An aerial photograph of a vast, flat ice shelf in the Southern Ocean. The ice is a pale, milky blue color. A long, white research vessel is positioned on the ice, leaving a dark trail behind it. In the background, a dark, rocky coastline is visible, partially covered in snow or ice. The sky is a clear, deep blue.

Estudos no Oceano Austral para a Compreensão do Clima Global



Estudos no Oceano Austral para a Compreensão do Clima Global

Introdução

O planeta Terra possui cerca de $\frac{3}{4}$ de sua superfície terrestre coberta por água. Além de ser fundamental para a vida no planeta, a água desempenha um papel crucial na manutenção do clima terrestre. Devido à sua grande capacidade térmica, os oceanos são capazes de armazenar grande quantidade de energia térmica (calor) recebida pelo Sol e, através de seu sistema de correntes, redistribuí-la no planeta.

Este sistema de correntes oceânicas possui na sua essência duas componentes: a superficial e a de fundo oceânico. Como as regiões equatoriais e tropicais recebem maior quantidade de energia solar, correntes oceânicas superficiais transportam este excesso de energia para as regiões de maiores latitudes. Por outro lado, em regiões polares há forte interação entre o oceano e a atmosfera, onde fortes ventos, esfriamento e formação de gelo marinho contribuem para a modificação de suas águas superficiais, forçando-as, por diferença de densidade, a afundarem para o interior do oceano, até atingirem grandes profundidades e, a partir daí, propagam-se para baixas latitudes.

Denominamos este sistema de correntes globais de “Circulação Termohalina Global”. A palavra “termohalina” é empregada aqui porque a temperatura e a salinidade são as propriedades físicas que controlam esta circulação global. Como resultado final, correntes oceânicas de superfície e de fundo oceânico exercem grande impacto no clima do planeta

Terra, em escalas que variam de poucos anos a séculos, pois transportam massa e calor, redistribuindo, assim, a energia solar incidente sobre o planeta.

No caso da Antártica, as águas formadas naquela região fluem para os oceanos Atlântico, Índico e Pacífico. O Oceano Austral – que circunda o continente Antártico – exerce a função de renovar as águas dos grande oceanos globais. Além disso, recentes estudos mostram que o Oceano Austral desempenha papel acentuado no ciclo global do gás carbônico, pois a circulação das águas profundas, que funcionam como rico reservatório de carbono, é controlada por processos físicos que lá ocorrem. O Oceano Austral, tal como o Ártico, possui papel considerável nas trocas de CO_2 (um dos principais gases do efeito estufa) entre a atmosfera e o oceano. Estas trocas gasosas são, por sua vez, controladas pela formação de gelo marinho, convecção termohalina e produtividade biológica.

No caso do gelo marinho, estudos sobre as condições ambientais sob os bancos de gelo marinho e nas plataformas de gelo que circundam a Antártica são igualmente relevantes, devido ao fato de que ali são formadas as águas frias, profundas e densas, ricas em nutrientes, que fluem para menores latitudes, influenciando a produtividade e a biodiversidade das regiões costeiras em todo o Atlântico Sul, oceanos Índico e Pacífico.

A região oceânica no entorno da Península Antártica, particularmente, demanda um grande esforço de pesquisa, pois a região serve como conexão primária entre as águas polares e as águas dos oceanos adjacentes. O monitoramento de longo prazo desta região deve ser considerado de importância vital, já que as águas frias que são formadas na região do

Mar de Weddell são transportadas para os outros oceanos. Esse monitoramento de longo prazo já encontra-se estabelecido pelos programas internacionais Global Ocean Observing System (GOOS) e Global Climate Observation System (GCOS).

