A Mudança do Clima e seus impactos no Oceano Atlântico Sul

da escala global até a regional

Ilana Wainer - IOUSP

Instituto Oceanográfico
Universidade de São Paulo

Outubro - 2012

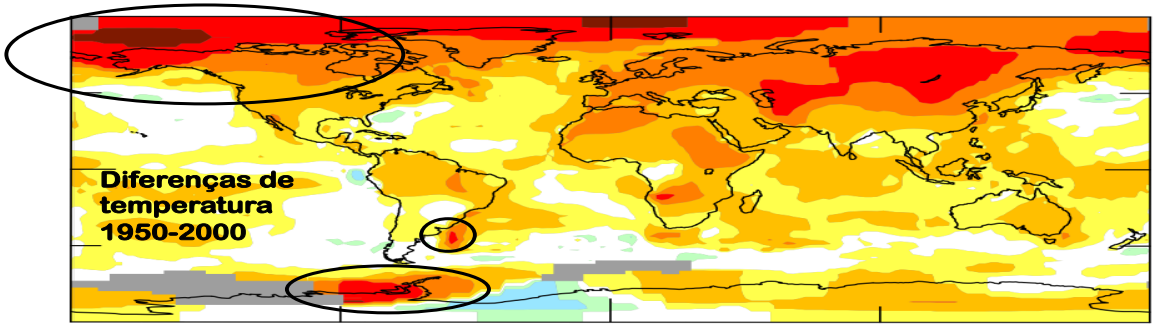
Outline

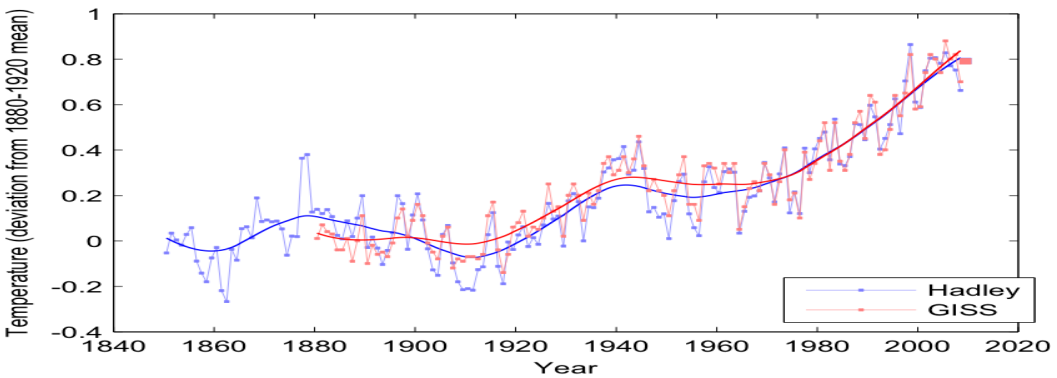
1. Motivação
2. Oceano Austral e o Clima Global
3. Oceanos e os modelos numéricos
4. Os limites
5. Conclusão

Introdução - Contexto:

O Contexto: Temperatura esta aumentando

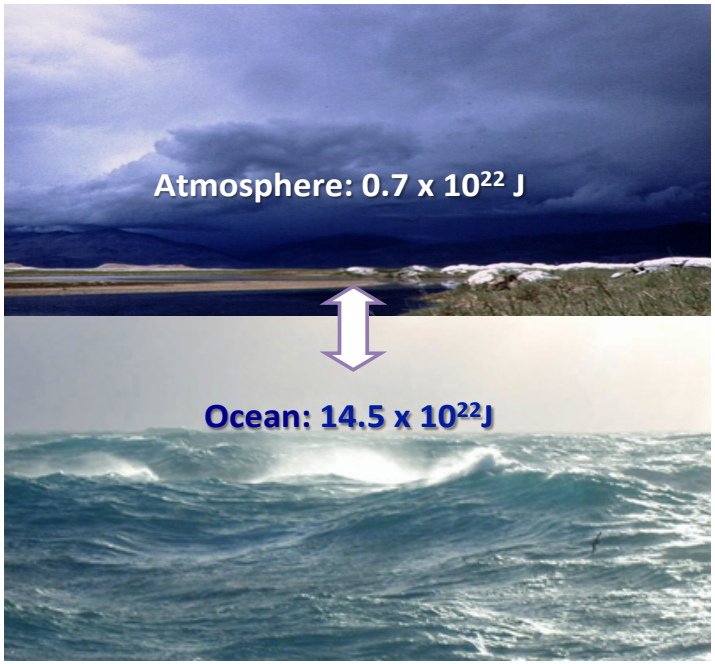
Projeções de mudanças climáticas são mais aceleradas nas altas latitudes que em qualquer outra região do planeta

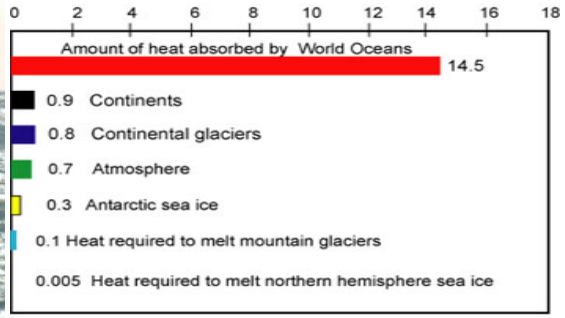




Os oceanos absorvem calor

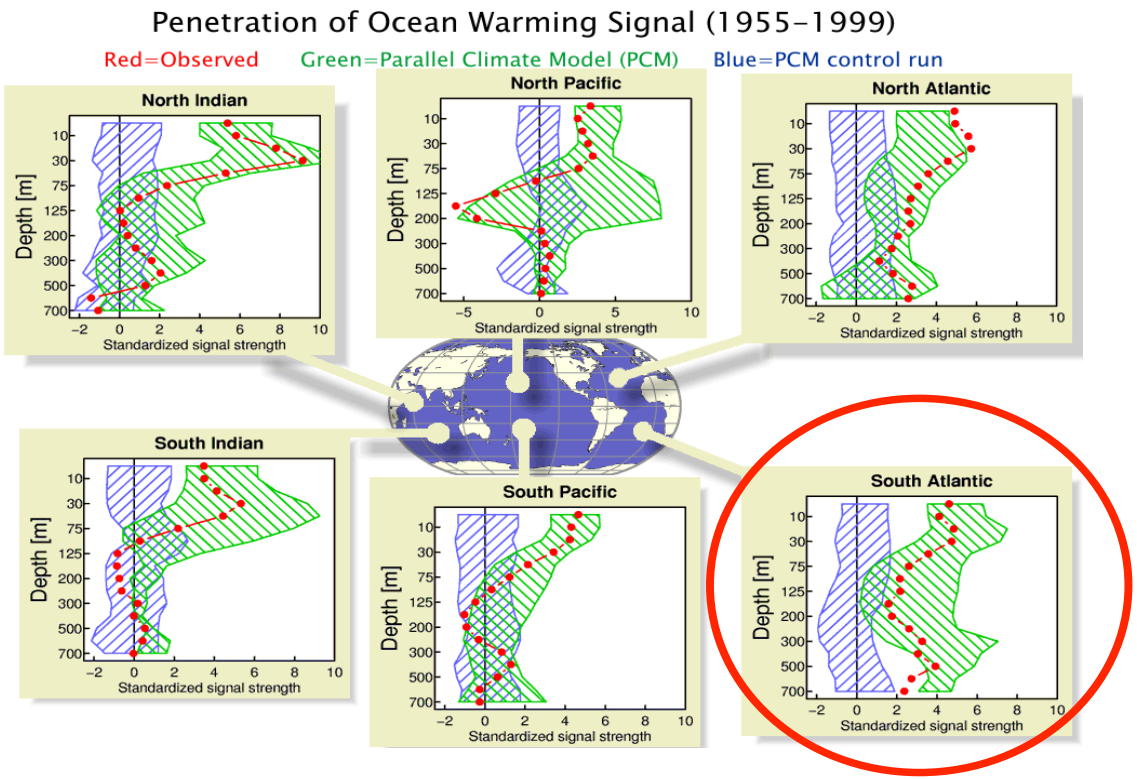
90% do calor (aquecimento global) é absorvido pelos oceanos. (≈ 20 vezes mais calor que a atmosfera desde 1955.)





Levitus et al. 2004

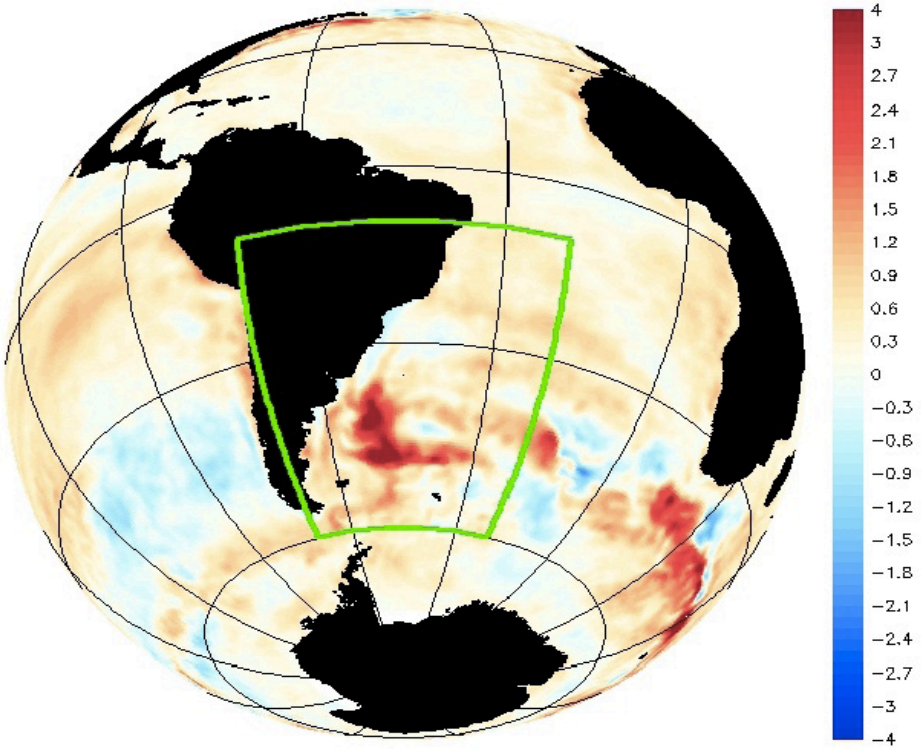
Sinal do Aquecimento Global é Visto em Todos os Oceanos



