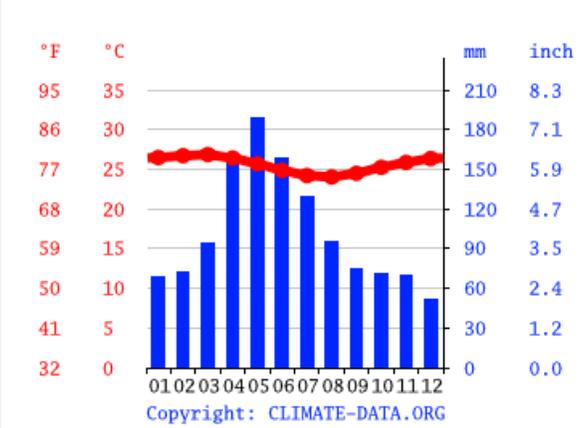
Csb - clima temperado com Verão seco e suave, em quase todas as regiões a Norte do sistema montanhoso Montejunto-Estrela e nas regiões do litoral oeste do Alentejo e Algarve.

BSk - clima de estepe fria

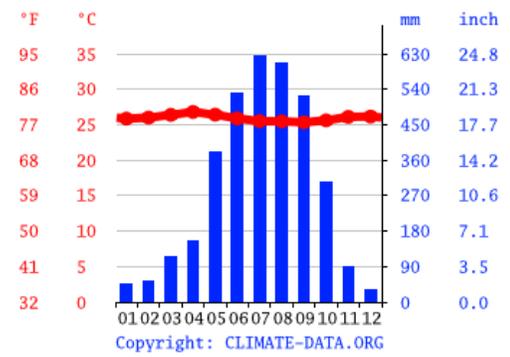
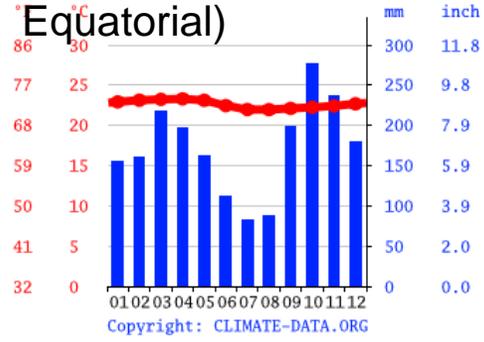




Salvador



Acurenam (Guiné Equatorial)



Koh Kong (Camboja)

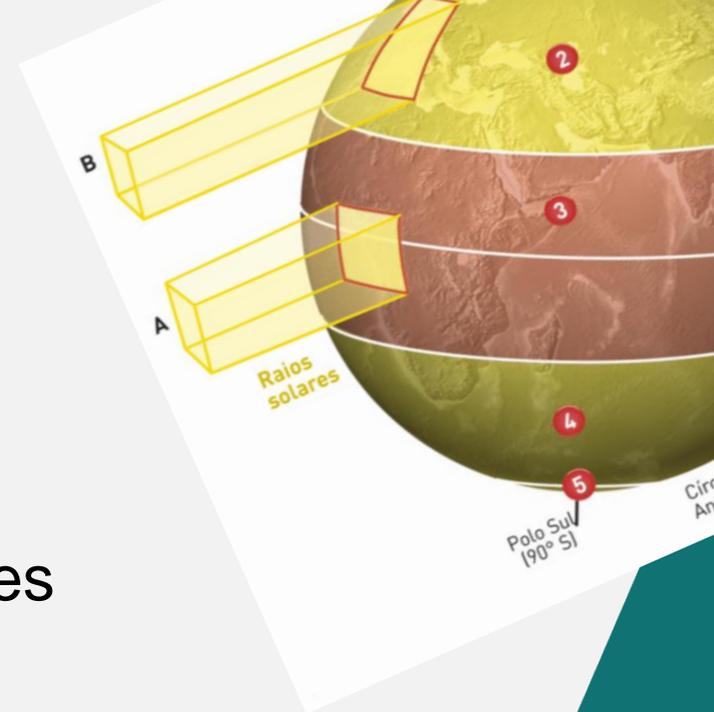
Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dfc		
	BSk			Dsd	Dwd	Dfd		

Clima Tropical

Há duas razões pelas quais o clima tropical é diferente do das latitudes mais altas:

- O sol brilha mais diretamente nos trópicos do que em latitudes mais altas, o que torna os trópicos quentes
- A rotação da Terra influencia a circulação atmosférica mais fortemente em altas latitudes do que em baixas

Devido a esses dois fatores, nuvens e tempestades de chuva nos trópicos podem ocorrer mais espontaneamente em comparação com aquelas em latitudes mais altas, onde são mais rigidamente controladas por forças de maior escala na atmosfera. Devido a essas diferenças, nuvens e chuva são mais difíceis de prever nos trópicos do que em latitudes mais altas. Por outro lado, a temperatura é facilmente previsível nos trópicos, porque não muda muito.



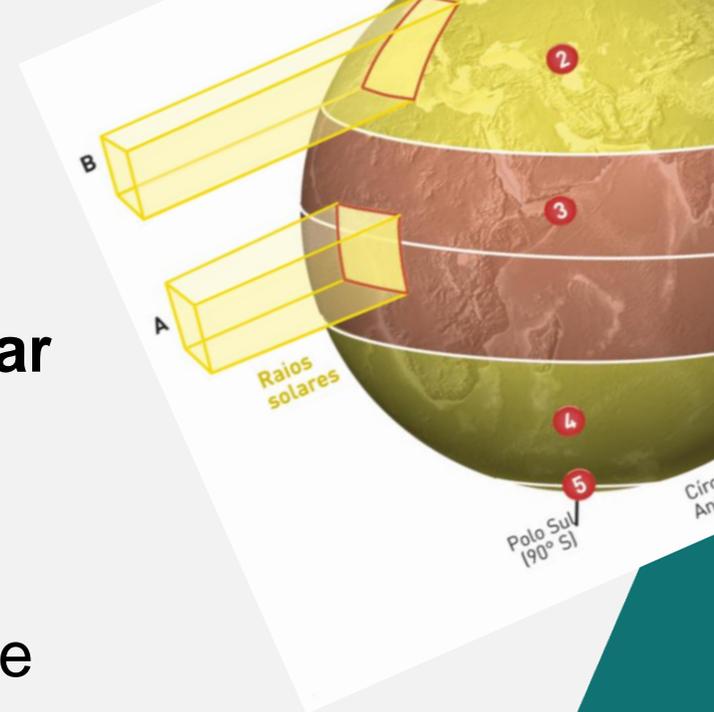
Clima Tropical

Quanto maior a temperatura, mais vapor de água pode estar no ar sem condensar

À medida que o sol brilha fortemente nos trópicos – particularmente nos oceanos quentes, que têm uma quantidade efetivamente infinita de água para evaporar no ar – a atmosfera torna-se muito húmida.

Às vezes, uma chuva tropical termina rapidamente, à medida que as nuvens e a chuva que cai evaporam.

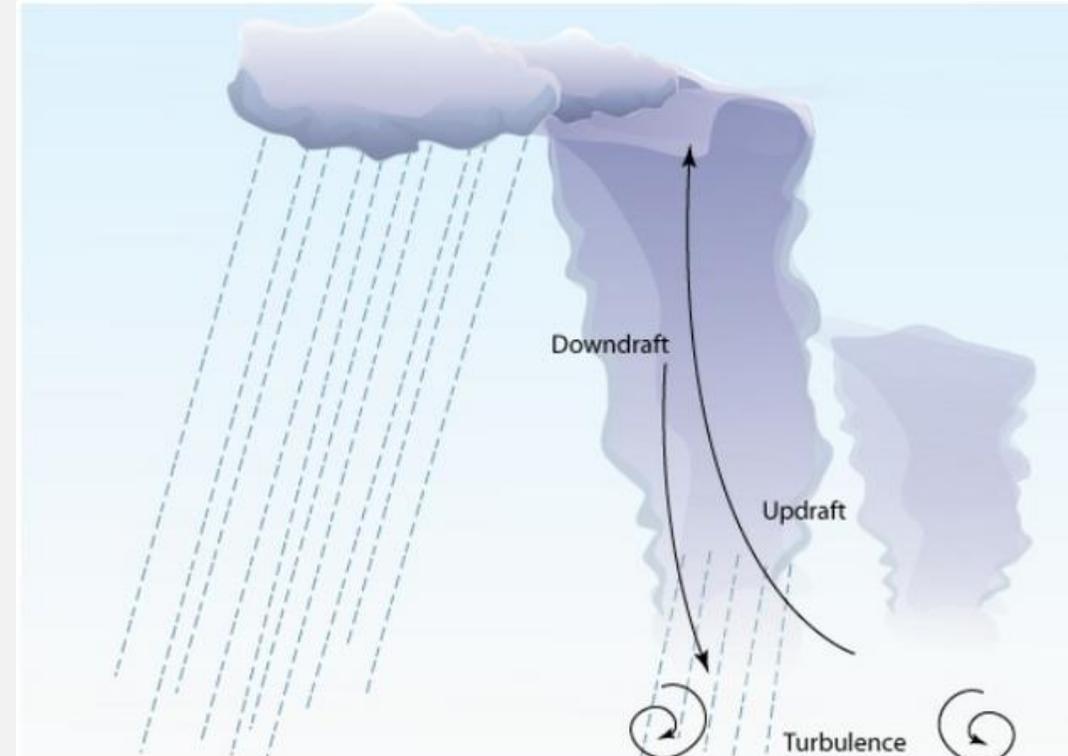
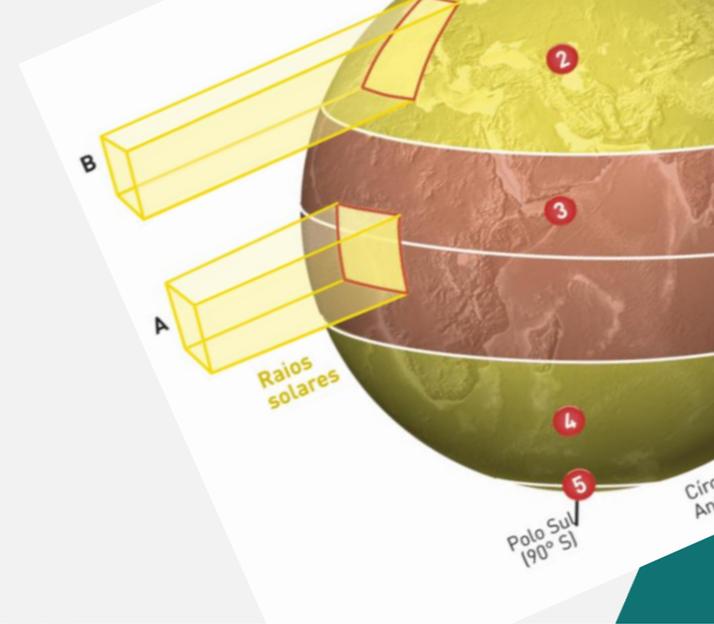
A chuva evaporante arrefece o ar perto da superfície, de modo que não é quente o suficiente para subir para uma nova nuvem.