Outro fato notável a respeito do Oceano Austral é a alta concentração de nutrientes e a baixa produtividade primária (ou síntese de matéria orgânica através da fotossíntese) nas camadas superficiais. Esse fenômeno é conhecido como “paradoxo da Antártica”, pois embora os níveis de nitratos e fosfatos sejam altos, o primeiro elo da cadeia trófica oceânica – as microalgas marinhas (ou fitoplâncton) – se desenvolve muito pouco. Hoje, sabe-se que a limitação do micronutriente ferro nas águas superficiais do Oceano Austral inibe a utilização biológica dos outros nutrientes disponíveis. Entretanto, a Corrente Circumpolar Antártica, que flui ao redor do continente antártico com altas concentrações de nutrientes como nitratos e fosfatos, ao passar pela Passagem de Drake, divide-se em praticamente dois segmentos, sendo que um deles propaga-se para o norte. Este ramo norte da corrente é denominado de “Correntes das Malvinas”, cujas águas transportam esses macronutrientes para as regiões do Atlântico Sul Ocidental, em especial para a plataforma continental e talude da Argentina. Com o aporte de ferro, provavelmente oriundo de transporte eólico a partir dos desertos da Patagônia, as águas da plataforma Argentina são altamente enriquecidas e a produção biológica se eleva, com impactos positivos em toda a cadeia trófica. Estudos recentes baseados em imagens de satélites e em medições da pressão parcial do CO_2 , na água e no ar, mostram que as águas da plataforma Argentina apresentam elevadas concentrações de microalgas marinhas (Romero et al., 2006; Garcia et al., 2008), que têm um papel fundamental na absorção do CO_2 pelo oceano.

Mais especificamente para a população que vive no hemisfério sul, estudar a região antártica é de crucial importância, devido à sua proximidade e, principalmente, devido às teleconexões que ocorrem nos meios atmosférico e oceânico. Adicionalmente, oceano e atmosfera interagem fortemente, principalmente em regiões de fortes contrastes térmicos das águas superficiais. A Corrente do Brasil, por exemplo, flui próximo do talude brasileiro, transportando águas quentes e salinas desde o nordeste do Brasil até o norte da Argentina. Nas proximidades de 38°S , ela encontra a Corrente das Malvinas que, por sua vez, transporta águas frias e menos salinas para o norte. Essa região de contrastes termohalinos é denominada de “Confluência Brasil-Malvinas”.

Os processos de teleconexão entre os ambientes antártico, subantártico e subtropical, somente serão melhor compreendidos, após a intensificação dos estudos sobre a região da Confluência Brasil-Malvinas (CBM), considerada uma das regiões mais dinâmicas dos oceanos globais. Vórtices oceânicos (semelhantes a gigantes redemoinhos), formados na região, necessitam ser estudados em detalhe, para que se compreenda os mecanismos de trocas de água, calor e gases, dentre outras propriedades, entre os ambientes subantártico e tropical. Os processos de interação e trocas entre oceano e atmosfera na CBM são pouco conhecidos e acredita-se que a previsão meteorológica no continente sul-americano poderia ser melhorada se alimentada com dados provenientes desta região.

O Projeto Sos-Climate

O projeto SOS-CLIMATE (Southern Ocean Studies for Understanding Global-CLIMATE Issues) integra quatro grandes Programas do Ano Polar Internacional (API): (1) Synoptic Antarctic Shelf-Slope Interactions Study (SAS-SI); (2) Collaborative Research into Antarctic

Calving and Iceberg Evolution (CRAC-ICE); (3) Integrated analyses of circumpolar Climate interactions and Ecosystem Dynamics in the Southern Ocean–International Polar Year (ICED-IPY) e (4) Climate of Antarctica and the Southern Ocean – Ocean Circulation Cluster (CASO).

O SASSI é uma iniciativa internacional liderada pelo grupo IANZone, International Antarctic Zone, que objetiva, de forma integrada e coordenada, investigar os processos oceanográficos na plataforma, quebra de plataforma e talude continental da Antártica. O CRAC-ICE é uma investigação integrada sobre os processos de formação de icebergs nas três maiores plataformas de gelo da Antártica, além do monitoramento de longo prazo dos icebergs do Oceano Austral, incluindo estudos físicos relacionados com a deriva e decaimento dos mesmos. ICED-IPY é uma iniciativa internacional que objetiva o estudo multidisciplinar de vários ecossistemas do Oceano Austral, com ênfase nos impactos sobre os mesmos pelas mudanças climáticas globais. O CASO pretende obter uma visão sinótica do meio ambiente físico do Oceano Austral - em colaboração com outras atividades do API, que incluem biogeoquímica, ecologia e biodiversidade. Este programa pretende, também, aumentar o conhecimento do papel dos oceanos no passado, presente e futuro do clima, incluindo conexões entre as circulações do Oceano Austral e teleconexões entre latitudes polares e temperadas.

