

The background of the cover is a photograph of an Antarctic landscape. In the foreground, a large group of penguins, likely Adelie penguins, are gathered on a snowy or icy shore. The middle ground shows a body of water with several large, white icebergs. In the background, there are low, rocky hills or mountains under a pale, overcast sky. The entire image is overlaid with a semi-transparent white filter. Three decorative curved lines are present: a solid olive-green line at the top, a solid dark grey line below it, and a dotted dark grey line at the bottom of the arc.

COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

VOLUME 10

# O BRASIL E O MEIO AMBIENTE ANTÁRTICO

ENSINO FUNDAMENTAL E ENSINO MÉDIO

## COLEÇÃO EXPLORANDO O ENSINO

VOL. 1 – MATEMÁTICA

VOL. 2 – MATEMÁTICA

VOL. 3 – MATEMÁTICA

VOL. 4 – QUÍMICA

VOL. 5 – QUÍMICA

VOL. 6 – BIOLOGIA

VOL. 7 – FÍSICA

VOL. 8 – GEOGRAFIA

VOL. 9 – ANTÁRTICA



### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O Brasil e o meio ambiente antártico : ensino fundamental e ensino médio / coordenação e edição de imagem Tânia Brito. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.  
139 p. : il.color. – (Coleção Explorando o ensino ; 10)

1. Antártica. 2. Meio ambiente. 3. Estudos sobre meio ambiente. I. Daher, Elaina. II. Brasil. Secretaria de Educação Básica.

CDU 574(1-923)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA

# O BRASIL E O MEIO AMBIENTE ANTÁRTICO

## ENSINO FUNDAMENTAL E ENSINO MÉDIO

Brasília  
2006

**SECRETÁRIO DE EDUCAÇÃO BÁSICA – MEC**

Francisco das Chagas Fernandes

**SECRETÁRIO DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL  
PARA OS RECURSOS DO MAR**

José Eduardo Borges de Souza

**SECRETÁRIO DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – MMA**

João Paulo Ribeiro Capobianco

**PRESIDENTE DO CONSELHO NACIONAL  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (CNPq)**

Erney Felício Plessmann de Camargo

**PRESIDENTE DO FUNDO NACIONAL DE DESENVOL-  
VIMENTO DA EDUCAÇÃO - FNDE**

Daniel da Silva Balaban

**DIRETORA DO DEPARTAMENTO DE POLÍTICAS  
DE ENSINO MÉDIO – SEB/MEC**

Lucia Helena Lodi

**DIVISÃO DO MAR DA ANTARTIDA E DO ESPAÇO – MRE**

Maria Teresa Mesquita Pessoa

**GERENTE DO NÚCLEO COSTEIRO E MARINHO DO MMA**

Ana Paula Leite Prates

**DIRETORA DO PROGRAMA NACIONAL DE ÁREAS  
PROTEGIDAS – DAP**

**RESPONSÁVEL PELO PROGRAMA ANTÁRTICO  
BRASILEIRO/MMA**

Tânia A. da Silva Brito

**DIRETOR DE PROGRAMAS ESPECIAIS – FNDE/MEC**

Leopoldo Jorge Alves Junior

**ASSESSORIA PARA ASSUNTOS INTERNACIONAIS – MEC**

Alessandro Warley Candeas

**EQUIPE TÉCNICA SEB/MEC**

Maria Marismene Gonzaga

Mirna Franca da Silva Araújo

**COORDENAÇÃO E EDIÇÃO DE IMAGEM**

Tânia Brito

**EDIÇÃO**

Elaina Daher

**DESIGN GRÁFICO**

Ângela Ester Magalhães Duarte

Alenne Felizardo da Costa Namba

**DIAGRAMAÇÃO E CAPA**

Erika A. Yoda Nakasu

**FOTO CAPA**

Armando Hadano

**TRATAMENTO DIGITAL DE IMAGEM**

Fernando Ribeiro

**REVISÃO**

Joira Furquim

Suely Touguinha

**ILUSTRAÇÕES E FOTOGRAFIAS**

Arquivo Rede 2

Tiragem 25 mil exemplares

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE  
EDUCAÇÃO BÁSICA**

Esplanada dos Ministérios,  
Bloco L, sala 500  
CEP: 70047-900, Brasília-DF  
Tel.: (61) 2104-8177 / 2104-8010  
<http://www.mec.gov.br>