Clima Tropical

Às vezes, porém, o efeito de arrefecimento, bem como o peso da própria chuva podem criar um downdraft forte o suficiente para criar turbulência que, por sua vez, levanta o ar quente e húmido próximo, fazendo um novo updraft.

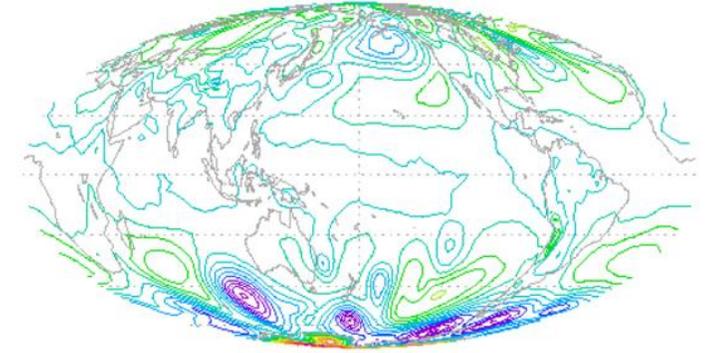
Este processo pode alimentar-se de si mesmo para produzir um grande complexo de tais tempestades que mantém o tempo chuvoso durante um período de dias e uma região de milhares de km de extensão, às vezes movendo-se coerentemente através dos trópicos e gerando novas tempestades à medida que se move.



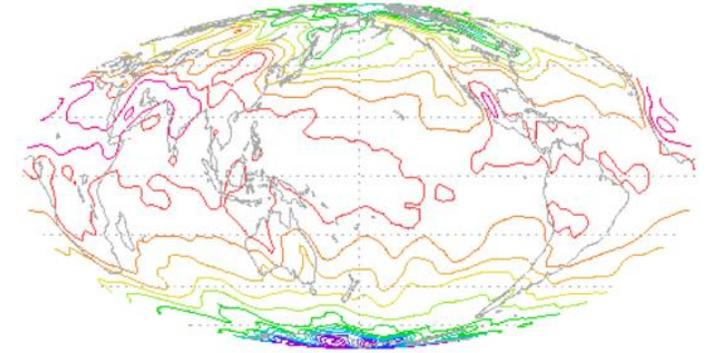
Clima Tropical

- Com o campo de pressão plano, vem um campo de temperatura plano
- Não há frentes nos trópicos
- A temperatura tropical é bastante previsível
- Ventos e chuva, por outro lado, são difíceis de prever nos trópicos. Sem fortes altas, baixas e frentes empurrando o ar e determinando onde ele sobe, a chuva parece se formar mais a partir do borbulhar espontâneo de nuvens convectivas flutuantes. Essas nuvens convectivas são o que conhecemos em muitas áreas como tempestades – embora sobre o oceano em particular, elas não precisam necessariamente produzir trovões e relâmpagos. Quando essas nuvens se tornam grandes e organizadas o suficiente, elas podem gerar seus próprios sistemas meteorológicos em grande escala.

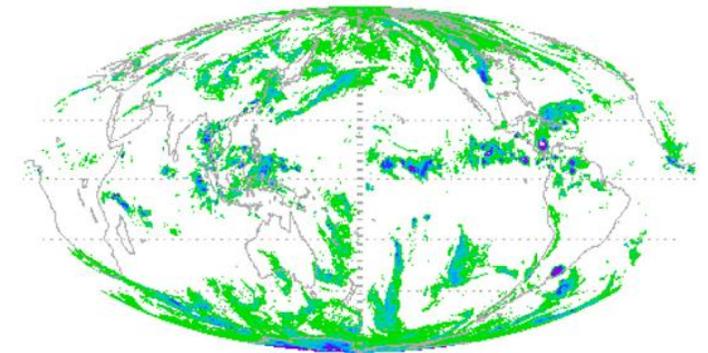
Mean sea level pressure



Surface temperature

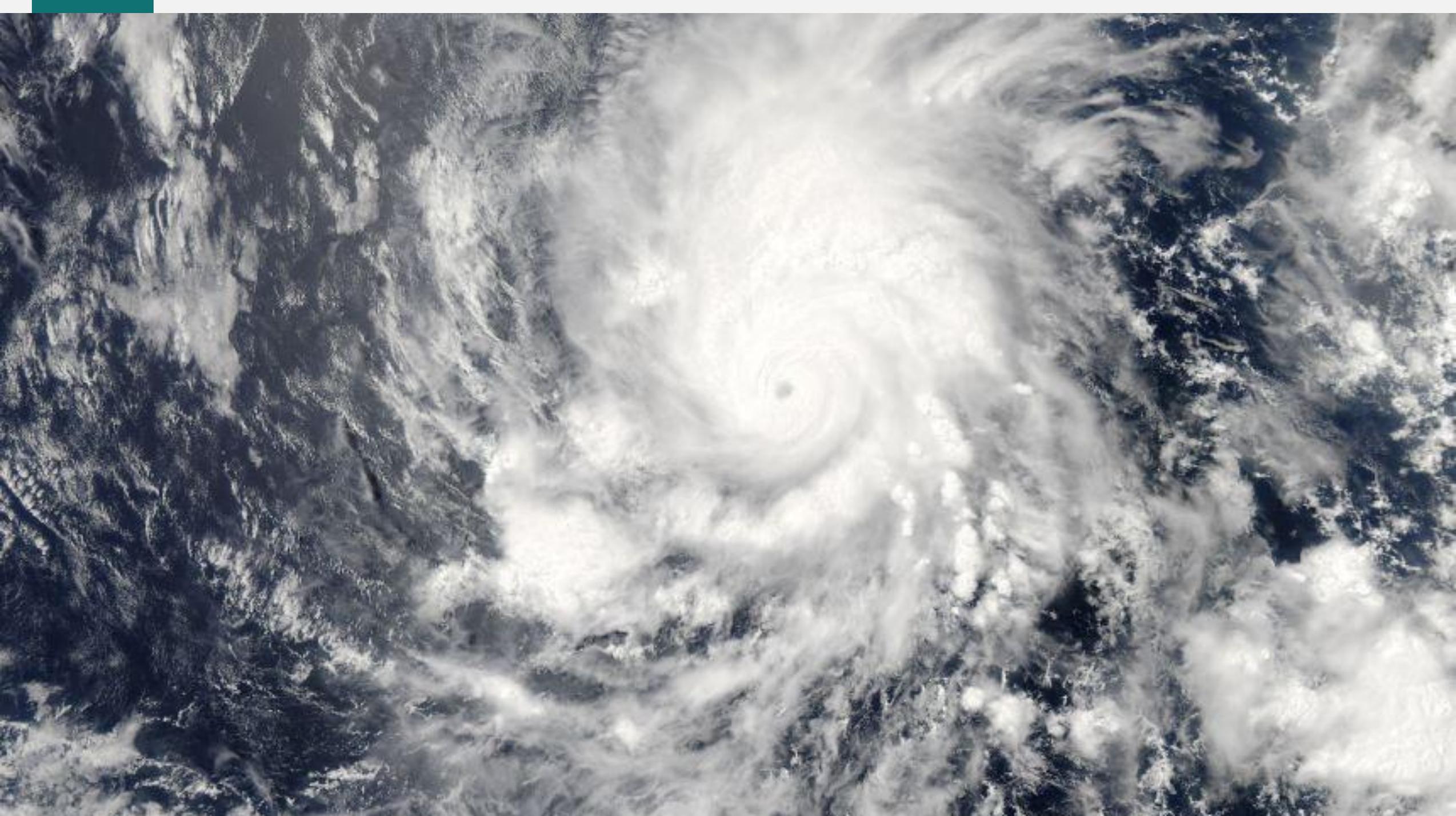


Black body temperature



Tipos de Sistemas Meteorológicos Tropicais

- Uma vez que um sistema climático tropical organizado se desenvolve, ele pode se mover de forma previsível por um tempo. Existem vários tipos diferentes de sistemas meteorológicos tropicais, cada um com suas próprias características típicas, incluindo seu tamanho, velocidade e direção de movimento.
- Algumas perturbações, por exemplo, são conhecidas como "ondas de leste" porque seguem na direção em que os ventos alísios gerais estão soprando, de leste para oeste - a direção oposta dos ventos de oeste em latitudes mais altas. Tal como acontece com os padrões de onda de sistemas de alta e baixa pressão nos extratropicais, o termo onda aqui indica um padrão ondulado em um mapa do campo de vento sobre uma grande área. As ondas de Páscoa são há muito conhecidas nas Caraíbas, por exemplo (Riehl 1954), onde chegam depois de se formarem sobre a África Ocidental e atravessarem o oceano Atlântico tropical. Sistemas meteorológicos semelhantes também ocorrem sobre os oceanos Pacífico tropical (Reed & Recker 1971) e Índico. Alguns deles acabam se fortalecendo em ciclones tropicais – conhecidos como furacões no Atlântico e Pacífico oriental, tufões no Pacífico ocidental e simplesmente ciclones no oceano Índico e hemisfério sul – que são os sistemas meteorológicos tropicais mais organizados e destrutivos.