O projeto SOS-CLIMATE objetiva, em conjunto com a comunidade internacional, elucidar aspectos considerados relevantes sobre o papel do Oceano Austral no panorama atual de mudanças climáticas globais. Mais especificamente, o projeto visa monitorar as águas densas formadas a oeste da Península Antártica que se espalham pelo resto dos oceanos glo-

bais através da circulação termohalina global; verificar o papel desempenhado pelos icebergs na estabilização da coluna de água do mar, na fertilização das águas superficiais e suas conseqüências sobre a produtividade primária regional; compreender a dinâmica do intenso crescimento (ou florações) de microalgas marinhas na plataforma Argentina, responsáveis por forte seqüestro de CO₂ atmosférico do Hemisfério Sul; compreender os processos de interação oceano-atmosfera na região de teleconexão entre águas subantárticas e tropicais; determinar a influencia da dinâmica do gelo marinho (variação da extensão e concentração) ao redor da Antártica, na circulação do Oceano Atlântico Sul - em particular os efeitos na região de maior variância desta bacia, ou seja, a área da Confluência Brasil-Malvinas. O projeto SOS-CLIMATE é executado pelo Grupo de Oceanografia de Altas Latitudes (GOAL), formado por pesquisadores de diferentes instituições brasileiras e colaboradores internacionais. Estudantes de graduação e pós-graduação de instituições brasileiras e internacionais participam ativamente do projeto, especialmente nos trabalhos de campo, adquirindo experiência em oceanografia de altas latitudes.

Atividades durante o ano Polar Internaional

A contribuição do SOS-CLIMATE, no âmbito do Ano Polar Internacional, tem sido no sentido de conduzir estudos observacionais multidisciplinares, a bordo do navio Ary Rongel, em três regiões distintas, mas interligadas: Confluência Brasil-Malvinas, quebra da plataforma Argentina e ao redor da Península Antártica (Figura 1). As atividades de pesquisa envolvem: (i) trabalho de campo (Figura 2); (ii) processamento e análises em laboratórios no Brasil e no exterior; (iii) modelagem e análises de resultados de modelos climáticos globais.

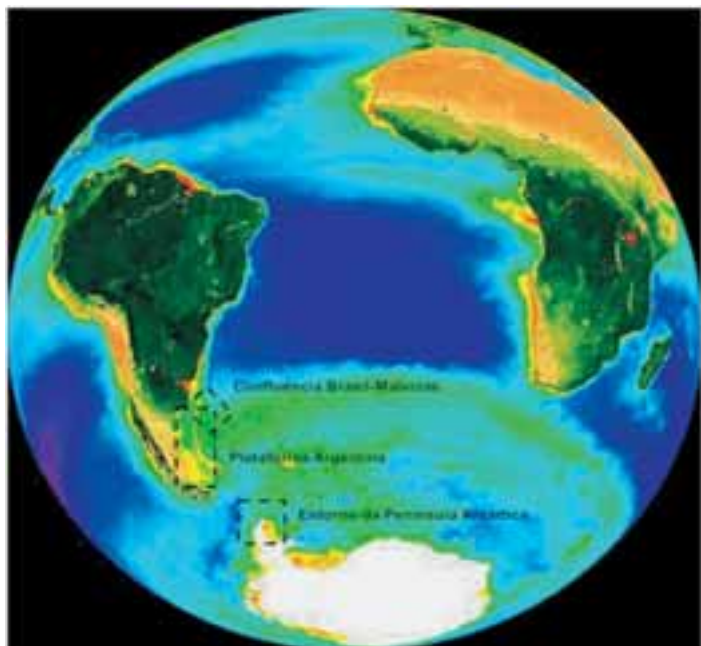


Figura 1. Imagem média da biosfera terrestre fornecida pelo sensor SeaWiFS/NASA mostrando as concentrações de clorofila nos oceanos. As regiões da Confluência Brasil-Malvinas, quebra da plataforma Argentina e no entorno da Península Antártica foram estudadas no âmbito do Ano Polar Internacional pelo projeto SOS-Climate.



