

ICE (°F) 40 50 60 70 80 90

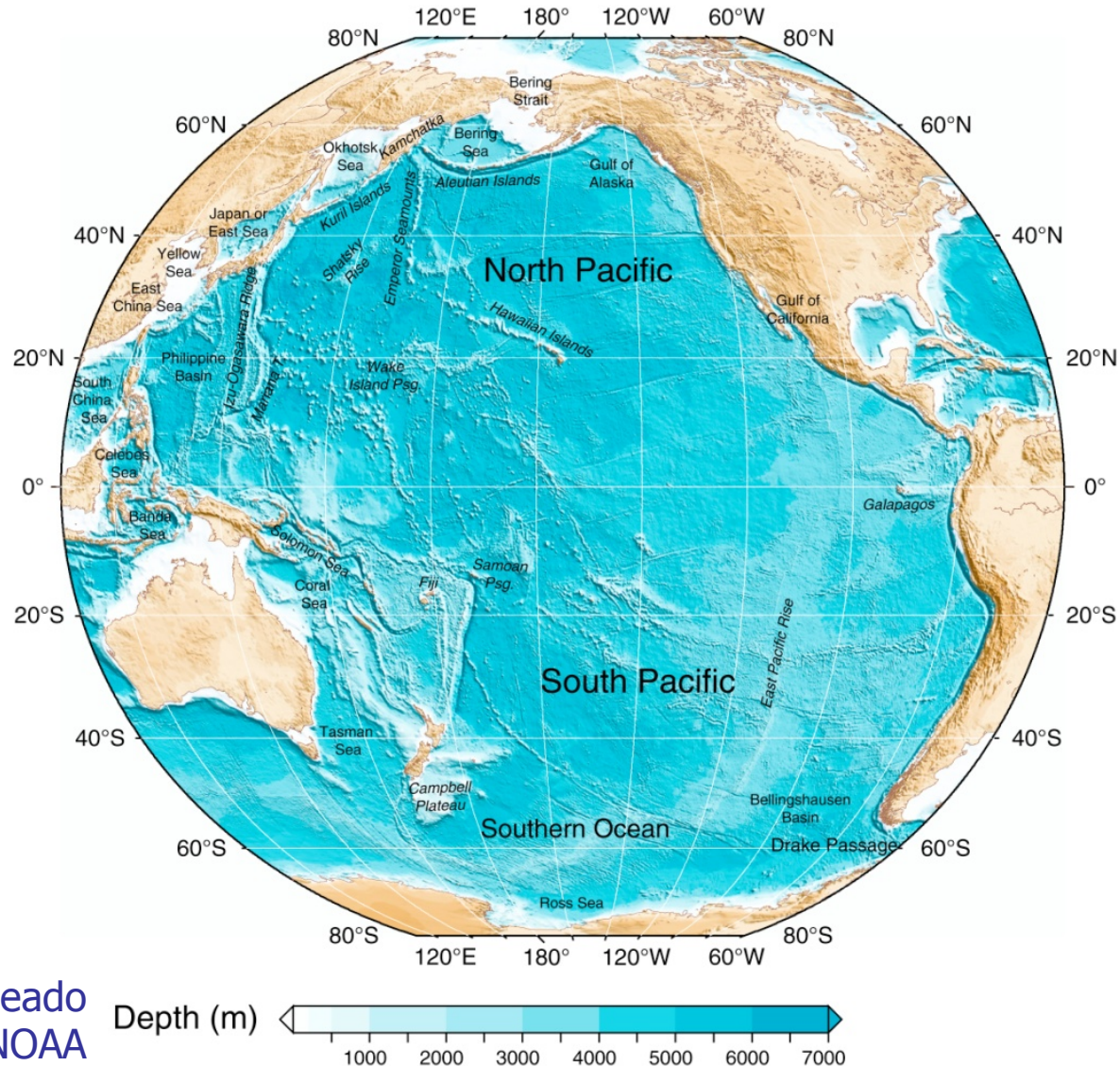


Sumário

- Introdução e visão geral
- Forçantes: vento e flutuabilidade
- Circulação no Oceano Pacífico Norte
- Circulação no Oceano Pacífico Sul
- Variabilidade turbulenta de meso-escala
- Dependência vertical da circulação e circulação termohalina
- Circulação tropical e propriedades da água
- ENSO
- Massas de água

Introdução e visão geral

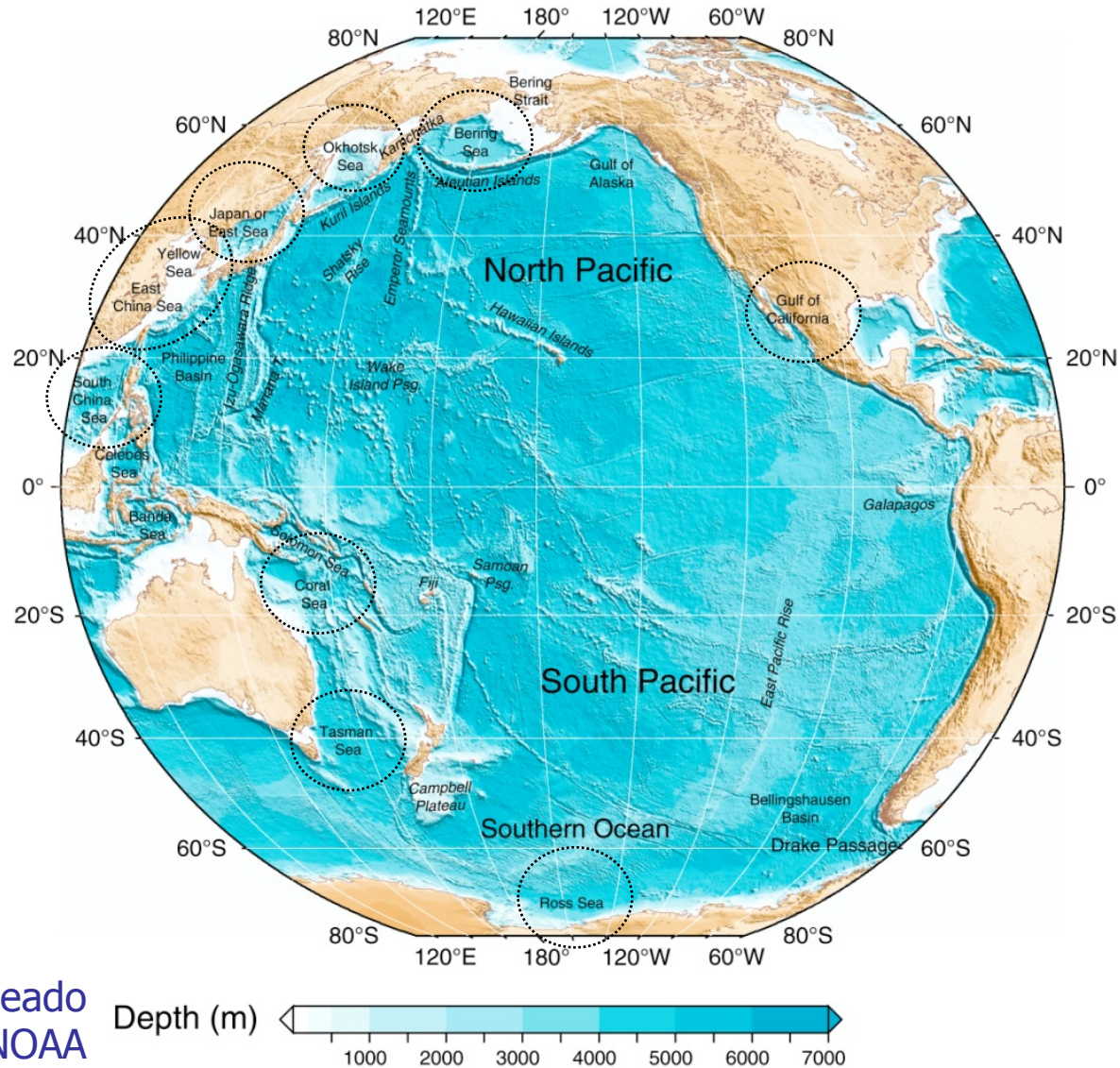
- O **Oceano Pacífico (OP)** é o maior dos oceanos
- Todo contornado por terras ao norte, com exceção do Estreito de Bering (82 km x 50 m)
- A oeste e ao norte é rodeado de fossas e elevações – “Cinturão de fogo”



Batimetria do Oceano Pacífico, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008)

Introdução e visão geral

- A Elevação Leste do Pacífico (EPR) é a maior feição da região tropical e do OP Sul
- Apresenta a maior quantidade de ilhas
- Apresenta vários mares marginais
- Na região tropical se conecta com o Oceano Índico através da Passagem da Indonésia



Batimetria do Oceano Pacífico, baseado nos dados do ETOPO2 obtidos da NOAA NGDC (2008)



Introdução e visão geral

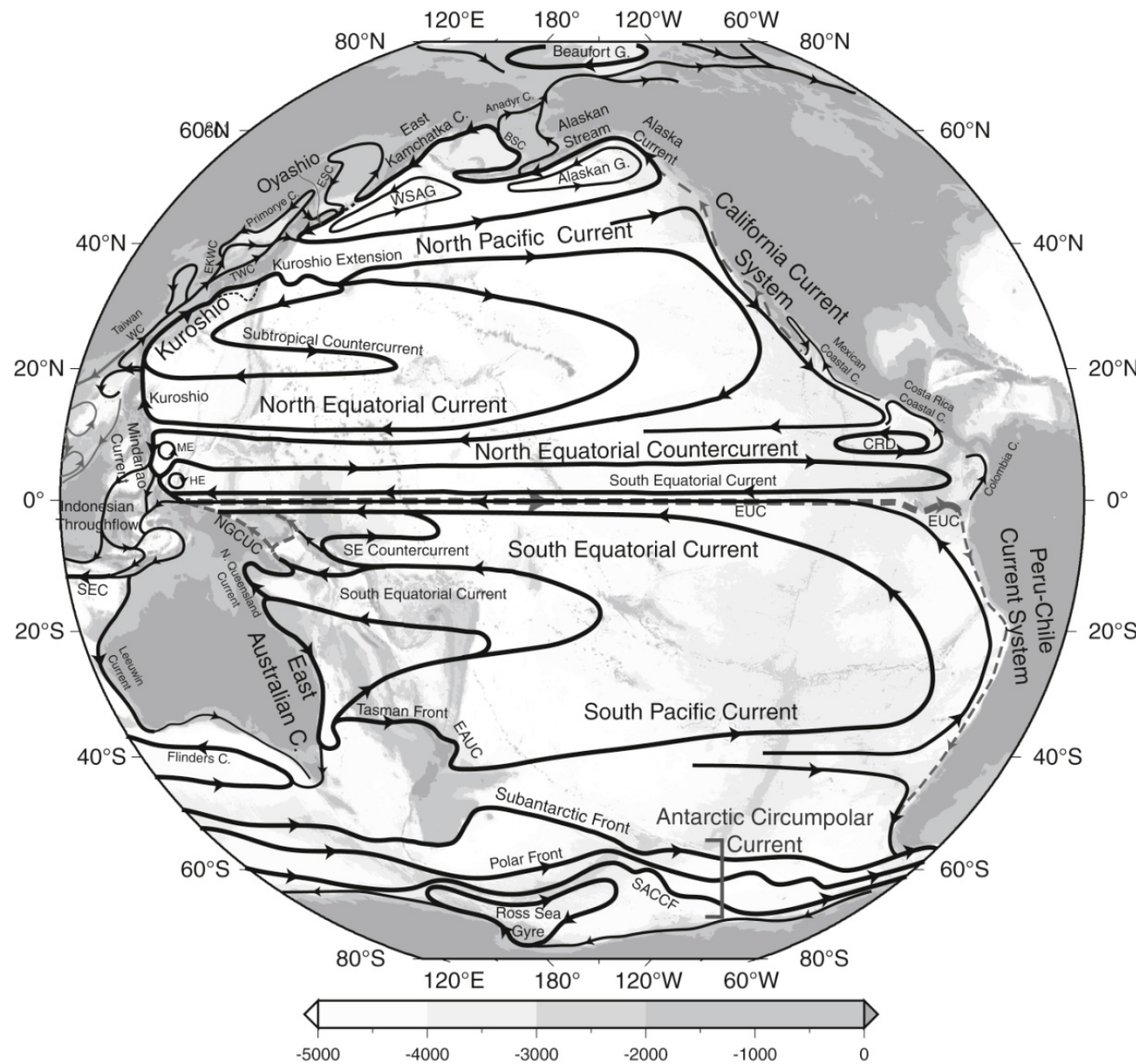
- O OP apresenta sistemas de circulação gerada pelo vento bem desenvolvidos (regiões subtropical, subpolar e tropical)
- No OP Sul existe uma transição para o Oceano Austral, o qual se conecta com os demais oceanos
- O OP é o que apresenta as menores salinidades, quando comparado com os Oceanos Atlântico e Índico
 - Isto inibe a formação de águas profundas e enfraquece a formação de águas intermediárias
- A região tropical do OP é a parte central para o ENSO



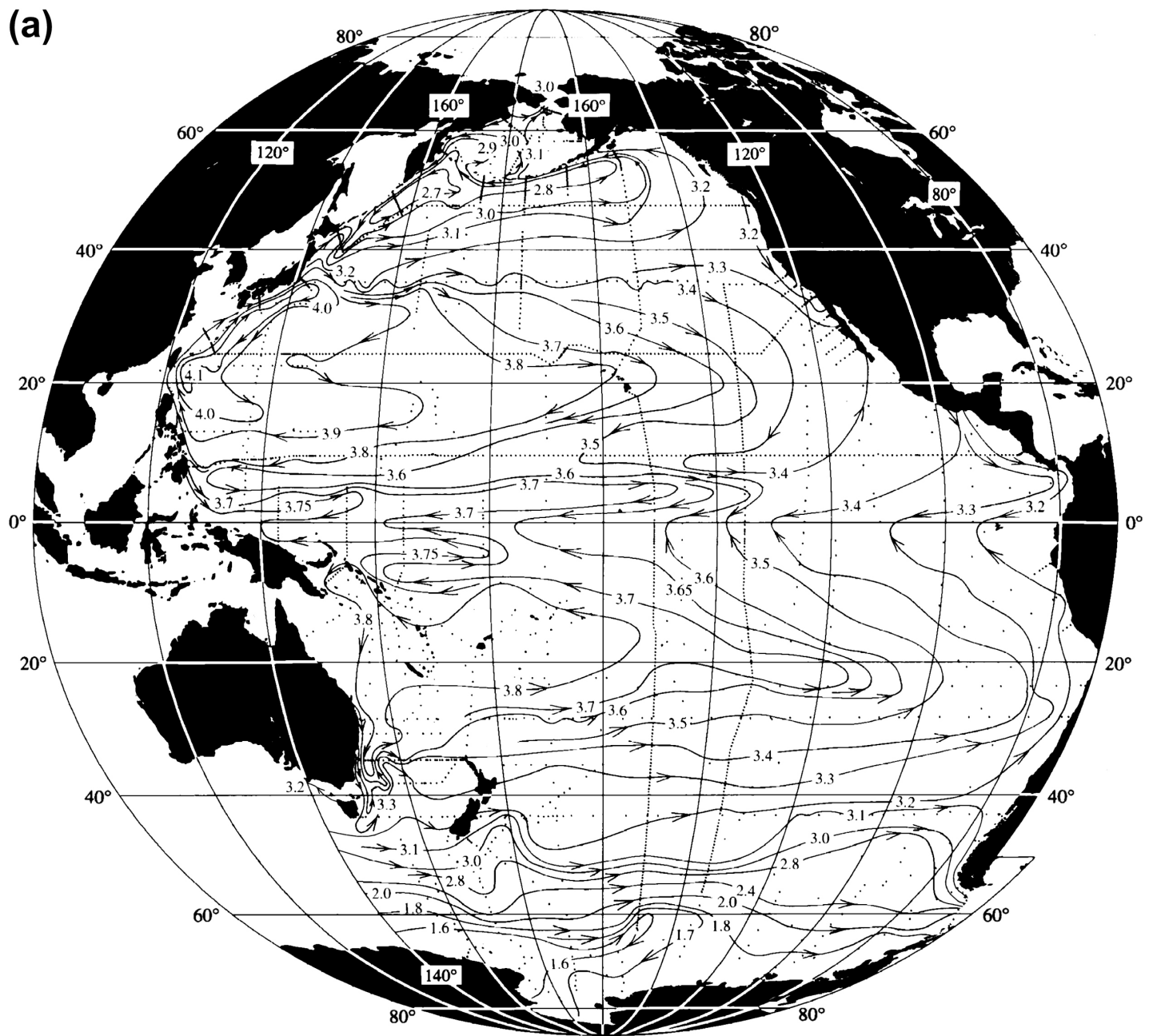
Introdução e visão geral

- A circulação de superfície no OP inclui:
 - Giros subtropicais em ambos os hemisférios
 - Um giro subpolar no HN
 - A Corrente Circumpolar Antártica (ACC)
 - Uma intensa circulação zonal na região equatorial
- A circulação profunda do OP consiste de uma entrada a partir do Oceano Austral, através de uma **Corrente Contorno Oeste Profunda (CCOP)** ao longo dos platôs profundos e cadeia de ilhas nas proximidades da Nova Zelândia

Oceano Pacífico: esquema de circulação de superfície. As principais correntes de sub-superfície ao longo do equador e da borda leste também são mostrados (tracejado). A circulação do Mar da China do Sul representa a monção de inverno. Extraído de Talley et al. (2011).



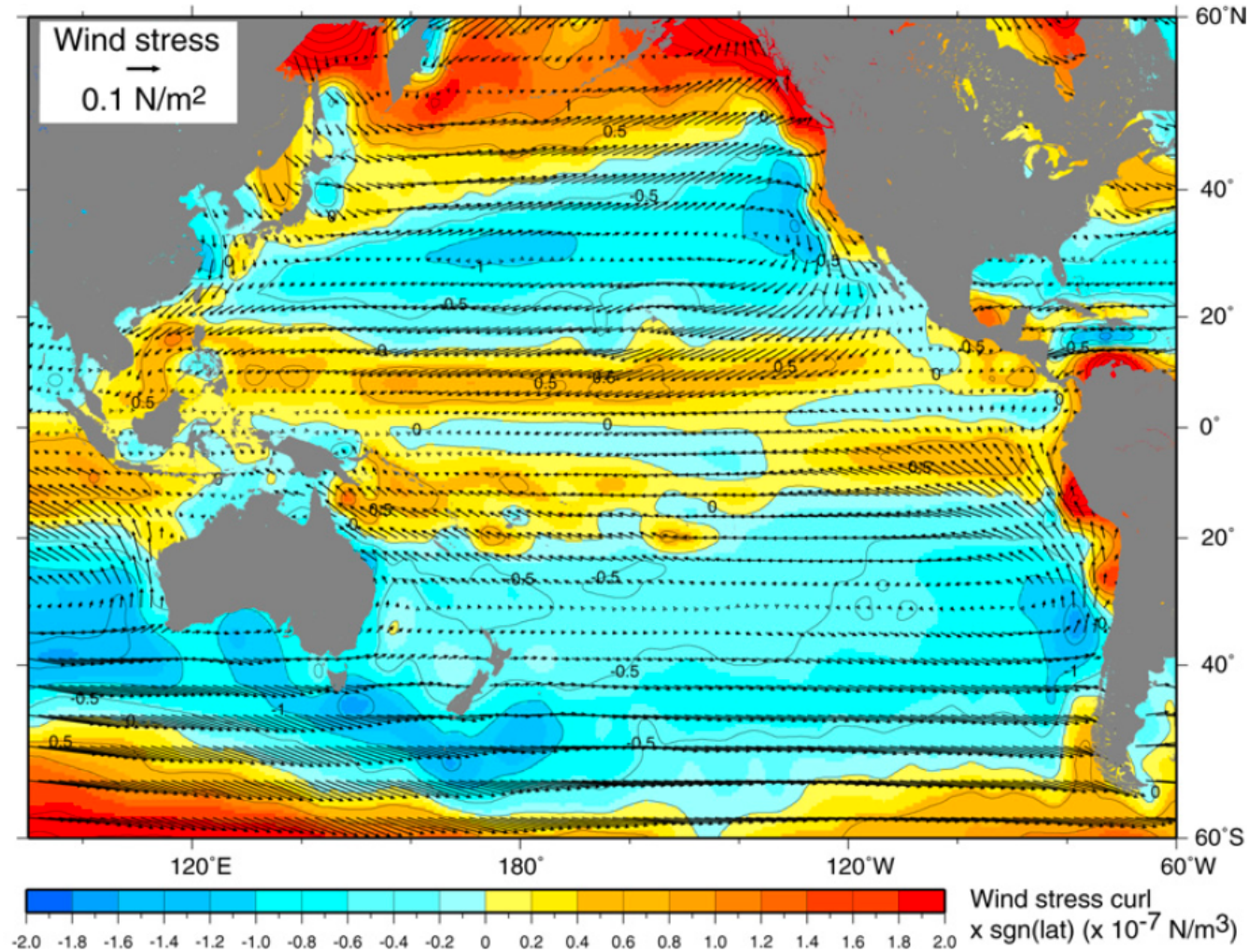
Siglas: SACCF - Southern ACC Front; EAUC - East Auckland Current; NGCUC - New Guinea Coastal Undercurrent; EUC - Equatorial Undercurrent; CRD - Costa Rica Dome; ME - Mindanao Eddy; HE - Halmahera Eddy; TWC - Tsushima Warm Current; EKWC - East Korean Warm Current; WSAG - Western Subarctic Gyre; ESC - East Sakhalin Current e BSC - Bering Slope Current.



Função de corrente geostrófica (altura estérica, $10 \text{ m}^2/\text{s}^2$) para 0 db. Fonte: Reid et al. (1997).
Extraído de Talley et al. (2011).

Forçantes: vento e flutuabilidade

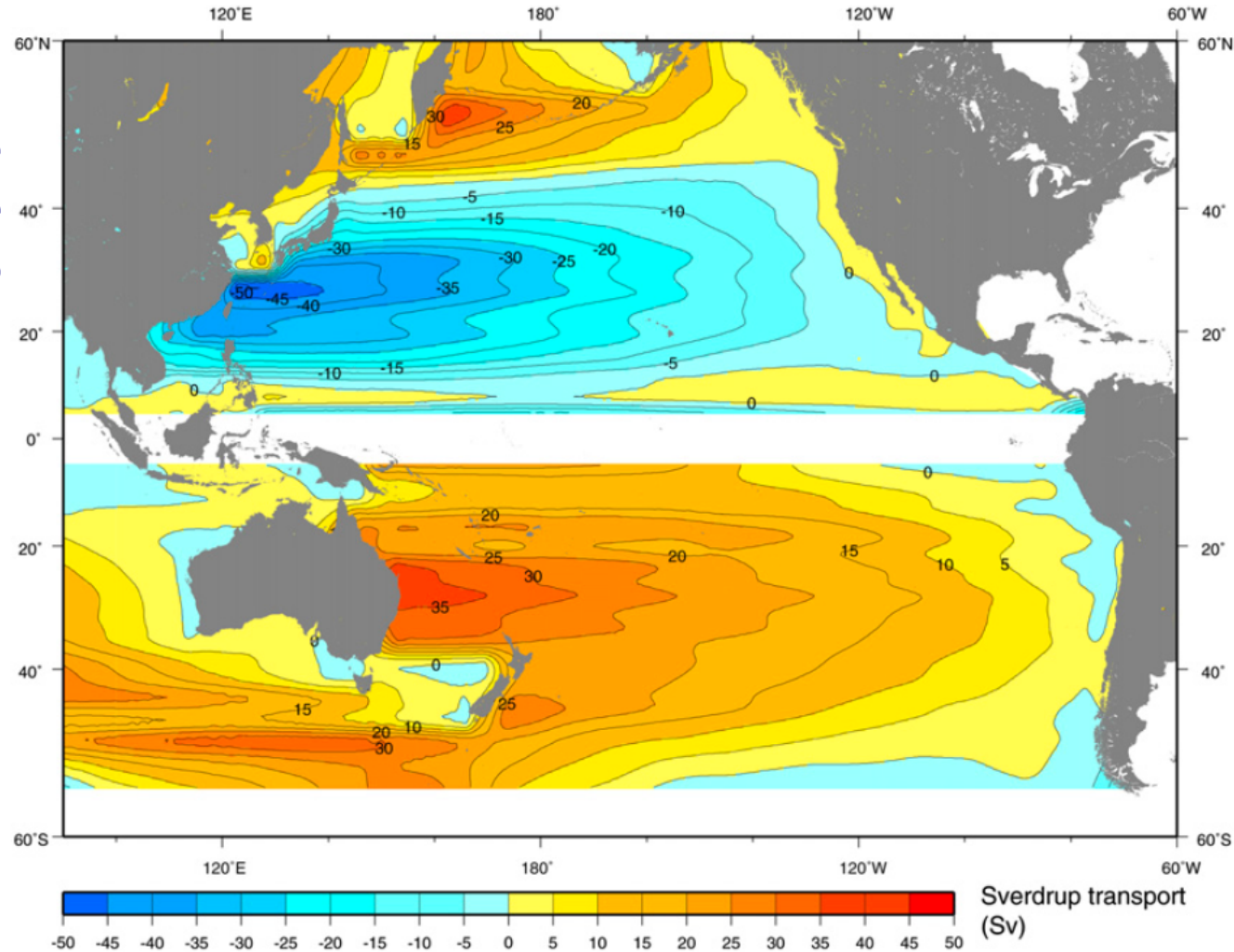
- Ventos de Oeste em latitudes superiores a 30° (HN e HS)
- Ventos alísios de Leste na região tropical
- Ventos paralelos a costa na borda leste e divergência equatorial estão associados a ressurgência



Ventos médios anuais. Tensão do vento (N/m^2) (vetores) e rotacional do vento ($\times 10^{-7} \text{ N/m}^3$) (cores), e multiplicado por -1 no HS. Dados de reanálise do NCEP (Kalnay et al., 1996). Extraído de Talley et al. (2011).

Forçantes: vento e flutuabilidade

- Giros subtropicais: convergência de Ekman e transporte de Sverdrup para o Equador
- Giro subpolar e sul da ACC: divergência de Ekman e transporte de Sverdrup para os polos

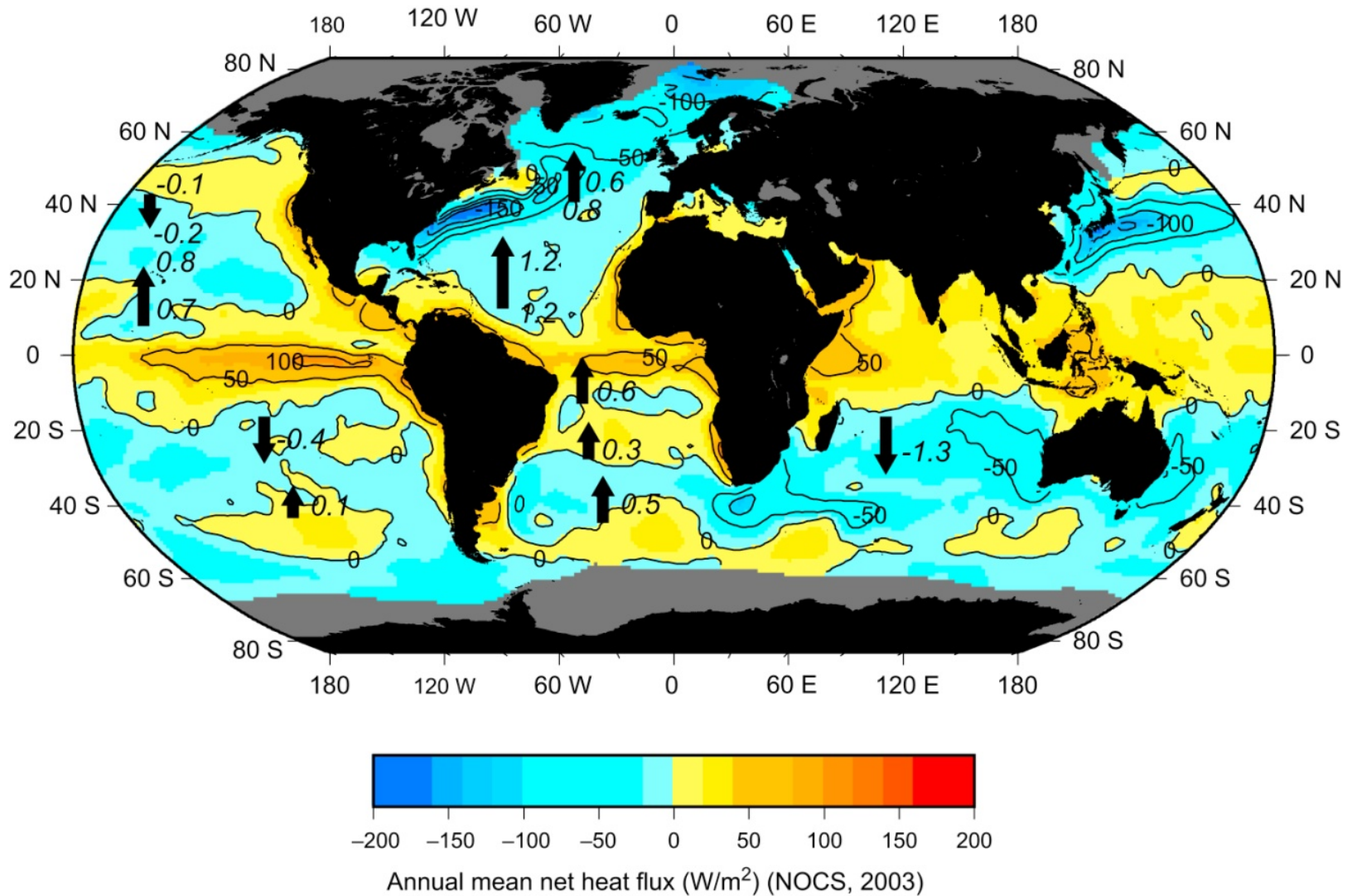


Transporte Sverdrup (Sv), onde o azul representa a circulação no sentido horário e amarelo-vermelho a circulação no sentido anti-horário. Dados de reanálise do NCEP (Kalnay et al., 1996). Extraído de Talley et al. (2011).