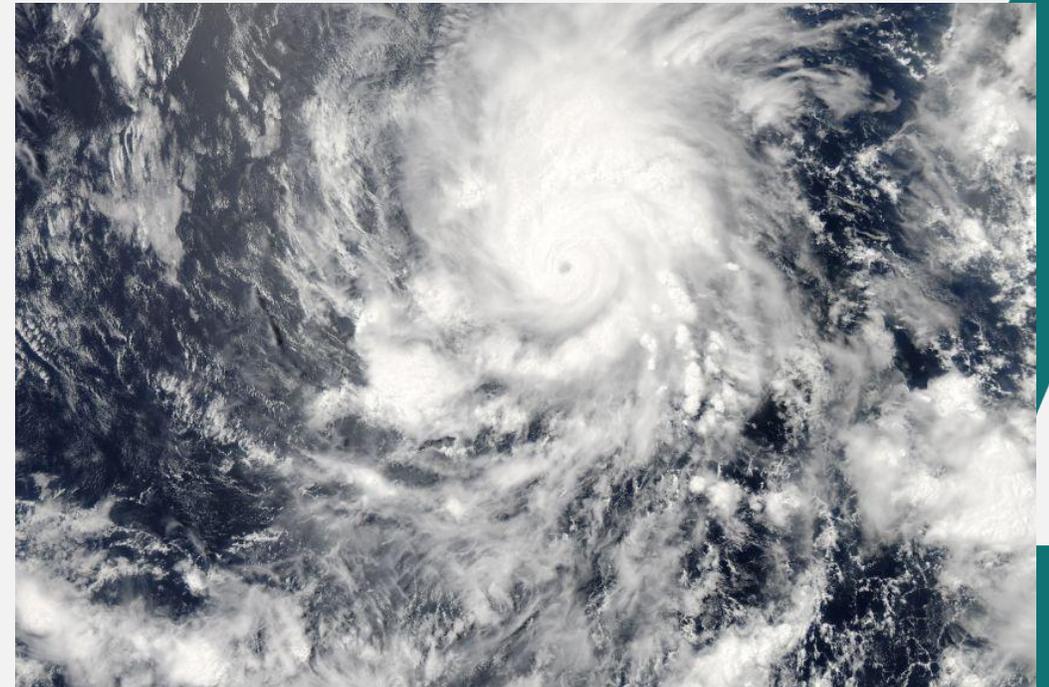


Furacões, Ciclones e Tufões

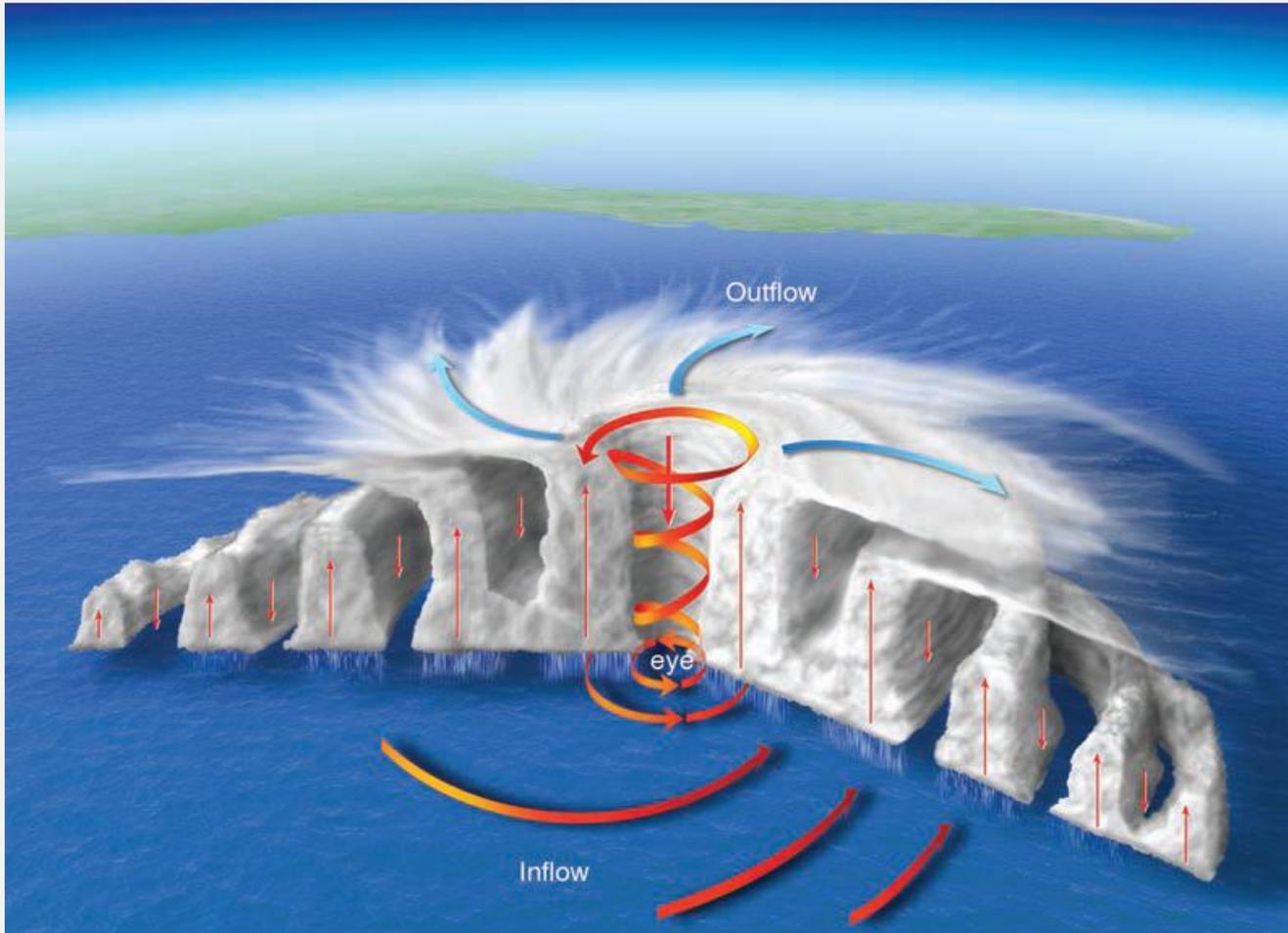
Chamados **furacões** quando se desenvolvem sobre o Atlântico Norte, o Pacífico Norte central e o Pacífico Norte oriental, essas tempestades rotativas são conhecidas como **ciclones** quando se formam sobre o Pacífico Sul e o Oceano Índico, e **tufões** quando se desenvolvem no Pacífico Noroeste.

Os furacões começam como **perturbações tropicais em águas oceânicas quentes com temperaturas superficiais de pelo menos 26,5°C**. Esses sistemas de baixa pressão são alimentados pela energia de mares quentes.

Uma tempestade com ventos de 61 quilômetros por hora ou menos é classificada como depressão tropical. Torna-se uma **tempestade tropical** – e recebe um nome, de acordo com convenções determinadas pela Organização Meteorológica Mundial – **quando a velocidade sustentada do vento atinge os 63 quilômetros por hora**.



O fluxo alimenta mais tempestades, especialmente se estiver a puxar ar quente e húmido de um oceano quente, puxando-o para o ar frio e seco no topo das nuvens cumulus



O fluxo de saída alimenta o desenvolvimento de mais nuvens que são ainda mais altas, e pode-se esperar ver:

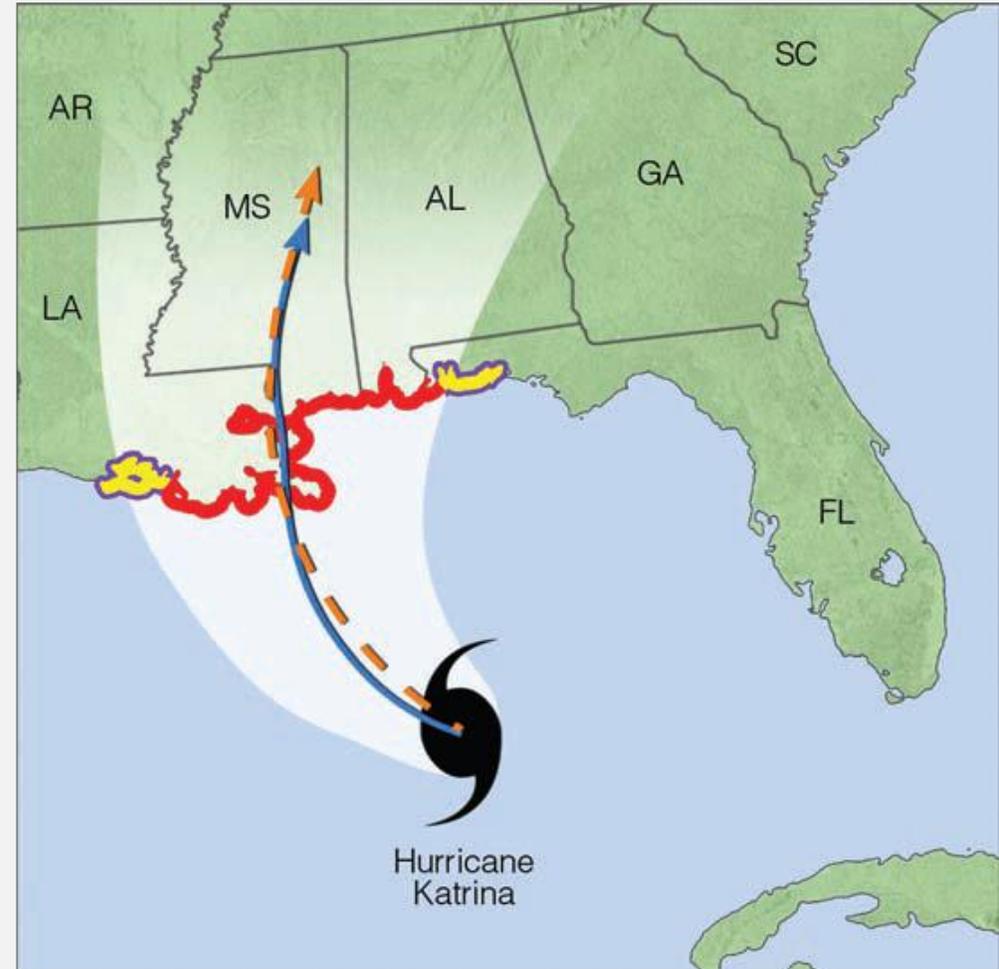
- Ventos fortes
- Chuva e granizo
- Relâmpagos
- Tornados