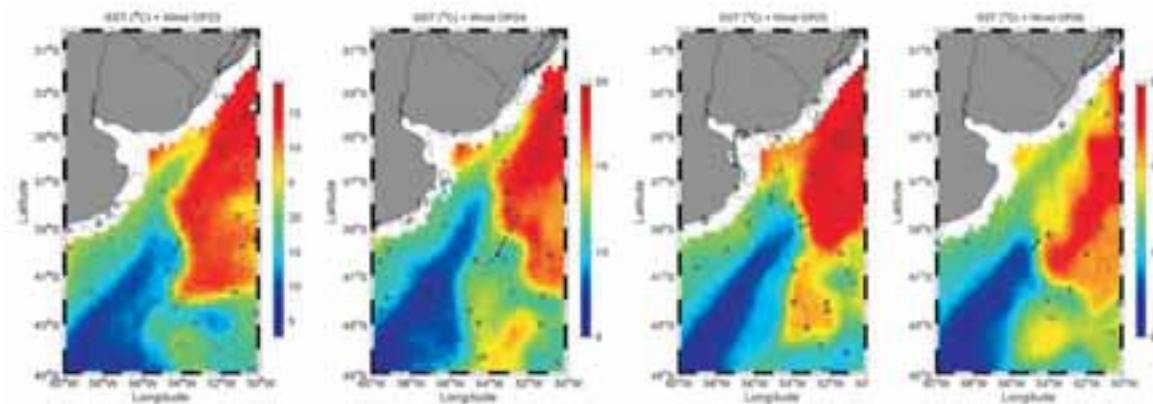
Figura 2. Composição de fotos das atividades desenvolvidas a bordo do navio Ary Rongel durante o Ano Polar Internacional. As atividades constituíam-se basicamente de lançamentos do sistema CTD/Roseta e da bóia radiométrica, lançamento de instrumentos óticos, lançamento do disco de secchi, incubação de água do mar para experimentos de produção primária, análises de água para determinação de nutrientes, pigmentos fitoplanctônicos, contagem e identificação de microalgas marinhas, análises da pCO_2 (ar e água) e amostragem de gases atmosféricos.

A seguir descrevemos as principais atividades executadas nas 3 (três) regiões citadas.

Região da Confluência Brasil-Malvinas

Durante os trajetos de ida do navio Ary Rongel para a Antártica, em outubro de 2007 e 2008, experimentos oceanográficos e atmosféricos foram realizados na região de encontro das correntes do Brasil e das Malvinas. Sondas que foram lançadas no oceano e na atmosfera (Figura 3) permitiram avaliar a estrutura térmi-

ca e o grau de acoplamento entre o oceano e a atmosfera. O papel desempenhado por vórtices, e estruturas similares, na transferência de massa, calor e propriedades entre as regiões subantártica e temperada do Atlântico Sul Ocidental foi também estudado. Os resultados advindos dos cruzeiros mostram que a camada atmosférica próxima do mar é fortemente modulada pelos intensos gradientes de temperatura das águas superficiais (Pezzi et al., 2009).



Figuras 3. Locais de lançamento das sondas oceânicas e atmosféricas (pontos em negrito) durante as Operações Antártica 23 (2005) a 25 (2008) sobre imagens da temperatura superficial do mar com superposição de valores da intensidade do vento, derivados também por satélites. Note a escala de temperaturas no extremo direito da figura.