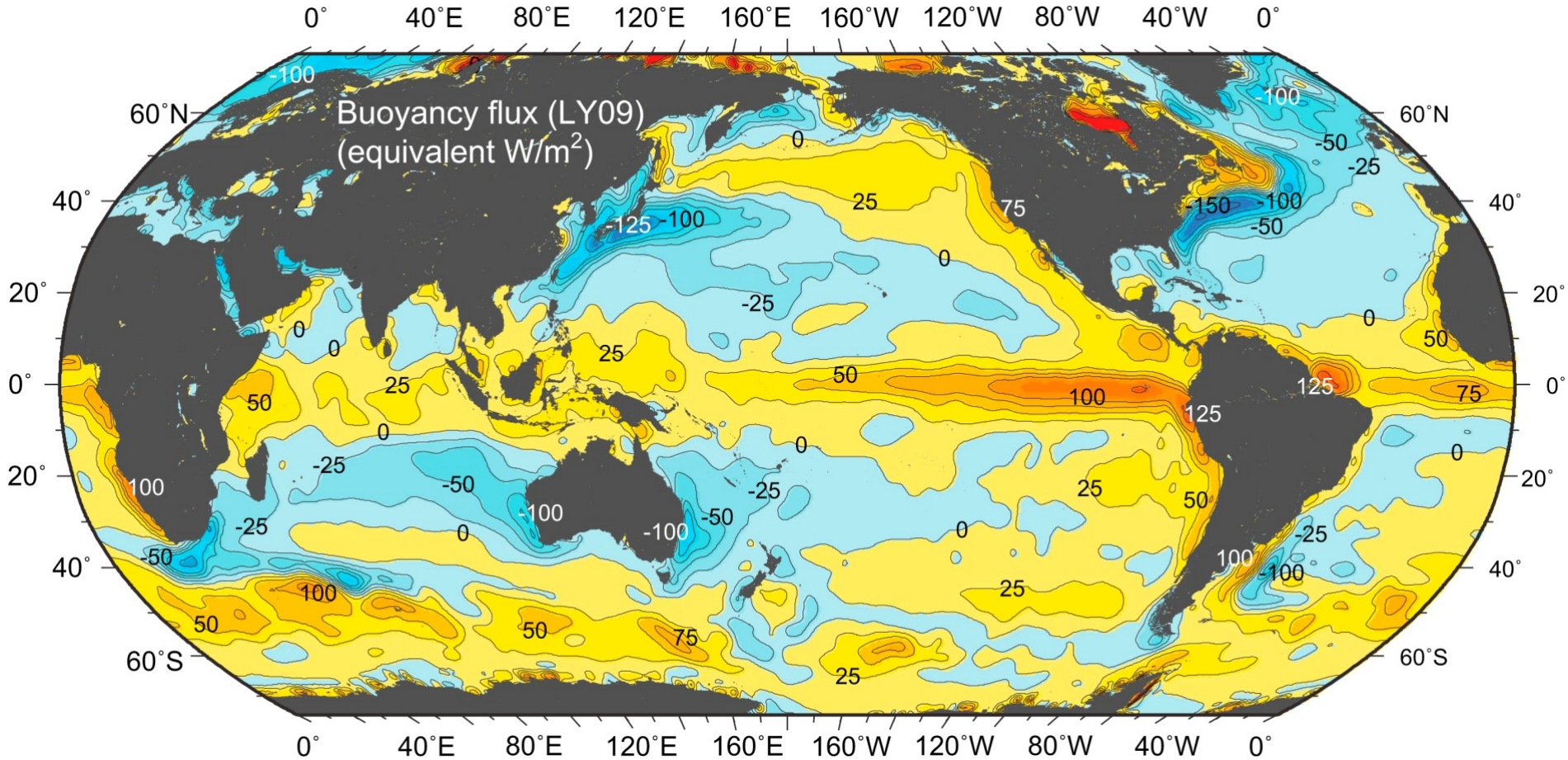
Forçantes: vento e flutuabilidade

- A forçante associada a flutuabilidade no OP é dominada pelo aquecimento/esfriamento
- Os fluxos de Evaporação-Precipitação estão diretamente associados a salinidade superficial
 - Existe precipitação líquida na região da ITCZ e em altas latitudes tanto no HN como no HS
 - Evaporação líquida ocorre nos giros subtropicais



Média anual do fluxo de calor líquido (W/m^2). Valores positivos: calor ganho pelo oceano. Valores negativos: calor perdido pelo oceano. Dados da climatologia do National Oceanography Centre, Southampton (NOCS). Os números e setas superpostos são o transporte meridional de calor (PW) calculado de médias da velocidade oceanica e temperatura, com base em Bryden e Imawaki (2001) e Talley (2003). Valores positivos são para o norte. Extraído de Talley et al (2011).

Forçantes: vento e flutuabilidade



Fluxos anuais de flutuabilidade oceano-atmosfera convertidos para o equivalente de fluxo de calor (W/m^2) Valores positivos indicam que o oceano está ficando menos denso. O intervalo de contorno é de 25 W/m^2 . Extraído de Talley et al (2011).



Circulação no Oceano Pacífico Norte

- A circulação superficial do OP Norte, entre todos os oceanos, é o exemplo mais claro de uma circulação em dois giros guiados pelos ventos alísios e de oeste
- Isto ocorre devido ao fato do OP Norte ser praticamente fechado ao norte e possuir uma circulação termohalina fraca

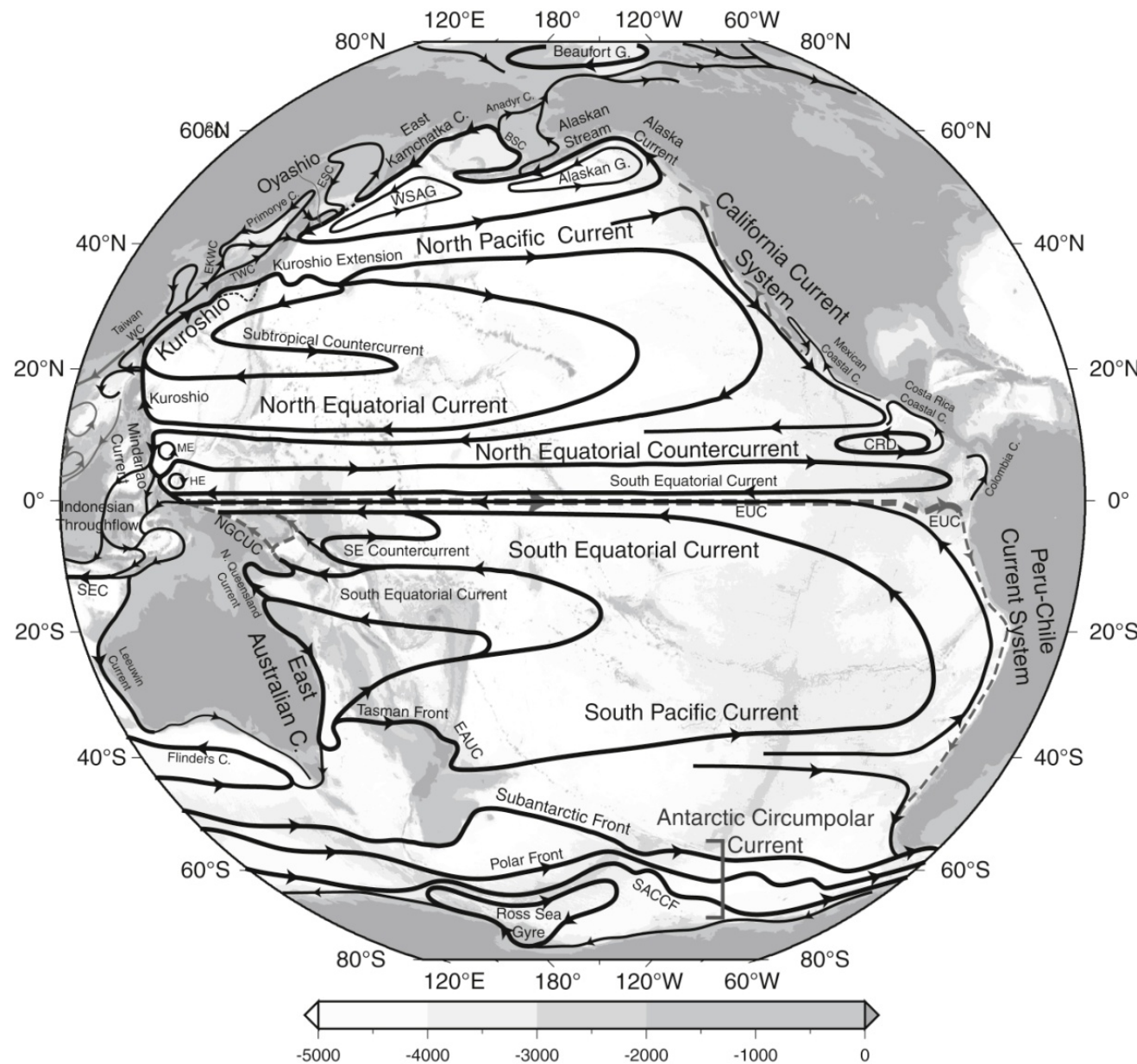


Circulação no Oceano Pacífico Norte

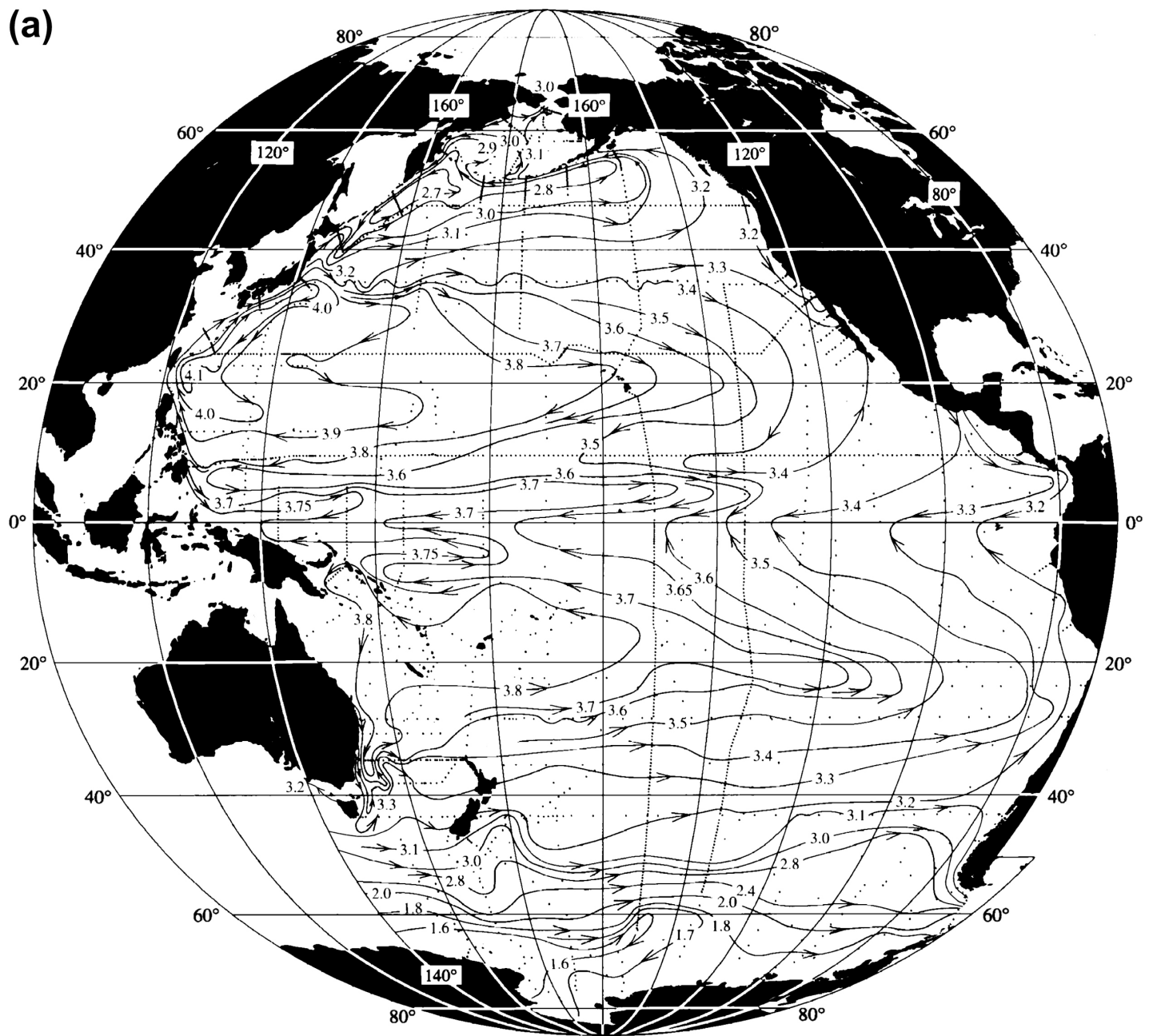
- **Circulação subtropical**

- O giro subtropical do OP Norte é um giro anticiclônico, associado com a subsidência de Ekman e transporte de Sverdrup para o Equador
 - Apresenta uma Corrente de Contorno Oeste intensa, estreita e fluindo em direção ao norte que é a **Corrente do Kuroshio (KC)**
 - Depois que a KC se separa da costa e flui em direção a leste ela recebe o nome de **Extensão da KC** e o fluxo mais amplo na parte norte do giro recebe o nome de **Corrente Norte do Pacífico (NPC)**
 - O fluxo para oeste, na parte sul do giro é a **Corrente Norte Equatorial (NEC)**, a qual também está associada a circulação tropical
 - Finalmente, no contorno leste temos o **Sistema Corrente da Califórnia (CCS)**

Oceano Pacífico: esquema de circulação de superfície. As principais correntes de sub-superfície ao longo do equador e da borda leste também são mostrados (tracejado). A circulação do Mar da China do Sul representa a monção de inverno. Extraído de Talley et al. (2011).



Siglas: SACCF - Southern ACC Front; EAUC - East Auckland Current; NGCUC - New Guinea Coastal Undercurrent; EUC - Equatorial Undercurrent; CRD - Costa Rica Dome; ME - Mindanao Eddy; HE - Halmahera Eddy; TWC - Tsushima Warm Current; EKWC - East Korean Warm Current; WSAG - Western Subarctic Gyre; ESC - East Sakhalin Current e BSC - Bering Slope Current.



Função de corrente geostrófica (altura estérica, $10 \text{ m}^2/\text{s}^2$) para 0 db. Fonte: Reid et al. (1997).
Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação no Oceano Pacífico Norte

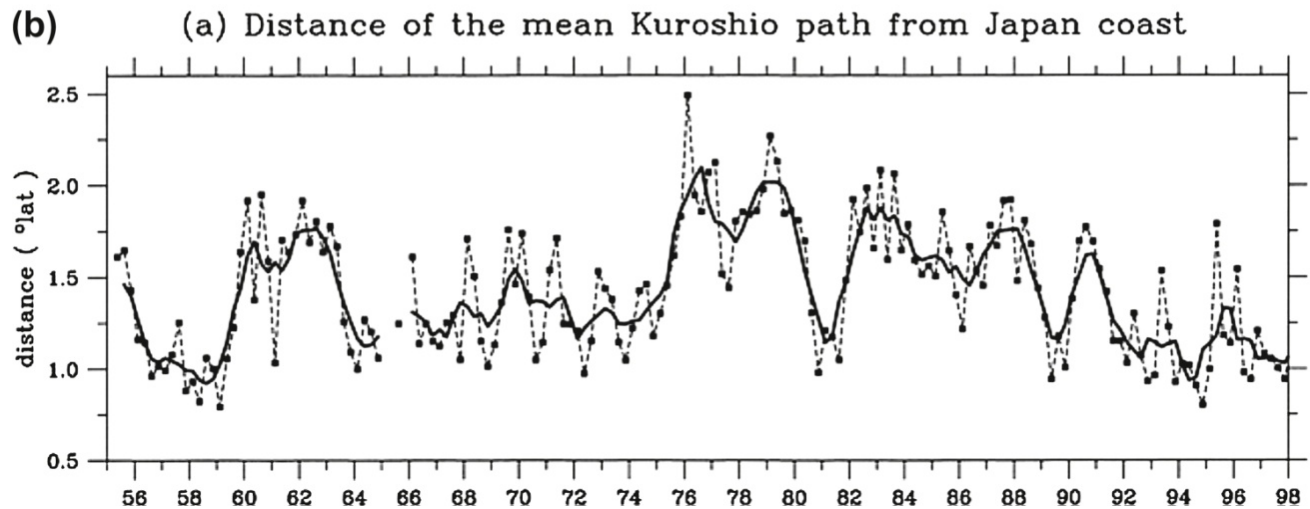
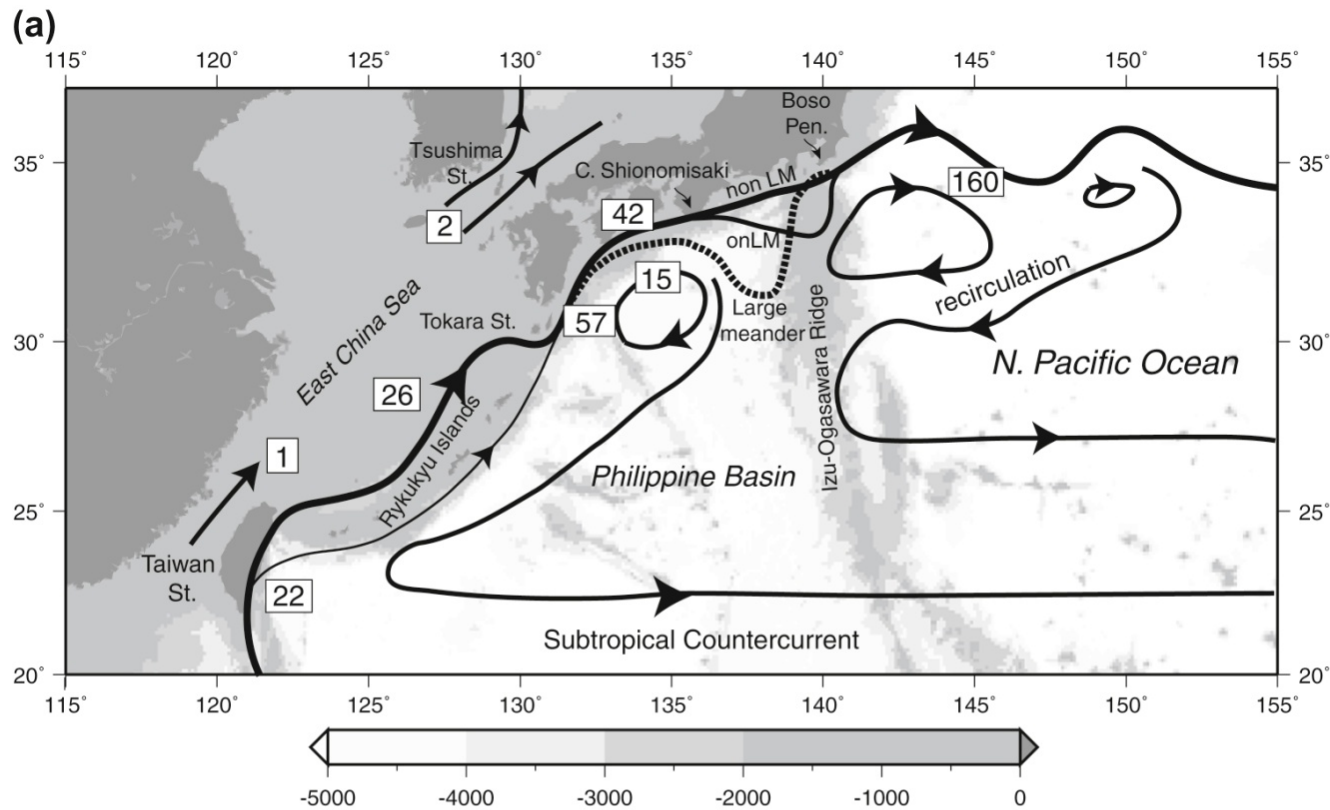
- Os fluxos amplos para leste e oeste que cruzam o OP também incluem frentes estreitas e quase zonais (largura de 100 km)
- A **Zona da Frente Sub-ártica (SAZF)**, centrada em 42°N, está inserida na NPC e aproximadamente separa o giro subtropical do giro subpolar, ficando ligeiramente ao sul do máximo dos ventos de oeste
- A **Zona da Frente Subtropical (STFZ)** (ou convergência) em cerca de 32°N, separa a NPC (fluído para leste) e a NEC (fluído para oeste)
- Com o aumento da profundidade, nota-se que o giro subtropical encolhe para oeste e em direção ao Japão
- Associado a isto ele também diminui em intensidade, praticamente desaparecendo a 1500 m de profundidade



Circulação no Oceano Pacífico Norte

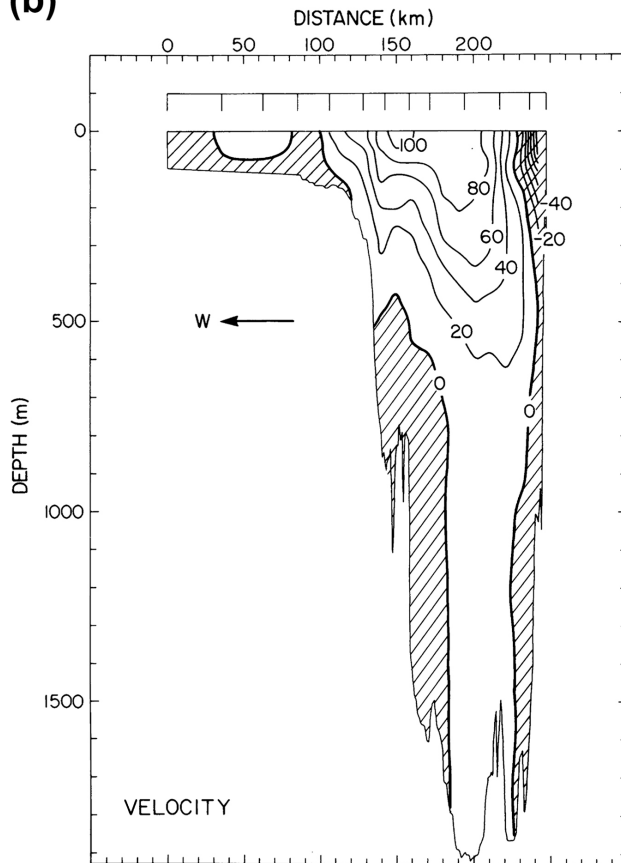
- **A KC e a Extensão da KC**
- KC (corrente preta em japonês) tem sua origem em 15°N, onde o fluxo para oeste da NEC ao chegar na borda oeste se divide em dois ramos: um ramo que flui para sul como a **Corrente de Mindanao** e outro que flui para norte com a KC
 - A KC continua a fluir para norte, passando pelo costa sul do Japão, quando então se separa e flui para leste
 - As máximas velocidades superficiais variam entre 75 e 250 cm/s, sendo que a corrente apresenta uma extensão da ordem de 80-100 km
 - A saída da KC da borda oeste é marcada pela passagem pelo Estreito de Tokara e pelo Elevação de Izu. Esta saída pode ocorrer através de dois caminhos preferenciais: i) fluido praticamente direto ao longo da costa e ii) fazendo um meandro para o sul

O Sistema do Kuroshio no oeste do OP Norte. (a) Esquema de um amplo meando (LM), fluxo direto (próximo a costa e sem um amplo meando - non LM) e longe da costa sem um amplo meandro (onLM) e esquema da recirculação do giro com o transporte em Sv. (b) Índice do estado dos meandros da KC medido pela distância em direção ao oceano da isoterma de 16°C na profundidade de 200 m entre as longitudes de 132°E e 140°E. Fonte: Qiu e Miao (2000). Extraído de Talley et al. (2011).

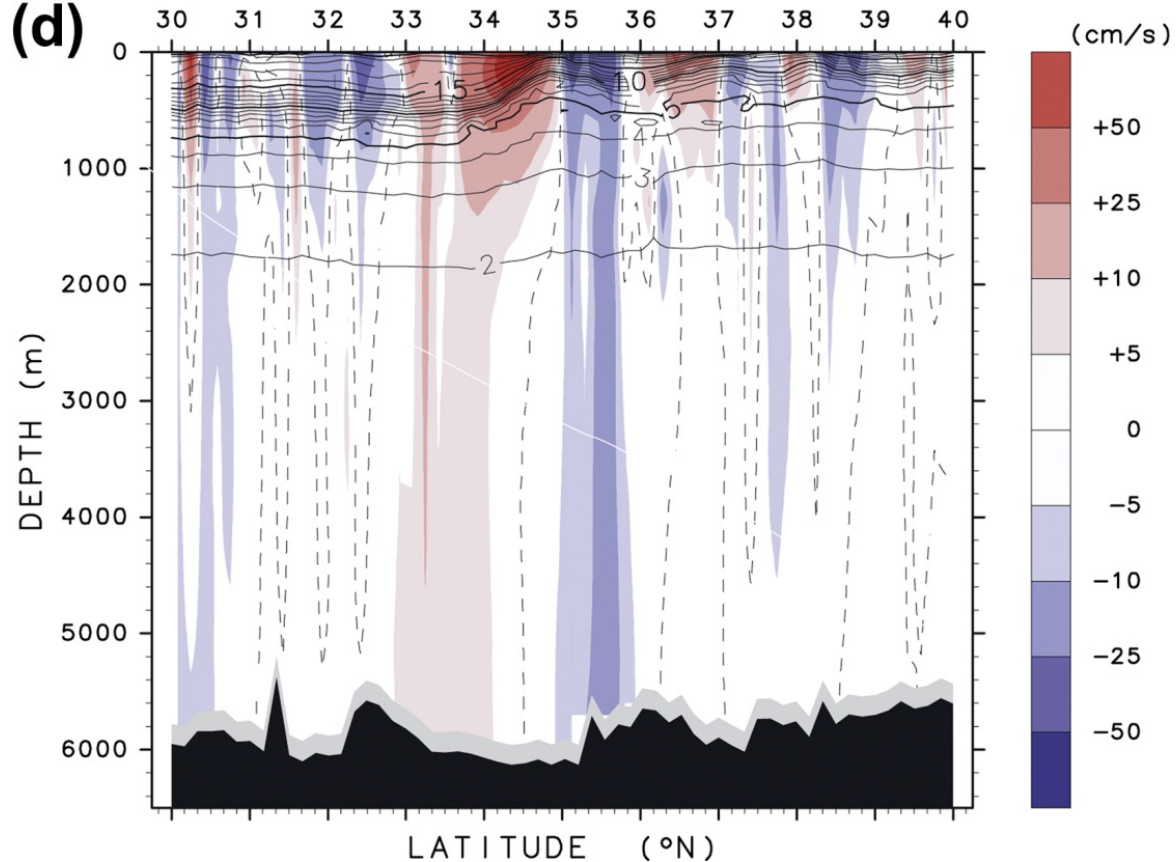


Circulação no Oceano Pacífico Norte

(b)



(d)



Seção de velocidade vertical ao longo da KC e extensão da KC. (b) Velocidade para norte ao longo de 24°N , onde a KC ainda é uma Corrente de Contorno Oeste e (d) Velocidade para leste da extensão da KC em $152^{\circ} 30' \text{ E}$. Vermelho (azul) indica um fluxo para leste (oeste). Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação no Oceano Pacífico Norte

- **A KC e a Extensão da KC**
- O transporte de volume da KC aumenta de 25 Sv, onde ela é um Corrente de Contorno Oeste para 57 Sv no Estreito de Tokara (ainda antes da separação da costa) para um máximo de 140-160 Sv
- A extensão da KC é altamente instável
- Os meandros/vórtices apresentam locais preferenciais para ocorrerem, sendo que anéis anticiclônicos se propagam para norte e anéis ciclônicos se propagam para sul



Circulação no Oceano Pacífico Norte

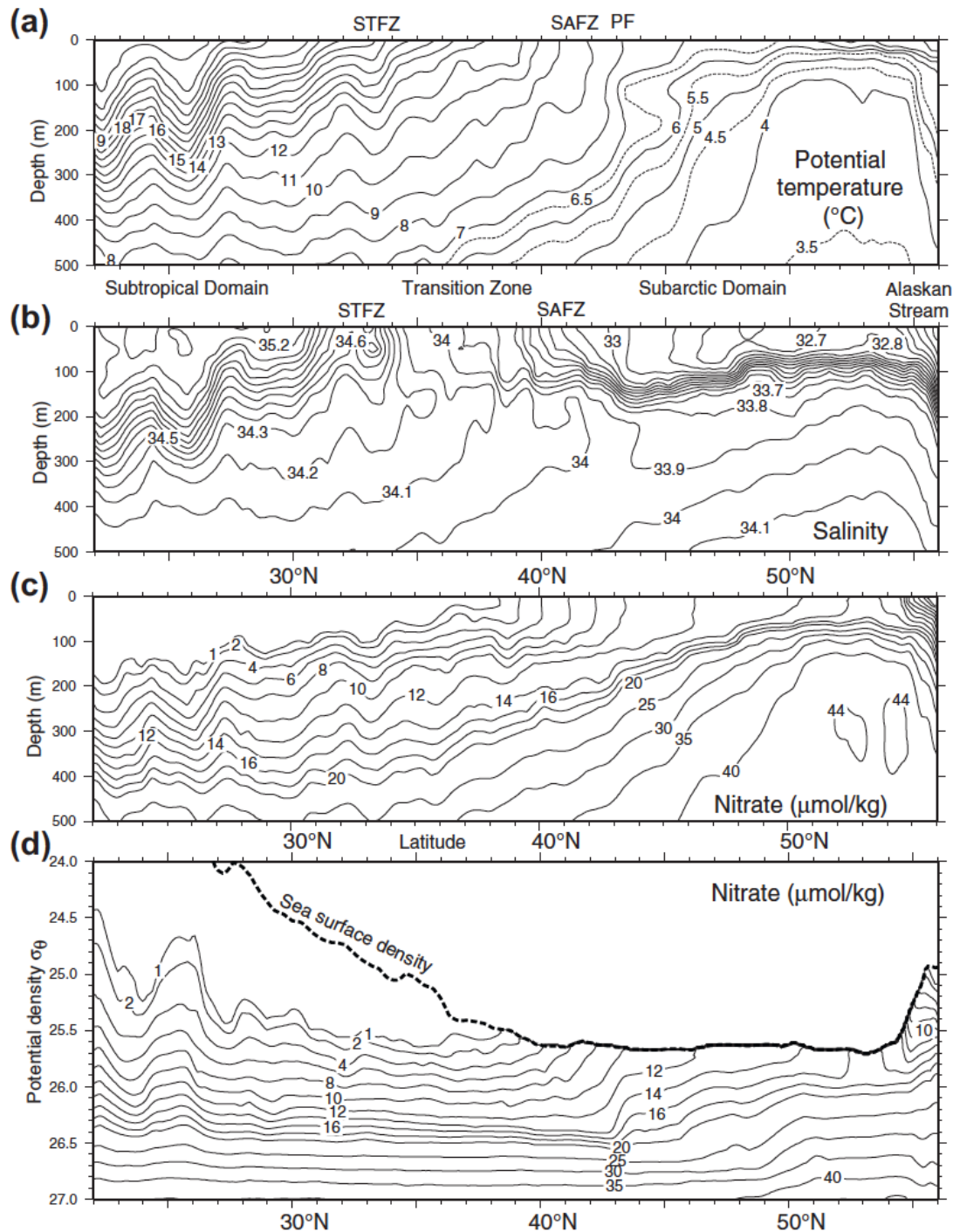
- **A NPC e as frentes**

- A NPC é um amplo fluxo para leste na parte central e leste do giro subtropical. A velocidade média da NCP é pequena e geralmente inferior a 10 cm/s
- Os limites norte e sul do giro subtropical podem ser atribuídos a SAFZ (40°N – 44°N) e a frente subtropical (25-32°N)
- Em ambas as zonas frontais (que em escala sinótica apresentam extensão de 100 – 200 km) temperatura, salinidade e densidade variam rapidamente com a profundidade

➤ A SAFZ, no OP Norte aberto, coincide com o máximo de convergência de Ekman no centro do giro subtropical

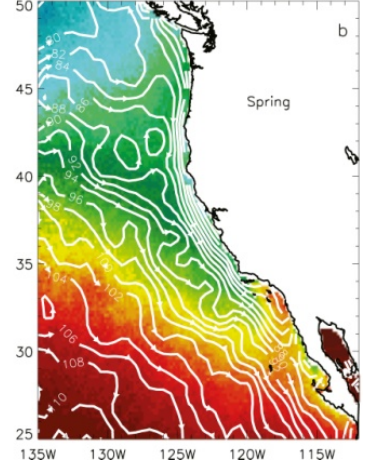
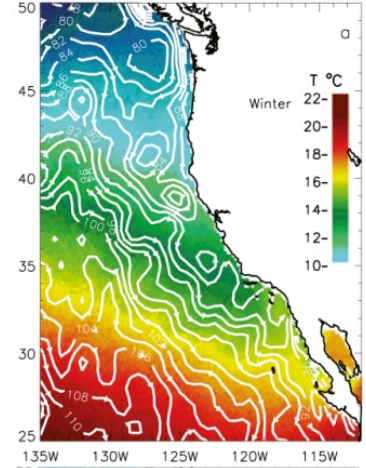
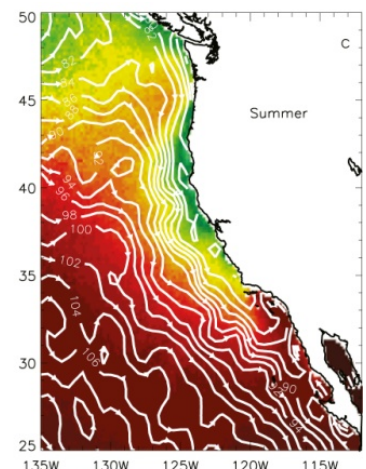
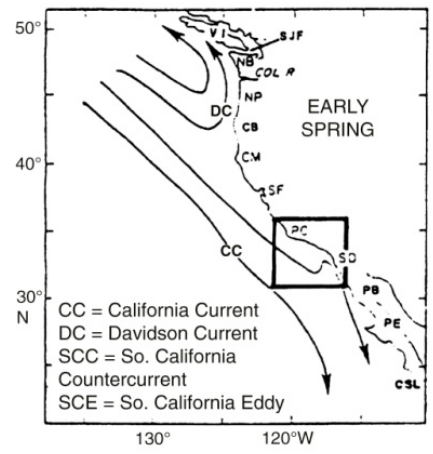
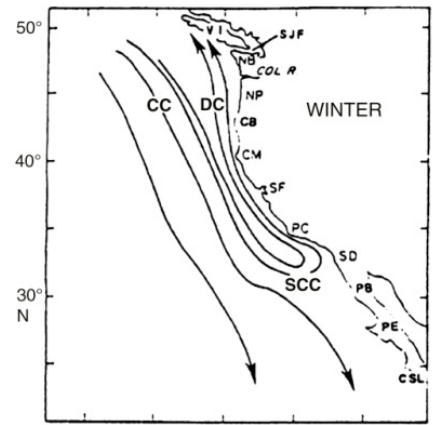
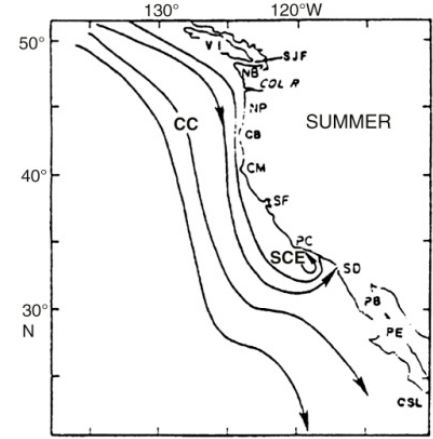
➤ Existe uma ampla variação em termos de nutrientes entre a subsidência de Ekman associada ao giro subtropical e a ressurgência de Ekman associada ao giro subpolar

A transição subtropical-sub-Ártica em 150W na parte central do OP Norte (Maio – Junho, 1984). (a) Temperatura potencial, (b) Salinidade, (c) Nitrato e (d) nitrato x densidade potencial. Dados do atlas do WOCE. Extraído de Talley et al. (2011).