Previsão

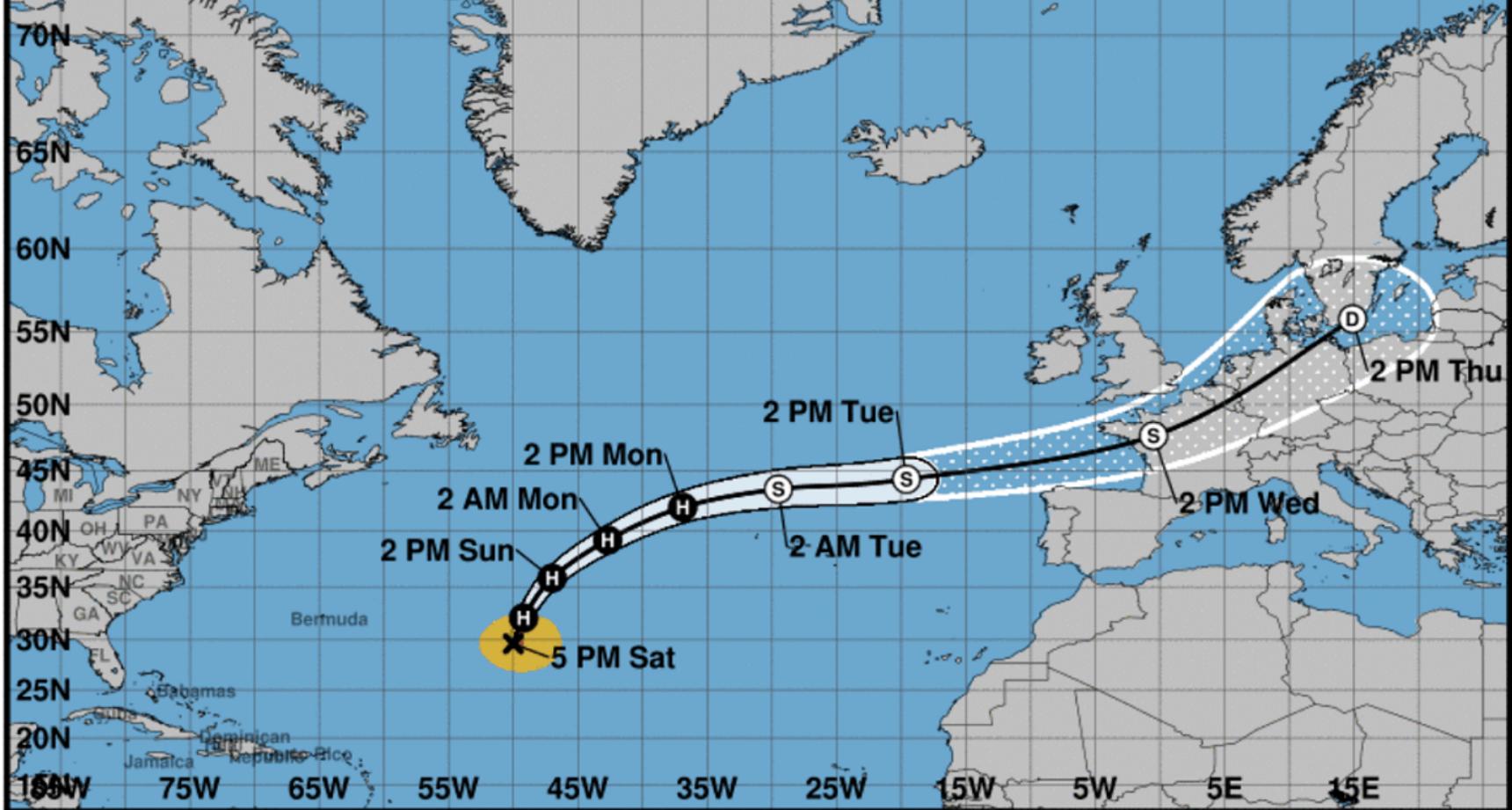
Os alertas são emitidos 24–48 horas antes da chegada da tempestade

Os avisos são emitidos quando a chegada foi confirmada, com base em informação do vento



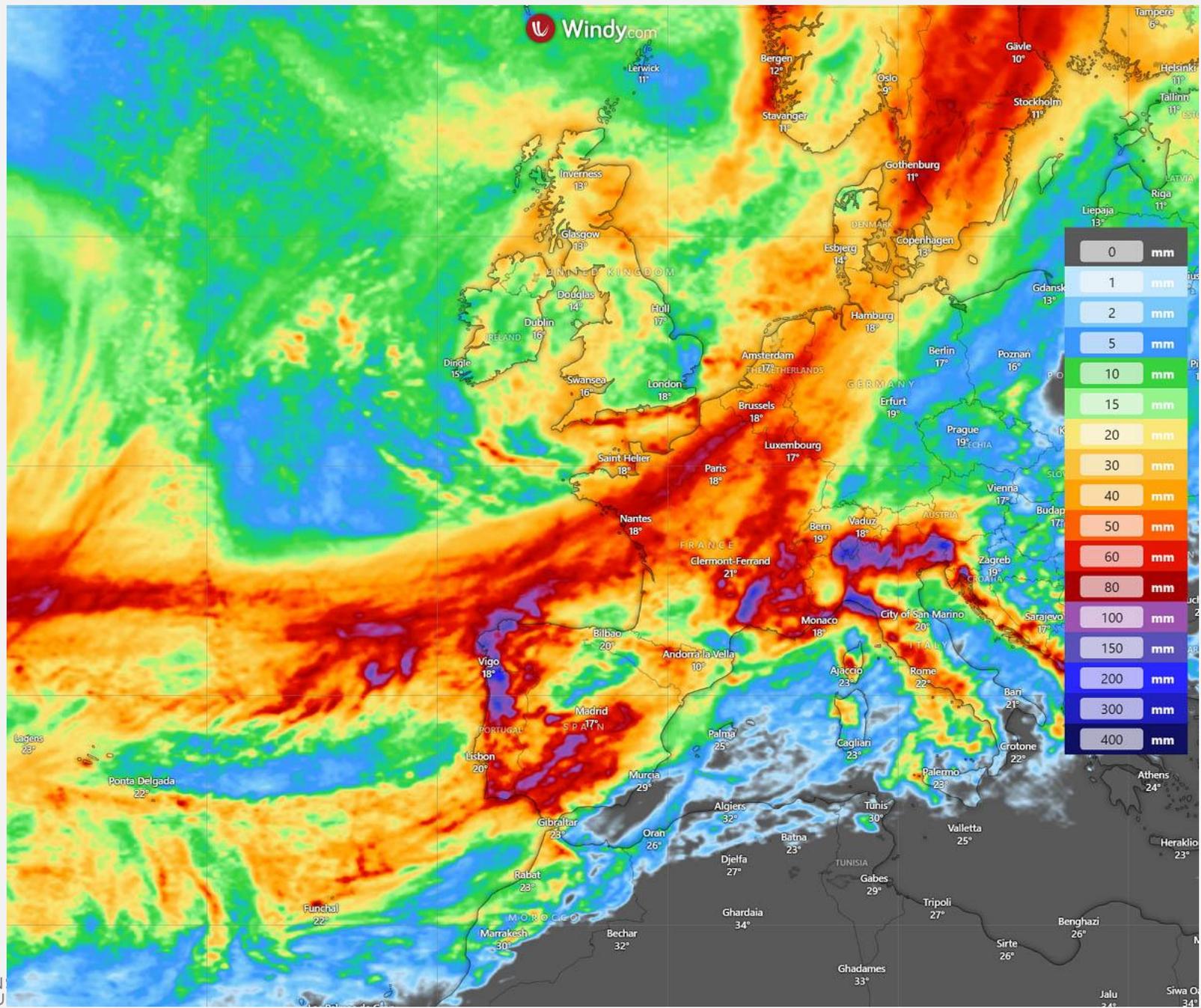
WEATHER
Tracking Hurri

Hurricane Milton is likely to
 late on Wednesday night a
 through Thursday.



<p>Hurricane Kirk Saturday October 05, 2024 5 PM AST Advisory 26 NWS National Hurricane Center</p>	<p>Current information: x Center location 29.6 N 50.0 W Maximum sustained wind 120 mph Movement N at 20 mph</p>	<p>Forecast positions: ● Tropical Cyclone ○ Post/Potential TC Sustained winds: D < 39 mph S 39-73 mph H 74-110 mph M > 110 mph</p>	
<p>Potential track area: ▽ Day 1-3 ▨ Day 4-5</p>	<p>Watches: ■ Hurricane ■ Trop Stm</p>	<p>Warnings: ■ Hurricane ■ Trop Stm</p>	<p>Current wind field estimate: ■ Hurricane ■ Trop Stm</p>