Source: Washington, W (pers. comm.) adapted from Barnett, SIO

Questões globais associadas ao Oceano Atlântico Sul -Austral

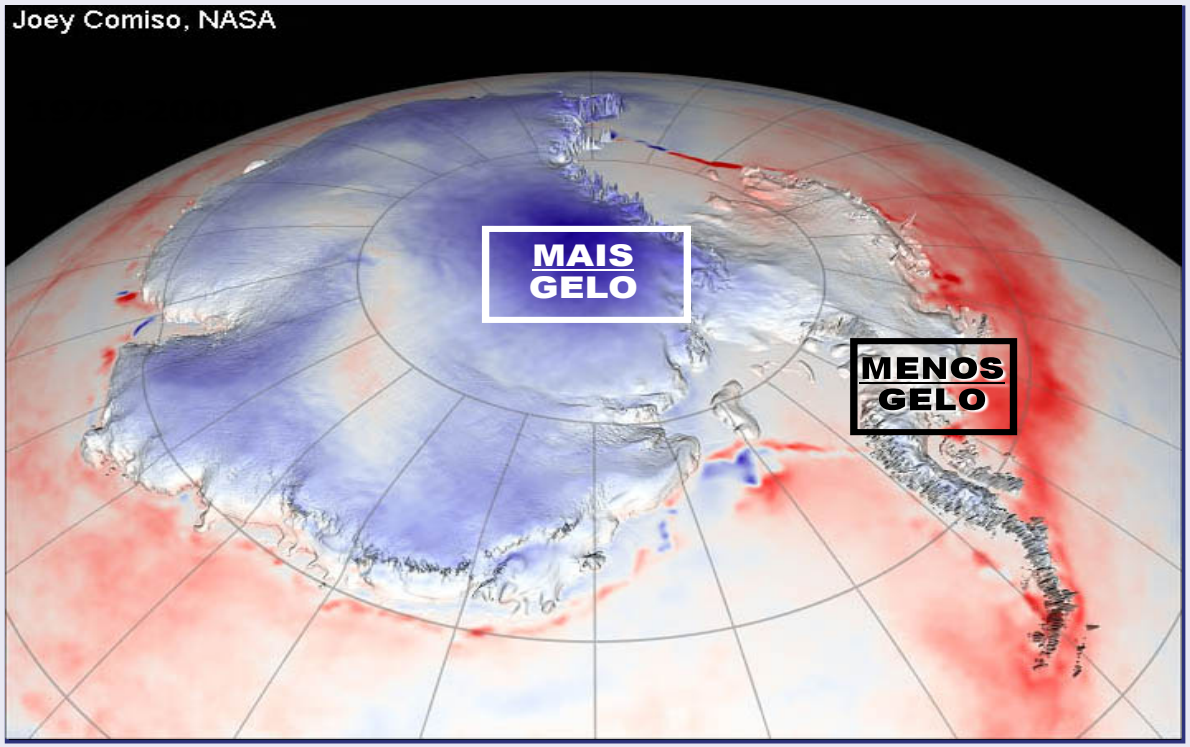
Tendência na TSM: 1948 - 2000



Temperature trend (SODA 1948-2000)

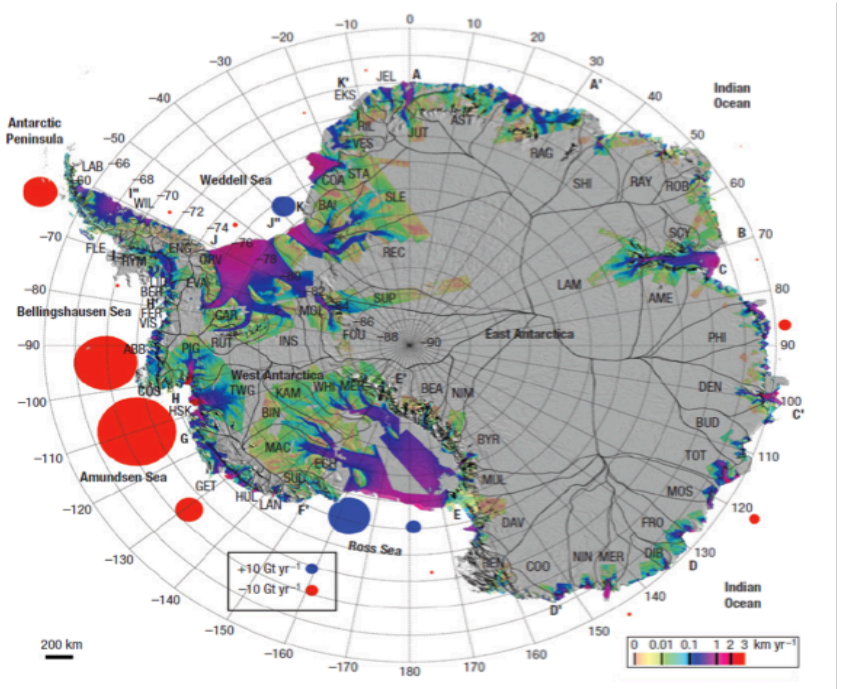
Evidência do aquecimento na Antártica

2% do gelo Antártico está nas plataformas de gelo que cobrem 50% da região de costa



Evidência do aquecimento na Antártica

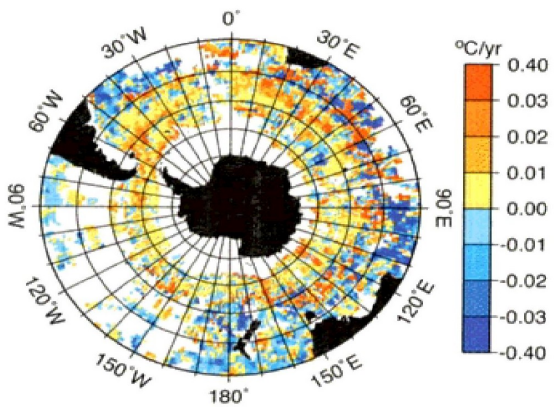
Círculos denotam perda de massa (vermelho) ou ganho (azul).



Dados obtidos de sensoriamento remoto, Rignot et al., 2008.

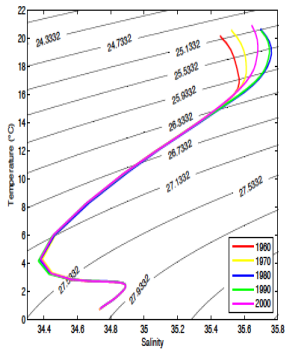
O Oceano Austral também esta esquentando

Aquecimento na coluna d'água

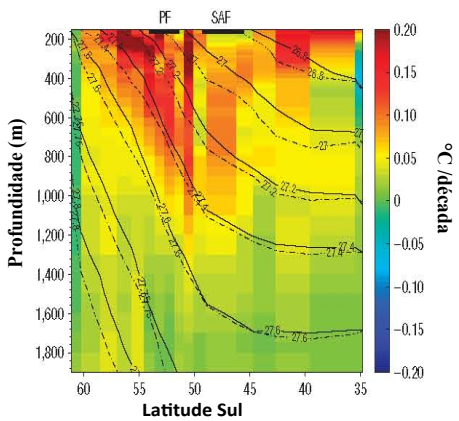


Gille, S. T., 2002. Warming of the Southern Ocean since the 1950s. Science.

T/S (reanálise oceânica)

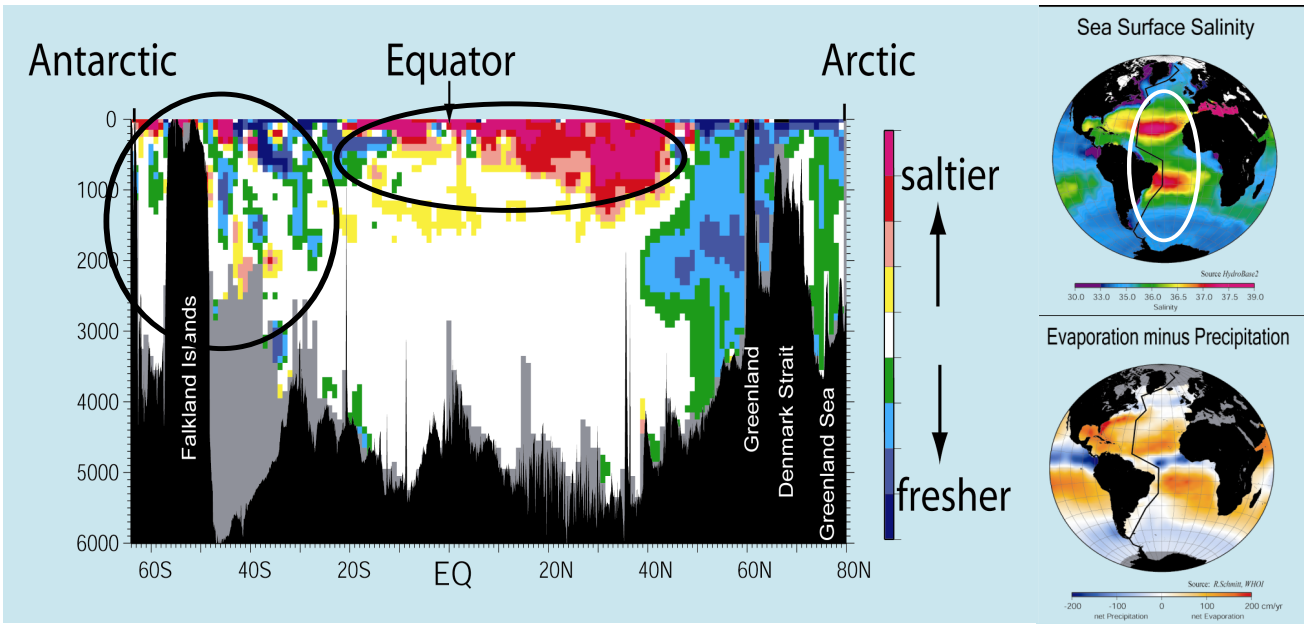


Wainer & Signorelli, 2010 (GRL, submitted)