- **O Sistema da Corrente da Califórnia (CCS)**

- A CCS apresenta dois regimes:
 - A frente da Corrente da Califórnia que é rasa, estreita e meandrante e que flui para sul, com zonas de ressurgência ao longo da costa e jatos em direção ao oceano e uma contra-corrente fluindo para norte
 - O fluxo para sul associado ao giro subtropical



(a) Esquema das correntes superficiais na CCS em diferentes estações. (b) Ciclo sazonal da TSM derivada de satélite e altura da superfície do mar, mostrando a circulação geostrófica. Extraído de Talley et al. (2011).

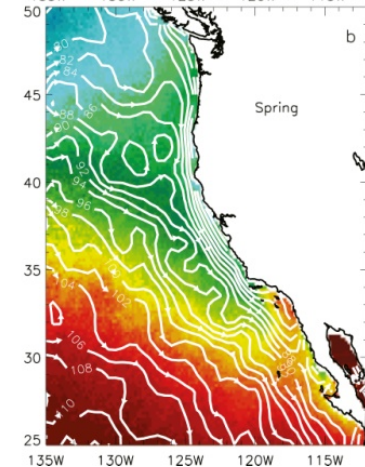
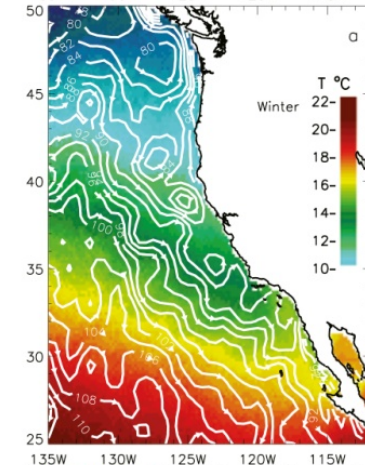
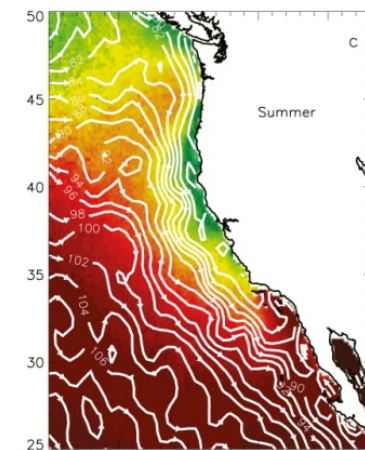
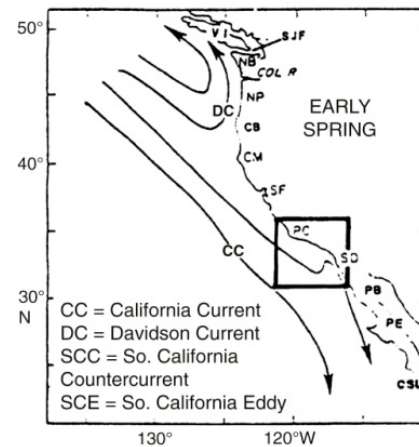
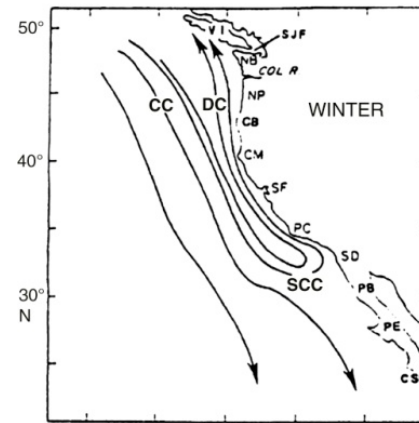
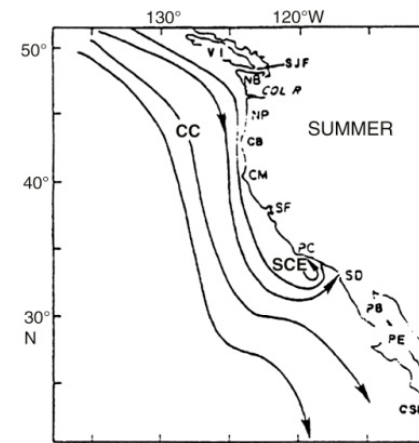
- **O Sistema da Corrente da Califórnia (CCS)**

- Dinamicamente, estas duas componentes apresentam origens diferentes

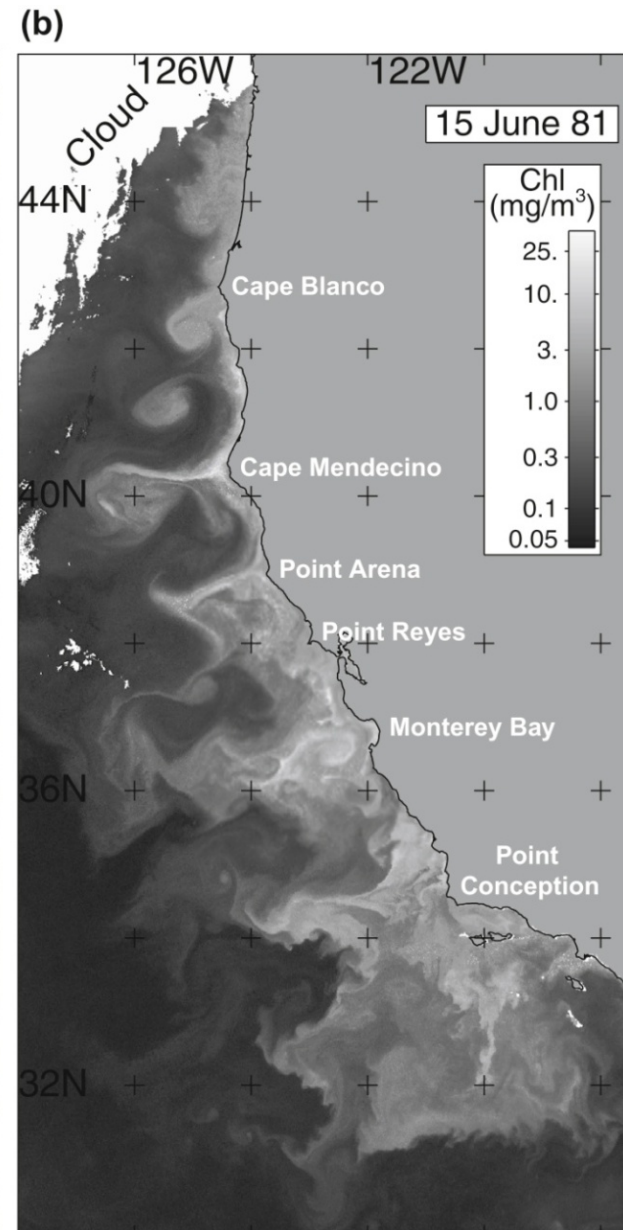
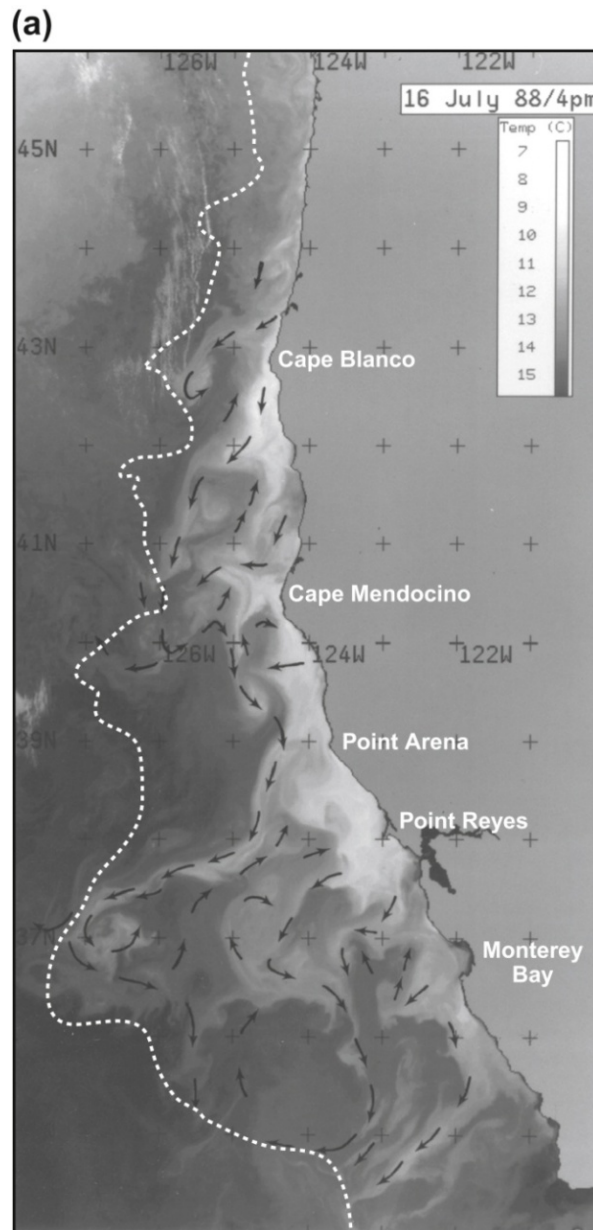
- O primeiro é um fluxo para sul associado ao processo de ressurgência costeira gerado pelo vento local

- O segundo está associado a circulação de larga escala do giro subtropical, resultante da subsidência de Ekman e do transporte de Sverdrup em direção ao equador

(a) Esquema das correntes superficiais na CCS em diferentes estações. (b) Ciclo sazonal da TSM derivada de satélite e altura da superfície do mar, mostrando a circulação geostrófica. Extraído de Talley et al. (2011).



- A ressurgência ao longo do CCS pode ser observada em zonas de água superficial fria em uma região entre 80-300 km da costa, sendo mais intensa entre abril e agosto
- As águas que ressurgem são altamente produtivas

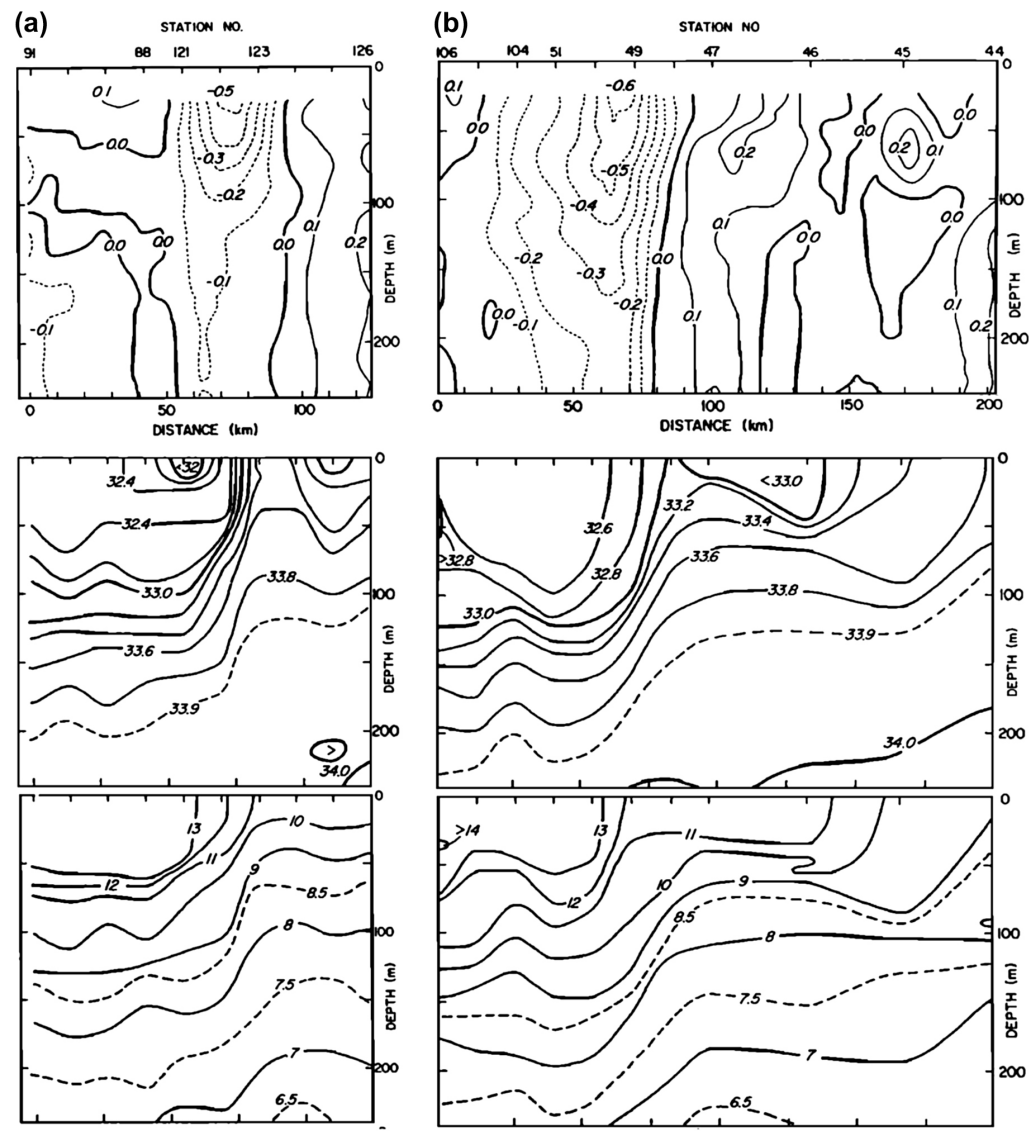


(a) TSM de satélite (16 de Julho de 1988) com vetores de fluxo determinados subjetivamente a partir de imagens sucessivas. (b) Concentração de pigmentos de superfície a partir do satélite CZCS em 15 de Junho de 1981). Fonte: Strub et al. (1991). Extraído de Talley et al. (2011).

➤ As águas que ressurgem não são originadas de grandes profundidades em função da estratificação. Esta fonte, localizada a 150-200 m é funda o suficiente para acessar as águas ricas em nutrientes que estão abaixo da zona eufótica

➤ A máxima velocidade da Corrente da Califórnia é 40-80 cm/s e sua largura é de 50-100 km

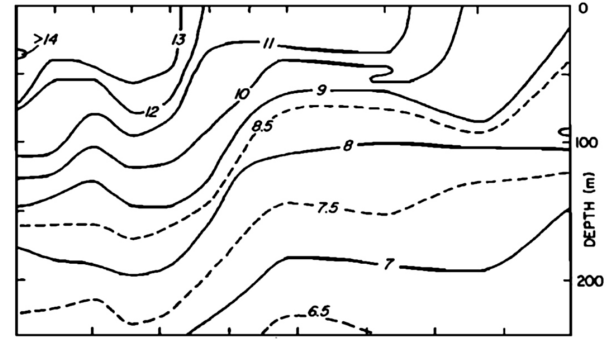
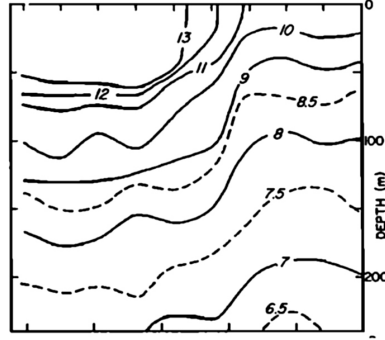
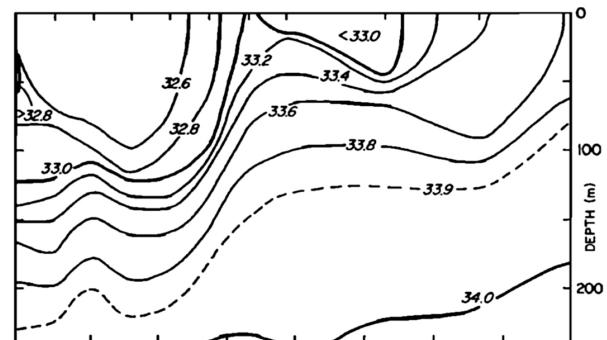
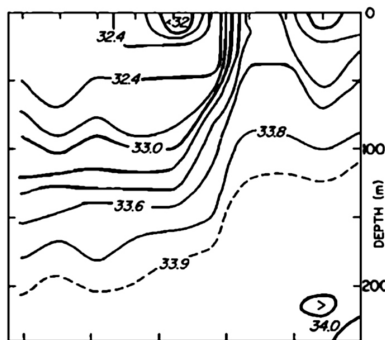
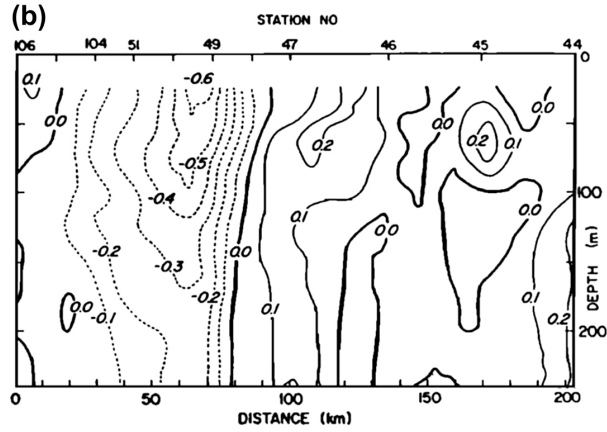
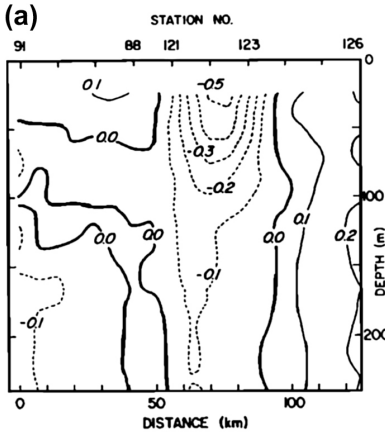
➤ A velocidade decai rapidamente com a profundidade, estando confinada nos primeiros 300 m



Seções verticais de velocidade (superior), salinidade (meio) e temperatura potencial (inferior) ao longo da CCS em 41,5°N (esquerda) e 40°N em Junho de 1987. A costa está a direita. Fonte: Kosro et al. (1991). Extraído de Talley et al. (2011).

➤ A diminuição da velocidade geostrófica entre a superfície e os primeiros 200 m pode ser evidenciada pela inclinação das isothermas em direção a costa

➤ Em um estado estacionário, ocorreria um aquecimento das águas a medida que elas se movem para o oceano. Com este aumento não ocorre exatamente ao mesmo tempo, observa-se um deslocamento em direção ao oceano da frente da Corrente da Califórnia



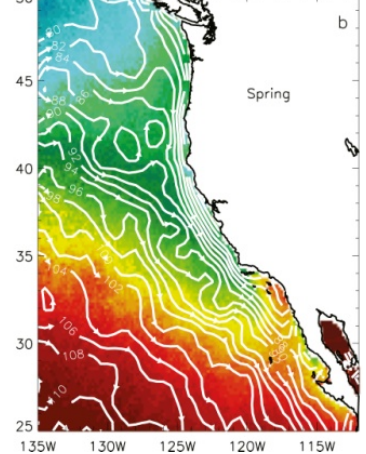
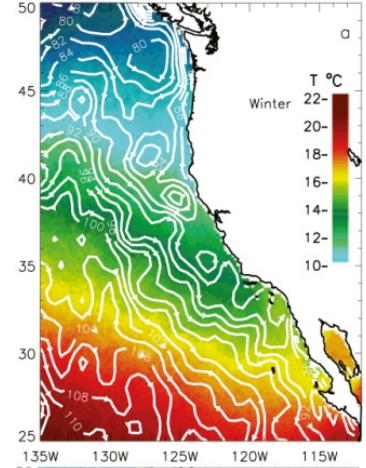
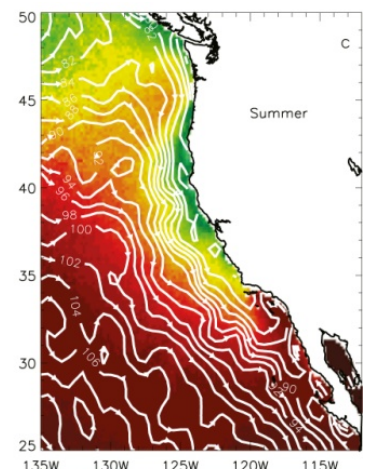
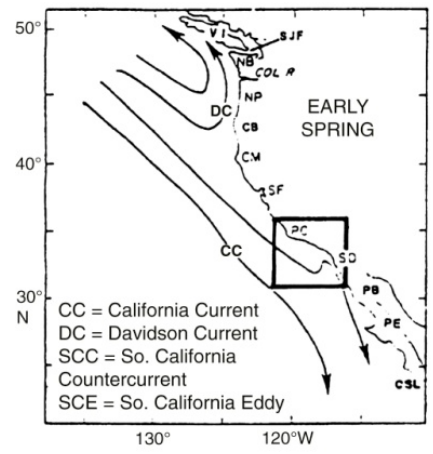
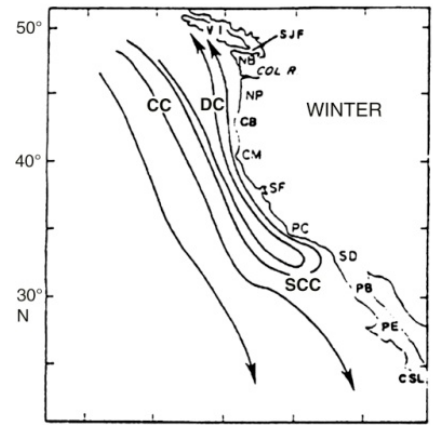
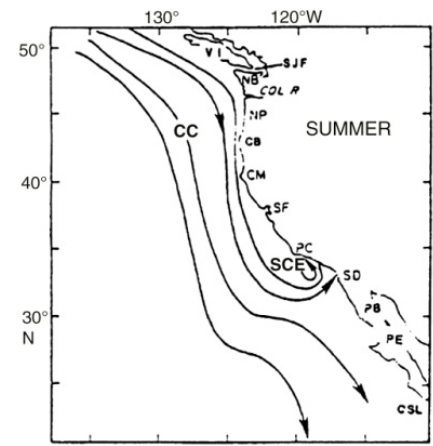
Seções verticais de velocidade (superior), salinidade (meio) e temperatura potencial (inferior) ao longo da CCS em 41,5°N (esquerda) e 40°N em Junho de 1987. A costa está a direita. Fonte: Kosro et al. (1991). Extraído de Talley et al. (2011).

- Abaixo e na parte mais costeira da Corrente da Califórnia existe um fluxo para norte, centrado na quebra da plataforma continental. Esta é a chamada **Sub-corrente da Califórnia (CUC)**

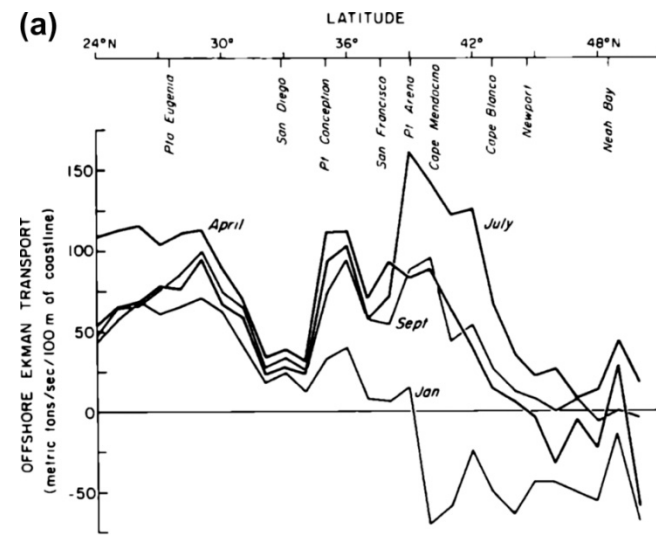
- A CUC tem largura de 20 km, núcleo localizado em 250 m e velocidade que pode ser superior a 10 cm/s

- Durante o inverno, quando a ressurgência é fraca ou inexistente, observa-se a formação de uma corrente costeira para norte chamada de **Corrente de Davidson**

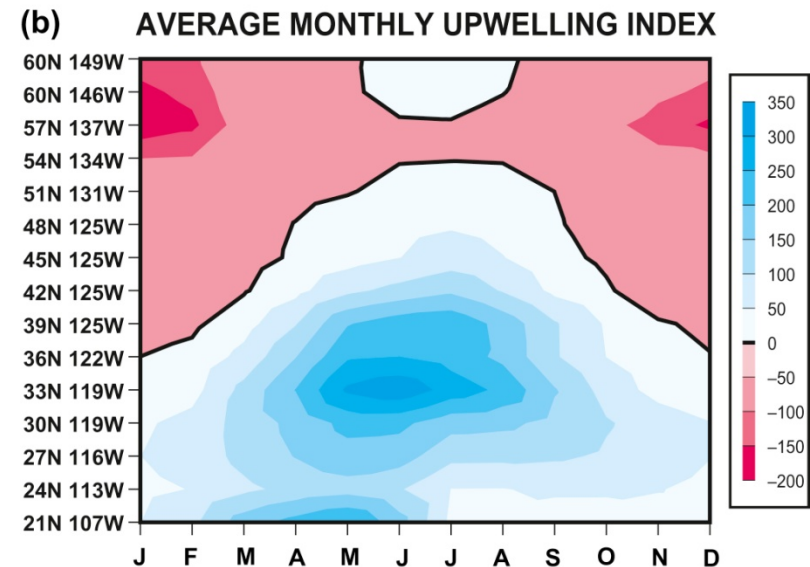
(a) Esquema das correntes superficiais na CCS em diferentes estações. (b) Ciclo sazonal da TSM derivada de satélite e altura da superfície do mar, mostrando a circulação geostrofica. Extraído de Talley et al. (2011).



- O forte ciclo sazonal associado ao vento pode ser quantificado através do índice de ressurgência, relacionando o transporte de Ekman e a intensidade da tensão do vento paralela à costa



- O máximo de ressurgência ocorre no final da primavera e no verão, sendo o máximo valor atingido em 34°N
- Ao norte de 40°N os ventos são favoráveis a subsidência no inverno
- Ao norte de 45°N , para a média anual, existe subsidência



- (a) Transporte de Ekman para o oceano baseado em medias de longo período da tensão do vento.
 (b) Índice de ressurgência baseado na distribuição da pressão atmosférica com base em uma média entre 1946-1995. Valores positivos (em azul) representam ressurgência e valores negativos (em vermelho) representam subsidência. Fonte Schwing et al. (1996). Extraído de Talley et al. (2011).