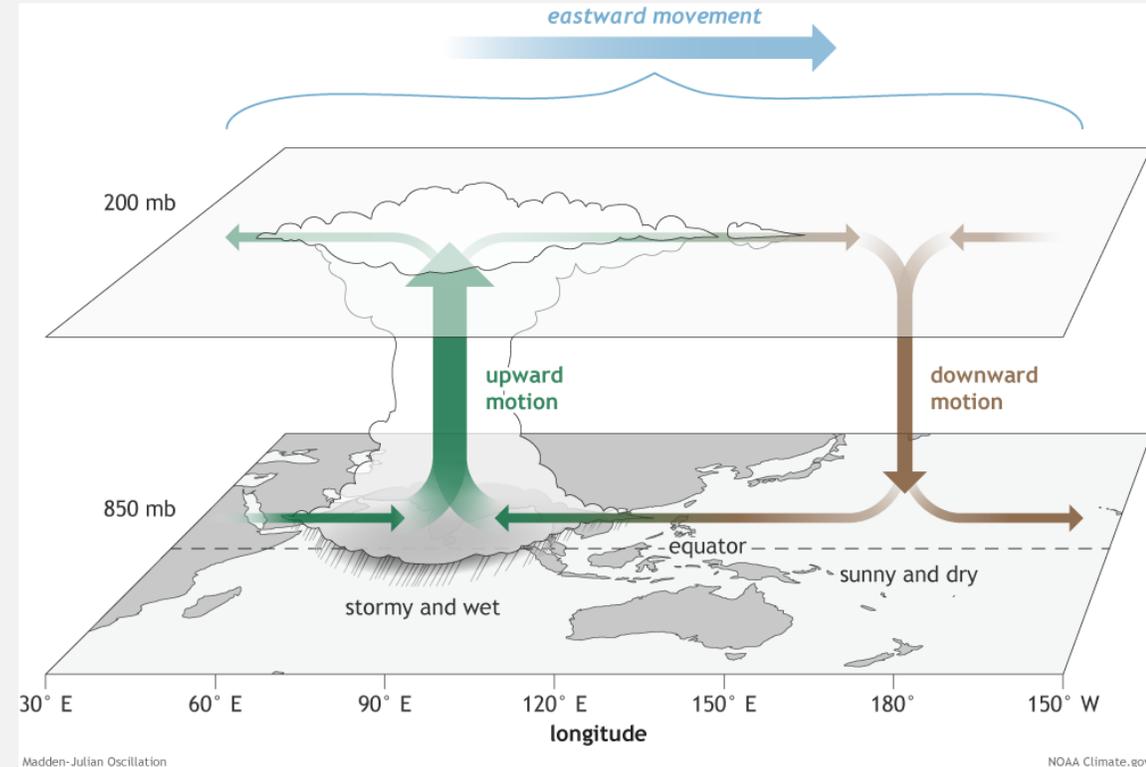
Monções

- As **Monções**, predominantes no sul e sudeste da Ásia são consequência, no inverno, de ventos que se deslocam do continente para o oceano (transportando ar frio e seco) e no verão do oceano para o continente (revertendo com ar quente e húmido), causando respectivamente meses de estiagem e chuvas abundantes e, portanto, as chuvas torrenciais na Índia são consequência das monções de verão.
- A palavra monção costuma ser usada para descrever qualquer tipo de chuva forte, mas **na verdade, uma monção não tem a ver só com a chuva**. É uma alteração sazonal no padrão do vento que tende a resultar em chuvadas muito fortes. Ou seja, as monções são um tipo de variação climática, caracterizado por um contraste sazonal de precipitação, que propicia a ocorrência de intensas chuvas no verão e secas rigorosas durante no inverno.

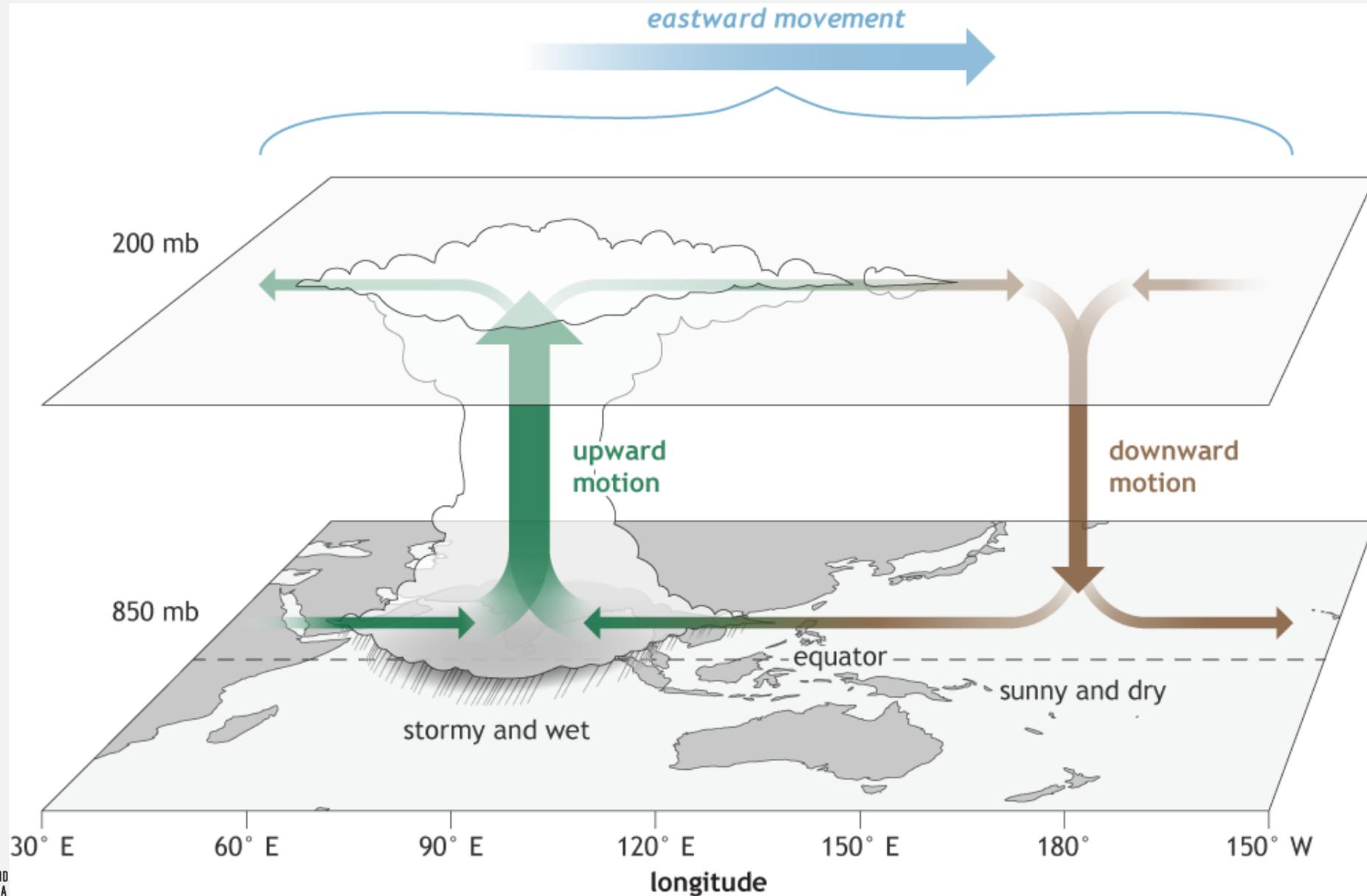


Oscilação de Madden-Julian

- O clima tropical também tem variações mais lentas que são coerentes e, em certa medida, previsíveis.
- A oscilação Madden-Julian (MJO) manifesta-se em períodos de tempo chuvoso e ventos de oeste, alternando com tempo mais seco e ventos de leste.
- Os padrões se movem de oeste para leste, levando um ou dois meses para completar um ciclo. Os ciclos não são totalmente regulares, e dentro de um período chuvoso ou seco o tempo pode diferir do que é predominante durante esse período (pode haver alguma chuva durante um período seco ou vice-versa), de modo que conhecer o estado do MJO por si só não permite uma previsão meteorológica diária precisa.