Região da Plataforma Argentina (Patagônia)

A dinâmica das águas superficiais, a interação da luz com os constituintes da água do mar, os níveis de nutrientes, os níveis da produção primária e as comunidades de microalgas, as trocas de CO_2 entre o oceano e a atmosfera e os níveis de micro-nutrientes e gases de origem biológica na atmosfera sobre o mar

foram tópicos de intensos estudos na região da quebra da plataforma e plataforma continental da Argentina em 5 (cinco) cruzeiros distintos: março de 2007, outubro de 2007, janeiro de 2008, outubro de 2008 e janeiro de 2009 (Figura 4, esquerda).

A variabilidade dos grupos de microalgas dominantes, em diferentes épocas do ano, e sua relação com a absorção de CO_2 atmosférico foi parcialmente elucidada. Aspectos

físicos (ex. estabilidade da coluna da água), altos níveis de nutrientes e composição de espécies de microalgas explicam os altíssimos níveis de produção primária (ou taxas de fotossíntese) medidas na região, que são comparáveis às regiões mais produtivas dos oceanos globais (Garcia et al., 2008). Verificou-se que a alta abundância de fitoplâncton (microalgas) marinho ocorre durante a primavera e verão de cada ano, com dominância de diatomáceas e dinoflagelados na primavera e coccolitoforídeos no verão, conferindo às águas colorações distintas, que podem ser observadas por imagens de satélites (Figura 4, direita).

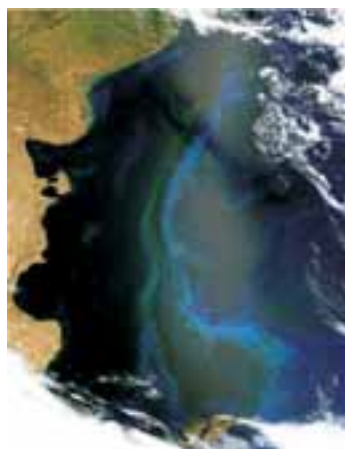
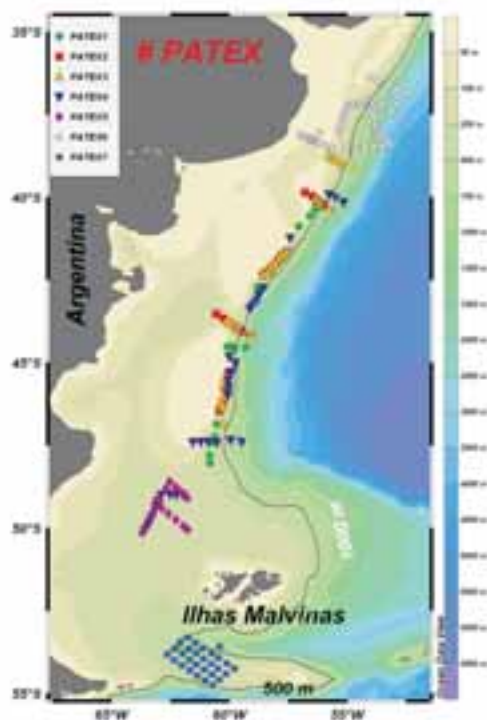


Figura 4. Esquerda: As estações oceanográficas ocupadas durante os cruzeiros da série PATEX (PATagonia EXperiment). Direita: Imagem

de satélite mostrando as grandes florações de microalgas marinhas sobre a plataforma e ao longo da quebra da plataforma (talude) da Argentina. As tonalidades de cor das feições alongadas na imagem denotam diferentes grupos de microalgas marinhas que espalham e absorvem a luz do sol de forma diferenciada.

Estas florações possuem papel preponderante nos processos biogeoquímicos regionais, tais como no seqüestro de CO_2 atmosférico e na liberação de compostos de enxofre para a atmosfera, os quais promovem a formação de nuvens, influenciando o nível de albedo (ou reflexão da energia solar) terrestre. No entanto, estes complexos processos ainda estão sendo quantificados à medida que os dados coletados durante o API sejam inteiramente processados e avaliados.