Mudanças na densidade dos oceanos: salinidade no Atlântico

Sequestro (*uptake*) de CO_2 associado a estratificação

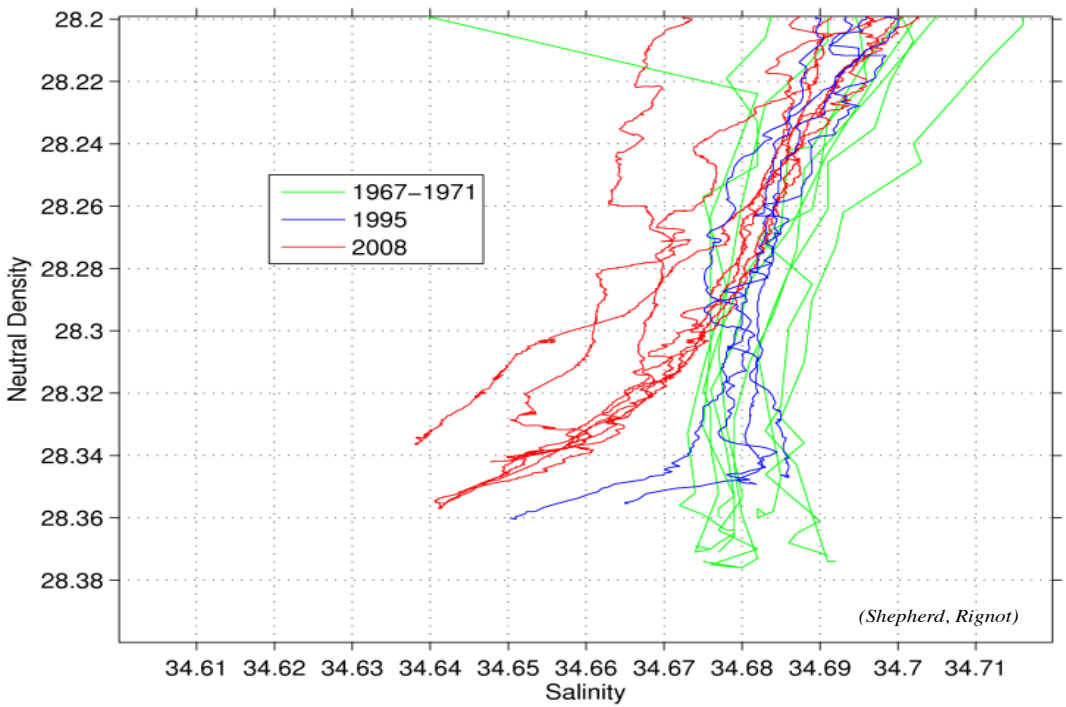


Curry et al., Nature (2003)

Salinity differences between 1990 / 1960

Água de fundo esta menos densa.

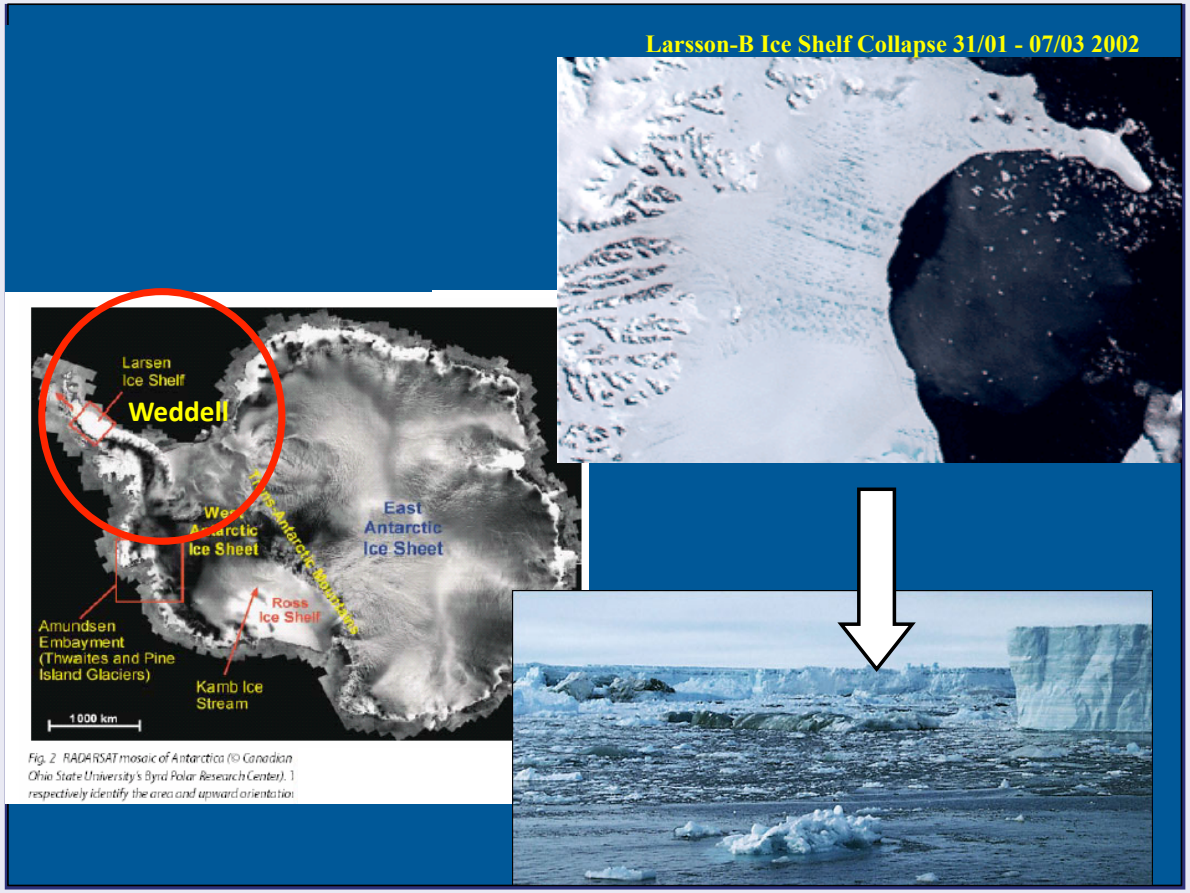
Adoçamento da AABW



Oceano Austral e o Clima Global

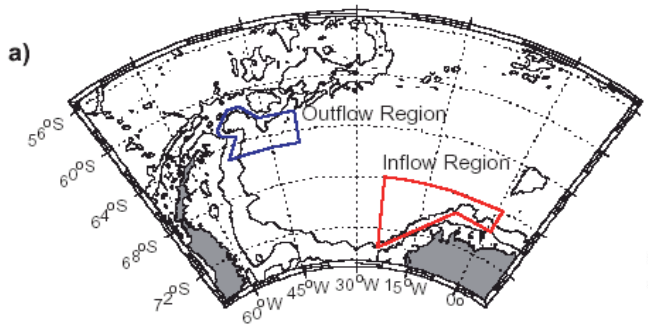
O Oceano Austral é sensível ao impacto do gelo-marinho.

Aquecimento provoca aumento do fluxo de gelo para os oceanos.

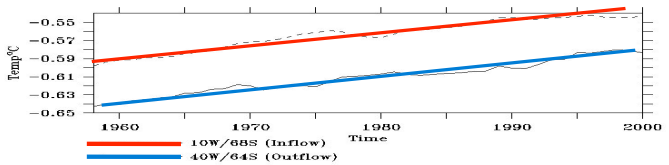


No Mar de Weddell, está sendo observado e modelado o aquecimento de águas densas profundas.

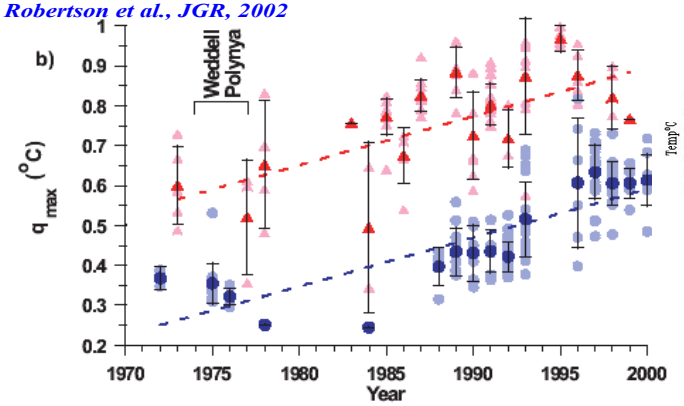
Onde se formam as águas mais densas do planeta



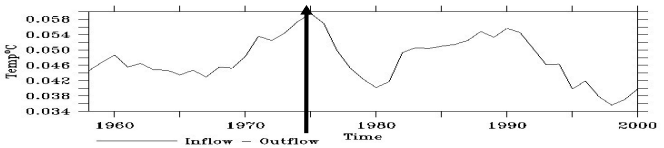
Agua cálida do MW esquentou 0.3C desde a metade dos anos 1970's.



Robertson et al., JGR, 2002



A diferença não é constante!