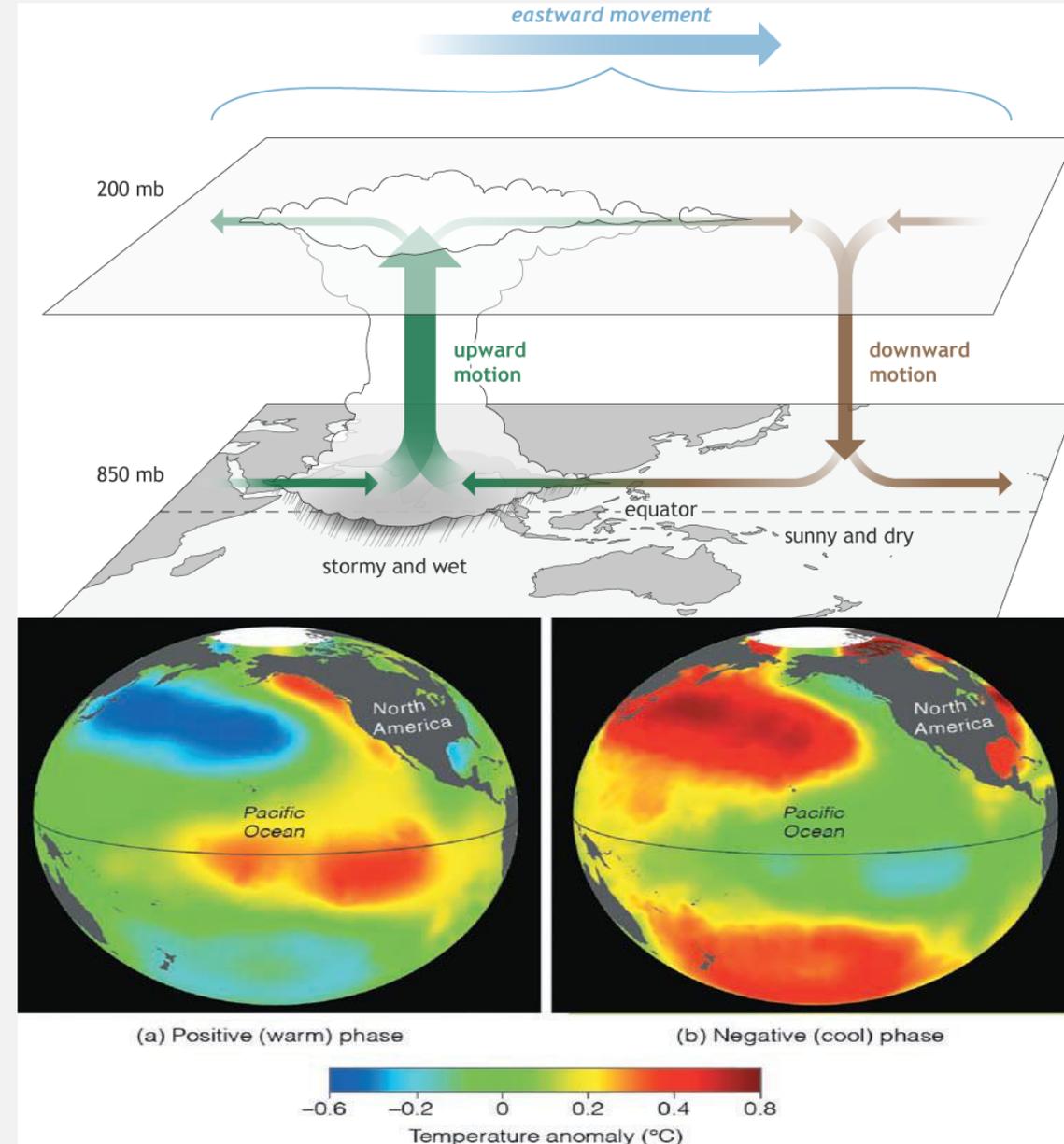


Oscilação de Madden-Julian



Oscilação de Madden-Julian

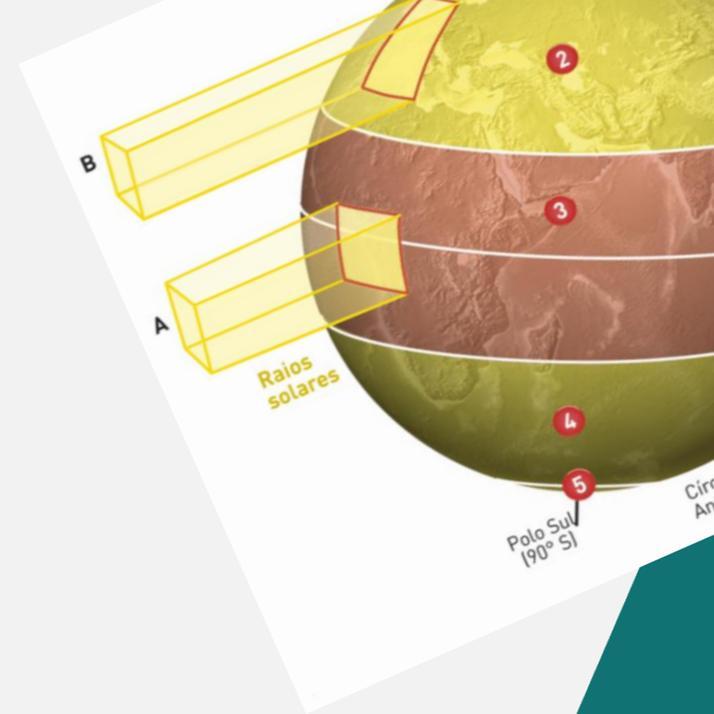
- A oscilação Madden-Julian (MJO) é o maior elemento da variabilidade intrasazonal (30 a 90 dias) na atmosfera tropical.
- Foi descoberto em 1971 por Roland Madden e Paul Julian do Centro Nacional Americano de Pesquisa Atmosférica (NCAR).
- É um acoplamento em grande escala entre a circulação atmosférica e a convecção atmosférica tropical profunda.
- Ao contrário de um padrão permanente como o El Niño-Oscilação Sul (ENSO), a oscilação Madden-Julian é um padrão deslizante que se propaga para leste através da atmosfera acima das partes quentes dos oceanos Índico e Pacífico. Este padrão de circulação global manifesta-se mais claramente como precipitação anómala.



Clima Seco, árido e semi-árido

O ar descendente ao norte e ao sul da zona tropical produz **áreas quase permanentes de alta pressão** através dos subtrópicos. Isto produz céus quase sem nuvens praticamente durante todo o ano, **dando origem a desertos**.

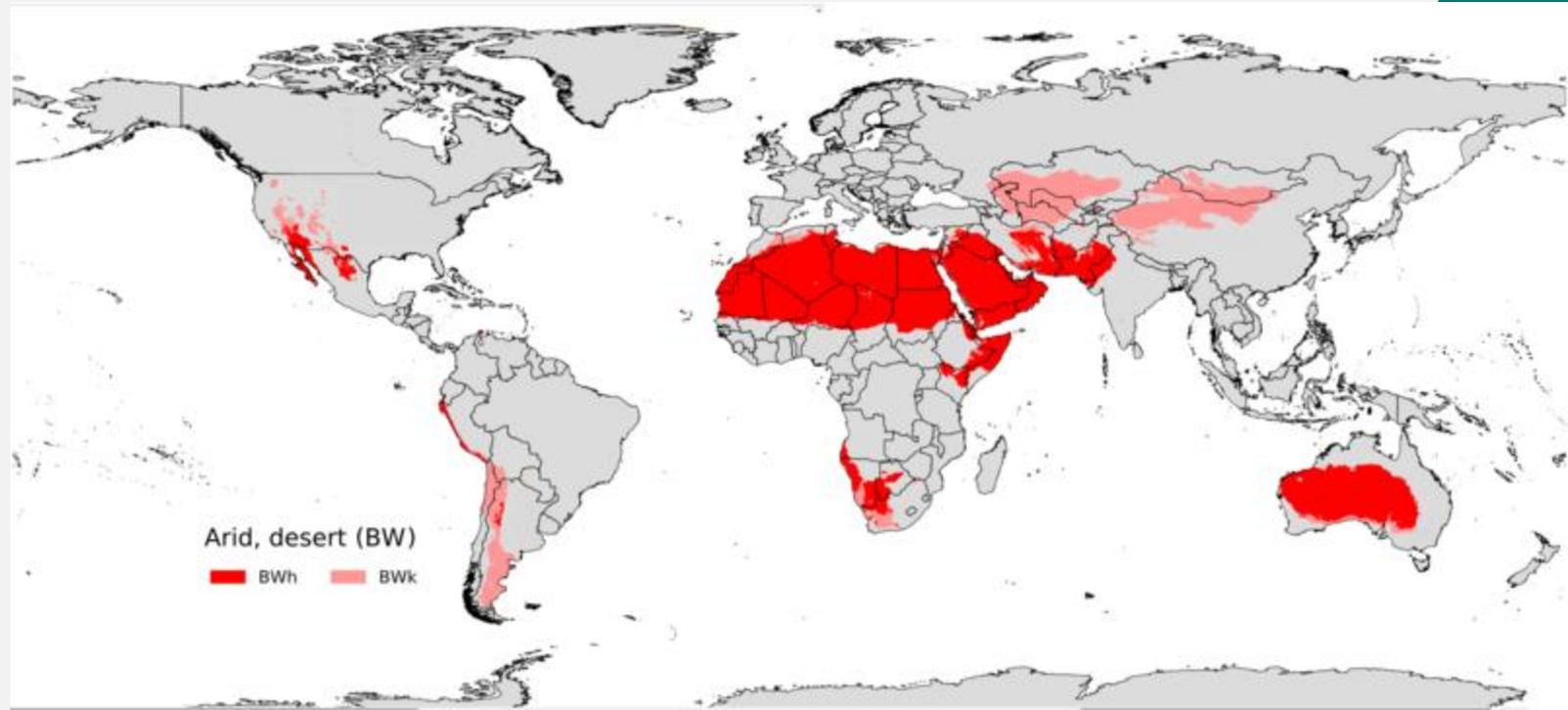
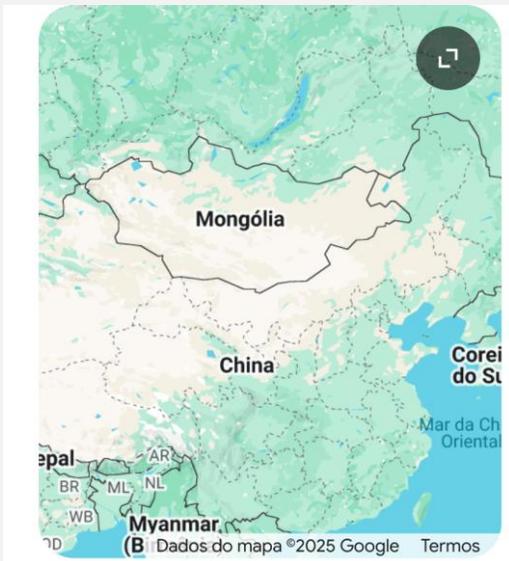
Os climas desérticos são extremamente secos, e o seu céu sem nuvens leva a grandes oscilações de temperatura. Os desertos têm algumas das temperaturas mais quentes da Terra, mas muitos cairão abaixo de zero à noite.



Clima Desértico

Embora normalmente associados a ambientes quentes e arenosos, os desertos frios também são generalizados. O deserto de Gobi, no leste da Ásia, é um exemplo, onde as temperaturas médias anuais podem ser inferiores a 0 °C.

Quer sejam quentes ou frios, **os desertos representam grandes desafios para as plantas e animais que lá vivem, que têm de se adaptar a défices de água extremos e prolongados.**