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
SECRETARIA DE  
BIODIVERSIDADE E FLORESTAS**

Esplanada dos Ministérios,  
Bloco B, sala 700  
CEP: 70068-900, Brasília-DF  
Tel. (61) 4009-1434 / 4009-1115  
<http://www.mma.gov.br>

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
COMANDO DA MARINHA  
SECRETARIA DA COMISSÃO  
INTERMINISTERIAL PARA OS  
RECURSOS DO MAR**

Esplanada dos Ministérios,  
Bloco O CEP: 70047-900, Brasília-DF  
Tel. (61) 2104-8177 / 2104-8010  
<http://www.mar.mil.br>

**MINISTÉRIO DAS  
RELAÇÕES EXTERIORES**

Palácio Itamaraty – Esplanada dos  
Ministérios – Bloco H  
CEP: 70170-900, Brasília-DF  
<http://www.mre.gov.br>

**MINISTÉRIO DA CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA  
CONSELHO NACIONAL DE  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA (CNPq)**

Esplanada dos Ministérios,  
Bloco E CEP: 70067-900, Brasília-DF  
Tel. (61)3317-7500  
<http://www.mct.gov.br>

AGRADECIMENTOS:

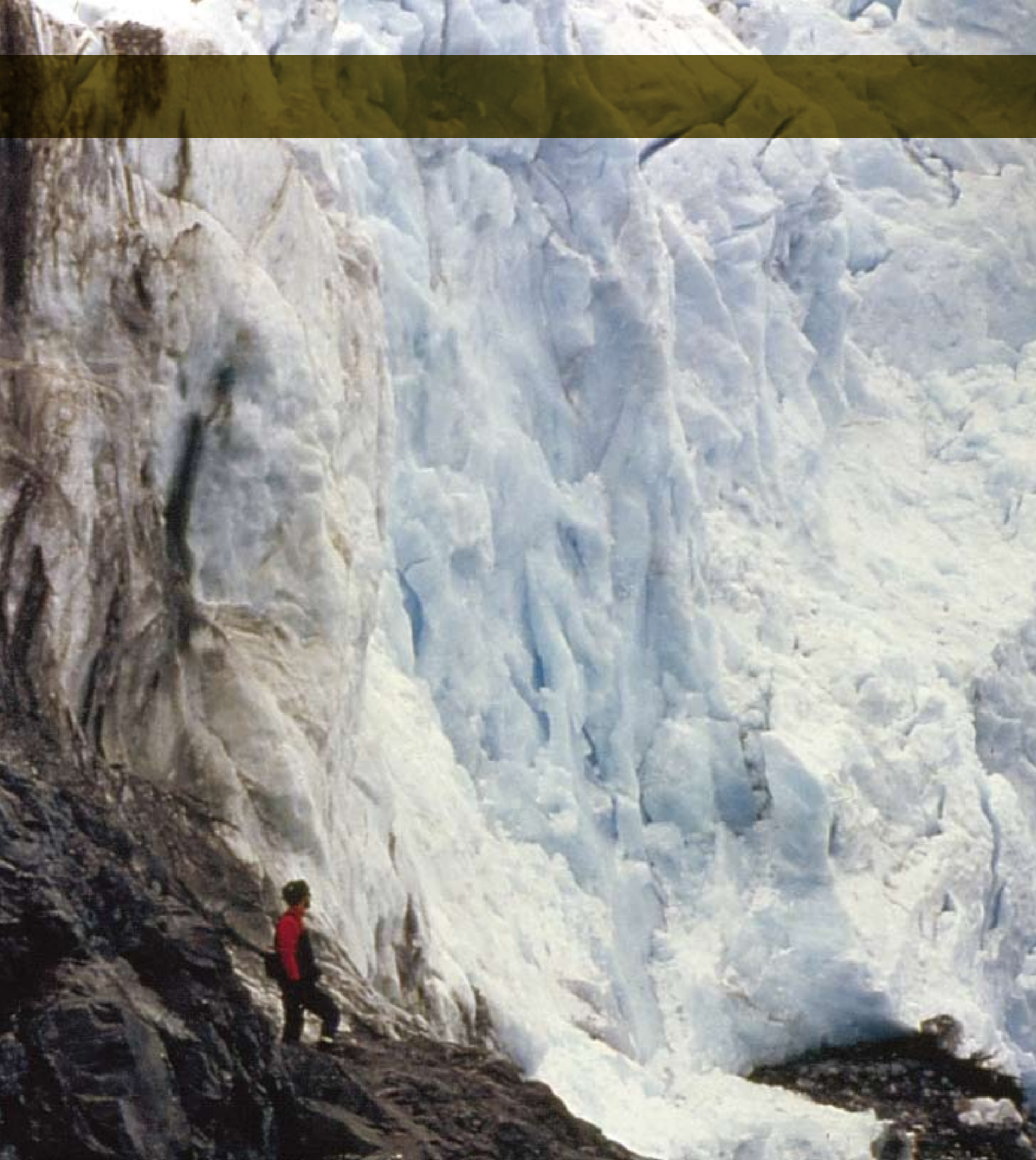
a Carmem Arroio, cuja defesa intransigente da pesquisa antártica na coordenação do Proantar no CNPq deu novo fôlego ao Programa