Wainer et al. 2012, em prep

Os máximos coincidem c/ ocorrência da Polynia de Weddell, causando aquecimento

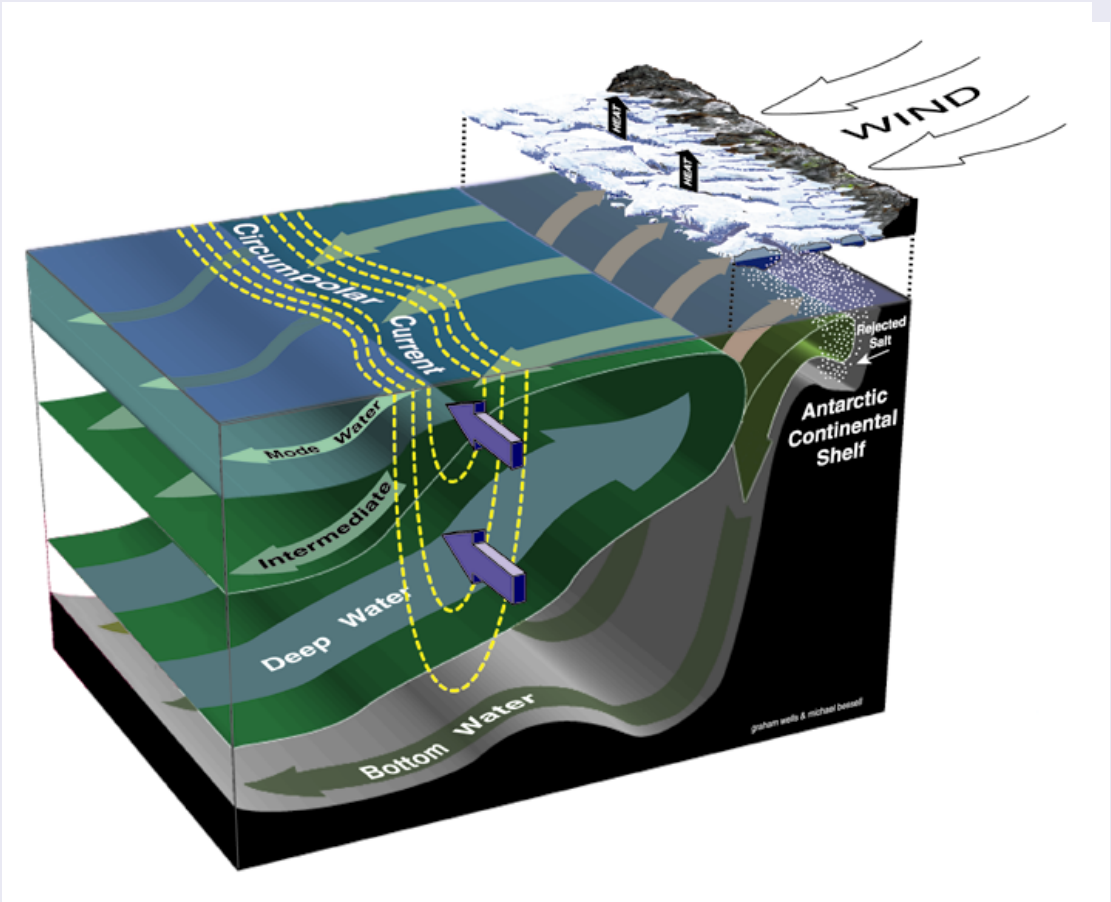
A Conexão entre Atlântico Sul-Austral com as Mudanças Climáticas

Atlântico Sul e setor Austral e CO_2

- Águas frias contém mais CO_2.
- Águas ricas em CO_2 nas altas lats, afundam.
- CO_2 em águas densas fica armazenado mais tempo.
- Degelo contribuindo para aumento da estratificação na superfície oceânica em altas latitudes e alteração na formaçao-transformação de massas d'agua chaves para a questão climática.

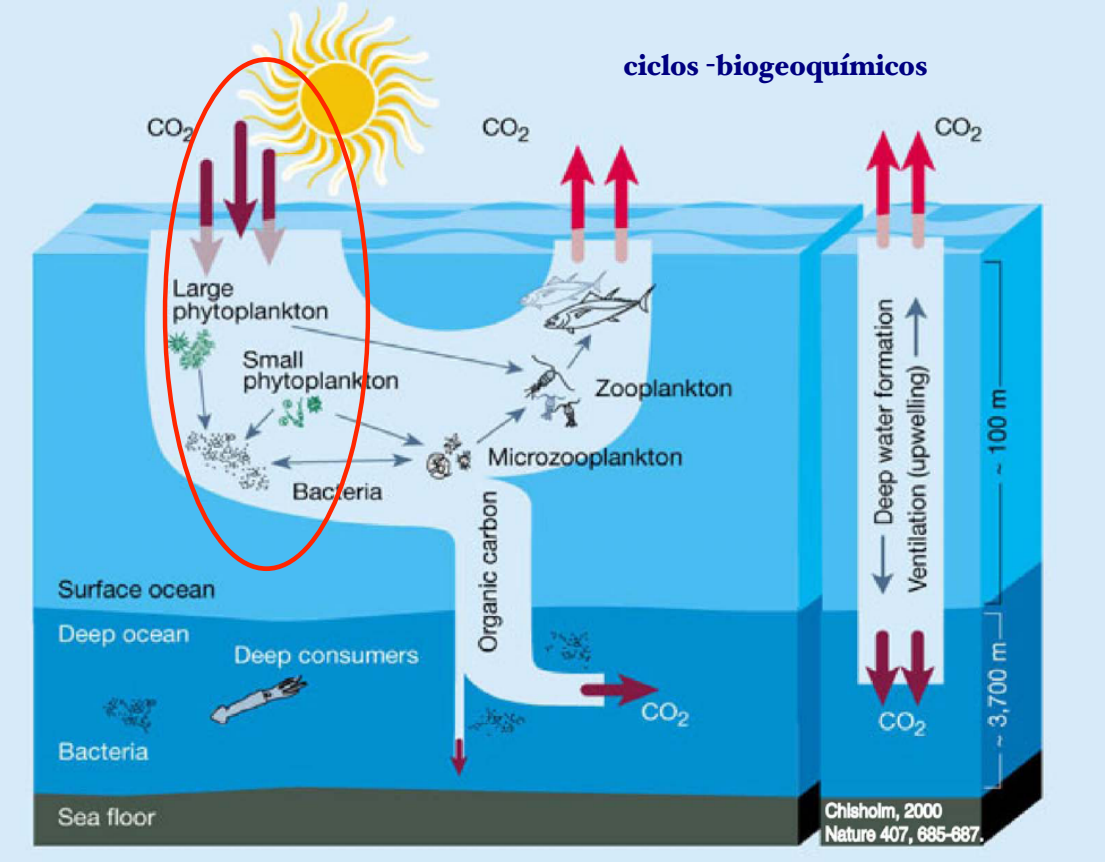
Ligações do Oceano Austral com a Criosfera

Formação das principais massas d'água



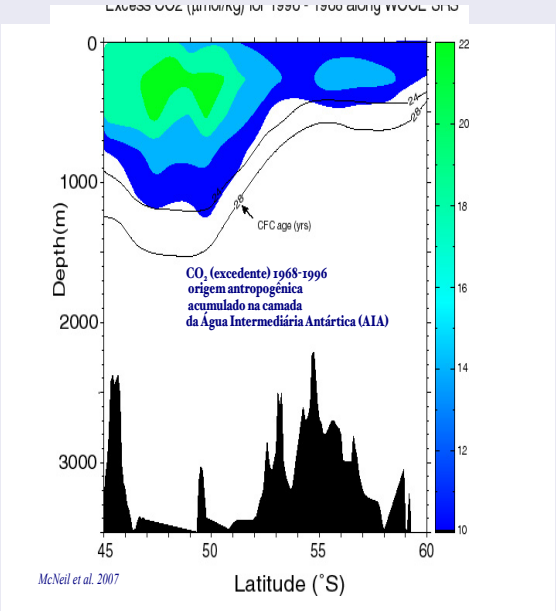
Processos biológicos

Sorvedouro CO2

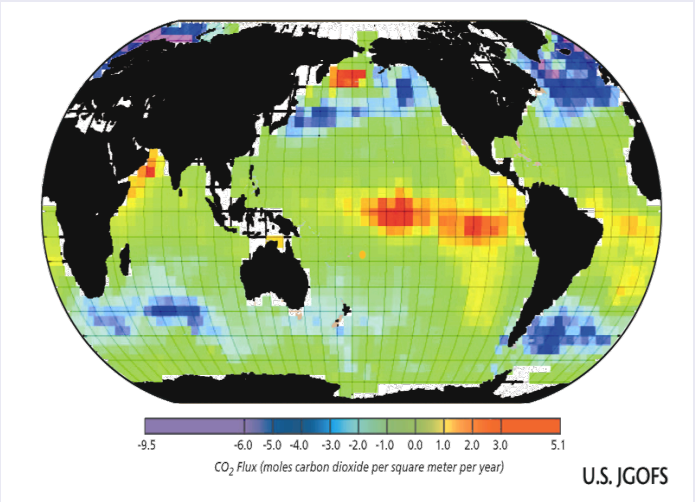


Ligações do Oceano Austral com a Criosfera

CO_2 na coluna d'água



Fluxo de CO2 observado (*Takahashi et al.*)



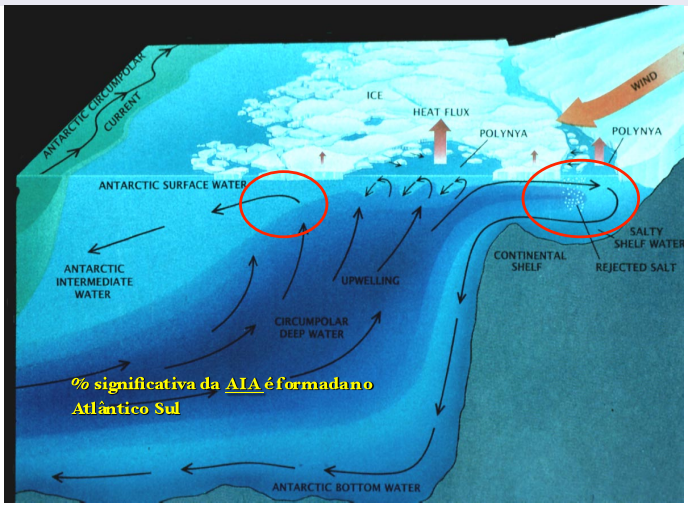
Sequestro de CO_2 depende da intensidade dos ventos