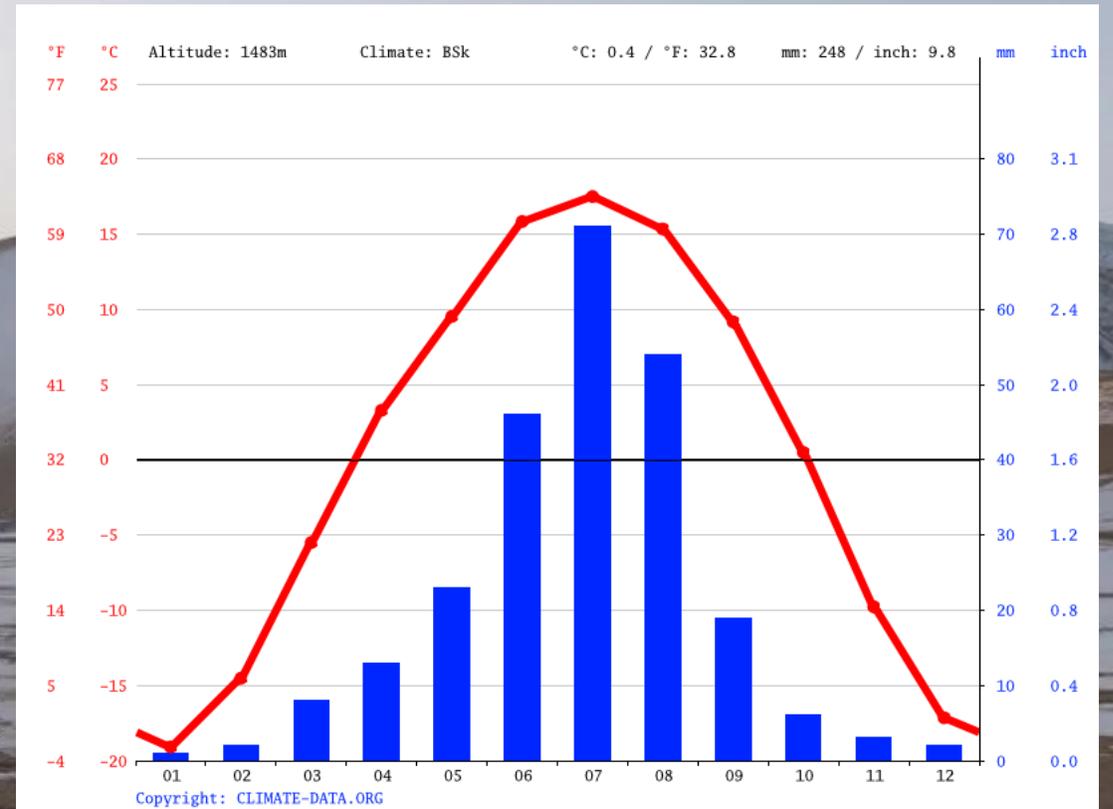


Deserto de Gobi

- Este deserto é uma das áreas do planeta com maior amplitude térmica sazonal, tanto que nalgumas localidades da Mongólia pode muito bem passar de valores superiores a $+42^{\circ}\text{C}$ em pleno verão e até -40°C no inverno.
- Dada a sua posição particular no coração da Ásia Central, o Gobi está **isolado de qualquer tipo de fluxo marítimo húmido**, tanto de oeste como de sul. Além disso, a região sul da Mongólia está sujeita à grande “**sombra de chuva**” exercida a sul pela intransponível cadeia dos Himalaias e pelo planalto tibetano (altura média de cerca de 5000 metros). Ambas constituem um baluarte intransponível também pelas grandes influências húmidas trazidas pelas **monções de sudoeste** durante o verão boreal.
- Isto explica porque é que em muitas áreas do Gobi a **precipitação média anual é inferior a 200-150 mm**, mesmo que nunca faltem chuvas repentinas e bem localizadas, especialmente na primavera e no verão.



Deserto de Gobi

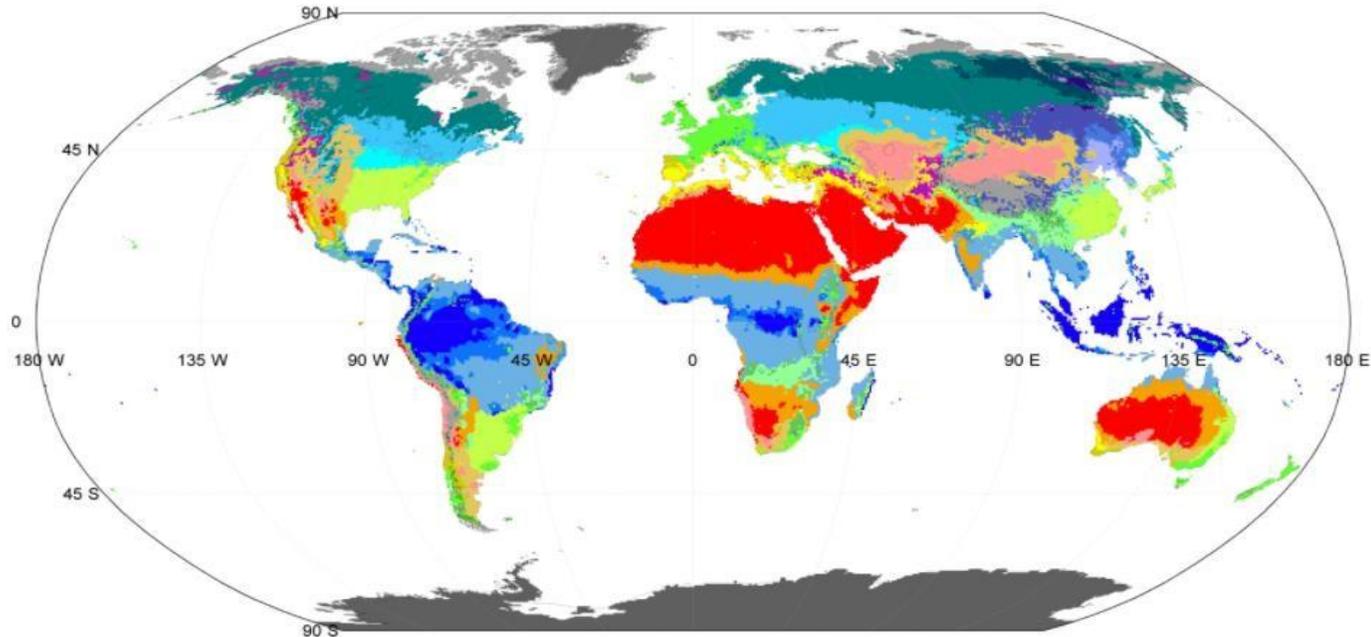


Clima temperado

Classificações do Grupo C

Grupo	Tipo		Subtipo		
C	Temperado	f	Sem estação seca	a	Verão quente
				b	Verão fresco
				c	Verão frio
	Temperado	w	Inverno seco	a	Verão quente
				b	Verão fresco
				c	Verão frio
	Temperado	s	Verão seco	a	Verão quente
				b	Verão fresco
				c	Verão frio

World map of Köppen climate classification for 1901–2010



First letter	Second letter	Third letter
A: Tropical	f: Fully humid	T: Tundra
B: Dry	m: Monsoon	F: Frost
C: Mild temperate	s: Dry summer	h: Hot arid
D: Snow	w: Dry winter	k: Cold arid
E: Polar	W: Desert	a: Hot summer
	S: Steppe	b: Warm summer
		c: Cool summer
		d: Cold summer

Data source: Terrestrial Air Temperature/Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series (V 3.01)

Resolution: 0.5 degree latitude/longitude

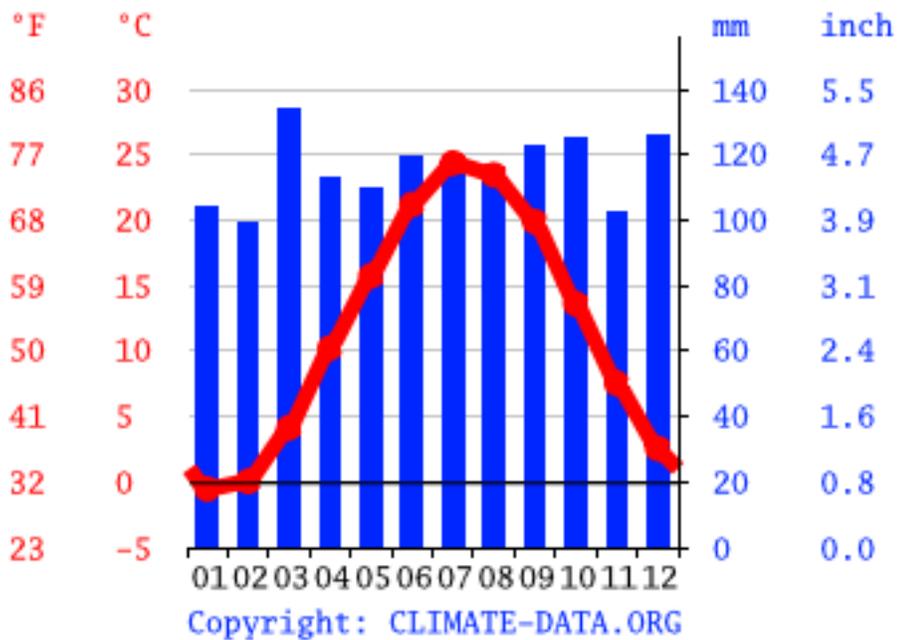
Website: <http://hanschen.org/koppen>

Ref: Chen, D. and H. W. Chen, 2013: Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. Environmental Development, 6, 69-79, 10.1016/j.envdev.2013.03.007.