Análises recentes de imagens de satélites desta área demonstram que as florações de fitoplâncton estendem-se de setembro a março de cada ano, com alta variabilidade interanual (Signorini et al, 2006). As imagens mostram também que as águas produtivas da plataforma e quebra da plataforma Argentina fluem para a região costeira do sul do Brasil, com prováveis impactos positivos na produção biológica, incluindo produção pesqueira, de nossa costa sul. A variabilidade espaço-temporal do sistema carbonato na interface ar-mar e suas relações com a produção primária marinha vem sendo estudada na Patagônia Argentina, utilizando-se diferentes técnicas de medição. Observou-se que as concentrações de CO_2 e seus fluxos estão fortemente relacionados às comunidades fitoplanctônicas dominantes e à produção primária.

Propriedades óticas, de importância fundamental para a detecção precisa de parâmetros biológicos por sensoriamento remoto, foram

medidas pela primeira vez em águas da Patagônia Argentina. As medidas da refletância e da absorção da luz, em diversos comprimentos de onda (ou hiper-espectral), estão sendo utilizadas com a potencialidade de diferenciar grupos de microalgas marinhas na região, que exercem importante função no sequestro de carbono atmosférico. Imagens de satélites estão sendo calibradas em termos de concentrações e grupos dominantes de microalgas marinhas, e o potencial de modelos preditivos dos fluxos de CO₂ entre atmosfera e oceano, por sensoriamento remoto e modelagem, estão sendo explorados para a região da Patagônia Argentina.

Região ao redor da Península Antártica

Durante o Ano Polar Internacional, as regiões da quebra da plataforma e talude Antártico, particularmente nas regiões oeste do Mar de Weddell, Passagem de Drake e Estreito de Bransfield, foram amostradas com o navio Ary Rongel (Figura 5).

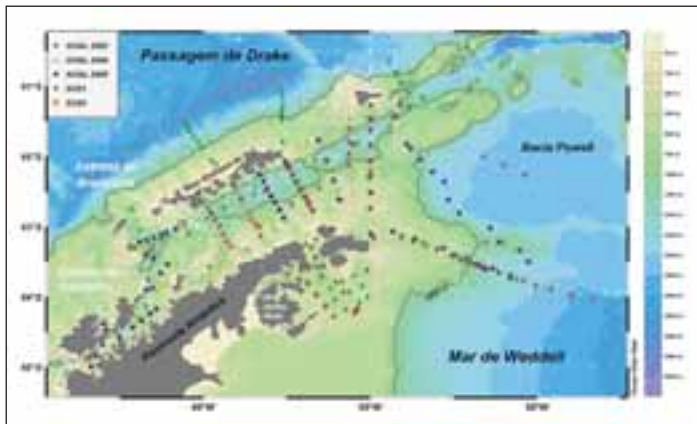


Figura 5. Localização das estações oceanográficas ocupadas pelo Grupo de Oceanografia de Altas Latitudes (GOAL), entre os anos de 2003 e 2009, nas proximidades da ponta da Península Antártica. As estações denominadas de SOS-1 e SOS-2 foram ocupadas du-

rante o Ano Polar Internacional para a execução do projeto SOS-Climate. Instrumentos mediram propriedades oceanográficas até profundidades de 4200 metros.

Os cruzeiros oceanográficos, com a realização de medidas físicas, biogeoquímicas, biológicas, óticas e atmosféricas foram efetuados em setores considerados críticos na exportação de águas profundas no noroeste do Mar de Weddell. As seções hidrográficas foram coordenadas com outras atividades internacionais previstas pelo programa SASSI.

Com o quadro de mudanças climáticas em curso, o monitoramento da exportação de águas densas formadas na região do noroeste do Mar de Weddell para o Estreito de Bransfield e regiões adjacentes, passou a ser fundamental pela comunidade internacional. No caso do Estreito de Bransfield, notou-se, a partir de dados históricos e coletados durante o API, que continua ocorrendo a diminuição de salinidade e o aquecimento da águas de fundo da bacia central do Estreito de Bransfield (Garcia & Mata, 2005). Com o objetivo de estudar sua variabilidade intranual e interanual, pela primeira vez no Programa Antártico Brasileiro, instrumentos que medem e registram continuamente a temperatura, salinidade e correntes marinhas foram colocados no fundo do mar, no talude das bacias Central e Leste do Estreito de Bransfield. Estes equipamentos permanecerão coletando dados por vários anos.