Ventilação = f (divergência e estratificação gerada pelo vento)

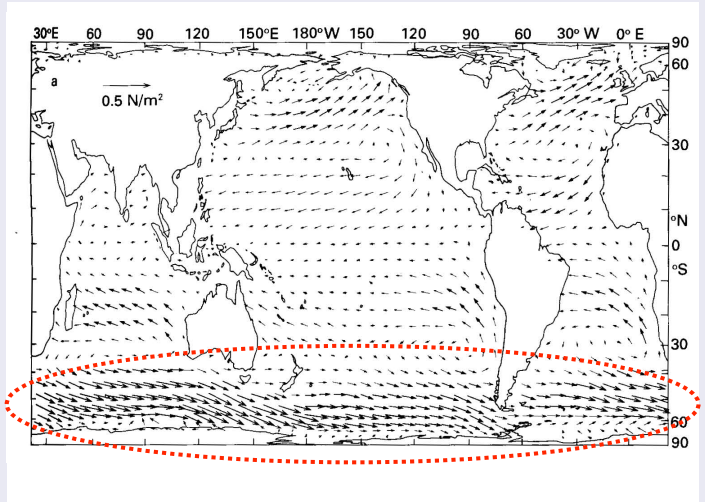
A formação da AAIW (Água Intermediária Antartica) e da AABW (Água de fundo Antartica) são importante componentes da ventilação do Oceano Austral

ventilação = contato com a atmosfera

AABW (Água de fundo Antartica) é formada predominantemente no mar de Wedell



importância dos ventos na subdução (*Wainer et al. 2004 Climatic Change*)



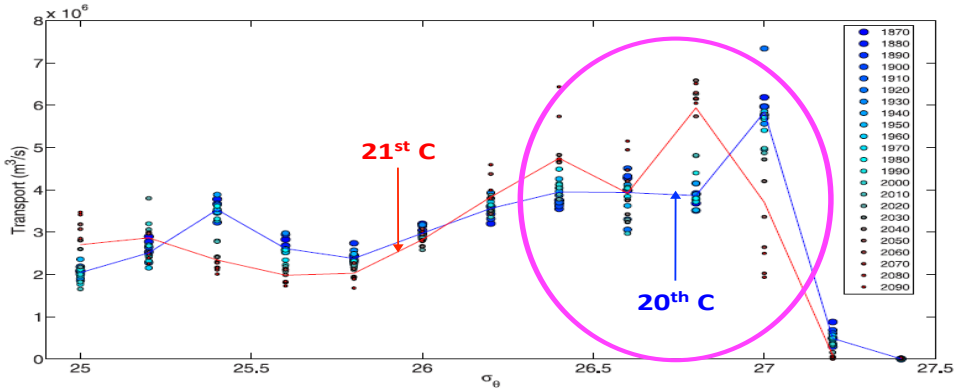
Mudanças na ventilação e transformação das massas dágua afetam os oceanos

resultados séculos 20 e 21

Taxas de formação se mantém, mas muda a densidade da formação

$$Sub(\sigma) = -\oint_{\sigma-\Delta\sigma/2}^{\sigma+\Delta\sigma/2} [\mathbf{u}\cdot\nabla H + w]dA,$$

where u e w are decadal means of zonal/vertical velocities at H depth (decade's mixed layer maximum depth)

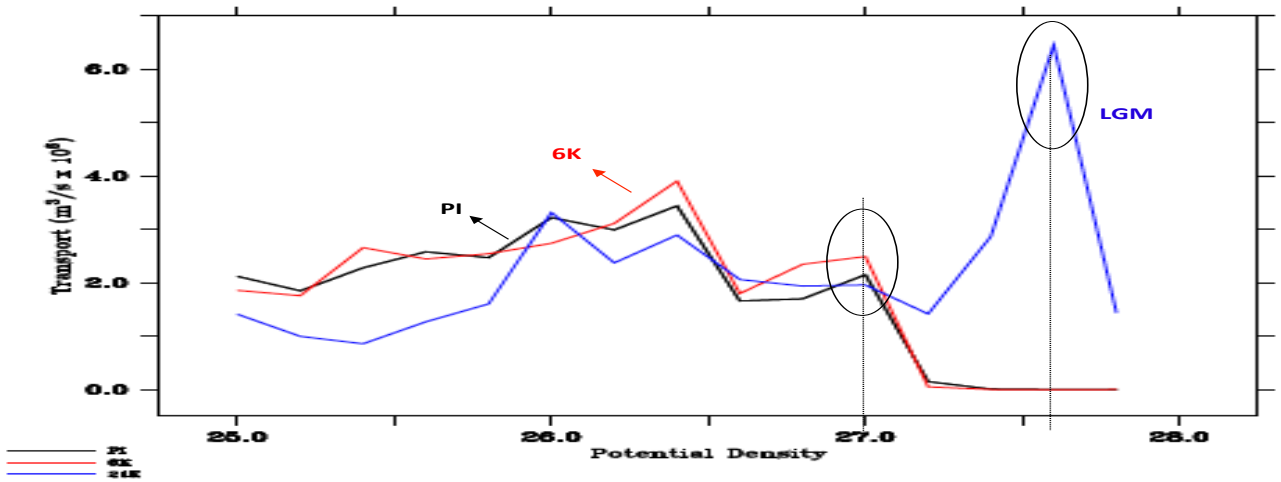


Goes, Wainer et al., 2008, GRL

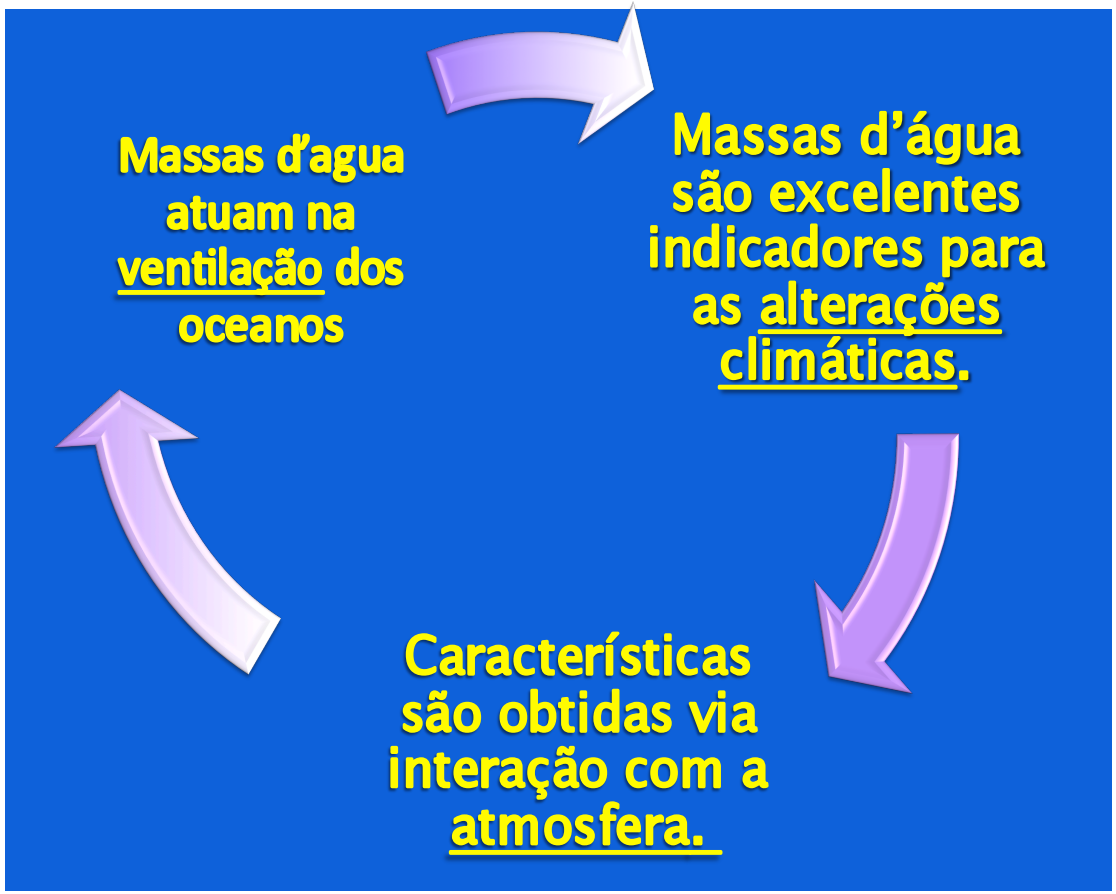
Paleo Subdução

Impacto no sequestro de CO_2 e calor pelos oceanos: ventos fortes $\Rightarrow$ maior recirculação (OVT)$\Rightarrow$maior ventilação$\Rightarrow$ maior sequestro de CO_2

resultado de simulação com o CCSM3 para o LGM, Holoceno médio e d Pre-Industrial, (*Wainer et al, 2012*)



Glacial AAIW formed vigorously at σ=27.7


Massas d'agua atuam na ventilação dos oceanos
Massas d'água são excelentes indicadores para as alterações climáticas.
Características são obtidas via interação com a atmosfera.

Mudanças nos oceanos

Quais são as causas?