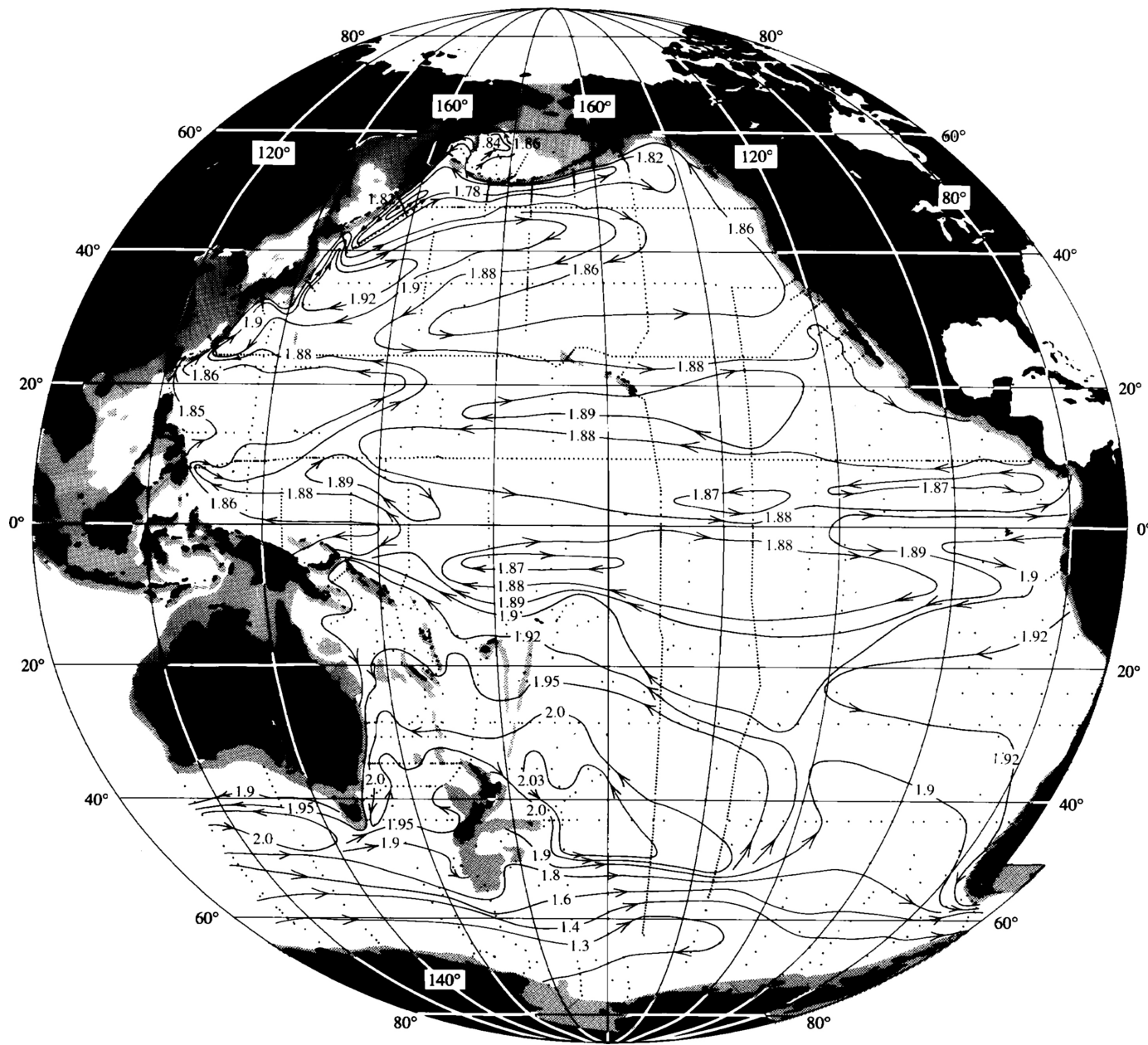
Circulação no Oceano Pacífico Norte

- **A Corrente Norte Equatorial - NEC**
- A NEC é um amplo fluxo para oeste na parte sul do giro subtropical. Ela ocorre entre 8° e 20° N, dependendo da longitude
- A medida que a NEC flui para oeste, parte do seu fluxo se move em direção ao sul juntando-se a **Contra-Corrente Norte Equatorial (NECC)**
- O transporte de volume da NEC chega a 50 Sv nos primeiros 500 m da coluna d'água e 80 Sv da superfície até o fundo



Circulação no Oceano Pacífico Norte

- **Dependência da Profundidade no giro subtropical**
- O giro subtropical encolhe espacialmente com a profundidade. Como em todos os outros giros subtropicais, ele encolhe em direção a parte mais energética do fluxo: para oeste em direção ao contorno oeste e para norte em direção à Extensão da KC
- O encolhimento do giro da superfície até a profundidade de 200 m é dramático
- Entre 1000-1500 m o giro subtropical é encontrado totalmente no oeste do OP próximo ao KC e a Extensão da KC



Altura estérica ($10 \text{ m}^2/\text{s}^2$) em 1000 db baseada em dados hidrográficos e velocidade geostrófica referenciada ajustada para proporcionar a circulação absoluta. Fonte: Reid et al. (1997). Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação no Oceano Pacífico Norte

- **Circulação subpolar**

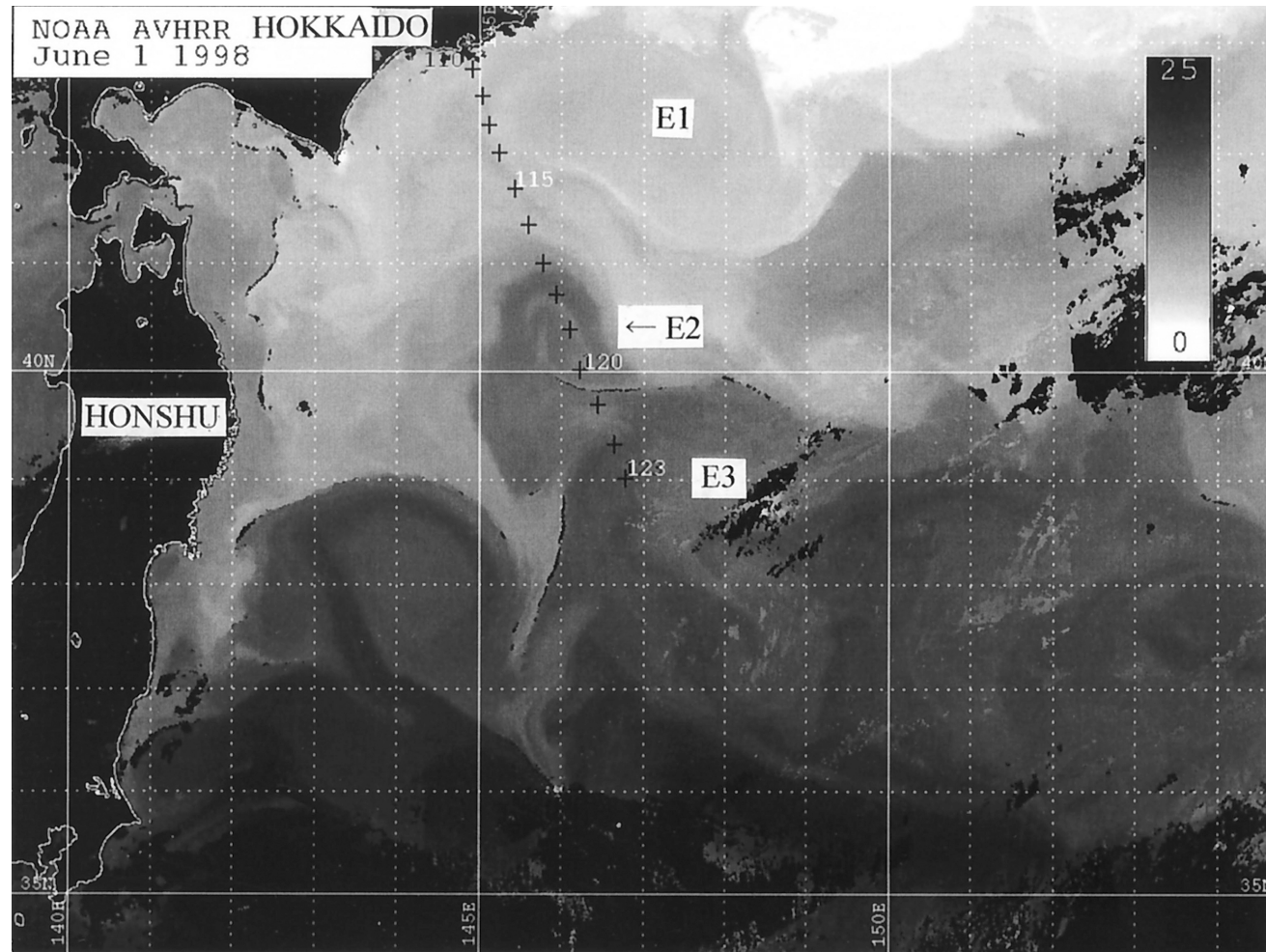
- O giro subpolar do OP Norte se estende ao longo da largura da bacia e é comprimido na direção norte/sul entre 42°N e a costa do Alasca
 - Apresenta uma Corrente de Contorno Oeste fluído para sul, a **Corrente do Oyashio (OC)/Corrente Leste de Kamchatka (EKC)**
 - A restrição geográfica (próxima a linha da data) separa o giro subpolar em duas porções, o giro subpolar do oeste e o giro do Alasca
 - Estes giros são conectados através de um fluxo para leste na parte sul do giro, que é a **Corrente Subártica**, que é parte da NPC
 - A Corrente de Contorno Leste que flui para norte é a **Corrente do Alasca**, a qual aporta águas para o **Jato do Alasca**, que flui para oeste



Circulação no Oceano Pacífico Norte

- **Correntes de Contorno Oeste Subpolares**
- O fluxo para sul no sistema de Correntes de Contorno Oeste inclui: i) a EKC ao longo da Península de Kamchatka e Ilhas Kuril e ii) a Corrente do Oyashio ao sul das Ilhas Kuril e Hokkaido
- Esta distinção ocorre porque a EKC entra no Mar de Okhotsk e suas propriedades termohalinas são bastante modificadas lá
- A Corrente do Oyashio se separa da costa ao sul de Hokkaido
- Depois que ela se separa, ela geralmente forma dois grandes meandros chamados de primeira (costeiro) e segunda (offshore) intrusões da Corrente do Oyashio

- As águas da intrusão costeira podem penetrar ao sul da costa de Honshu. As vezes indo até o ponto de separação da KC em 36°N
- A localização desta penetração para sul é de grande interesse para a pesca no Japão em função do aporte de nutrientes



A Corrente do Oyashio, Kuroshio e região de águas misturadas no leste do Japão. TSM (NOAA AVHRR imagem de satélite) com escala de temperatura entre 0 e 25C. E1, E2 e E3 indicam vórtices anticiclônicos. Fonte: Yasuda et al. (2001). Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação no Oceano Pacífico Norte

- **Correntes de Contorno Oeste Subpolares**
- A Corrente do Oyashio/EKC é uma Corrente de Contorno Oeste relativamente fraca, onde as velocidades superficiais máximas chegam apenas a 20-50 cm/s
 - O transporte da Corrente do Oyashio varia entre 5-20 Sv
 - O transporte da EKC varia entre 10-25 Sv
- Existe uma distância latitudinal de cerca de 5 graus separando a Corrente do Oyashio e a KC
 - Esta região é denominada de **região de transição** ou **região de águas misturadas**



Circulação no Oceano Pacífico Norte

- **Circulação no Golfo do Alasca**
- A NPC se divide quando ela se aproxima do continente Norte Americano e parte vira para sul para formar a CCS. O restante vira para norte como parte da **Corrente do Alasca**, formando os lados leste e norte do giro ciclônico do Alasca
- A bifurcação da NPC depende da forçante de larga-escala do vento, que possui variabilidade sazonal e também interanual e decadal, associada ao **ENSO** e a **Oscilação decadal do Pacífico**
- A posição da bifurcação da NPC é aproximadamente em 45°N no inverno e 50°N no verão

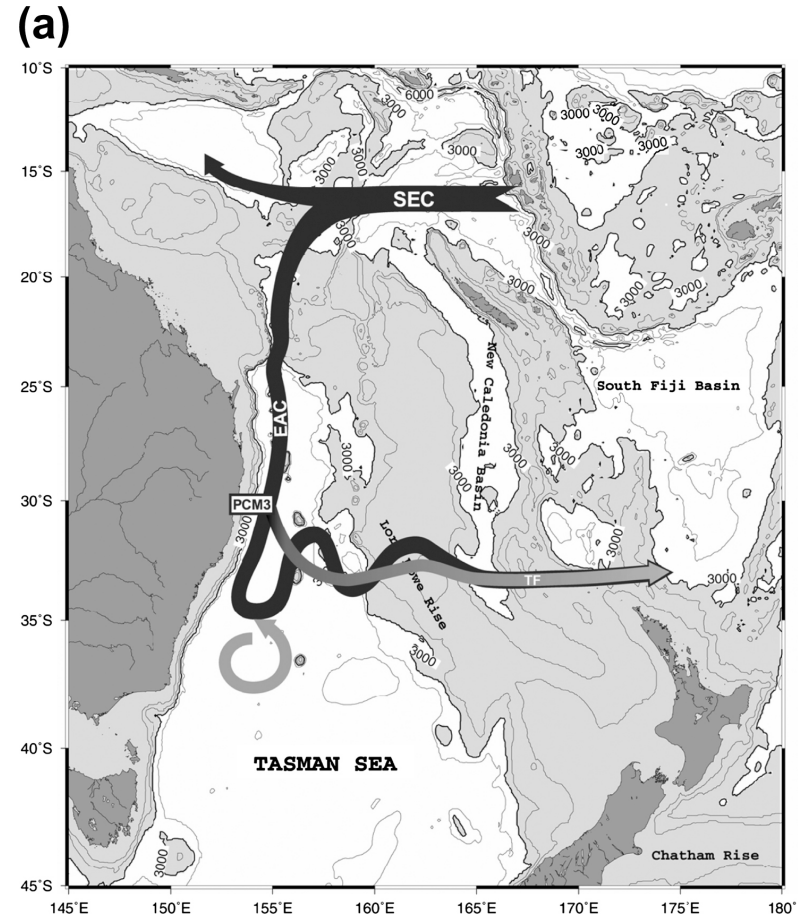


Circulação no Oceano Pacífico Sul

- O OP Sul é dominado por um giro anticiclônico, que se estende da ACC em 50°S até o equador
- O giro é bem definido, mas a Corrente de Contorno Oeste é complicada porque o contorno oeste é formado por ilhas
- A principal Corrente de Contorno Oeste é a **Corrente Leste da Austrália (EAC)**, que flui para sul ao longo da costa australiana e então flui para leste em direção à Nova Zelândia, onde flui ao longo da costa leste da Nova Zelândia como **Corrente Leste da Auckland**
- O fluxo para norte ao longo da costa Sul-americana é a **Corrente do Chile-Peru**
- O fluxo para oeste é a **Corrente Sul Equatorial (SEC)**

Circulação no Oceano Pacífico Sul

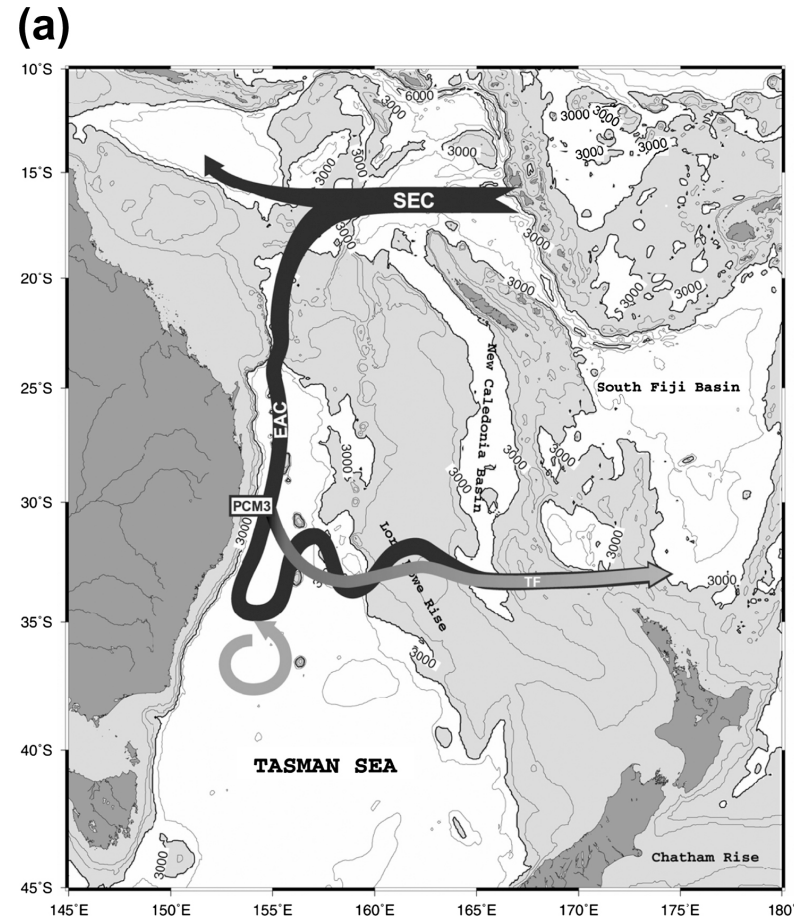
- **Corrente Leste Australiana**
- A EAC é a Corrente de Contorno Oeste que flui para sul ao longo da Austrália
- Em superfície, a SEC se bifurca em 15°S, formando a EAC e uma corrente que flui para norte
- A bifurcação migra para sul com o aumento da profundidade, chegando a 22°S em 500 m



Esquema da circulação no oeste do OP Sul, incluindo a Corrente Leste Australiana (EAC), a Corrente Sul Equatorial (SEC) e a Frente da Tasmânia (TF). A liberação de vórtices da EAC é indicada em cinza. Fonte: Mata et al. (2006). Extraído de Talley et al. (2011).

Circulação no Oceano Pacífico Sul

- O transporte da EAC se intensifica a medida que a corrente flui a longo da costa, chegando a 90 cm/s em 30°S
- O máximo transporte é de 35 Sv, após a sua separação da costa
- A EAC apresenta um recirculação e a parte que não recircula compõem a **Frente da Tasmania**, cruzando o Mar da Tasmânia em direção a Nova Zelândia



Esquema da circulação no oeste do OP Sul, incluindo a Corrente Leste Australiana (EAC), a Corrente Sul Equatorial (SEC) e a Frente da Tasmânia (TF). A liberação de vórtices da EAC é indicada em cinza. Fonte: Mata et al. (2006). Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação no Oceano Pacífico Sul

- O restante da EAC flui para sul em direção a Tasmânia
 - A penetração sul da EAC é usada com um índice climático
 - Uma pequena porção da EAC contorna a Tasmânia e gira para oeste, fazendo uma conexão com o Oceano Índico
- A EAC se separa da costa em cerca de 32°S e meandra fortemente para sul e depois para norte. Estes meandros liberam vórtices regularmente
 - Os vórtices da EAC as vezes parecem dominar a circulação média
 - O diâmetro dos vórtices é de 200-300 km, a velocidade média superficial de até 180-200 cm/s e o tempo de vida de até 1 ano



Circulação no Oceano Pacífico Sul

- **Corrente do Pacífico Sul e a Frente Subtropical**
- O fluxo para leste no giro subtropical do OP Sul é a SPC
- A SPC é dinamicamente distinta da ACC. É caracterizada como todo o fluxo para leste associado ao giro subtropical e ao norte da **Frente Subantártica**
- Entre 40 – 45°S, ao atingir o contorno leste, a SPC se bifurca formando a Corrente do Peru-Chile que flui para norte e um fluxo para sul que se adiciona a ACC
- Dentro da SPC existe uma marcada frente zonal denominada de **Frente Subtropical**
- A Frente Subtropical é marcada por fortes gradientes meridionais de temperatura e salinidade (e.g. 4°C ou 0,5 psu em apenas poucos quilômetros)

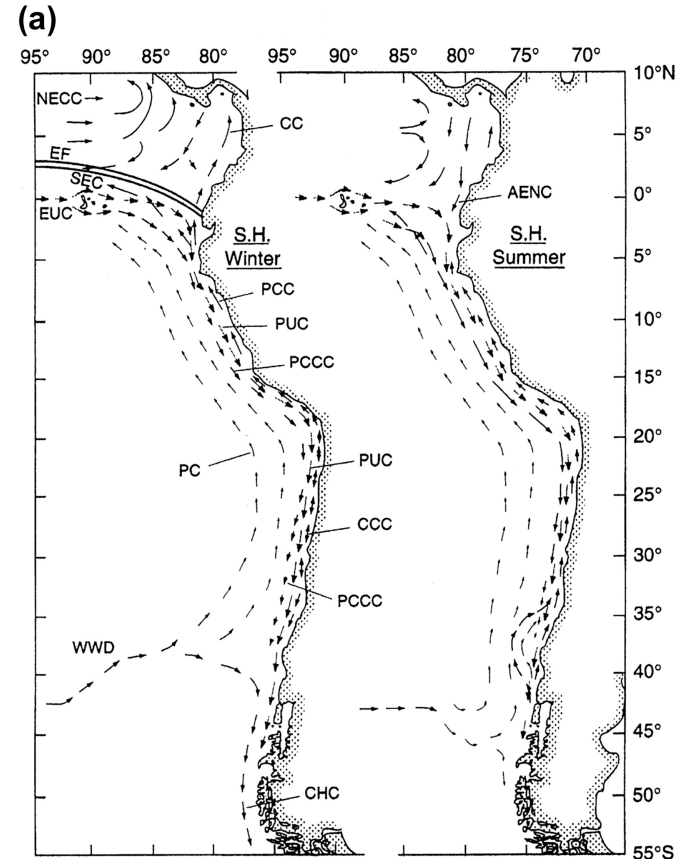


Circulação no Oceano Pacífico Sul

- **O fluxo para norte do giro subtropical e o Sistema de Corrente Peru-Chile**
- O fluxo para norte no giro subtropical do OP sul consiste de um amplo fluxo associado ao giro e um sistema de Corrente de Contorno Leste ao longo da costa da América do Sul denominado de **Sistema de Corrente Peru-Chile (PCCS)**
- O fluxo para norte entre 180° e a borda leste do OP é da ordem de 15 Sv. Dentro do giro, águas superficiais mais densas do sul sofrem subducção para o norte, ficando abaixo das águas mais leves que ocupam latitudes mais baixas. Este é o processo que cria a estrutura estratificada da picnoclina da região central do OP Sul

Circulação no Oceano Pacífico Sul

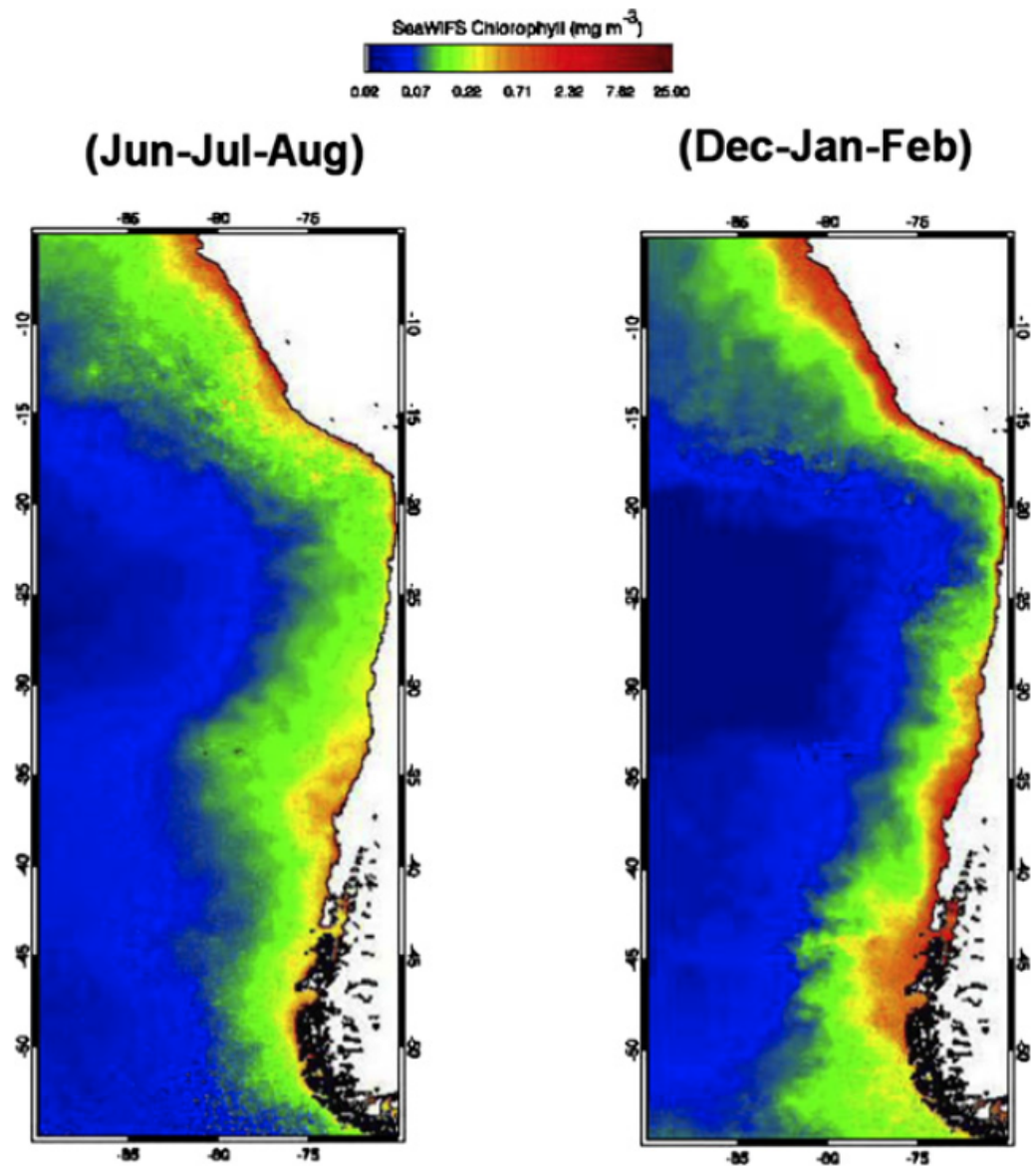
- O PCCS é um sistema de ressurgência de borda leste típico:
 - É forçado por ventos de larga-escala ao longo da costa e pelo rotacional positivo do vento. Inclui as seguintes correntes:
 - Corrente do Chile-Peru (fluindo para norte)
 - Contra-Corrente (fluindo para sul)
 - Associado a isto o sistema também apresenta outras correntes mais localizadas e com nomes específicos



Sistema de Corrente Peru-Chile. (a) Mapa para o inverno e verão austral. Siglas: WWD - West Wind Drift; PC - Peru Current; PCCC - Peru-Chile Countercurrent; PUC - Poleward Undercurrent; PCC - Peru Coastal Current; CCC - Chile Coastal Current; CHC - Cape Horn Current. Nas proximidades do equador temos ainda: CC - Colombia Current; AENC - Annual El Niño Current; NECC - North Equatorial Countercurrent; SEC - South Equatorial Current; EUC - Equatorial Undercurrent. Extraído de Talley et al. (2011)

- O máximo da ressurgência ocorre no verão, se estendendo para o sul ao longo da costa do Chile até 45°S

- A ressurgência nesta região é muito conhecida por causa da pesca
- A região de ressurgência permanente se estende de 32°S até o equador
- A ressurgência sazonal ocorre ao sul desta latitude até cerca de 40°S



Concentração de clorofila no inverno (junho-agosto) e verão (dezembro-fevereiro) austral com base no SEAWIFS. Fonte: Mackas et al. (2006). Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação no Oceano Pacífico Sul

- A estrutura vertical da PCCS inclui uma corrente em direção ao equador nos primeiros 500 m e uma sub-corrente em direção aos polos
- A PCCS é fortemente afetada pelo ENSO e em condições normais a ressurgência se estende até próximo do equador
- Durante o El Niño, as altas temperaturas se estendem 5 a 10 graus de latitude para o sul em relação ao padrão normal e a termoclina se aprofunda de cerca de 100 m. Em função disto a ressurgência enfraquece

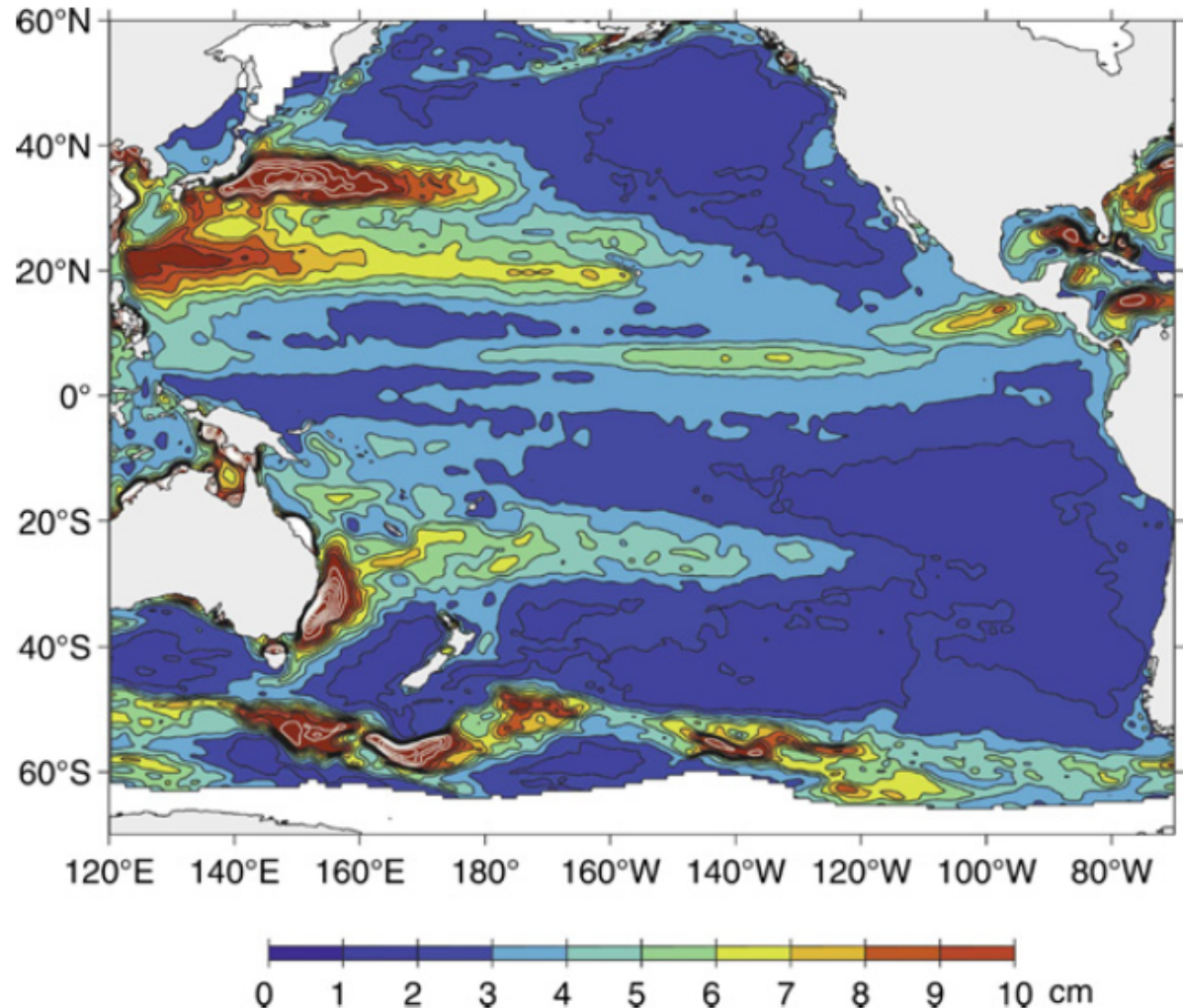


Circulação no Oceano Pacífico Sul

- **Corrente Sul Equatorial – SEC**
- A SEC representa o amplo fluxo para oeste na parte norte do giro subtropical do OP Sul
 - Ela se forma na parte leste do OP Sul a medida que o fluxo para norte do giro subtropical começa a fluir para oeste
 - Nas proximidades do equador, o fluxo da Corrente do Peru-Chile também alimenta a SEC
 - A SEC também inclui um fluxo que se estende ao longo do equador, uma vez que o giro subtropical do OP Sul é mais diretamente conectado com o equador do que o giro subtropical do OP Norte

Variabilidade turbulenta de meso-escala

- Os maiores valores de energia cinética turbulenta no OP estão associados a Extensão da KC (30-40°N), EAC (25-40°S), ACC (ao sul de 50°S) e a NECC (5-10°N)