a Marco Caminha, que entendeu a importância desse projeto de pesquisa dentro das preocupações ambientais

a Armando Haddano, autor de grande parte das fotos desta publicação, tiradas ao longo das 17 temporadas cumpridas na Estação Antártica Comandante Ferraz – onde já permaneceu um período total de 117 meses

ao Almirante José Eduardo Borges de Sousa, secretário da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar, que, com seu espírito desbravador, abriu as portas que garantirão o futuro do Programa Antártico Brasileiro.





# SUMÁRIO

## APRESENTAÇÃO

PÁGINA 9

## INICIATIVAS AMBIENTAIS BRASILEIRAS

PÁGINA 11

## MUDANÇAS AMBIENTAIS GLOBAIS

Impactos ambientais globais na Antártica

PÁGINA 15

Aquecimento global na Antártica

PÁGINA 19

Integração atmosfera e gelo

PÁGINA 31

Clima impresso nas rochas

PÁGINA 33

Oceano Austral

PÁGINA 39

Buraco na camada de ozônio

PÁGINA 51

A temperatura da mesosfera e o efeito estufa

PÁGINA 57

Efeito do Sol no meio ambiente terrestre

PÁGINA 59



## MONITORAMENTO AMBIENTAL DA BAÍA DO ALMIRANTADO

Monitoramento da Baía do Almirantado

PÁGINA 65

O seqüestro de carbono pelo oceano  
e suas conseqüências

PÁGINA 69

Poluição por petróleo

PÁGINA 73

Marcadores químicos

PÁGINA 78

Microorganismos adaptados ao frio

PÁGINA 81

Qualidade da água Antártica

PÁGINA 85

Comportamento das correntes na enseada Martel

PÁGINA 89

Mapa do fundo

PÁGINA 95

Animais do fundo do mar

PÁGINA 101

Efeito dos dejetos nas comunidades marinhas

PÁGINA 105

Indicadores biológicos

PÁGINA 109

Aves e penipédios

PÁGINA 115

Flora Antártica

PÁGINA 119

Solos gelados – criossolos

PÁGINA 123

Tecnologia de edificações

PÁGINA 127

Sistema de informação geográfica

PÁGINA 135







# APRESENTAÇÃO

A Secretaria de Educação Básica (SEB), do Ministério da Educação, tem o prazer de oferecer aos professores de 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental e do Ensino Médio o volume 10 da Coleção Explorando o Ensino. Lançada em 2004, essa coleção tem o objetivo de apoiar o trabalho do professor e de ampliar seus recursos instrucionais, permitindo maior aprofundamento dos conteúdos de cada disciplina e sugerindo novas formas de abordá-los em sala de aula. A coleção está composta, até o momento, dos volumes de Matemática (1, 2 e 3), Química (4 e 5), Biologia (6), Física (7), Geografia (8) e Antártica (9).