- Aumento do degelo?
- Aumento da precipitação? (i.e. processos hídrológicos **)
- Mudanças nos ventos e circulação oceânica associadas ao buraco de ozonio.

gelo + oceano é um problema regional-local de impacto global

Como abordar o problema? Ferramenta Numérica (modelos)

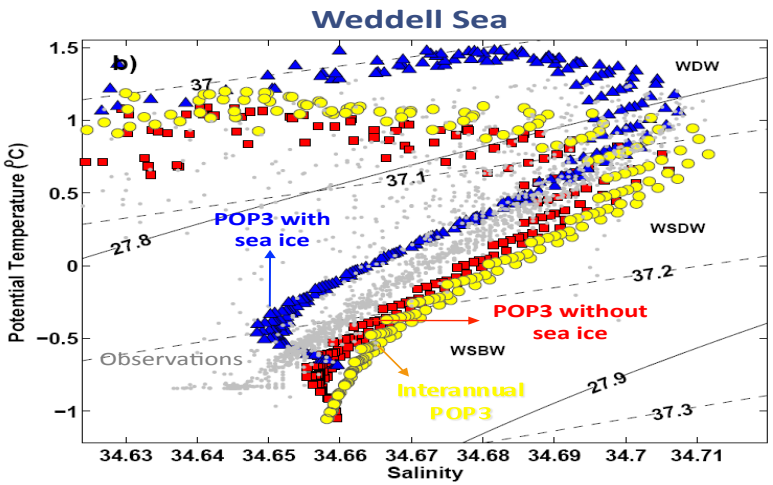
Implementatação de um modelo de plataforma de gelo marinho, interagindo termodinâmicamente com o oceano Austral

Simulando os oceanos dentro do contexto climático - o sistema Terra

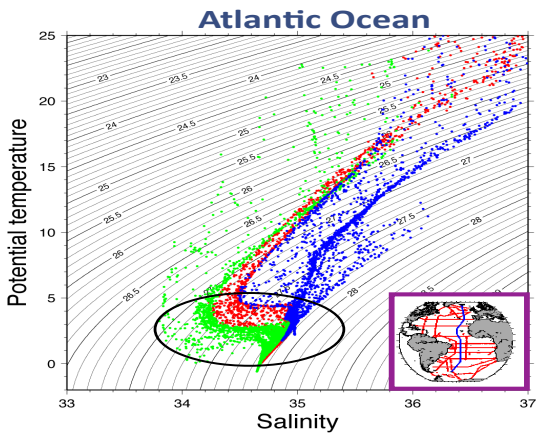
Como os modelos estão representando os Oceanos, Antartica e a interação entre os sistemas?

As massas d'água são excelentes indicadores para as alterações climática

Suas características obtidas via interação com a atmosfera são bem representadas?



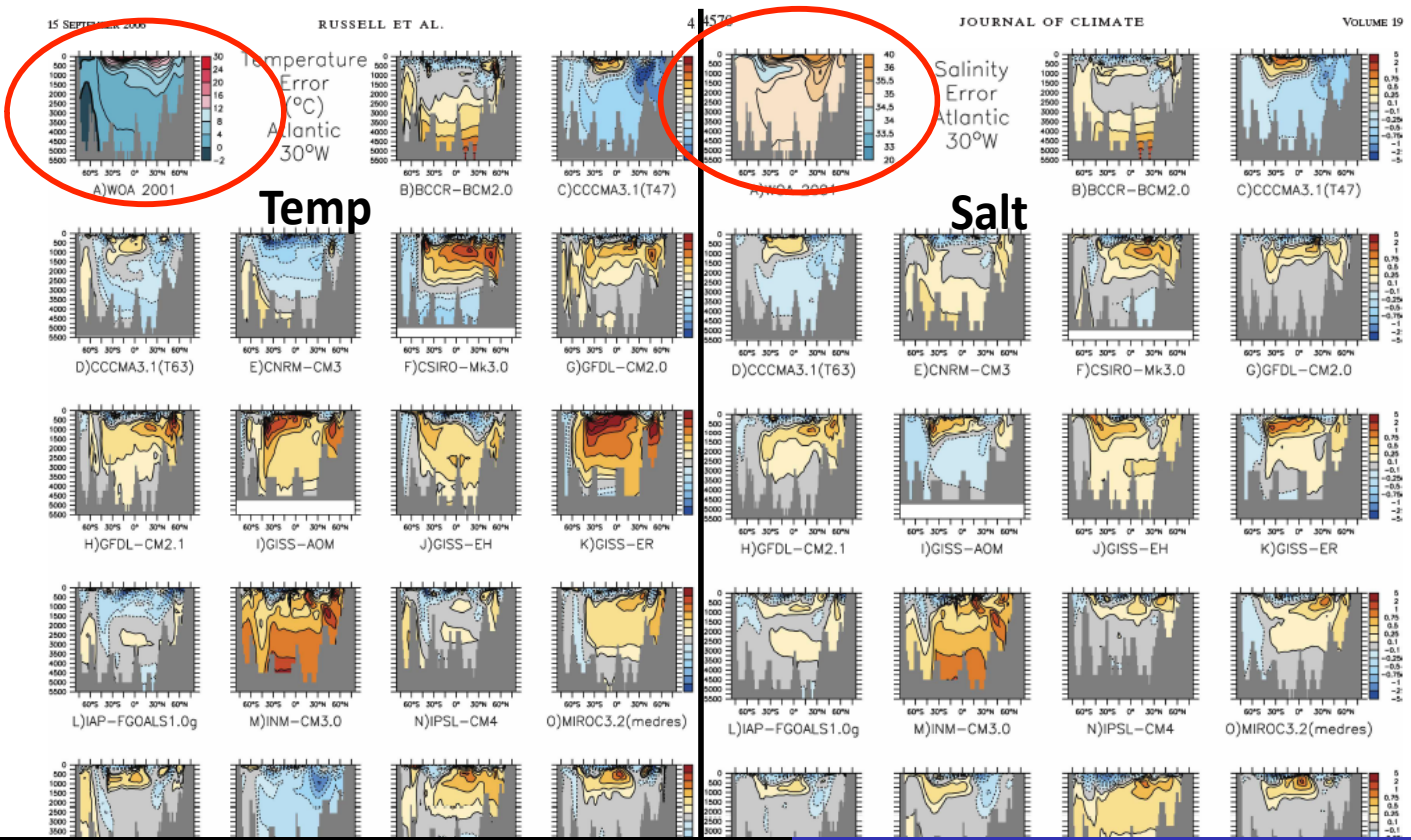
Kerr, Wainer et al., 2007 ASsci.



Woce Atlas -http://woceatlas.tamu.edu

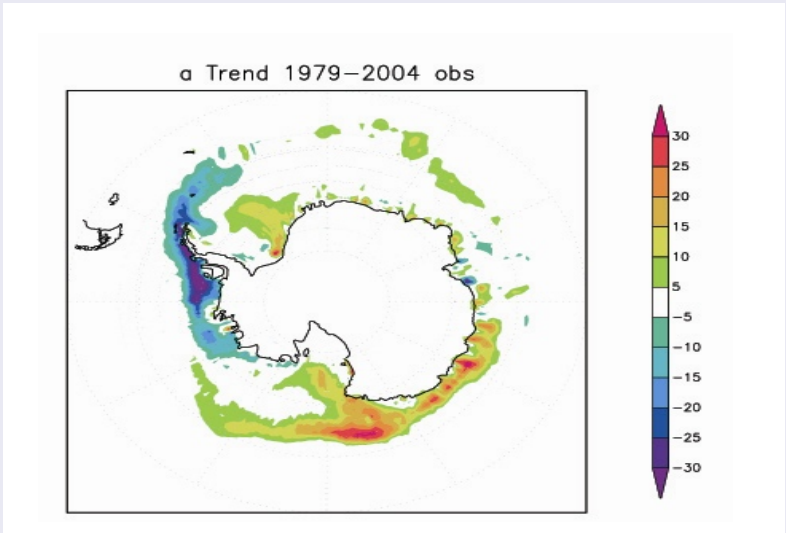
Modelos climáticos (classe-IPCC): o oceano abaixo da superfície

Temperature/ Salinity at 30W (*Russell et al. 2006*) **obs x 18 IPCC model results.**

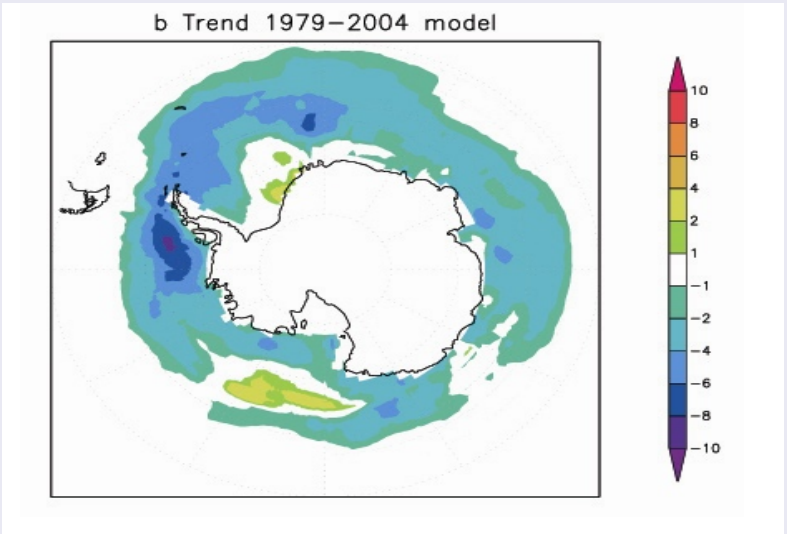


Representação da Cobertura de gelo - grande impacto na circulação e formação de Massas D'água

Observações



Modelos do IPCC (AR4)