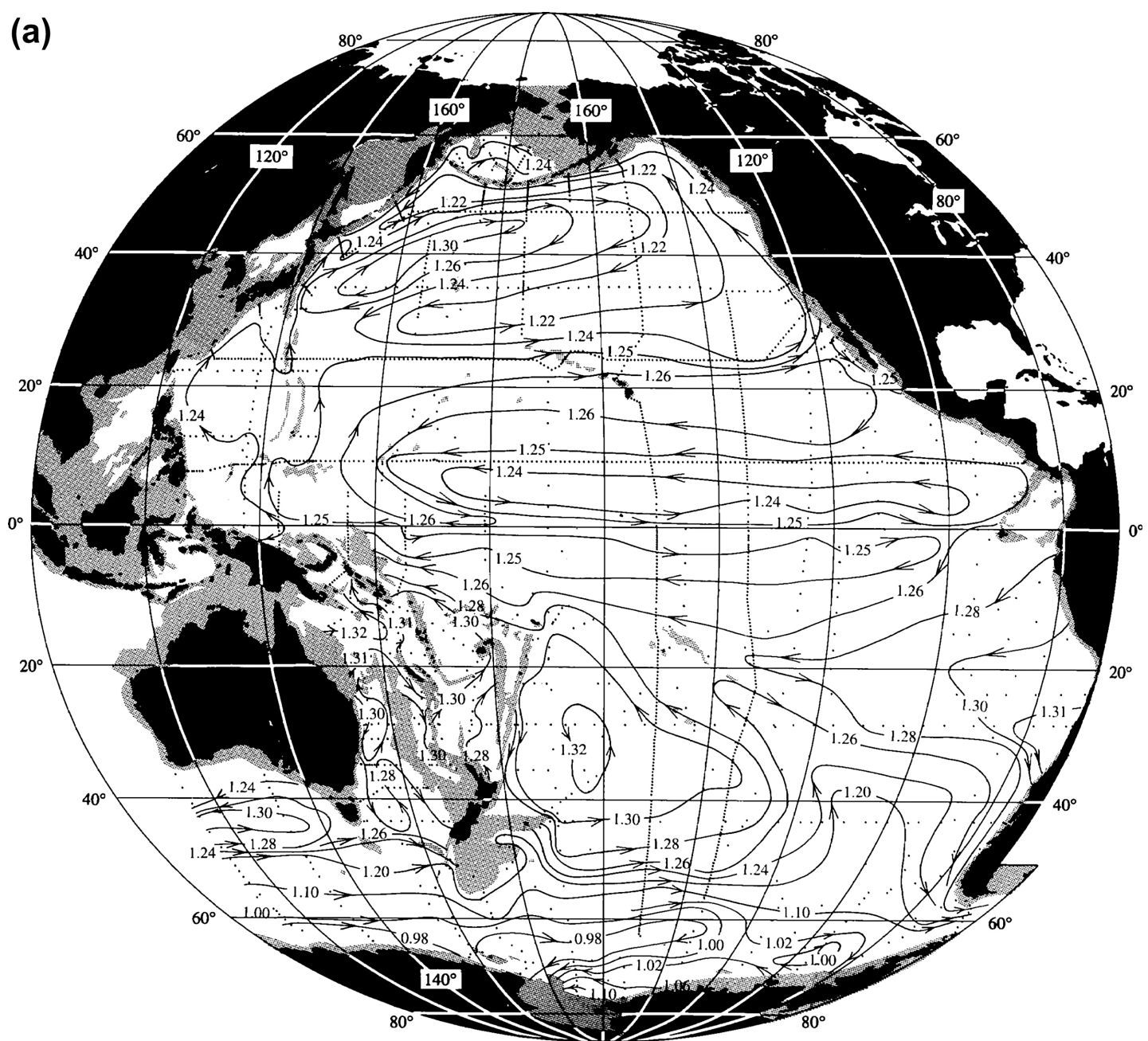
RMS da variabilidade da altura da superfície do mar (cm) a partir de dados de satélite associada à energia turbulenta de meso-escala. Extraído de Talley et al. (2011)



Dependência vertical da circulação

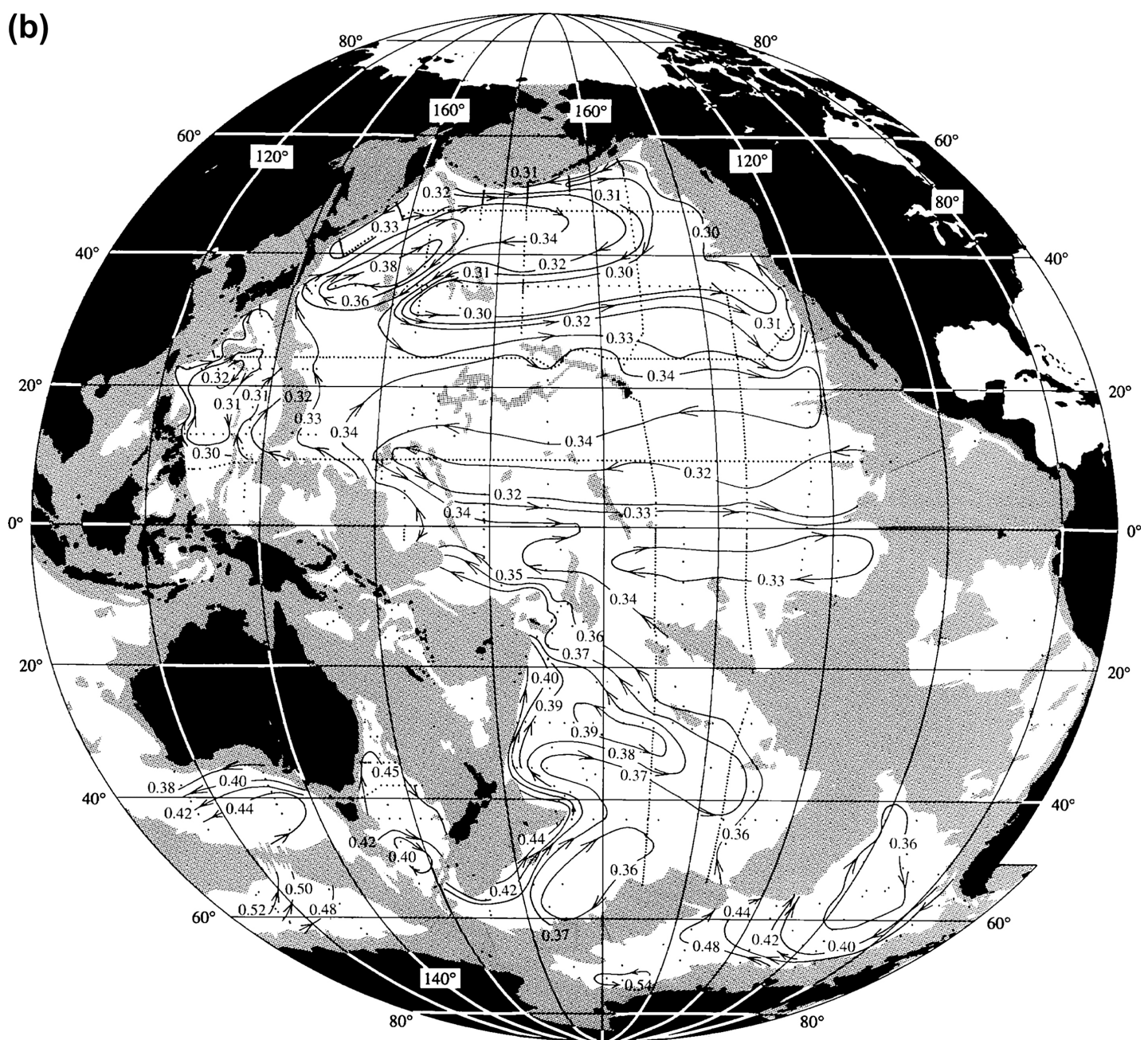
- Abaixo dos giros subtropicais forçados pelo vento e coexistindo com a circulação mais profunda do giro subtropical do OP Norte, a circulação é geralmente fraca. Uma exceção a este padrão é a região dos trópicos
- A medida que nos aprofundamos, os giros subtropicais encolhem, se afastando do equador e dos contornos leste. O movimento é em direção as correntes de contorno oeste que são mais energéticas
- Na parte tropical, e com exceção das regiões de fechamento em ambas as bordas, os fluxos são zonais. Este padrão de fluxo persiste até a profundidade das principais cordilheiras oceânicas
- Fora da região tropical, os fluxos profundos são influenciados pelos giros que estão acima, pela topografia e pelas Correntes de Contorno Oeste Profundas

(a)



Função de corrente geostrófica ajustada (altura estérica, $10 \text{ m}^2/\text{s}^2$) em 2000 db. Fonte: Reid et al. (1997). Extraído de Talley et al. (2011).

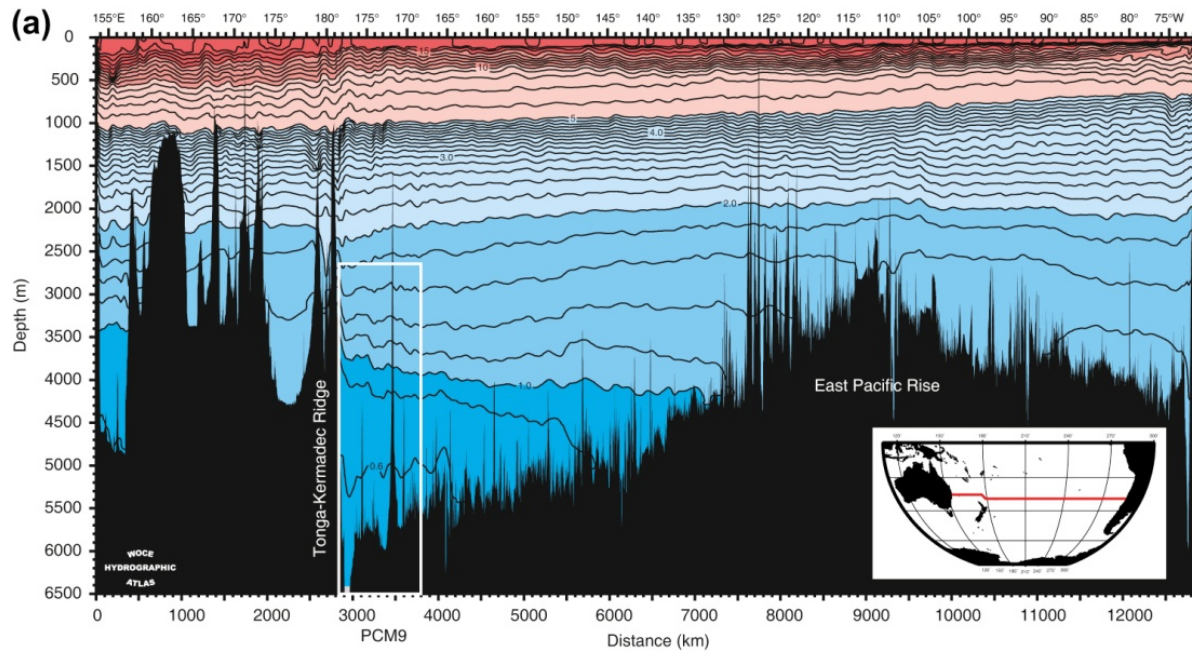
(b)



Função de corrente geostrófica ajustada (altura estérica, $10 \text{ m}^2/\text{s}^2$) em 4000 db. Fonte: Reid et al. (1997). Extraído de Talley et al. (2011).

Dependência vertical da circulação

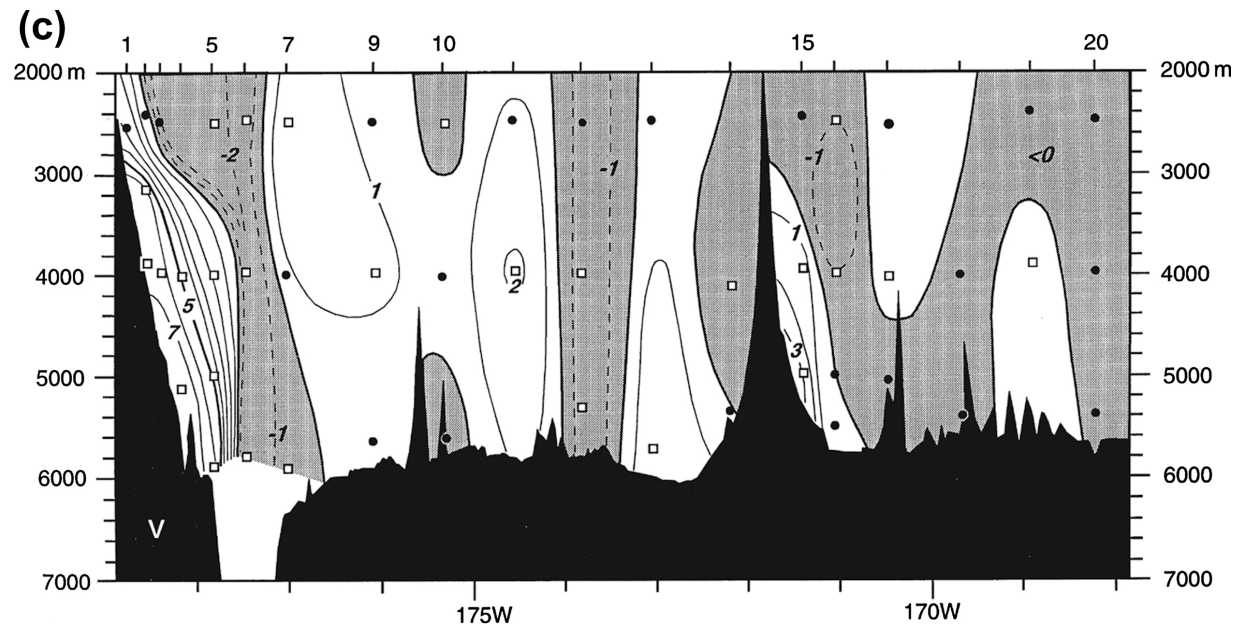
- Os fluxos profundos incluem DWBC bem definidas
- No sudoeste do OP Sul as DWBC carregam águas profundas e de fundo do Oceano Austral em direção ao OP. Um transporte da ordem de 16 Sv ocorre ao longo de regiões bem limitadas



Velocidade média em direção ao norte (cm/s) com base em correntógrafos a 32° 30' S a nordeste da Nova Zelândia em 1991-1992. A localização dos instrumentos é indicada pelo retângulo branco. Extraído de Talley et al. (2011).

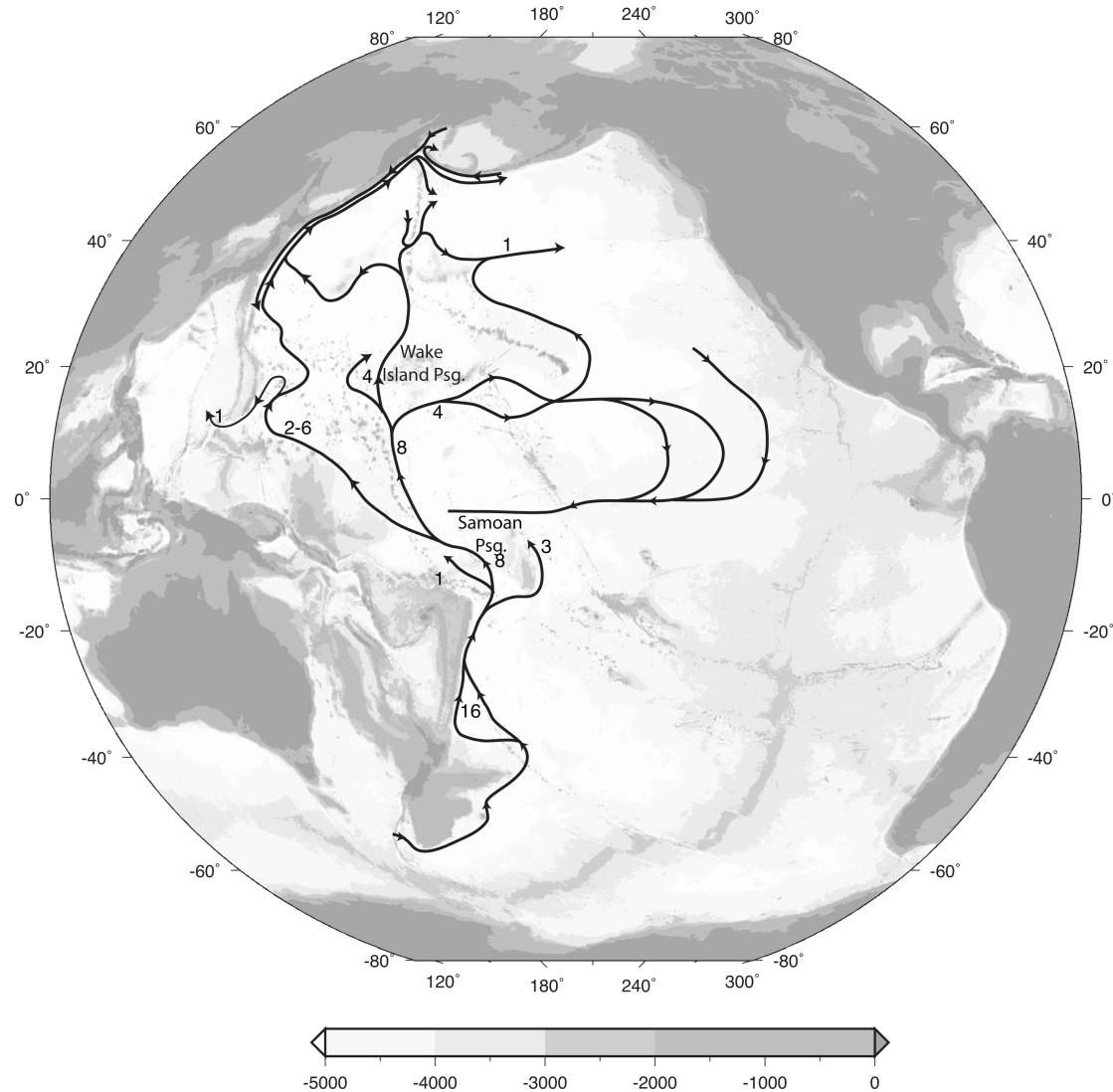
Dependência vertical da circulação

- Os fluxos profundos incluem DWBC bem definidas
- No sudoeste do OP Sul as DWBC carregam águas profundas e de fundo do Oceano Austral em direção ao OP. Um transporte da ordem de 16 Sv ocorre ao longo de regiões bem limitadas



Velocidade média em direção ao norte (cm/s) com base em correntógrafos a $32^{\circ} 30' S$ a nordeste da Nova Zelândia em 1991-1992. A localização dos instrumentos é indicada pelo retângulo branco. Extraído de Talley et al. (2011).

Dependência vertical da circulação

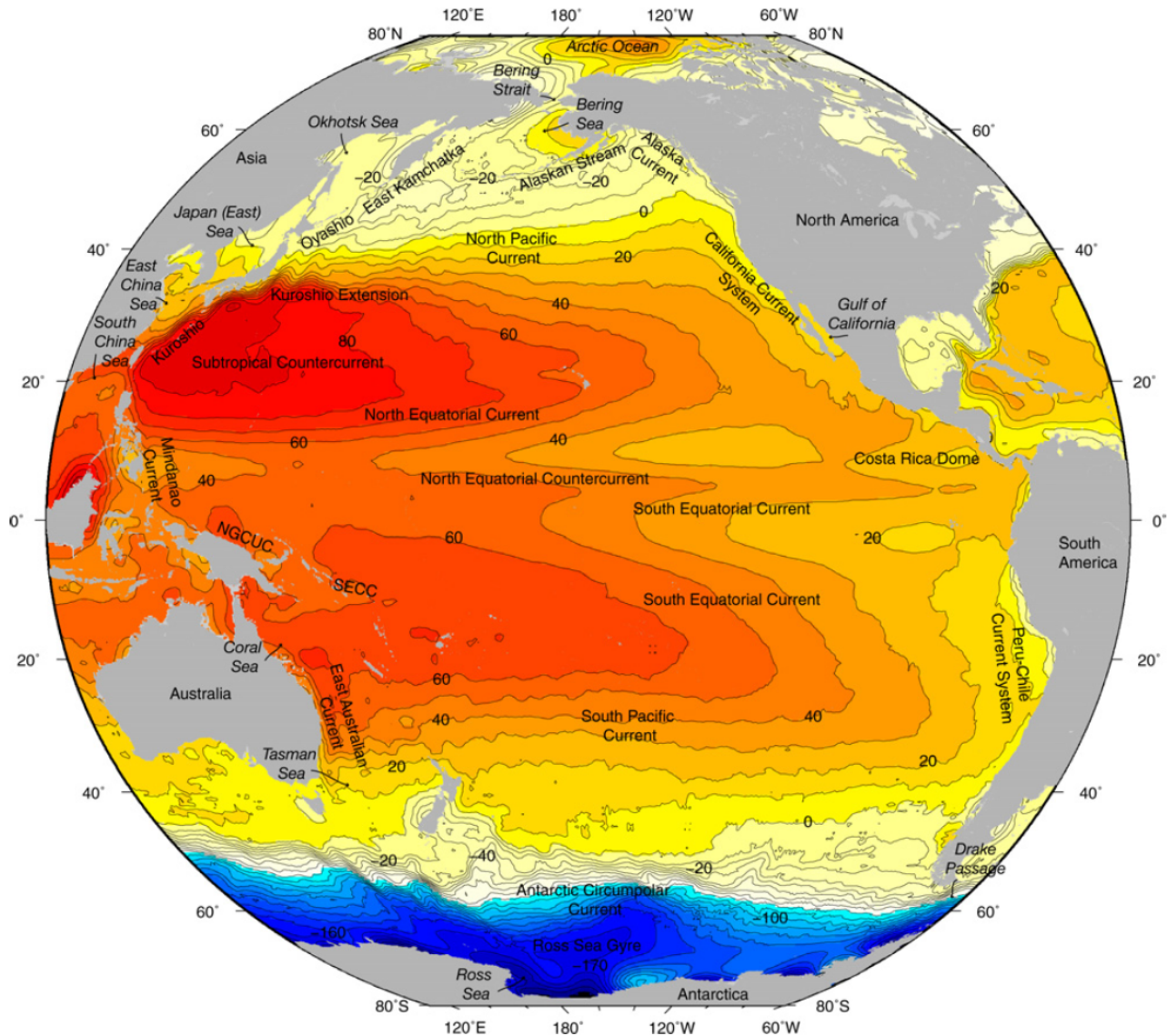


Esquema da circulação abissal. Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação tropical

- O sistema de correntes no OP equatorial é dominado por fortes correntes zonais com fracas correntes meridionais no interior do oceano
 - Na superfície existem 3 correntes zonais principais
 - Abaixo da superfície existe um complexo sistema de fluxos zonais com reversões
 - No contorno oeste, fortes correntes meridionais conectam os fluxos zonais
- As correntes zonais de superfície são: (1) a **NEC** entre 8°N e 20°N que flui para oeste; (2) a **SEC** entre 3°N e 10°S que também flui para oeste e (3) A **Contra-Corrente Norte Equatorial (NECC)** que flui para leste entre estas duas correntes e que é centrada em 5°N



Oceano Pacífico: circulação geostrófica superficial média com os sistemas de corrente descritos no texto. Altura média da superfície do mar (cm) em relação a uma altura média global zero, com base em derivadores de superfície, dados de altimetria de satélite e hidrografia. Siglas: NGCUC - New Guinea Coastal Undercurrent; SECC - South Equatorial Countercurrent. Fonte: Niiler et al (2003). Extraído de Talley et al. (2011).



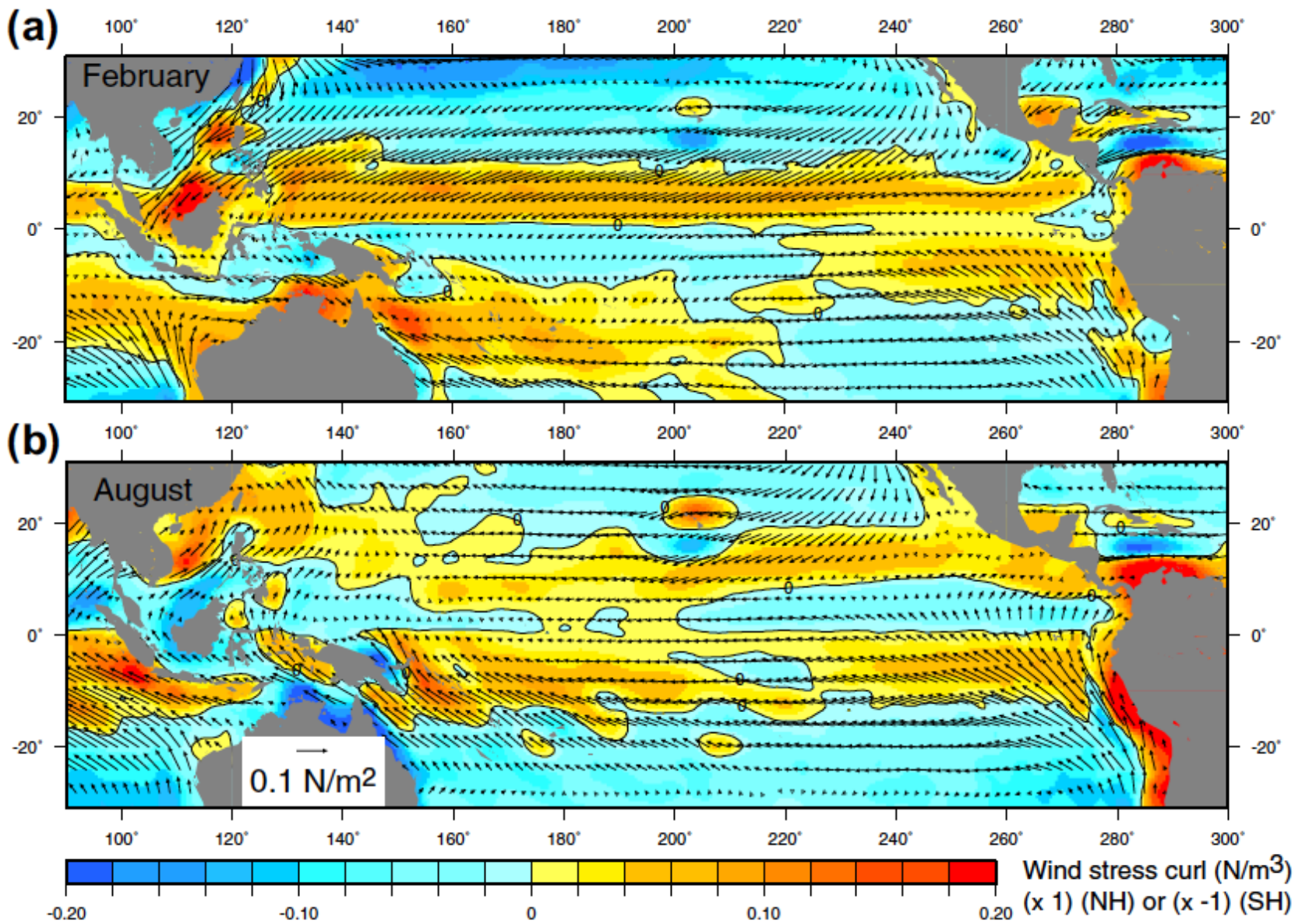
Circulação tropical

- Uma outra importante corrente equatorial fica imediatamente abaixo da camada superficial da SEC e está associada a **Sub-corrente Equatorial (EUC)**, que flui para leste. Esta é uma das correntes permanentes mais rápidas do globo
 - A Contra-Corrente Sul Equatorial (SECC) que também flui para leste é muito mais fraca e mais sazonal
 - Associado a isto, existe também um complicado conjunto de correntes de sub-superfície que fluem tanto para leste como oeste
- Em termos dinâmicos e no equador o fluxo superficial é orientado na direção do vento enquanto em sub-superfície ele é orientado na direção da força gradiente de pressão
 - Ligeiramente afastado do equador já ocorre o balanço geostrófico



Circulação tropical

- **Fonçantes: vento e flutuabilidade**
- O sistema de correntes tropicais superficiais é forçado pelos ventos alísios de leste
 - Os ventos alísios não são uniformes em direção ao oeste
 - Este ventos convergem na ITCZ ao norte do equador
 - O rotacional do vento associado a ITCZ gera sucção de Ekman, criando uma circulação ciclônica que inclui um fluxo para oeste (a NEC) e um fluxo para leste (a NECC)
 - O mecanismo da SECC no HS é similar
 - Em termos sazonais os ventos alísios são mais intensos durante os invernos nos seus respectivos hemisférios



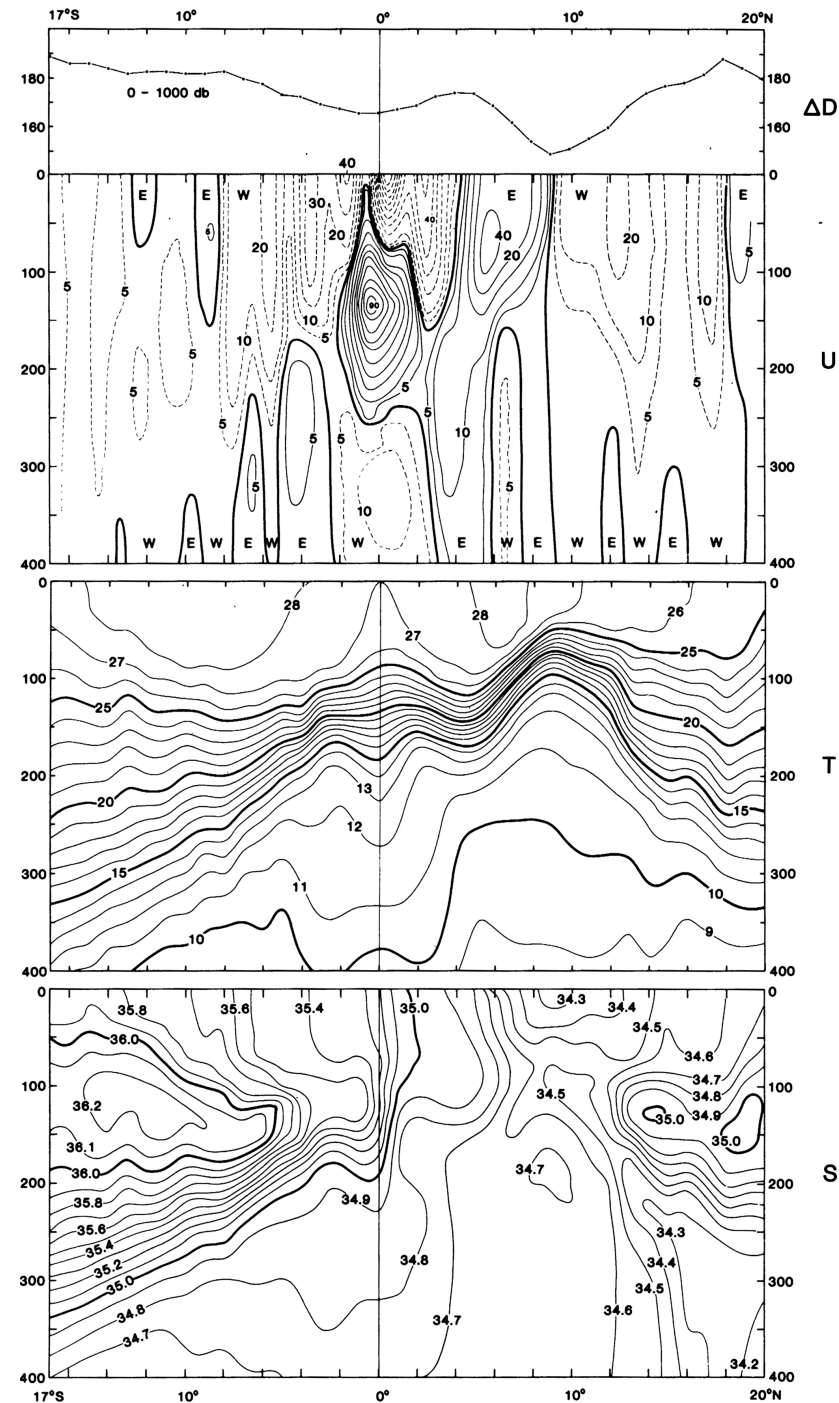
Tensão do vento climatológica (N/m^2) (vetores) e rotacional do vento (N/m^3 , multiplicado por -1 no Hemisfério Sul; contornos): (a) fevereiro e (b) Agosto. Fonte: Reanálise do NCEP, Kalnay et al. (1996). Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação tropical