Este volume mostrará os primeiros resultados de uma pesquisa de ponta que está sendo realizada por brasileiros na Antártica, e busca, dessa forma, esclarecer a comunidade escolar sobre as mudanças ambientais globais e seus efeitos. Outra expectativa também é estimular, no jovem brasileiro, a paixão pela pesquisa científica – fundamental para nosso País.

A Antártica é um continente dedicado à paz e à ciência. O Programa Antártico Brasileiro realiza pesquisas na região desde 1983, o que proporcionou ao País a possibilidade de tornar-se membro pleno do Tratado da Antártica, que reúne um grupo seleto de países responsáveis pelo futuro do Continente Branco.

O Programa Antártico Brasileiro é resultado da soma de esforços de diversos órgãos do governo federal, reunidos pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). Fazem parte da comissão os Ministérios da Defesa, das Relações Exteriores, do Meio Ambiente, da Ciência e Tecnologia, das Minas e Energia, da Educação, entre outros.

Ao Ministério da Defesa cabe a responsabilidade pelo apoio logístico à realização da pesquisa. É na Marinha do Brasil que está instalada a secretaria da Cirm. É também a Marinha a responsável pela manutenção da Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz e do Navio de Apoio Oceanográfico Ary Rongel. A Aeronáutica participa com a disponibilização de aviões Hércules para o transporte de pesquisadores, equipamentos e mantimentos.

O Ministério das Minas e Energia fornece, por meio da Petrobras, todo o combustível utilizado para as travessias e para geração de energia na estação, nos refúgios e nos acampamentos onde são realizadas as investigações. O Ministério das

Relações Exteriores responde pela interlocução com os demais países membros do Tratado da Antártica.

O Ministério da Ciência e Tecnologia é o responsável pelas diretrizes da pesquisa brasileira realizada no âmbito do Programa Antártico Brasileiro (Proantar) e a execução da pesquisa é de responsabilidade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Cabem ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) a avaliação e o monitoramento dos impactos causados pelas atividades brasileiras na Antártica, garantindo que seja mínimo o impacto da presença humana na região e cuidando para que a Antártica continue preservada. A partir de 2002, o MMA passou a contribuir, também, no fomento à pesquisa, com a indução do projeto ambiental Mudanças Ambientais na Antártica: impactos global e local. Esse projeto envolveu duas grandes redes de pesquisa, uma com o objetivo de avaliar os efeitos das mudanças ambientais globais na Antártica e outra para realizar diagnóstico para monitoramento ambiental da Baía do Almirantado. É o resultado do trabalho dessas duas redes que expomos aqui.

O Ministério da Educação, membro do Proantar desde sua criação, só agora começa a participar, efetivamente, do programa. Sua atuação se dá pela difusão da pesquisa científica e das conquistas brasileiras na Antártica a todo o sistema educacional brasileiro e também pelo estímulo à criação de novos grupos de pesquisa, por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes). A difusão tem se dado por meio de programas realizados pela TV Escola e transmitidos a toda a rede pública de educação básica e pela publicação de material paradidático voltado para professores do Ensino Médio ou para as bibliotecas das escolas públicas, como é o caso desta publicação. Esperamos que ela contribua para estimular nossos jovens estudantes a desenvolver potenciais talentos no sentido da contribuição à pesquisa científica.

A questão ambiental é a grande preocupação de nosso século. Os efeitos da ação humana sobre o planeta tornam-se, a cada dia, mais evidentes e de reversão mais improvável. Acreditamos que apenas a tomada de consciência – que só se dá pela educação – seja a chave para mudanças reais de paradigmas.