Fica claro a importância do setor Atlântico do Oceano Austral no clima global

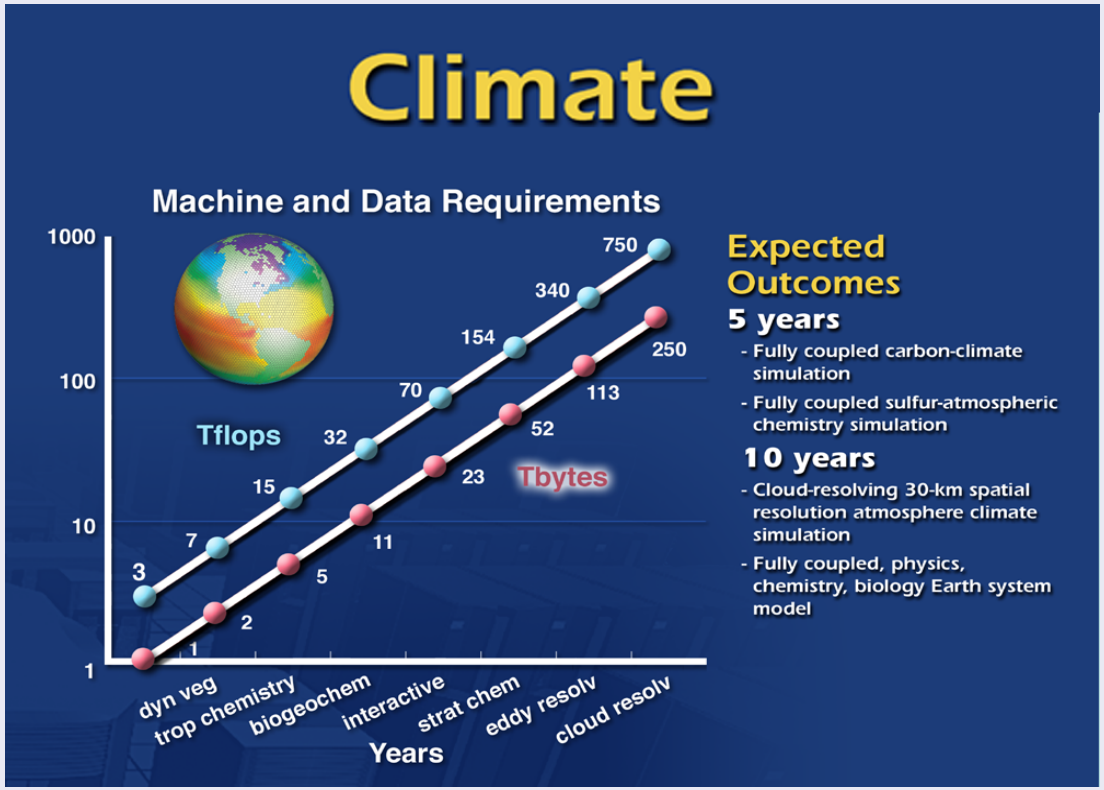
mas as interações Oceano-Atmosfera-Gelo Marinho ocorrem na escala regional-local através dos processos

- Formação e termodinâmica das plataformas de gelo marinho
- Formação e Transformação de massas d'água
- Polynias
- interacão de escalas

Os Limites

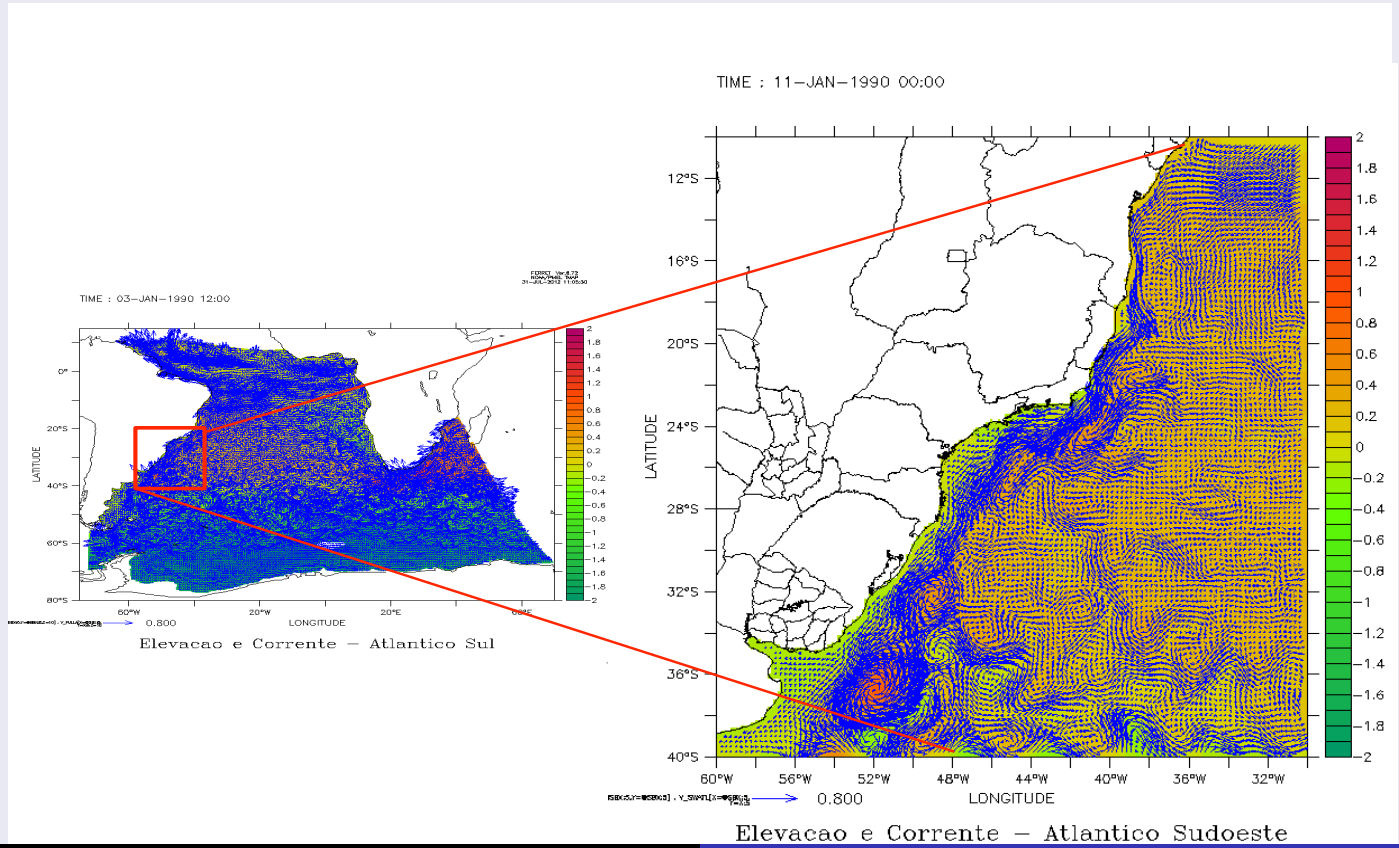
Limites: Ferramentas & Conhecimento

Física e Resoluçao versus recursos computacionais



Desafio: *Traduzir* a informação climática da escala global para a regional nos oceanos

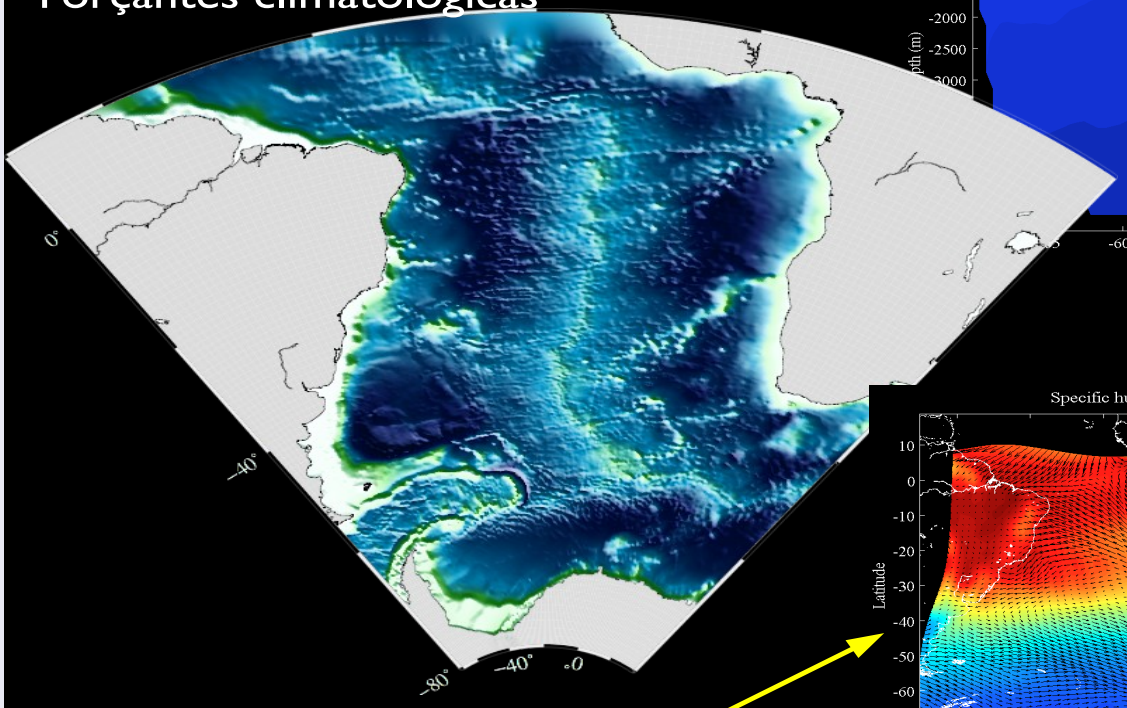
Modelagem Regional (ROMS)

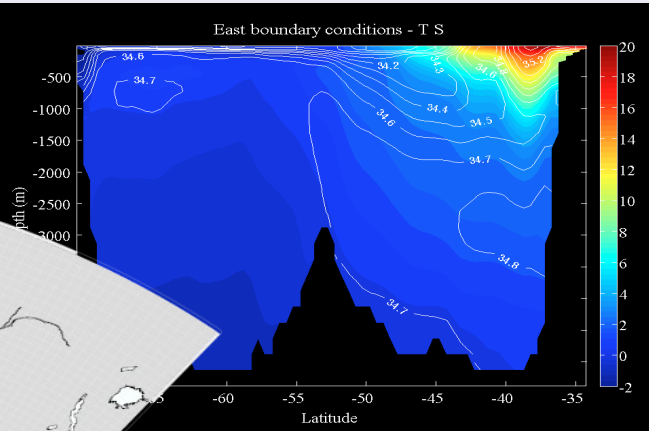


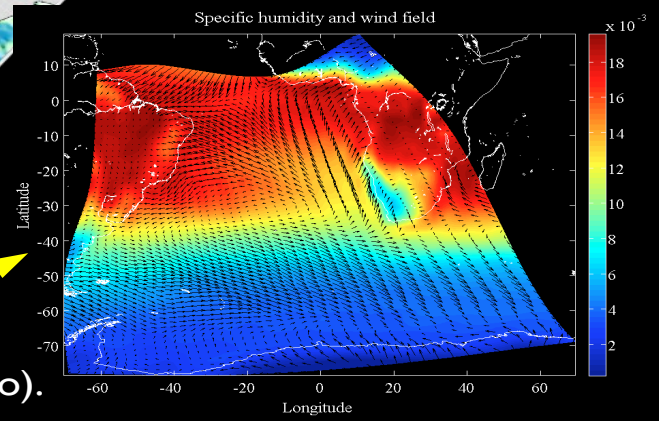
Resultados em escala regional - Atlântico Sul

Modelo de Bacia – Atlântico Sul

Forçantes climatológicas







Normal Year forcing – CORE – exemplo (vento).