- Os fluxos de calor e água doce no OP tropical são importantes para o balanço global de ambas as quantidades
- Os oceanos tropicais aquecem devido a radiação solar. O maior aquecimento ocorre na língua de água fria na região leste
- O OP tropical também é uma região de precipitação líquida. A precipitação não é uniforme. A precipitação líquida na parte oeste cria uma camada de baixa salinidade superficial, com uma intensa haloclina abaixo

- **Estrutura das correntes**
- Fluxos zonais dominam a circulação
- Com exceção do equador, as correntes são geostróficas e desta forma estão refletidas tanto na inclinação da superfície como das isopicnais



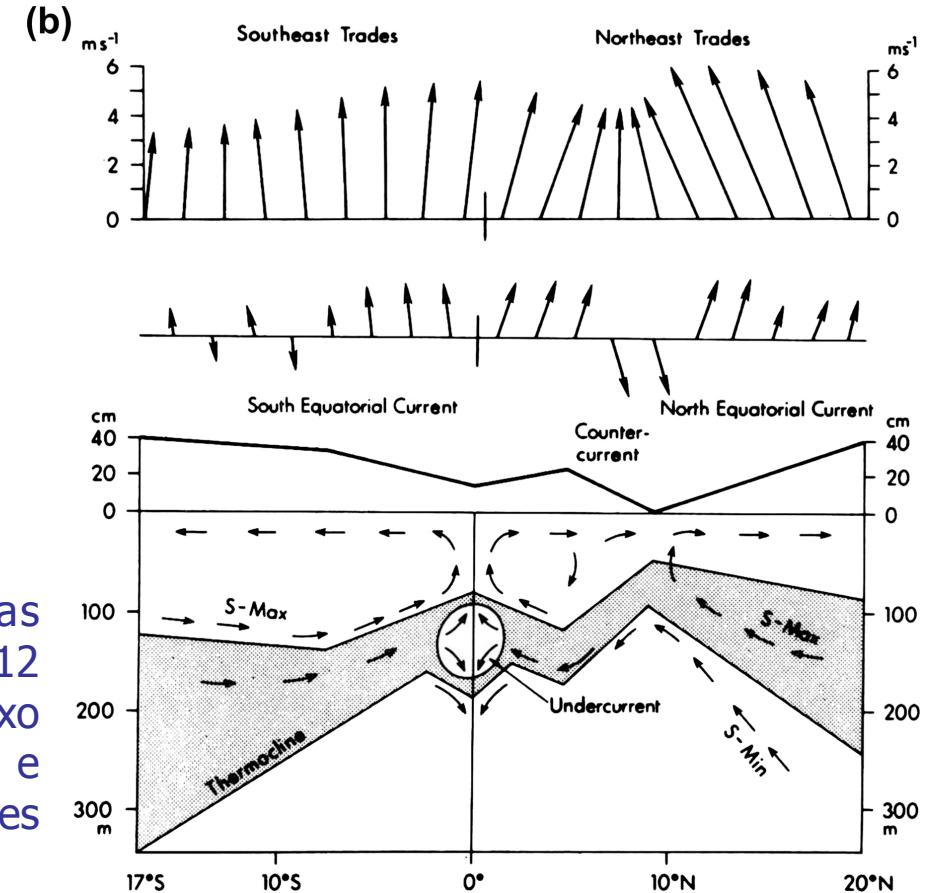
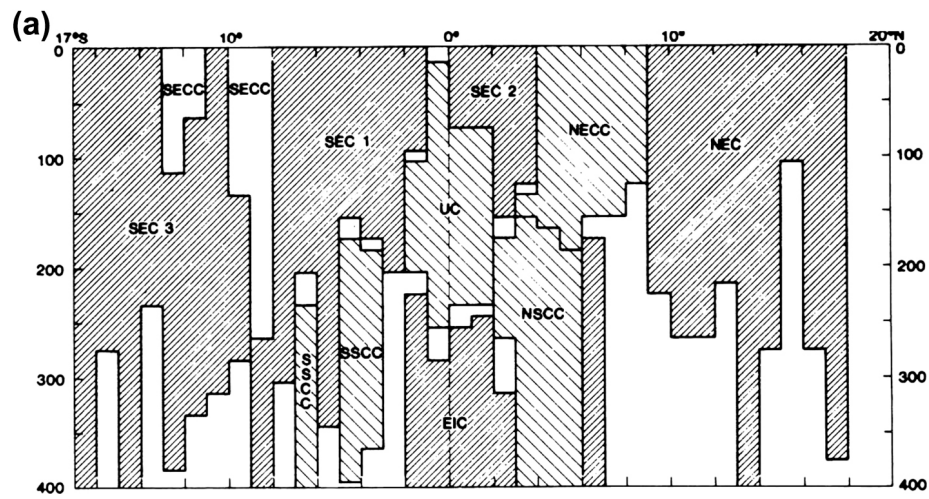
Distribuição da altura dinâmica média superficial com relação a 1000 db e seção meridional no OP central (154°W) do fluxo geostrófico zonal (cm/s), temperatura e salinidade entre o Hawaii e o Tahiti para 12 meses em abril de 1979. Extraído de Talley et al. (2011).

➤ NEC e SEC3 são fluxos para oeste associados aos giros subtropicais e se estendem até a termoclina. Estão associados a uma inclinação para baixo da altura da superfície em direção ao equador e o inverso para a termoclina

➤ A NECC apresenta uma inclinação no sentido oposto, uma vez que o seu fluxo é para leste

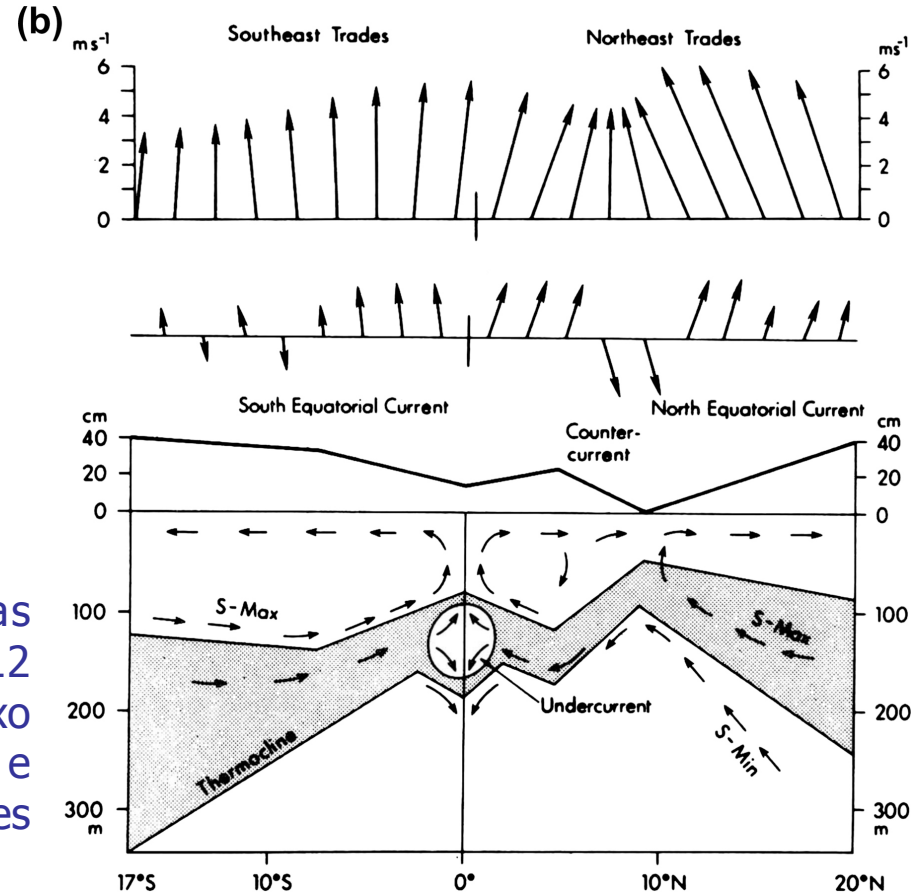
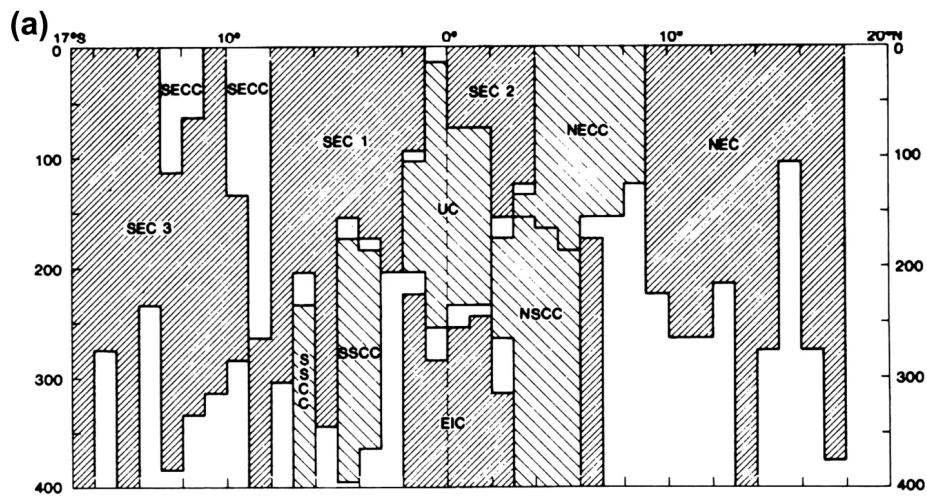
➤ A SECC é vista como uma ligeira reversão na inclinação da superfície

➤ A SEC1 (HN) e SEC2 (HS) apresentam inclinações opostas pois fluem na mesma direção



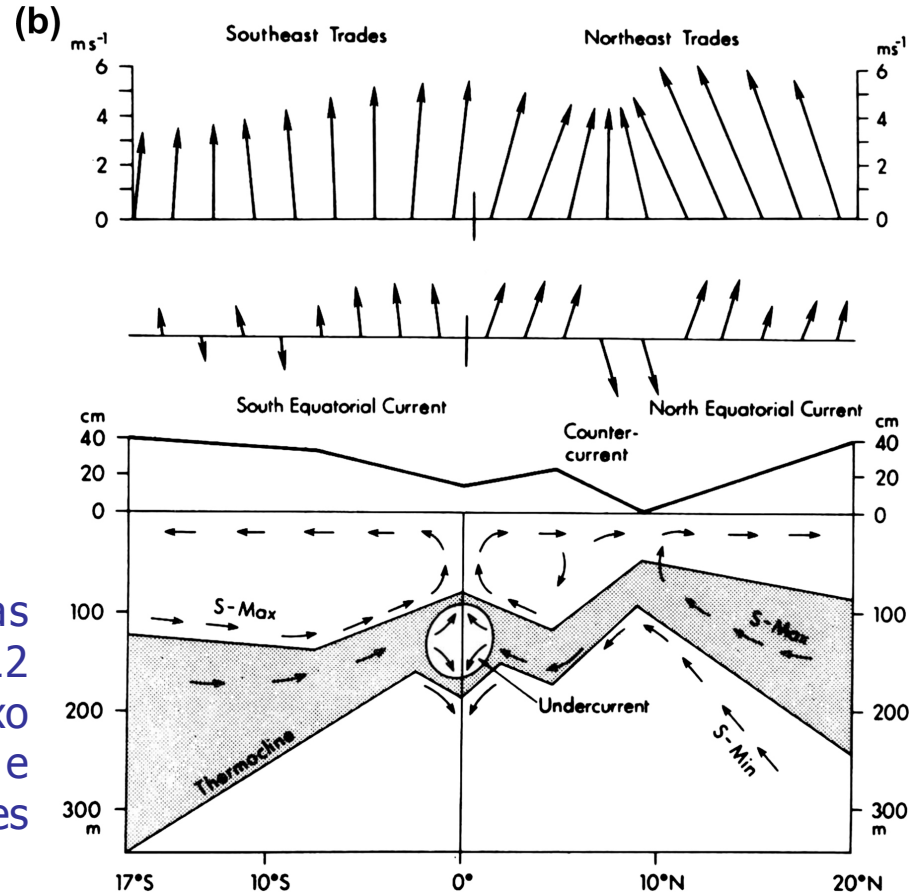
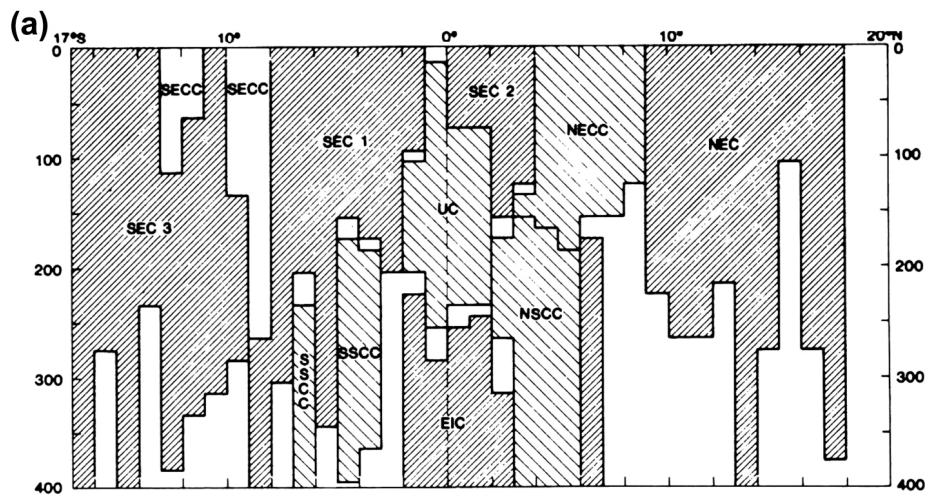
Esquema das áreas médias ocupadas pelas correntes zonais entre o Hawaii e o Tahiti para 12 meses em abril de 1979. Áreas escuras indicam fluxo para oeste, áreas claras indicam fluxo para leste e áreas em branco indicam correntes zonais inferiores a 2 cm/s. Extraído de Talley et al. (2011).

- No equador, a EUC fica abaixo da SEC. Seu máximo de velocidade ocorre no OP central em 130 m, atingindo velocidade médias superiores a 90 cm/s
- A EUC tem um transporte da ordem de 32 Sv e pode ser identificada pelas inclinação das isotermas entre 13-26°C
- Um fraco mas persistente fluxo para oeste é o da EIC



Esquema das áreas médias ocupadas pelas correntes zonais entre o Hawai e o Tahiti para 12 meses em abril de 1979. Áreas escuras indicam fluxo para oeste, áreas claras indicam fluxo para leste e áreas em branco indicam correntes zonais inferiores a 2 cm/s. Extraído de Talley et al. (2011).

- Analisando a circulação nas camadas superficiais, fluxos meridionais estão associados a estas correntes zonais
- Na superfície, os ventos alísios de leste causam transporte de Ekman em direção aos polos, o que dá origem à ressurgência equatorial
- Esta ressurgência é alimentada por um transporte em direção ao equador em camadas sub-superficiais. Este fluxo em direção ao equador é geostrófico e devido à força gradiente de pressão de oeste para leste



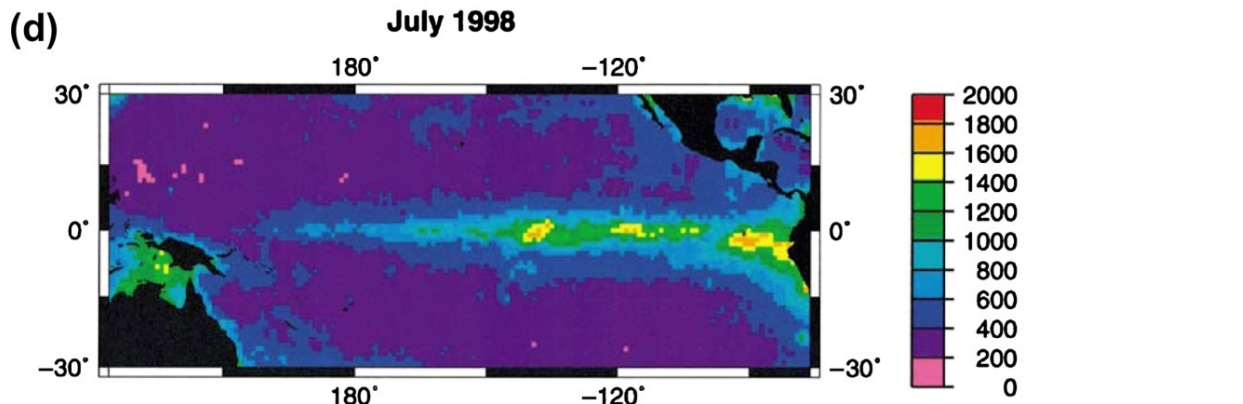
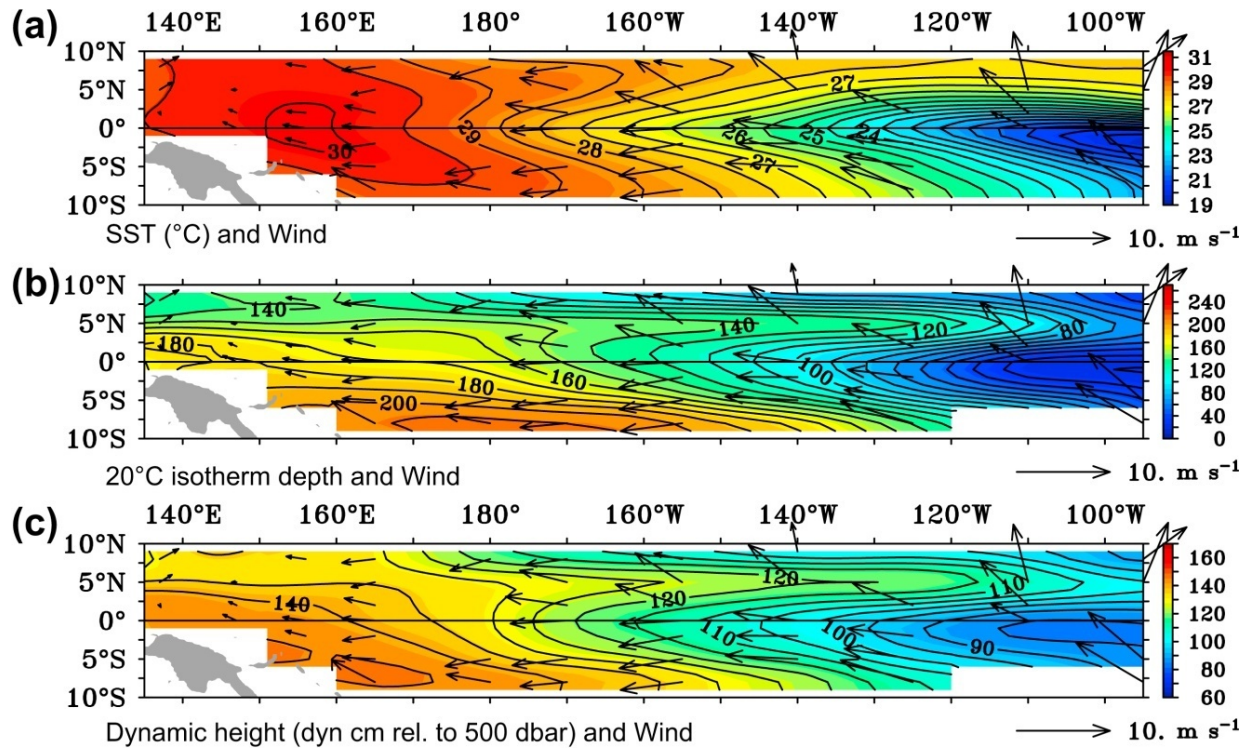
Esquema das áreas médias ocupadas pelas correntes zonais entre o Hawai e o Tahiti para 12 meses em abril de 1979. Áreas escuras indicam fluxo para oeste, áreas claras indicam fluxo para leste e áreas em branco indicam correntes zonais inferiores a 2 cm/s. Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação tropical

- A altura da superfície do mar é mais alta no oeste e diminui para leste ao longo da banda equatorial
- Esta diferença é da ordem de 40-60 cm e apresenta uma variabilidade interanual significativa associada ao ENSO, sendo que os maiores valores de desnível ocorrem durante a La Niña
- O desnível é originado pelo empilhamento de águas na borda oeste, em função dos ventos de leste. Este empilhamento de águas mais quentes no oeste é chamado de **piscina quente**
- Este fluxo equatorial para oeste também está associado a ressurgência na borda leste. Estas águas superficiais são chamadas de **língua fria**

TAO/TRITON Monthly Data August 2007



(a) TSM, (b) profundidade da isoterma de 20°C , o que é um indicativo da termoclina e (c) altura dinâmica com os vetores de velocidade do vento durante um período de língua fria (La Niña em agosto de 2007). (d) Produção primária ($\text{mg C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ baseado na cor do oceano durante a La Niña em Julho de 1998. Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação tropical

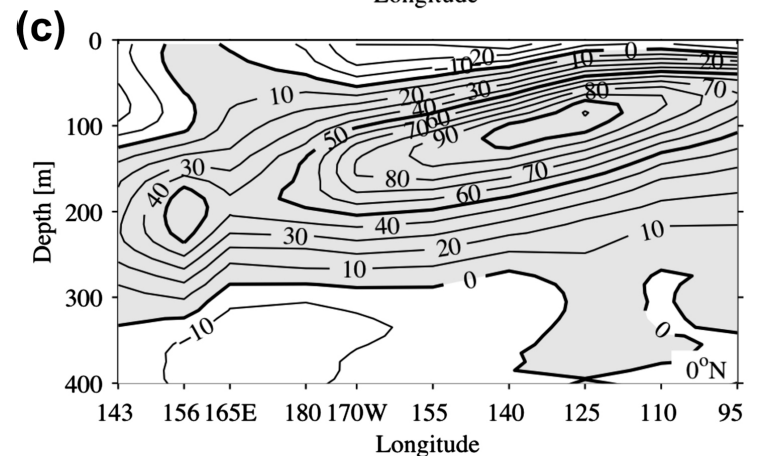
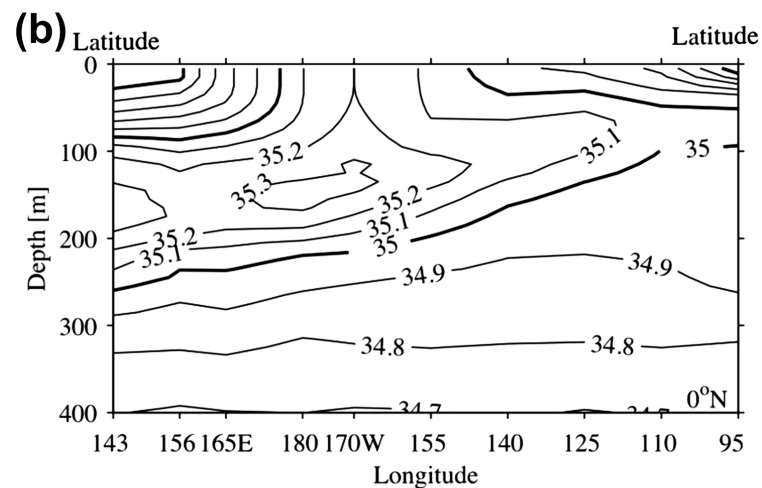
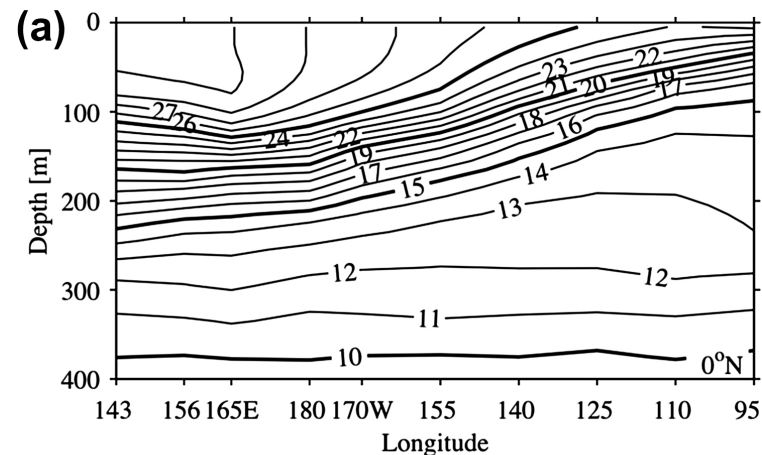
- A água fria ao longo do equador tem duas fontes:
 - Ressurgência no lado leste do OP devido ao fluxo superficial para oeste guiado pela SEC, que é originada pelos ventos alísios
 - Ressurgência devido a divergência de Ekman nas imediações do equador, também associado aos ventos alísios, que podem ocorrer ao longo de todas as longitudes da faixa equatorial

- A picnoclina na região equatorial é mais profunda no lado oeste e mais rasa no lado leste

- Esta inclinação compensa a inclinação oposta da superfície do mar, que é mais alta do lado oeste, sendo que a força gradiente de pressão ao longo do equador e abaixo da termoclina é muito fraca

- A EUC se localiza dentro da termoclina, sendo mais fraca no lado oeste, com velocidades menores que 40 cm/s. As velocidades são mais intensas em direção ao leste, atingindo seu máximo em torno de 140°W

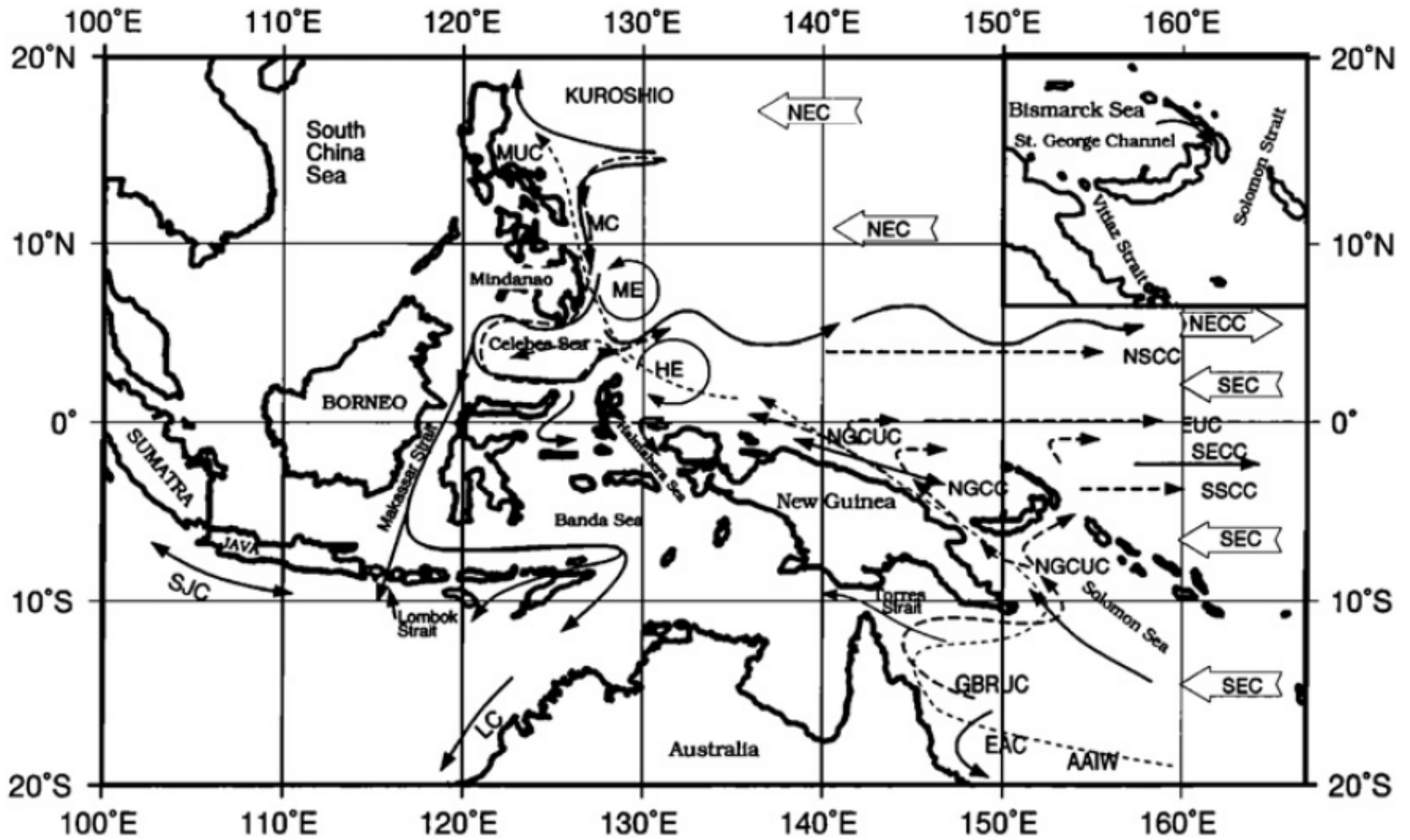
Média equatorial da (a) temperatura potencial, (b) salinidade e (c) corrente zonal (cm/s). As correntes para leste aparecem em cinza. Fonte: Johnson et al. (2002). Extraído de Talley et al. (2011).





Circulação tropical

- **Correntes de Contorno Oeste de baixas latitudes**
- A **Corrente do Mindanao (MC)** é uma larga CCO (200 km) que flui para sul ao longo da margem oeste do OP tropical
 - Dinamicamente ela é a CCO associada ao transporte de Sverdrup do giro ciclônico tropical
 - A MC atinge velocidades máximas de 100 cm/s e o seu transporte de volume varia entre 20 a 40 Sv, sendo consistente com o transporte de Sverdrup
- O **Vórtice de Mindanao – ME** (ciclônico) e o **Vórtice de Halmahera – HE** (anticiclônico) são estruturas associadas ao contorno oeste
 - Tanto o ME como o HE são altamente dependentes da forçante do vento



Correntes no oeste do OP tropical. Siglas: NEC - North Equatorial Current; NECC - North Equatorial Countercurrent; SEC - South Equatorial Current; EUC - Equatorial Undercurrent; NSCC e SSCC - North and South Subsurface Countercurrent; MC - Mindanao Current; MUC - Mindanao Undercurrent; ME - Mindanao Eddy; HE - Halmahera Eddy; NGCC - New Guinea Coastal Current; NGCUC - New Guinea Coastal Undercurrent; GBRUC - Great Barrier Reef Undercurrent; EAC - East Australian Current; LC - Leeuwin Current; AAIW - Antarctic Intermediate Water. Fonte: Lukas et al. (1996). Extraído de Talley et al. (2011).