Com o objetivo de verificar a distribuição de massas de água do fundo do Mar de Weddell, análises foram realizadas usando o modelo oceânico global do National Center for Atmospheric Research. Os resultados apontam para a necessidade de melhor representar os processos da interação entre oceano e criosfera (e.g. gelo marinho, icebergs, fluxos de



água de plataforma de gelo) para estudos da variabilidade das densas massas de água no Oceano Austral (Kerr et al., 2009).

O desprendimento (ou calving) de icebergs das plataformas de gelo que circundam o continente Antártico e sua deriva subsequente causam uma aporte significativo de água doce e nutrientes oriundos do manto de gelo, no oceano adjacente. Os eventos de calving de icebergs gigantes (até centenas de quilômetros) são observados ocasionalmente. Nestes casos, a deriva e o tempo de vida dos gigantes blocos de gelo podem ser acompanhadas facilmente através de imagens de satélites. No entanto, grande quantidade da água doce perdida pelo manto de gelo Antártico para o oceano se dá na forma de icebergs pequenos e médios, menores que alguns quilômetros. Estes, por sua vez, não são facilmente observados por imagens de satélites e, portanto, necessita-se outra metodologia para estimar

a movimentação e deriva dos mesmos. Adicionalmente, como já mencionado, o Oceano Austral é limitado em ferro bio-disponível. Os icebergs podem ser uma importante fonte deste micronutriente para as águas no entorno da Antártica, já tendo sido evidenciado florações (ou desenvolvimento massivo) de microalgas na esteira de água perturbada pela passagem dos blocos de gelo.

A contribuição brasileira para o CRAC-ICE está acontecendo no âmbito do projeto SOS-CLIMATE, que realizou durante a OPERANTAR XXVII a instrumentação de 3 icebergs na região oeste do Mar de Weddell. A instrumentação foi realizada com o uso de “bóias-de-iceberg” que são fixadas no topo do mesmo com o uso de uma broca especial e transmitem diariamente, via o sistema ARGOS, a posição dos icebergs e dados de pressão atmosférica. O tempo médio de vida destes icebergs é em torno de 2 anos. O apoio para a fixação

das bóias é dado por helicóptero a partir do navio e a operação leva cerca de 40 minutos, desde a decolagem até o retorno da aeronave para bordo (Figura 6). Esta operação de instrumentação, realizada durante a OPERANTAR XXVII, foi inédita para o Brasil.

Os fatores ambientais que exercem influência na produtividade primária das águas do entorno da Península Antártica também foram estudados durante o Ano Polar Internacional. As concentrações de nutrientes dissolvidos, as concentrações de biomassa fitoplanctônica e as relações entre o sinal da luz que emerge da coluna da água do mar e seus constituintes óticamente ativos (pigmentos das microalgas, partículas e matéria orgânica dissolvida) mostraram ser bem diferenciadas de regiões temperadas e tropicais. Fluxos de CO₂ entre atmosfera e oceanos, medidos nos dois cruzeiros, demonstraram a alta variabilidade espacial e temporal na região do entorno da Península Antártica.

Pela primeira vez, as florações de microalgas marinhas na região do noroeste do Mar de Weddell foram estudadas em dois anos sucessivos durante o Ano Polar Internacional. Análises preliminares indicam a importância da zona marginal do gelo marinho nas regiões de altas concentrações de microalgas marinhas. A estabilidade da coluna de água, medida nas proximidades do gelo marinho e de icebergs, foi considerada fundamental para assegurar a alta produtividade primária com consequência na diversidade biológica da região antártica.