Na fronteira do conhecimento: interação das plataformas de gelo com o oceano

Implementação de plataforma de gelo + gelo marinho

- O objetivo específico é o entendimento dos processos de interação oceano-atmosfera-gelo marinho através da implementação do modelo numérico ROMS

Modelo Regional - Resultados

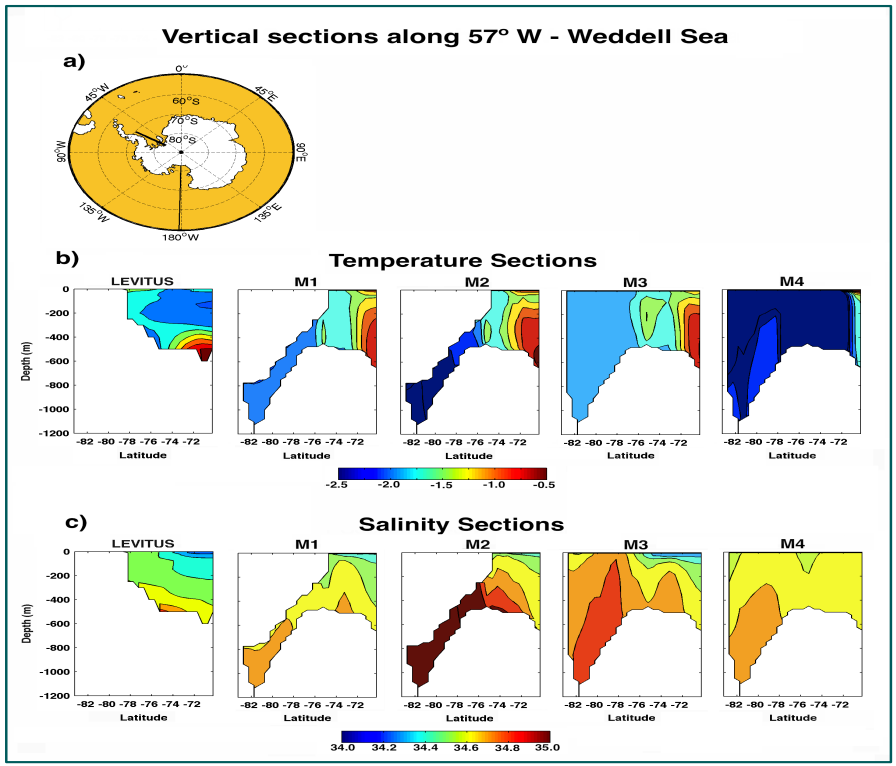
Ice-Shelves - Metodologia

Qual a importância de considerar o gelo marinho + ice-shelves num modelo regional para o Oceano Austral?

- Rodada de 90 anos com o ROMS:
- modelo hidrodinâmico + gelo marinho + ice-shelf (termodinamica e só expessura (SE))
- inicialização e CC T-S Levitus 98
- Forçantes do conjunto CORE v2 (NYF = normal year forcing)

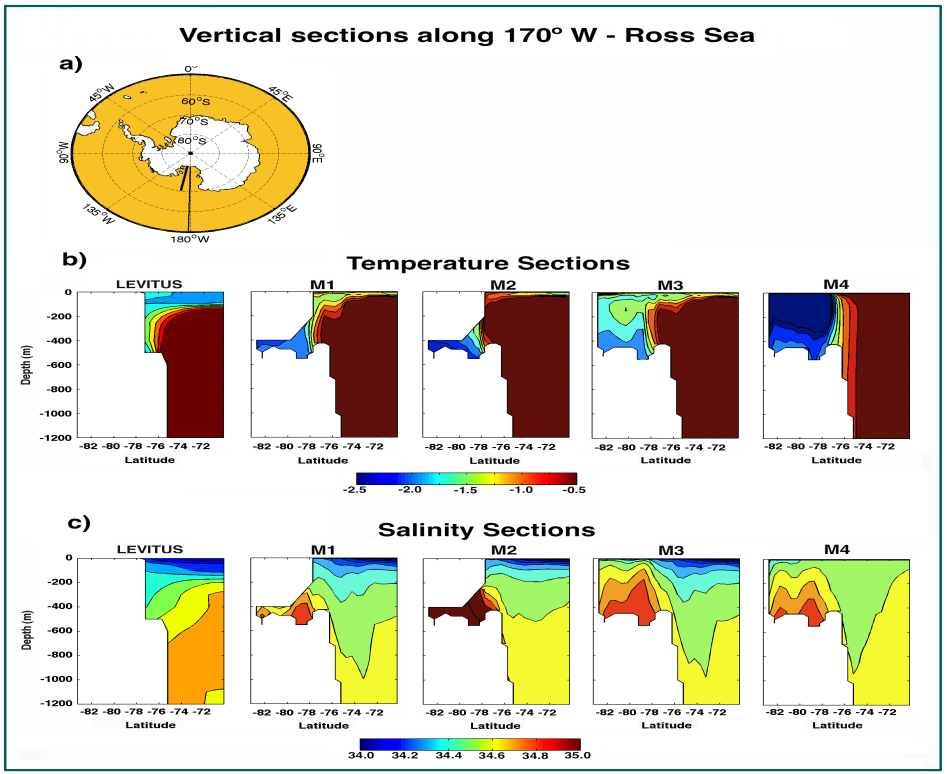
Resultados - secções verticais

T-S para Weddell *Meccia, Wainer et al, 2012 (in revision)*



Resultados - secções verticais

T-S para Ross *Tonelli, Wainer et al, 2012 (in revision)*



Discussão

Qual a importância de considerar o gelo marinho + ice-shelves num modelo regional para o Oceano Austral?

- Inclusão de gelo marinho é absolutamente necessário nas simulações para a correta representação da circulação.
- A contribuição desse trabalho é a inclusão das *ice-shelves*.
- A inclusão das ice-shelves só é possível quando são considerados:
  - Expessura do gelo
  - Termodinâmica ativa (i.e. trocas de calor)

Modelos e Observaçãos caminham de mãos dadas

1. Hoje: Excelentes projeções de futuro com modelos de escala Global
2. Em andamento: Desenvolvimento de modelos para a previsão CLIMÁTICA regional-local individualizados.
3. Necessidades para o futuro:
   - Infra-estrutura computacional,
   - observações sistemáticas e contínuas

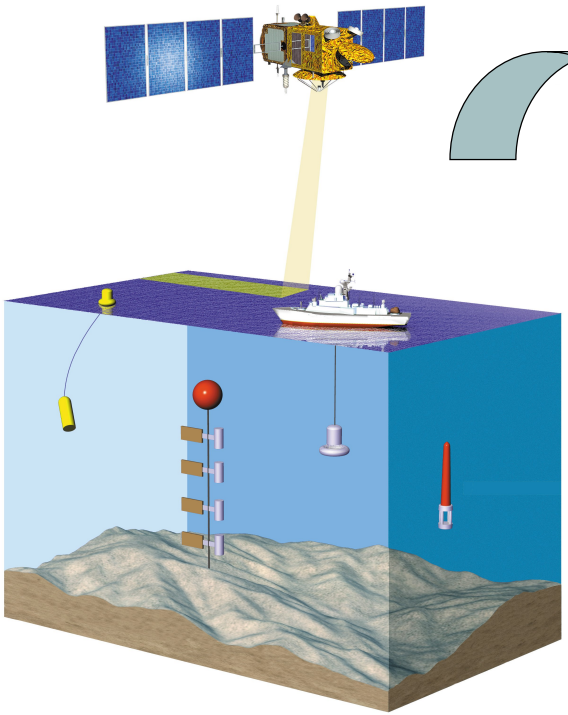
Modelos e Observaçãos caminham de mãos dadas

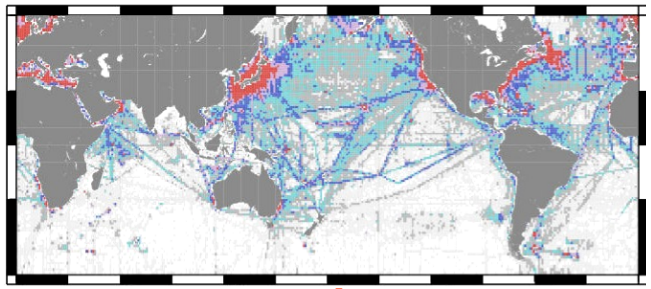
1. Hoje: Excelentes projeções de futuro com modelos de escala Global
2. Em andamento: Desenvolvimento de modelos para a previsão CLIMÁTICA regional-local individualizados.
3. Necessidades para o futuro:
   - Infra-estrutura computacional,
   - observações sistemáticas e contínuas
   - Infra estrutura de gerenciamento de dados (Observados e Modelados)

Modelos e Observaçãos caminham de mãos dadas

1. Hoje: Excelentes projeções de futuro com modelos de escala Global
2. Em andamento: Desenvolvimento de modelos para a previsão CLIMÁTICA regional-local individualizados.
3. Necessidades para o futuro:
   - Infra-estrutura computacional,
   - observações sistemáticas e contínuas
   - Infra estrutura de gerenciamento de dados (Observados e Modelados)
   - Formação de recursos humanos.

OBRIGADA





In situ hydrographic profiles