Circulação tropical

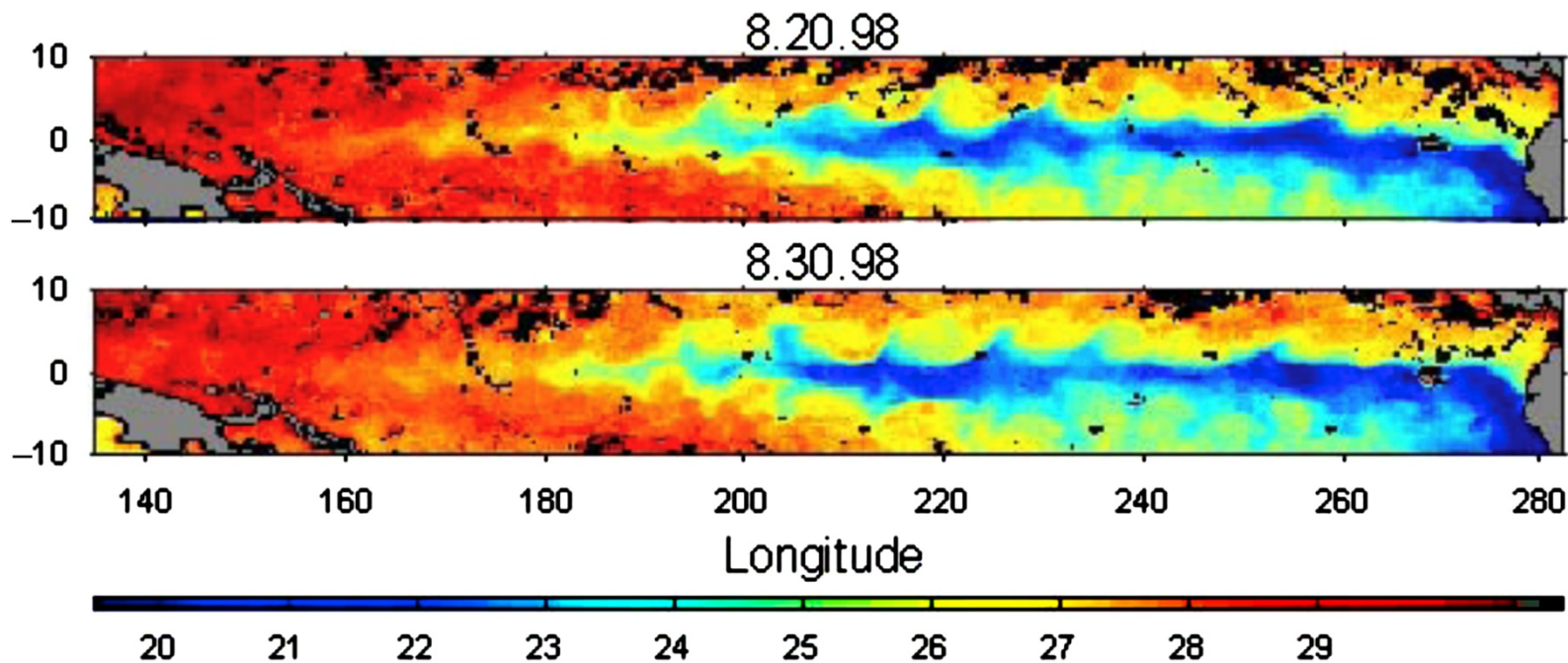
- **Correntes de Contorno Oeste de baixas latitudes**
- A **Sub-corrente Costeira da Nova Guiné (NGCUC)** é a CCO do OP Sul que flui para norte
 - A NGCUC tem velocidades de 50 cm/s centradas na profundidade de 200 m em um transporte de 7 Sv em 2°S
- Finalmente, a região tropical do OP se conecta com o Oceano Índico pela **Passagem da Indonésia**, através de complexas passagens pelo arquipélago da Indonésia
 - Cerca de 10-15 Sv fluem através desta passagem e a variabilidade do transporte é bastante significativa, sendo que grande parte é modulado pela ENSO



Circulação tropical

- **Variabilidade intrasazonal e sazonal**
- O OP tropical inclui variabilidade nas seguintes escalas temporais: intra-sazonal (20–30 dias), sazonal, mensal a interanual, interanual (3–7 anos) e interdecadal (10–30 anos)
 - Na intra-sazonal temos as ondas de instabilidade tropical (TIW)
 - Na variabilidade sazonal temos a resposta às mudanças de localização e intensidade da ITCZ
 - Períodos indo de semanas a interanual incluem as ondas de Rossby e Kelvin
 - Variabilidade interanual e de mais longo período estão associadas ao ENSO e outros modos climáticos

- TIW tem comprimento de onda de cerca de 1000 km
- Se propagam para oeste com uma velocidade de fase de 30 a 50 cm/s, resultando em um período de 20 a 30 dias
- São originadas por instabilidade barotrópica proveniente do cisalhamento horizontal entre a NECC (fluindo para leste) e a SEC (fluindo para oeste)



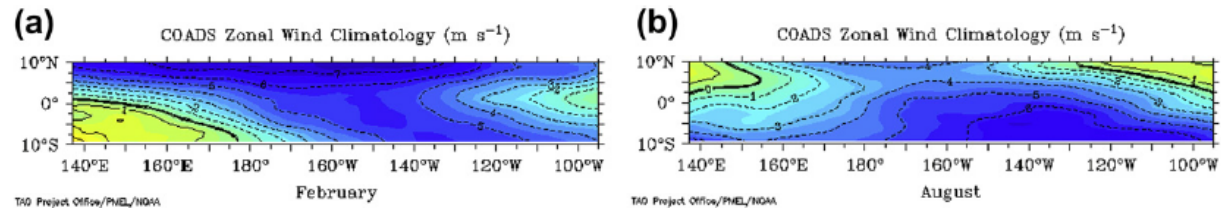
Ondas de instabilidade tropical. TSM a partir do Tropical Rainfall Mapping Mission (TRIMM) imageador em micro-onda (TIM) para dois períodos sucessivos de 10 dias em agosto de 1998 e após os estabelecimento da língua fria durante a La Niña. Fonte: Remote Sensing Systems (2004). Extraído de Talley et al. (2011).

- A sazonalidade dos ventos afeta diretamente a TSM

- A língua fria é mais intensa entre ago-set, quando os ventos alísios são mais fortes. Isto também é acompanhado de águas mais quentes na piscina quente

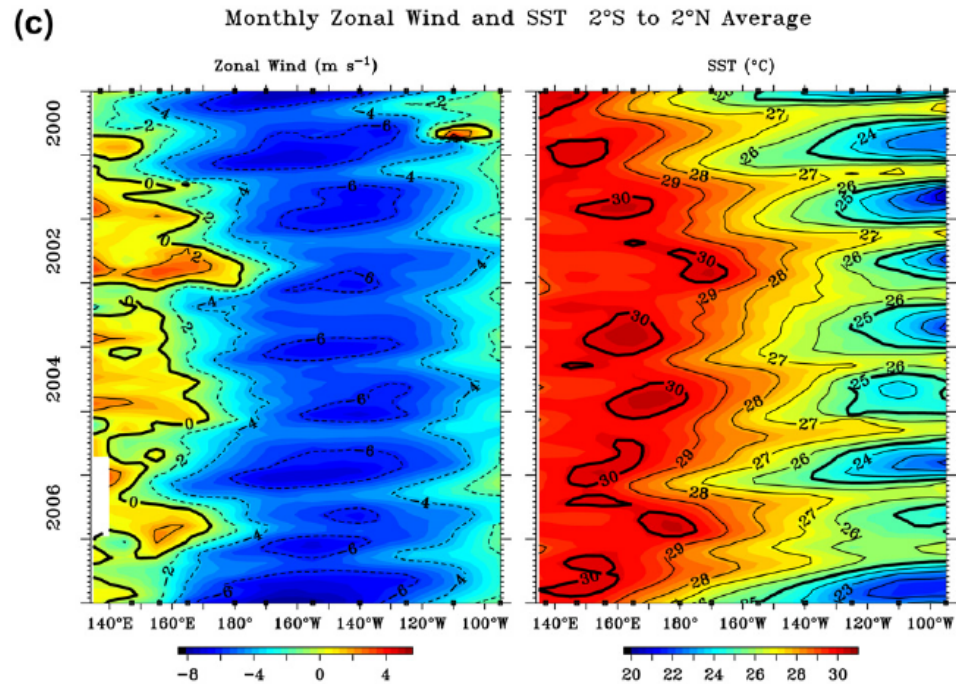
- Em março, as variações de temperatura são bem menores

- O ENSO também impõem uma forte variabilidade



TAO Project Office/PMEL/NOAA

TAO Project Office/PMEL/NOAA

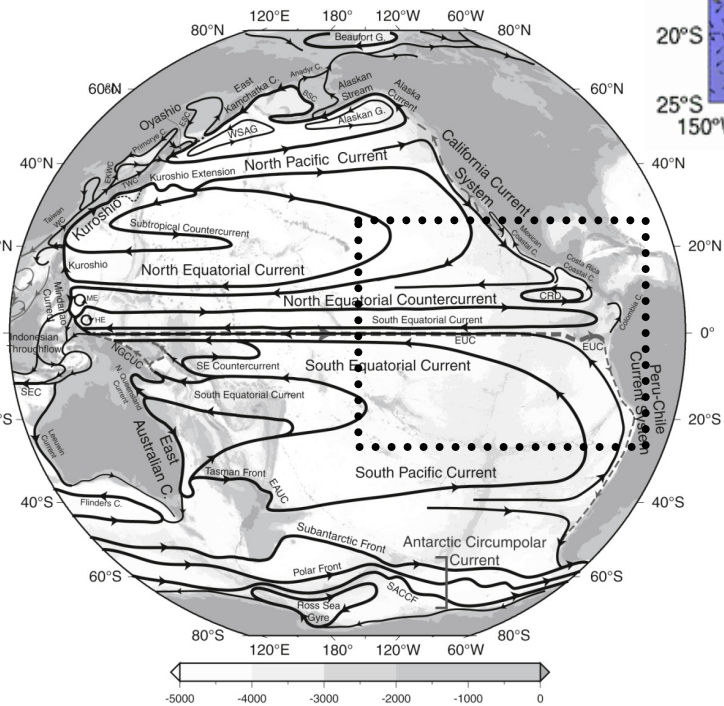
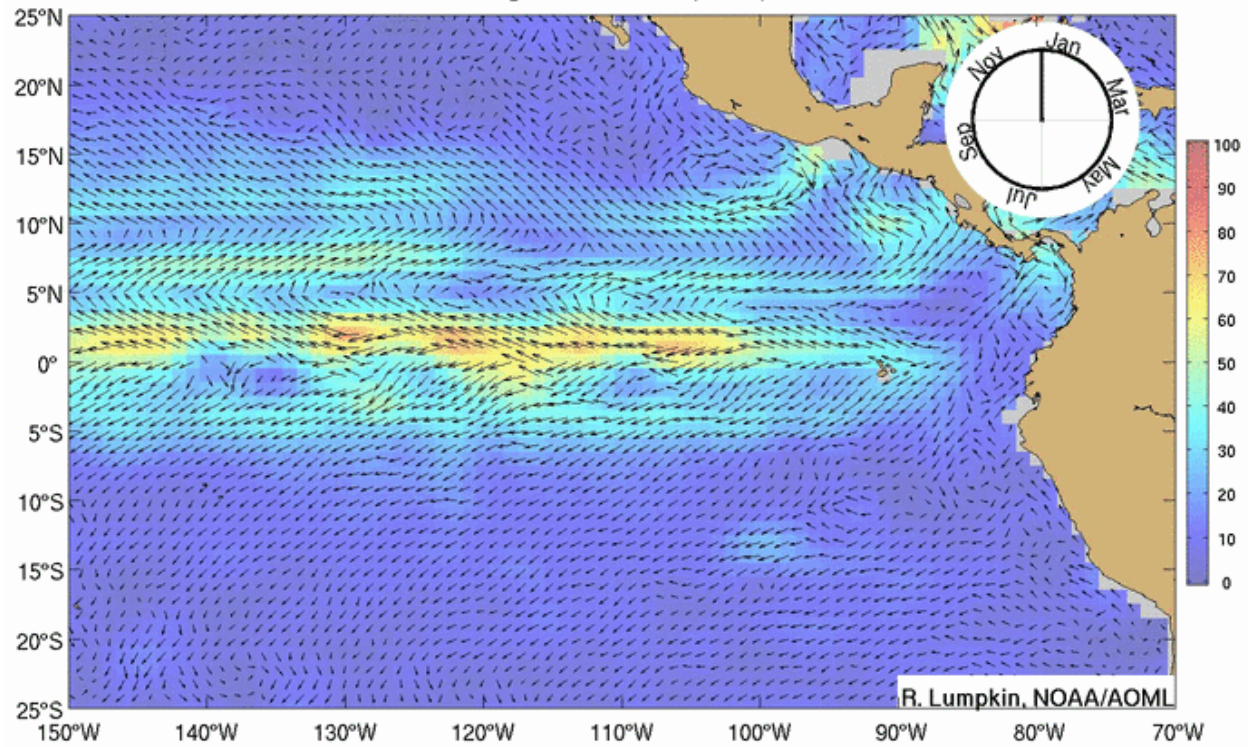


TAO Project Office/PMEL/NOAA

Mar 27 2009

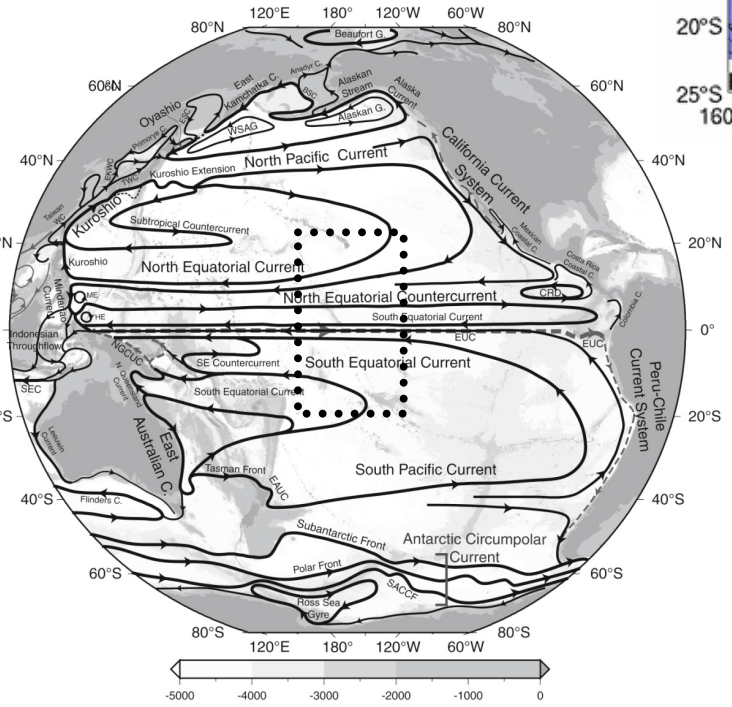
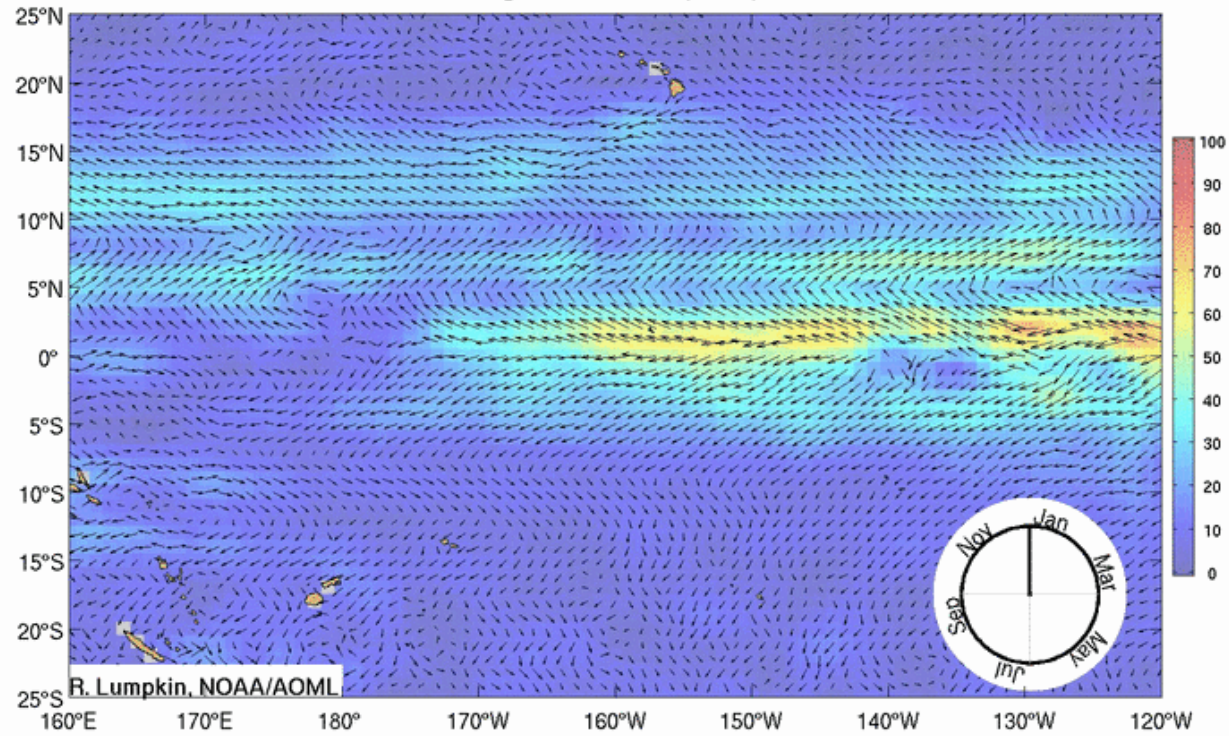
Velocidade zonal do vento e da TSM na região equatorial do OP para ilustrar o ciclo anual. Climatologia zonal da velocidade zonal do vento em (a) fevereiro e (b) agosto. (c) Média mensal da velocidade zonal do vento e TSM. A velocidade do vento é positiva para leste. Extraído de Talley et al. (2011).

Climatological currents (cm/s): 1 Jan

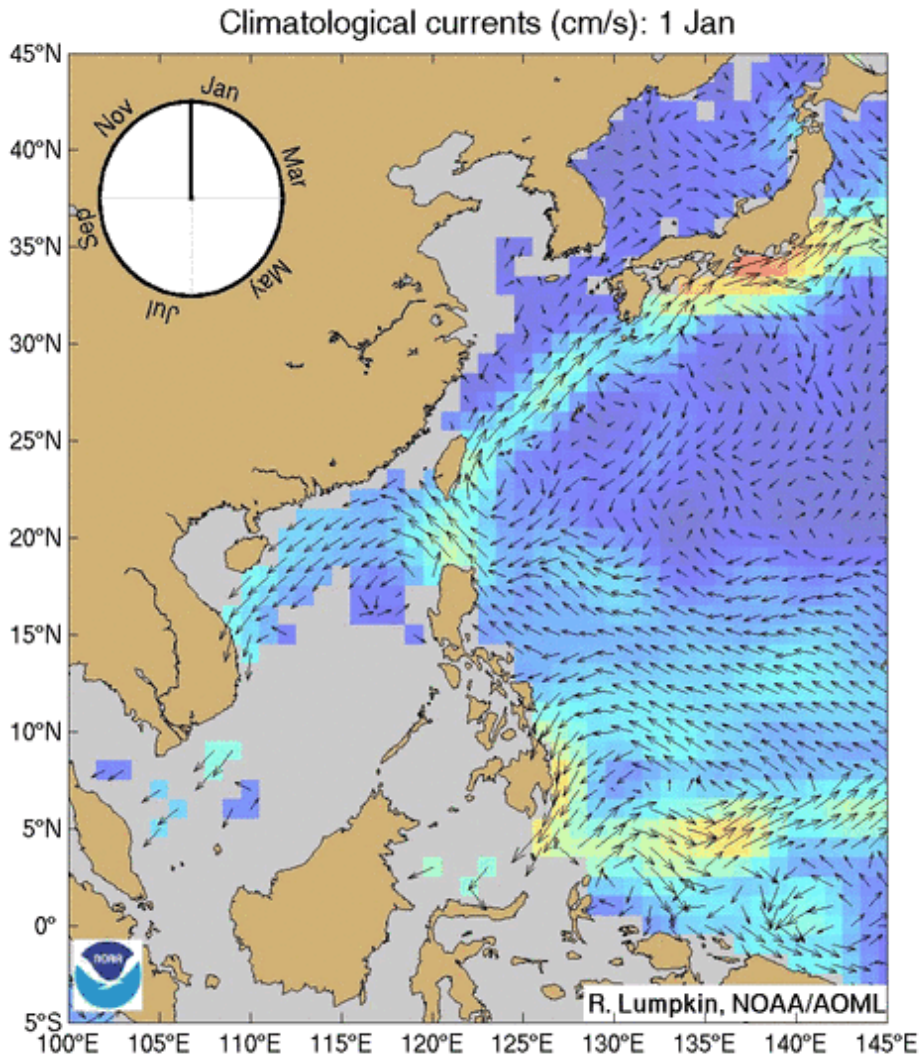
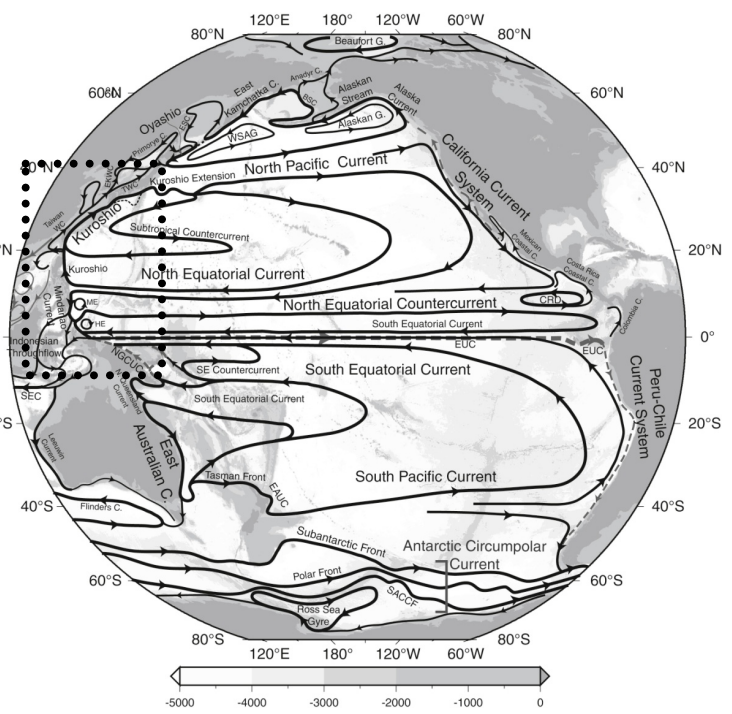


Animação das correntes climatológicas com base em derivadores no leste do Oceano Pacífico Tropical.

Climatological currents (cm/s): 1 Jan



Animação das correntes climatológicas com base em derivadores no Centro do Oceano Pacífico Tropical.



Animação das correntes climatológicas com base em derivadores no oeste do Oceano Pacífico Tropical.



ENSO

- El Niño/La Niña é uma variação climática natural que é dinamicamente centrada no OP tropical
- Apresenta uma escala de tempo de 3-7 anos e alterna quase-periodicamente entre as fases El Niño e La Niña
- A oscilação sul é um índice baseado na diferença de pressão entre duas localidades na região tropical do OP Sul. Como este índice apresenta uma correlação muito próxima com os eventos, o fenômeno climático muitas vezes recebe o nome de **El Niño Southern Oscillation (ENSO)**
- Um evento **El Niño** é marcado por uma movimentação atípica das águas quentes ($> 28^{\circ}\text{C}$) para leste, estando associado ao enfraquecimento dos ventos alísios de SE no lado leste e aumento dos ventos de oeste no lado oeste



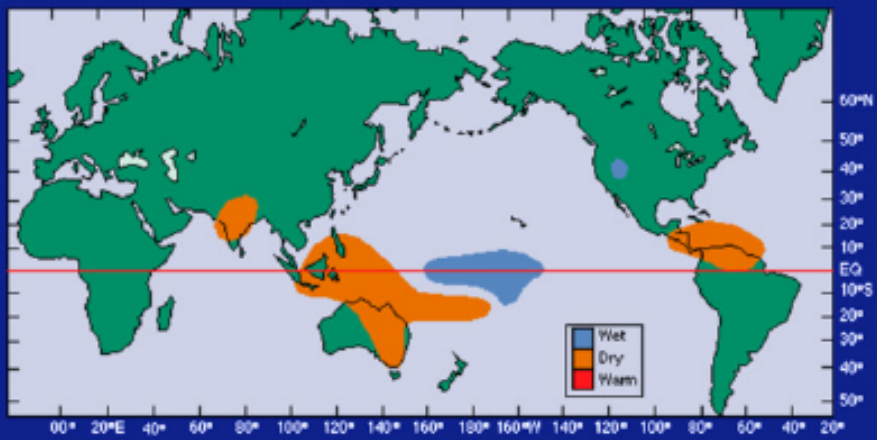
ENSO

- Um evento **La Niña** é o oposto. Os ventos alísios de SE se intensificam no lado leste (e os ventos de oeste enfraquecem no lado oeste). Como resultado, a água fria ($< 25^{\circ}\text{C}$) se estende muito mais para o oeste
- A importância da análise e previsão do ENSO é tão grande que desde 1980 vem sendo desenvolvido e aprimorado um sistema de observação permanente no OP tropical. Este sistema é denominado de TAO/TRITON
- Sistemas semelhantes também foram e vem sendo implementados na região tropical dos Oceanos Atlântico (PIRATA) e Índico (RAMA)

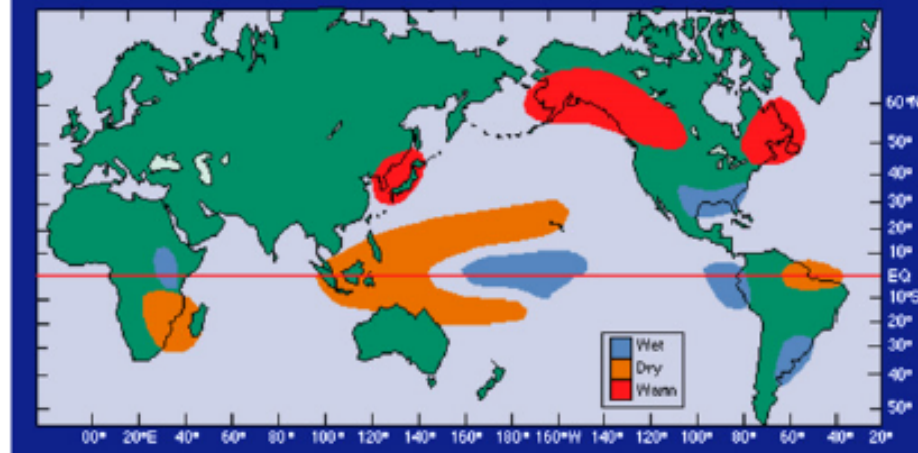
ENSO

- Os eventos El Niño/La Niña apresentam impactos significativos nos ecossistemas oceânicos, principalmente ao longo da costa Sul-americana. O ENSO também influencia a temperatura do ar e a precipitação em escalas globais

Northern Hemisphere Summer



Northern Hemisphere Winter

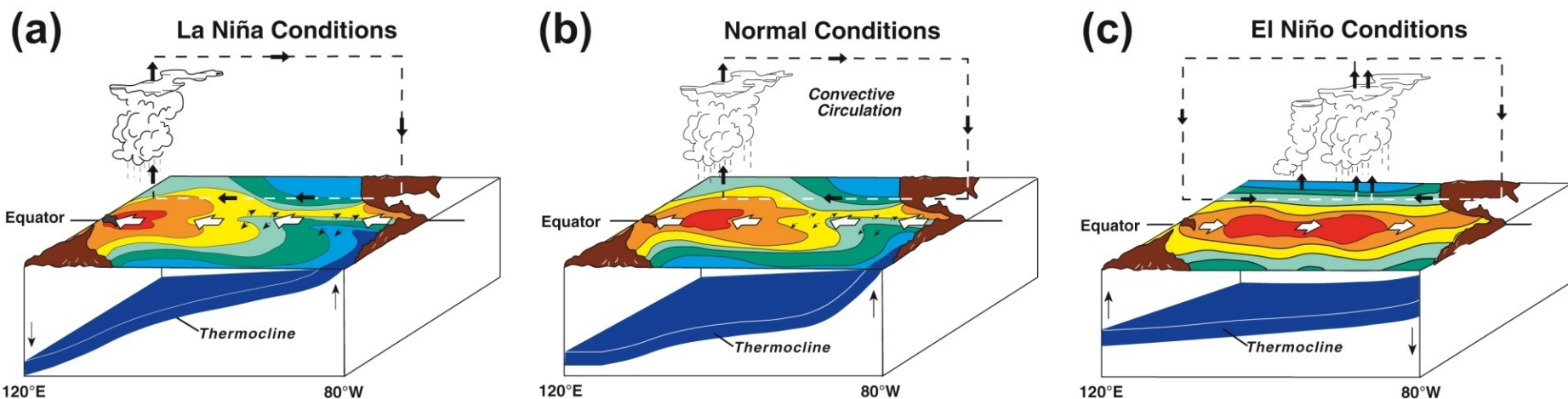


Anomalias globais de precipitação para o verão e inverno do HN durante o El Niño. Fonte: NOAA PMEL (2009d). Extraído de Talley et al. (2011).

ENSO

• Descrição do ENSO

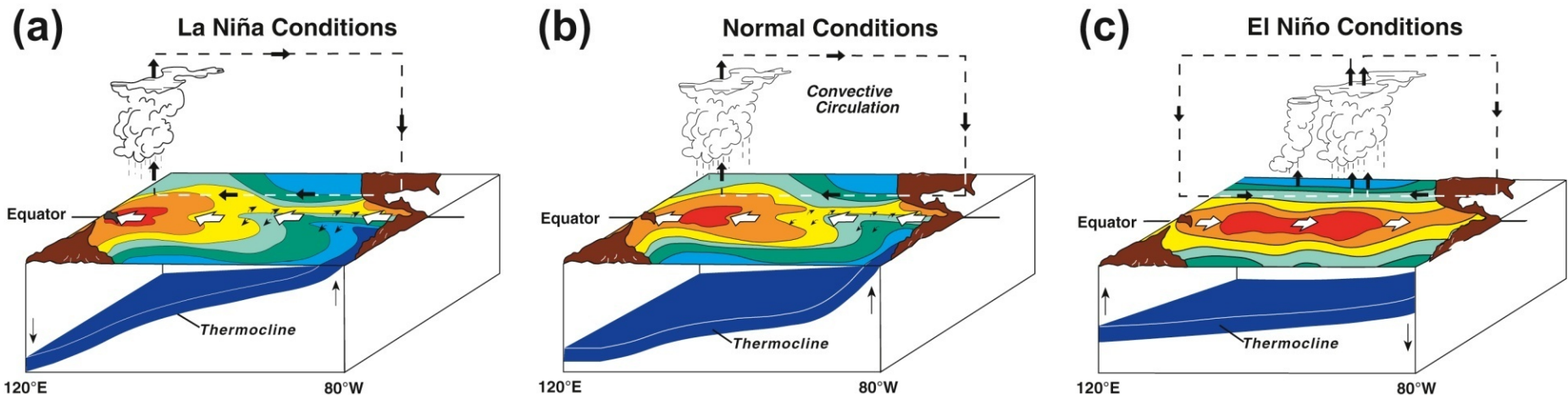
- Em uma condição **normal**, os ventos alísios de leste empilham água quente no lado oeste da região equatorial do OP e causam ressurgência ao longo do equador
- Isto também dá origem a uma língua de água fria no lado leste e faz com que a termoclina se incline para cima do oeste para o leste
- A diferença de TSM entre o oeste e leste mantém a célula de Walker



Condição de (a) La Niña, (b) normal e (c) El Niño. Fonte: NOAA PMEL (2009a). Extraído de Talley et al. (2011).