Clima temperado

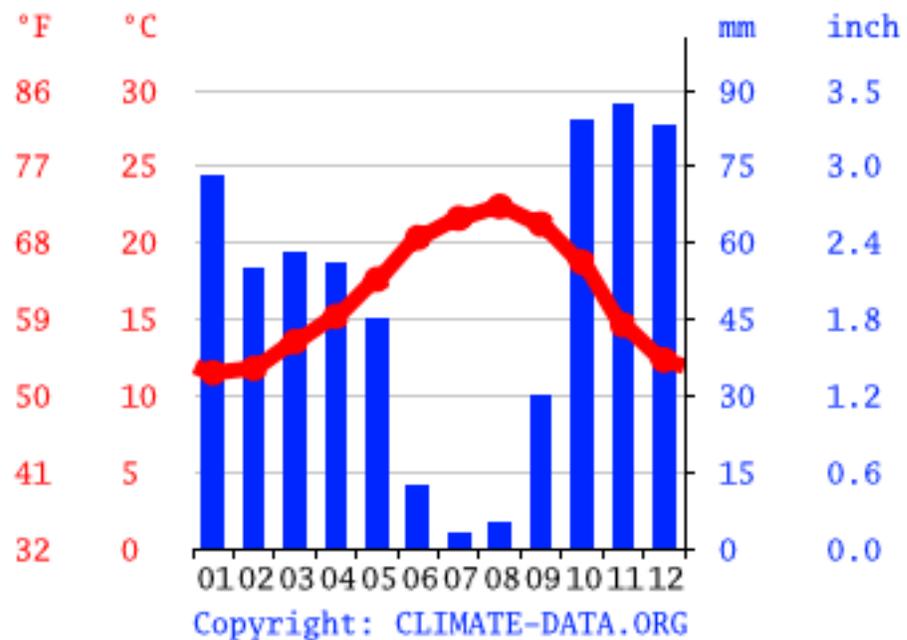
Nova Iorque

Cfa - Clima continental húmido quente

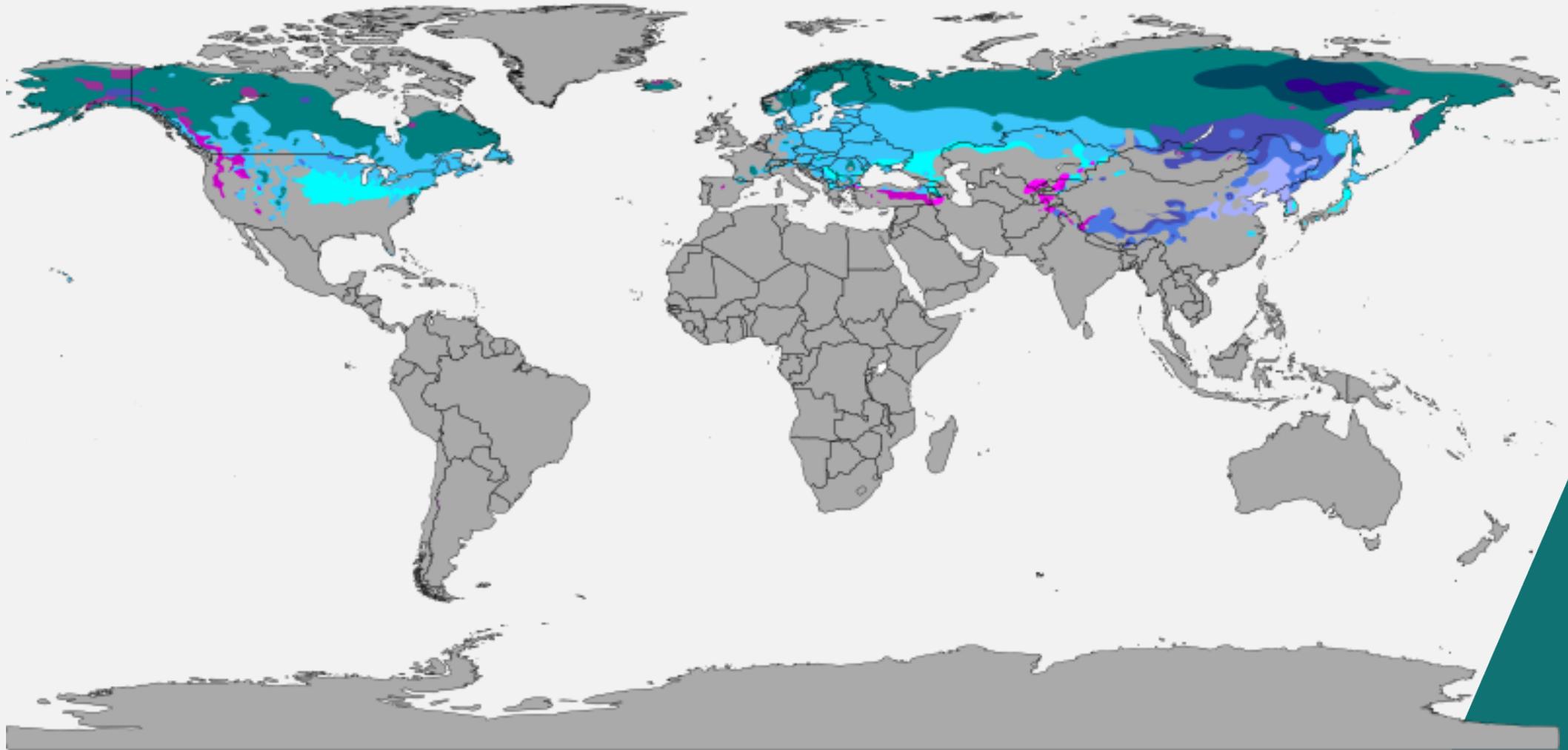


Lisboa

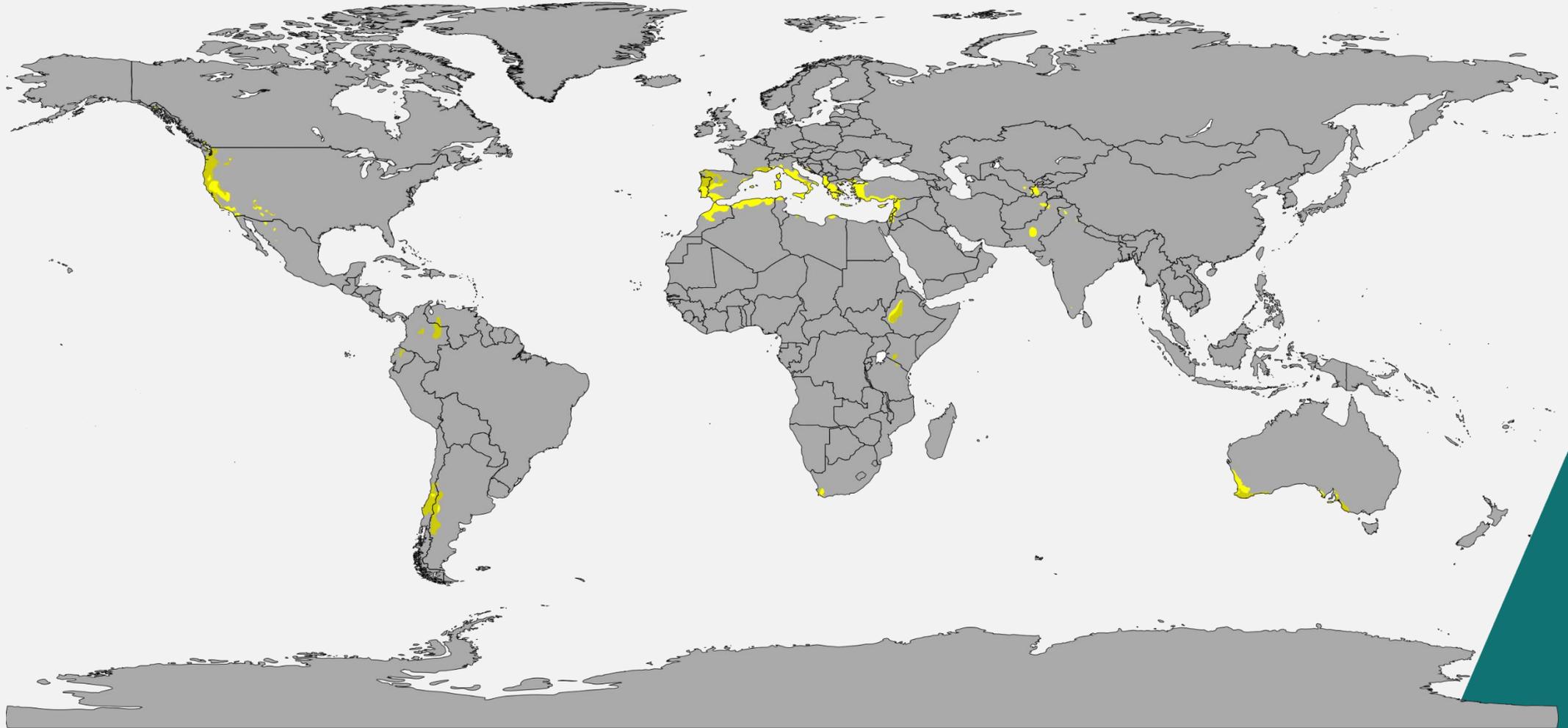
Csa - Clima mediterrânico quente-verão



Clima continental



Clima temperado – o caso Mediterrânico



Clima temperado – o caso Mediterrânico

- A vegetação, na sua forma original, era caracterizada sobretudo por árvores. Contudo, devido à intervenção humana e problemas ambientais, as árvores foram substituídas por arbustos, especialmente arbustos esclerófitos, aparecendo, ainda, ervas aromáticas, gramíneas e claro árvores.
- A vegetação é predominante, de folha persistente e apresenta folhas espessas e pequenas, o que ajuda a reduzir as perdas de água por evapotranspiração. Algumas plantas podem também ter espinhos, o que as protege dos animais, pois evita que sejam comidas.
- As árvores são, normalmente, de pequeno porte. Possuem cascas grossas e duras e grandes ramificações. Predominam os carvalhos: carvalho português, carvalho-negral, sobreiros, carrasco e azinheiras. Outra árvore muito comum nas regiões de clima mediterrâneo é a oliveira. Em algumas regiões aparecem ainda pinheiros (como o pinheiro manso).



Clima temperado

- Nas áreas com menor precipitação, as plantas adaptaram-se às condições secas, sendo as suas **folhas** pequenas e por vezes, tão reduzidas que se assemelham a agulhas, o que lhes permite conservar a **água**. Outras têm as folhas cobertas por uma película cerosa e noutras as folhas refletem a **luz** do **sol**.
- Algumas plantas desenvolveram, ainda, adaptações que lhes permitem resistir aos **fogos** frequentes que ocorrem na estação seca: reproduzem-se rapidamente a partir das **raízes**, depois da parte aérea arder; a resina que reveste as pinhas derrete durante o **incêndio**, permitindo aos **frutos** abrir e espalhar as **sementes**; noutras ainda as sementes que têm condições para viver durante muito tempo germinam após o fogo.
- A **Floresta Temperada** de folhas caducas ocupa as áreas mais frias ou/e húmidas do clima temperado mediterrânico, como o norte da Península Ibérica, grande parte da Itália e o extremo sul da França.



Atividade 1:

Análise dos Padrões de Teleconexão

Objetivo: Analisar os padrões de teleconexão e suas implicações na circulação atmosférica e eventos hidrológicos.

Tarefa:

1. Escolher dois padrões de teleconexão abordados na aula (como NAO e El Niño).
2. Descrever os principais impactos desses padrões na circulação geral da atmosfera e nos eventos meteorológicos associados.
3. Elaborar um breve relatório relacionando os padrões escolhidos com as variações climáticas observadas em diferentes regiões.

Produto Final:

- Relatório com a descrição dos padrões de teleconexão e sua influência no clima.

ou

- Apresentação com exemplos concretos dos efeitos observados em diferentes regiões.

Atividade 2:

Análise da Circulação Geral da Atmosfera

Objetivo: Compreender os principais padrões de circulação atmosférica e suas consequências para a distribuição de precipitação e temperatura.

Tarefa:

1. Identificar os padrões de circulação atmosférica descritos na aula, como as correntes de jato e as células de circulação.
2. Relacionar esses padrões com os eventos climáticos típicos, como tempestades e secas prolongadas.
3. Desenvolver uma síntese sobre a influência das correntes de jato na variabilidade climática sazonal.

Produto Final:

- Relatório técnico com a análise dos padrões atmosféricos.

ou

- Mapa conceptual destacando as interações entre padrões atmosféricos e eventos climáticos.

Questões?

INSTITUTO SUPERIOR
DE
AGRONOMIA