Equipe Brasileira

Carlos Alberto Eiras Garcia (Universidade Federal do Rio Grande, coordenador), Mauricio M. Mata (Universidade Federal do Rio Grande, coordenador substituto), Virgínia M. Tavano Garcia (Universidade Federal do Rio Grande), Ilana

Wainer (Universidade de São Paulo), Rosane Gonçalves Ito (Universidade de São Paulo), Ronald Buss de Souza (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), Luciano Pezzi (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), Ricardo Pollery (Universidade de Santa Úrsula), Heitor Evangelista (Universidade Estadual do Rio de Janeiro).

Colaboradores Internacionais

Charles McClain, Sergio Signorini e Antonio Mannino (NASA, USA), Harmut Hellmer e Michael Schroeder (Alfred-Wegener-Institute, Alemanha), Bruce Huber (University of Columbia, USA), Vanda Gonçalves Brotas (Universidade de Lisboa, Portugal)

Conclusões

Enormes esforços foram despendidos por diferentes setores da sociedade para que os cientistas brasileiros participassem do Ano Polar Internacional. No caso do projeto SOS-CLIMATE, os recursos financeiros alocados permitiram não somente a realização de experimentos científicos para elucidar processos físicos e biogeoquímicos no Oceano Austral e relacioná-los com clima terrestre, mas como de capacitar recursos humanos na área de oceanografia de altas latitudes para o futuro próximo.

Dezenas de estudantes de graduação e pós-graduação participaram ativamente das coletas e estão participando das análises dos dados físicos, químicos, óticos e biológicos nas regiões da Confluência Brasil-Malvinas, Patagônia Argentina e ao redor da Península Antártica. A formação de recursos humanos em oceanografia polar, aliada ao avanço do conhecimento de diversos processos que envolvem a interação oceano-atmosfera-criosfera no Oceano Austral têm sido os maiores legados do projeto SOS-CLIMATE ao Ano Polar Internacional.

Referências

Kerr, R. ; Wainer, Ilana ; Mata, Mauricio M. (2009). Representation of the Weddell Sea deep water masses in the ocean component of the NCAR-CCSM model. *Antarctic Science*, p. 1-12. doi:10.1017/S0954102009001825.

Garcia, C. A. E. ; Mata, M. M. (2005). Deep and bottom water variability in the central basin of Bransfield Strait (Antarctica) over the 1980-2005 period. *CLIVAR Exchanges*, v. 35, n. 10, p. 48-50, 2005.

Garcia, V ; Garcia, C ; Mata, M ; Pollery, R ; Piola, A ; Signorini, S ; McClain, C ; Iglesias-Rodriguez, M (2008). Environmental factors controlling the phytoplankton blooms at the Patagonia shelf-break in spring. *Deep-Sea Research. Part 1, Oceanographic Research Papers*, 55, p. 1150-1166.

Pezzi, L. P. , Souza, R. B, Acevedo, O., Wainer, I., Mata, M., Garcia, C. A. E. and Camargo, R, (2009). Multi-year measurements of the Oceanic and Atmospheric Boundary Layers at the Brazil-Malvinas Confluence Region. Submitted to *Journal of Geophysical Research*.

Romero, S.S.; Piola, A.R; Charo, M.; Garcia, C.A.E (2006). Chlorophyll-a variability off Patagonian based on SeaWiFS data. *Journal of Geophysical Research*, 111, C05021, doi:10.1029/2005JC003244.

Signorini, S., Garcia, V.M.T., Piola, A., Garcia, C.A.E., Mata, M.M., McClain, C.R. (2006). Seasonal and Interannual Variability of calcite in the Vicinity of the Patagonian Shelf Break (38oS - 52oS). *Geophysical Research Letters*, doi:10.1029/2006 GL026592.

Figura 6. Navio Ary Rongel nas proximidades de um iceberg tabular que teve fixado no seu topo uma “bóia-de-iceberg” que transmite diariamente, via o sistema ARGOS, a posição do iceberg (sistema GPS) e dados de pressão atmosférica. No verão de 2009, 3 (três) icebergs de dimensões similares receberam as bóias-de-icebergs. O acompanhamento da trajetória destes icebergs pode ser feito livremente pela internet.