ENSO

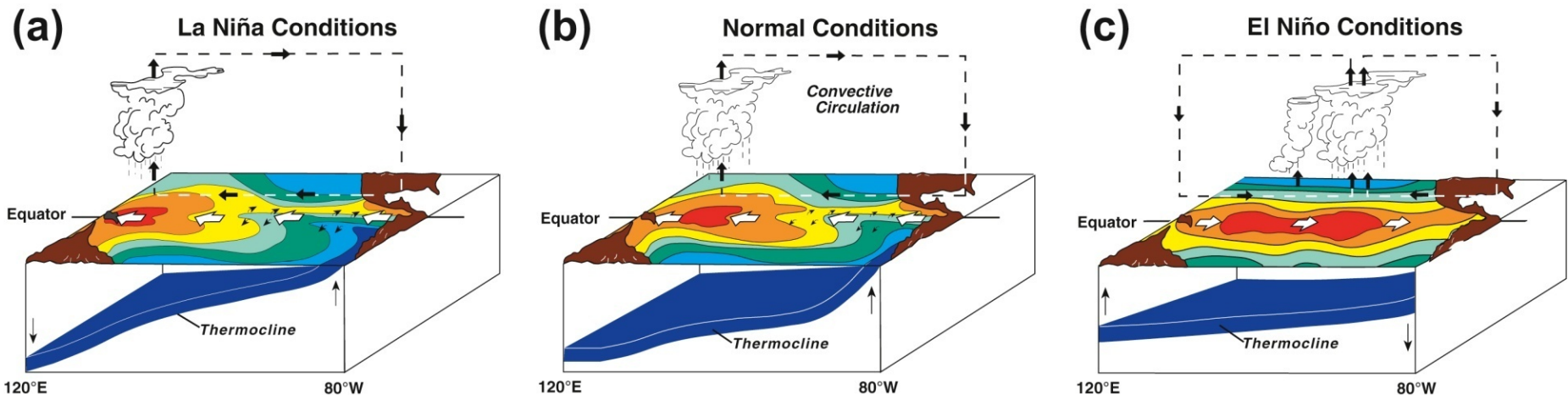
- A fase **La Niña**, pode ser vista como uma versão mais intensa da condição normal, onde:
 - ❖ As águas quentes se deslocam um pouco mais para o oeste
 - ❖ A termoclina é um pouco mais funda no oeste e mais rasa no leste
 - ❖ A superfície do mar é mais alta no oeste e mais baixa no leste
 - ❖ A circulação de Walker na atmosfera é mais forte



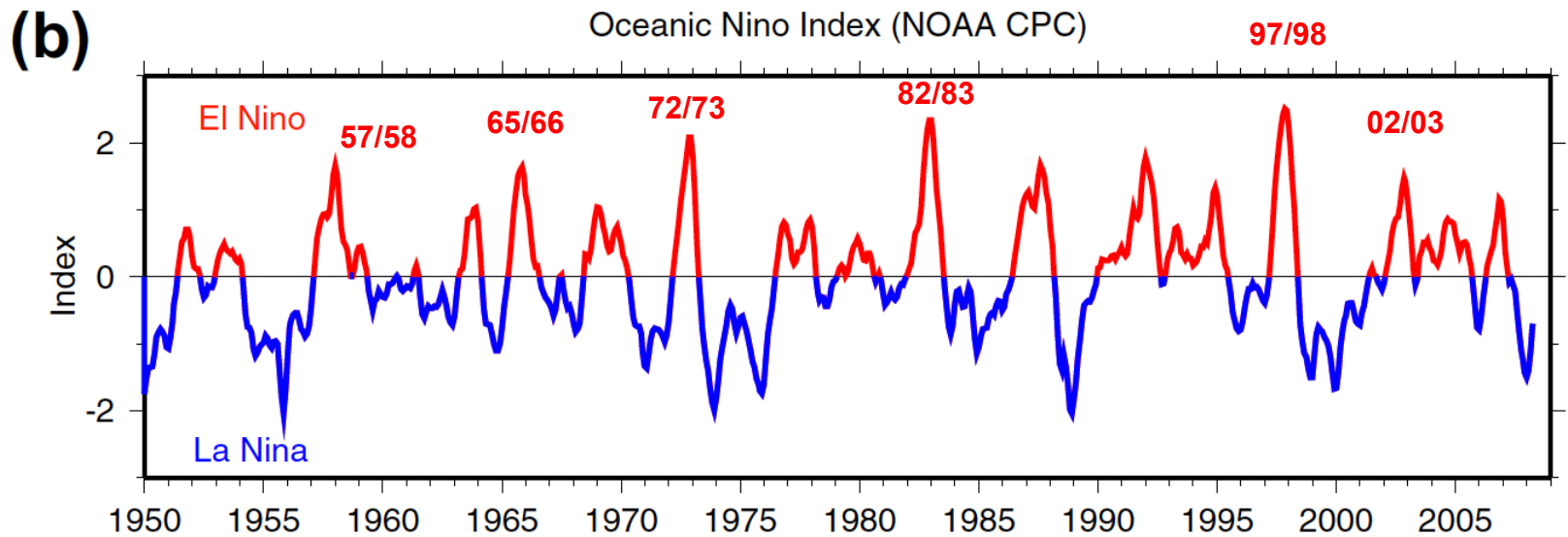
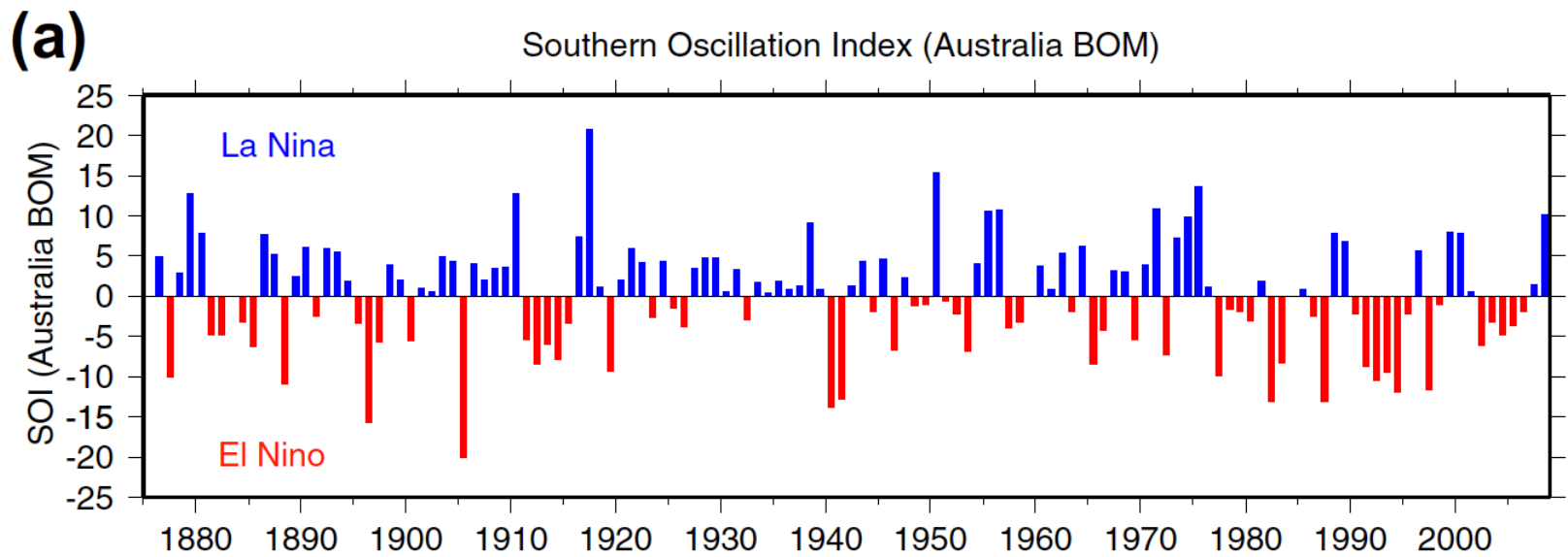
Condição de (a) La Niña, (b) normal e (c) El Niño. Fonte: NOAA PMEL (2009a). Extraído de Talley et al. (2011).

ENSO

- Já na fase **El Niño**, temos que os ventos alísios são mais fracos, porque a circulação de Walker é fraca ou mesmo reverteu. Em função disto, observa-se que:
 - ❖ A língua fria no leste enfraquece ou mesmo desaparece
 - ❖ As águas quentes da parte oeste e central se deslocam para o leste
 - ❖ A termoclina fica menos inclinada



Condição de (a) La Niña, (b) normal e (c) El Niño. Fonte: NOAA PMEL (2009a). Extraído de Talley et al. (2011).



(a) Série temporal do **Southern Oscillation Index (SOI)** e do (b) **Oceanic Nino Index**, baseado na TSM para a região entre 5°N e 5°S e 170°W e 120°W. Vermelho e azul representam respectivamente as fases El Niño e La Niña. Extraído de Talley et al. (2011).



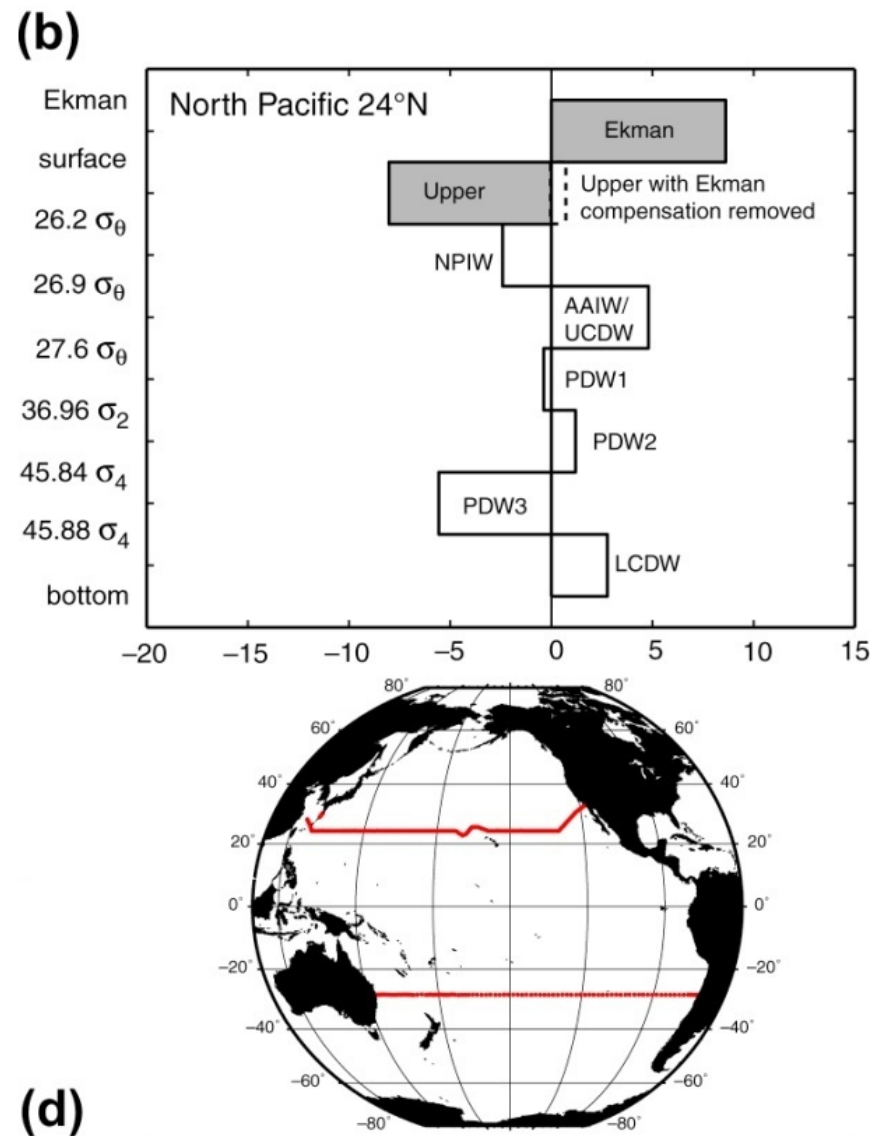
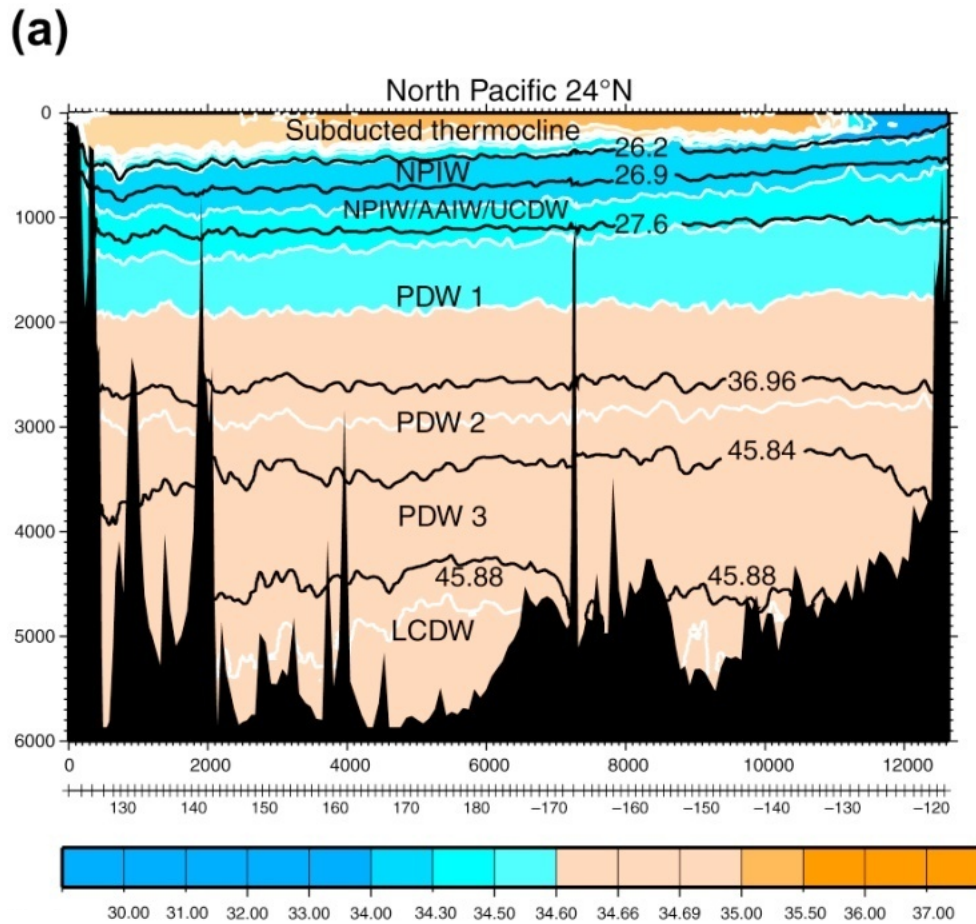
Massas de água

- As massas de água do OP, como nos outros oceanos, podem ser consideradas em 4 camadas, que incluem:
 - Uma camada superior que contém a camada de mistura e a termoclina principal e está em contato com a atmosfera
 - Uma camada intermediária, que contém duas massas de água de baixa salinidade que se originam na superfície de latitudes subpolares/subantárticas
 - Uma camada profunda
 - Uma camada de fundo

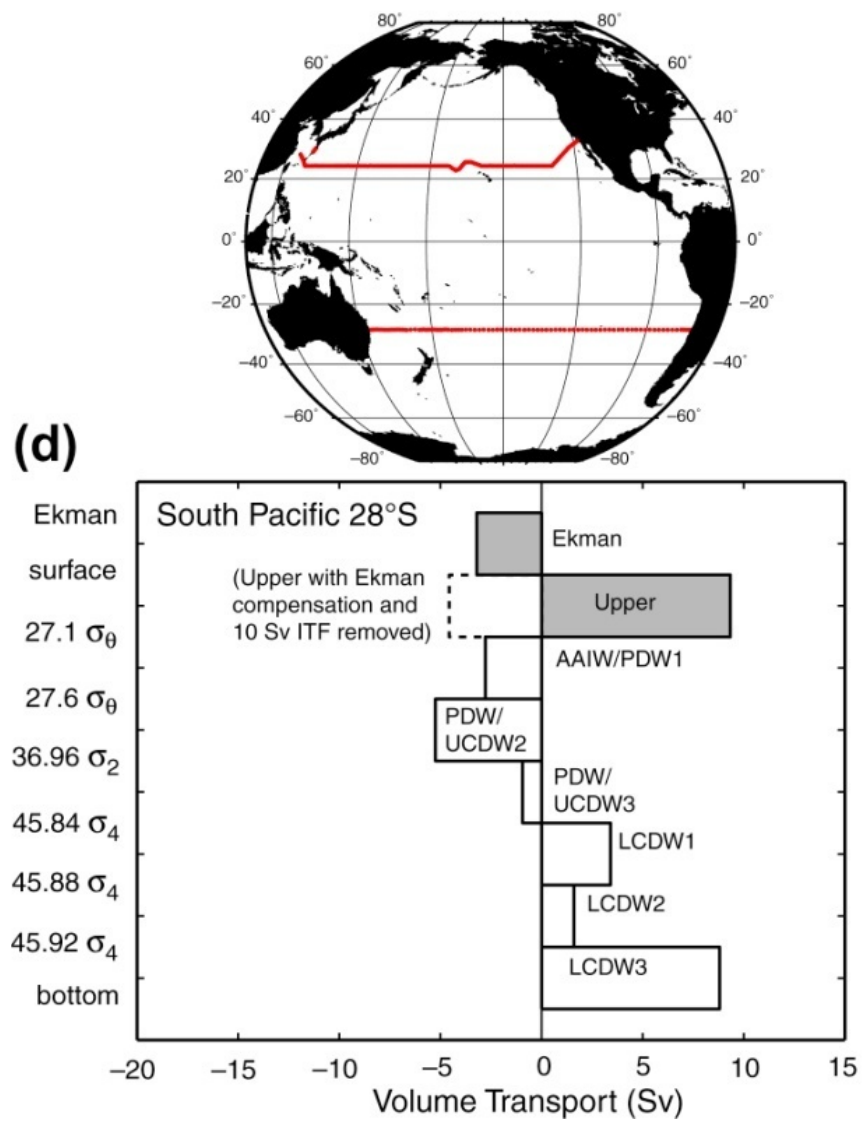
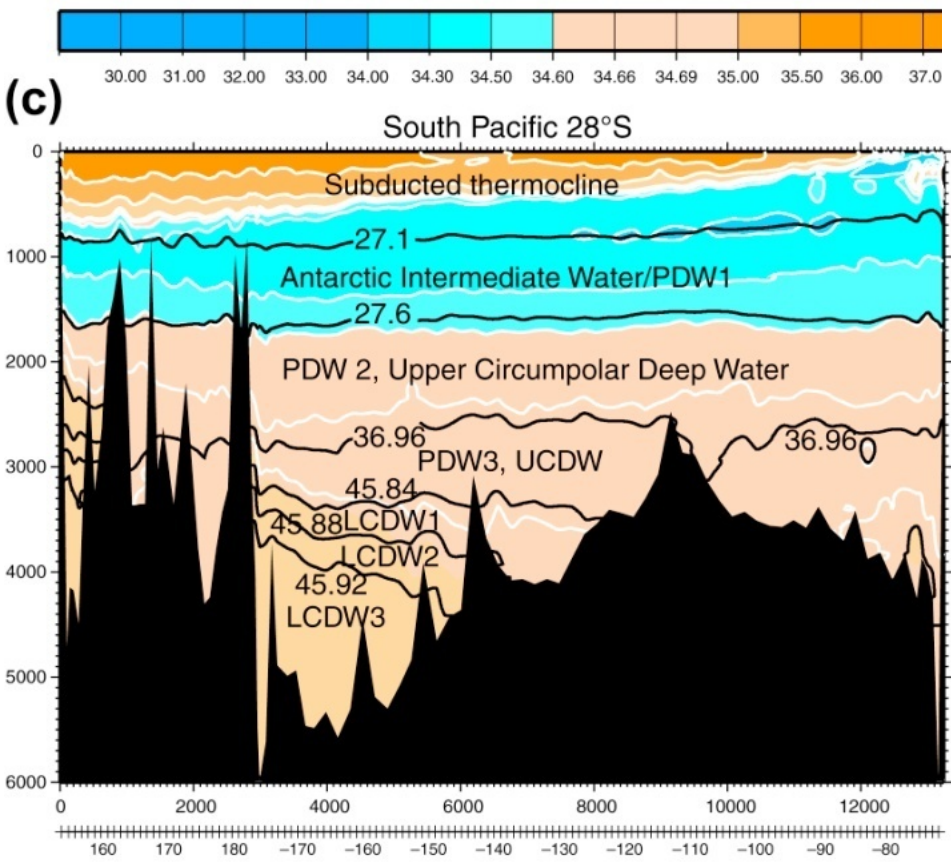


Massas de água

- O processo mais importante que distingue o OP em termos de massas de água é a falta de águas superficiais para formar localmente as águas profundas
- A água mais densa formada localmente é a Água Intermediária do Pacífico Norte (NPIW)



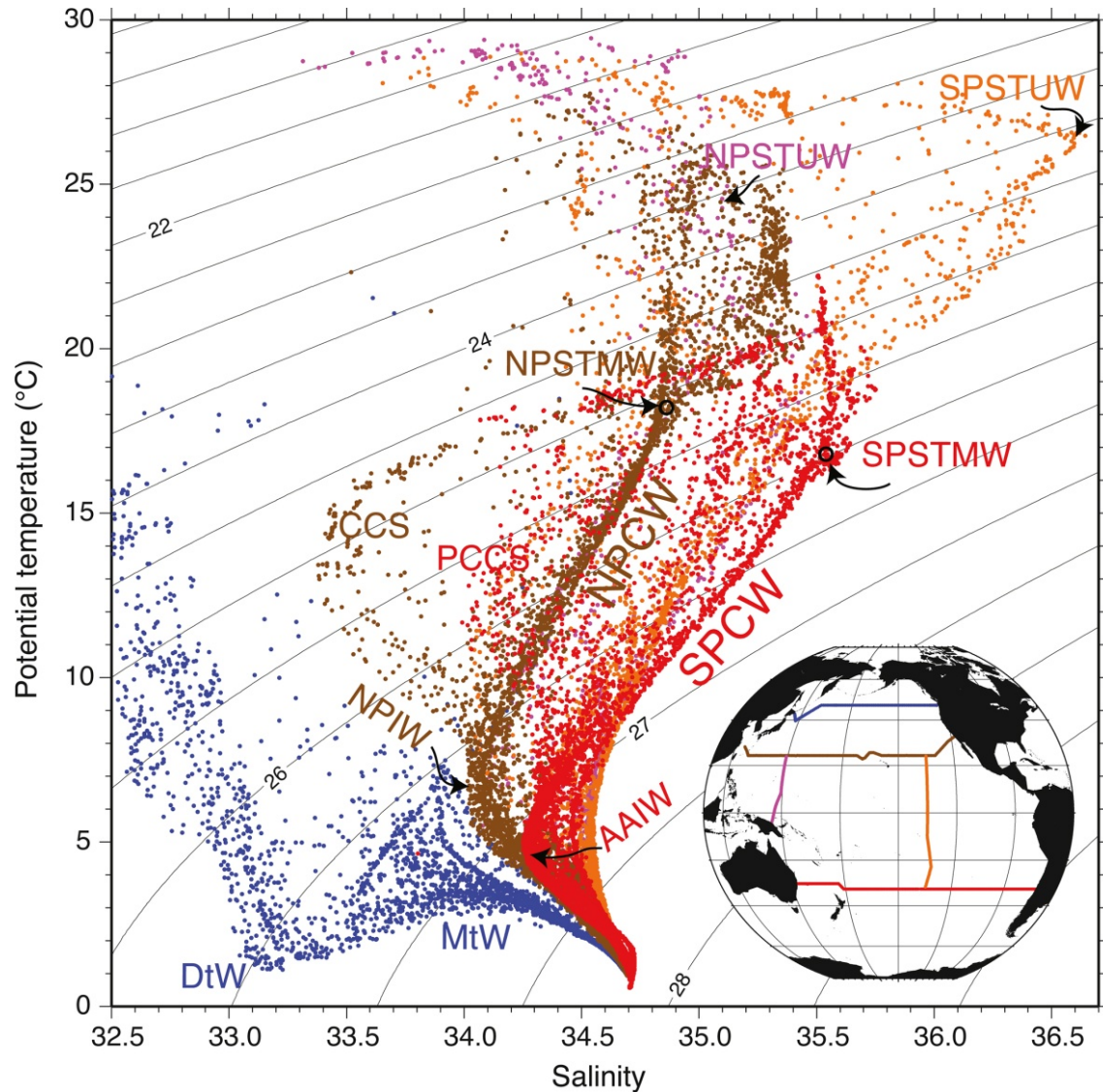
Salinidade e transporte meridional em camadas isopicnais em 24°N. Os níveis isopicnais (σ_θ , σ_2 , σ_4) que definem as camadas estão representados nas seções de salinidade. Extraído de Talley et al. (2011).



Salinidade e transporte meridional em camadas isopícnicas em 28°S. Os níveis isopícnicos (σ_θ , σ_2 , σ_4) que definem as camadas estão representados nas seções de salinidade. Extraído de Talley et al. (2011).

Massas de água

Diagrama Temperatura potencial – salinidade para estações selecionadas de acordo com as cores indicadas no mapa. Siglas: NPCW - North Pacific Central Water; SPCW - South Pacific Central Water; NPSTUW - North Pacific Subtropical Underwater; SPSTUW - South Pacific Subtropical Underwater; NPSTMW - North Pacific Subtropical Mode Water; SPSTMW - South Pacific Subtropical Mode Water; NPIW - North Pacific Intermediate Water; AAIW - Antarctic Intermediate Water; DtW - Dichothermal Water; MtW - Mesothermal Water; CCS - California Current System waters e PCCS - Peru-Chile Current System Waters. Extraído de Talley et al. (2011).





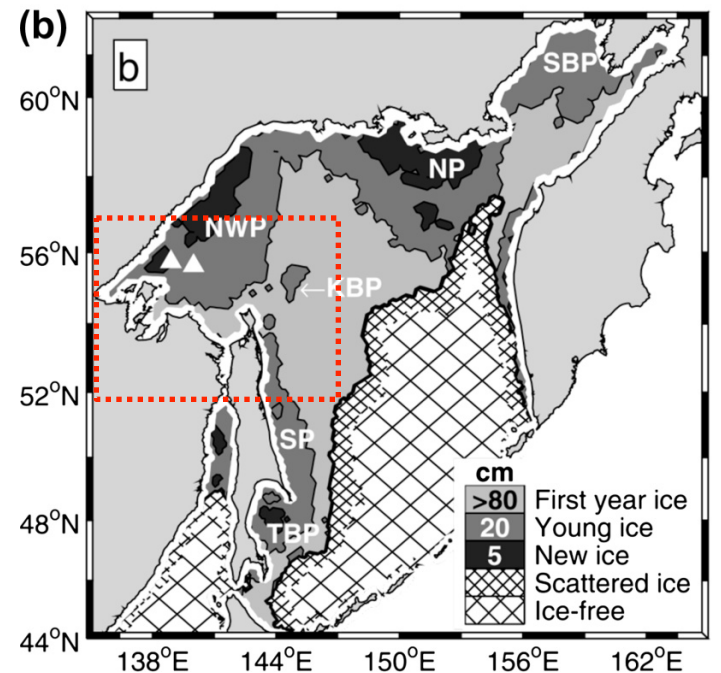
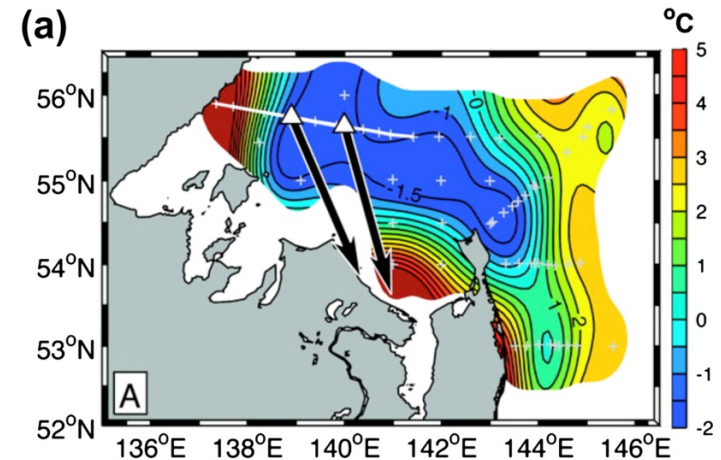
Massas de água

- Dentre as principais massas de água da camada superior incluem-se:
 - As águas centrais que formam a termoclina/picnoclina nas regiões subtropicais, incluindo a **Água Central do Pacífico Norte (NPCW)** e a **Água Central do Pacífico Sul (SPCW)**
 - A **Água Subtropical de Sub-superfície (SPSTUW e NPSTUW)**, que representam o máximo de salinidade na parte superior do giro subtropical que sofreu subducção
 - A **Água Modal Subtropical (SPSTMW e NPSTMW)**, que resulta da subducção das camadas de mistura das Correntes de Contorno Oeste após separarem-se da costa e durante o inverno

Massas de água

- Dentre as principais massas de água da camada intermediária incluem-se:
 - A **Água Intermediária do Pacífico Norte (NPIW)**, que é a água mais densa que é diretamente ventilada no OP
 - A **Água Intermediária Antártica (AAIW)**

Formação de água densa no Mar de Okhotsk. (a) Temperatura potencial de fundo em setembro de 1999 e vetores de velocidade média em dois fundeios. (b) Distribuição de gelo em fevereiro de 2000. NWP representa a polinia NW que é o onde que a água mais densa se forma. Extraído de Talley et al. (2011).





Massas de água

- Dentre as principais massas de água profunda incluem-se:
 - A **Água Profunda do Pacífico (PDW)**, que se origina no OP através da ressurgência das águas de fundo e mistura com as águas de fundo
 - A **Água Circumpolar Profunda Superior (UCDW)**, que se origina no Oceano Austral como uma mistura da PDW e a Água Profunda do Índico
- Finalmente temos a água de fundo que vem do Oceano Austral. No OP ela é comumente conhecida como **Água Circumpolar Profunda Inferior (LCDW)**. Em termos globais esta água faz parte da AABW



Referências Bibliográficas

Talley et al (2011). *Pacific Ocean*. In Descriptive Physical Oceanography: an introduction, pp. 303-362.

Talley et al (2011). *Pacific Ocean*. In Supplementary Materials, pp. 1-31.