## Iniciativas ambientais brasileiras

Ao ratificar o Tratado da Antártica, o Brasil assumiu compromissos internacionais que implicam o dever de realizar pesquisa científica e de preservar o meio ambiente antártico. Por ser o órgão responsável pelas políticas e diretrizes de conservação ambiental, coube ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) a atribuição de coordenar o Grupo de Avaliação Ambiental do Programa Antártico Brasileiro (GAAm/Proantar), encarregado de avaliar o impacto das atividades brasileiras no ambiente antártico, garantindo ao País o cumprimento das diretrizes estabelecidas no Protocolo ao Tratado da Antártica sobre Proteção do Meio Ambiente – Protocolo de Madri.

Para cumprir com esse compromisso internacional, foi induzida uma proposta de trabalho integrada, mediante a conjugação de esforços do MMA, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/MCT) e da SeCIRM, que visa à avaliação de mudanças ambientais na Antártica, seus impactos global e local. Esse projeto teve duas linhas de ação, na forma de duas redes de pesquisa: mudança ambiental global e seu impacto no território brasileiro e monitoramento dos indicadores ambientais básicos para avaliação do impacto local causado pelas atividades do Programa Antártico Brasileiro (Proantar) na Antártica.

Armando Hadano



Armando Hadano



Armando Hadano



# MUDANÇAS AMBIENTAIS GLOBAIS







# Impactos ambientais globais

*Rede formada por doze grupos de pesquisadores investigou os reflexos das mudanças ambientais na Antártica e as conseqüências que as alterações no Continente Gelado podem provocar no restante do Planeta.*

O Programa Antártico Brasileiro (Proantar) tem contribuído, junto a outras nações, para uma melhor compreensão dos processos que ocorrem no Continente Antártico e seus efeitos sobre o Planeta. Para investigar aspectos relacionados às mudanças ambientais globais, uma rede de pesquisa foi formada por doze equipes de pesquisadores, reunidas em sete grupos temáticos. O intuito foi investigar os aspectos relacionados às mudanças ambientais globais, ou seja, foram pesquisados os reflexos dessas alterações percebidas na Antártica. Estiveram envolvidas no trabalho 16 instituições brasileiras, várias delas em realização conjunta com equipes de pesquisa de outras nações.

Foram feitos estudos integrados da atmosfera, do gelo, do solo e do oceano. Os resultados dessas pesquisas, em fase de consolidação, melhorarão o conhecimento sobre o papel da Antártica como um dos controladores do meio ambiente terrestre e, em especial, do meio ambiente da América do Sul.

Além do estudo da variabilidade climática passada (últimos 300 anos), esta rede monitorou parâmetros físicos, químicos e biológicos e buscou identificar as causas para a rápida alteração ambiental que tem sido verificada nos últimos vinte anos.

A Antártica é o mais perfeito laboratório natural do Planeta para estudos de mudanças ambientais, entre outras peculiaridades, pelo fato de o gelo registrar a composição atmosférica. Em camadas que se sobrepõem ano a ano, fica parte da atmosfera, que pode ser reconhecida e datada muito tempo depois. Isso possibilita o estudo da variação da composição atmosférica ao longo dos séculos e, conseqüentemente, da mudança climática.

Outra característica que o torna um laboratório precioso é que, por ser o ecossistema mais frágil do Planeta, a Antártica reage

Armando Hadano



Armando Hadano



Armando Hadano



imediatamente às mudanças globais. O continente perdeu mais de 15 mil quilômetros quadrados de gelo ao longo dos últimos 15 anos. Na região da Península Antártica, foi registrado aquecimento atmosférico de mais de 2°C nos últimos 50 anos.

Mas o Continente Gelado não apenas recebe os impactos das alterações. A Antártica é um dos principais controladores do sistema climático terrestre e do nível dos mares – seu volume de gelo, 25 milhões de quilômetros cúbicos, se totalmente derretido, provocaria um aumento de 60 metros no nível médio dos mares. É na Antártica também que são formadas as águas profundas de todos os oceanos do Planeta. De que forma as mudanças provocadas ali podem se refletir no restante do Planeta: essa é uma das principais questões que os cientistas brasileiros ligados à esta rede do Proantar buscam responder.

Um grupo de pesquisa centrou o seu estudo na Criosfera e na Troposfera (interação gelo–atmosfera), visando à identificação da variabilidade climática na região ao longo dos últimos 300 anos e ao monitoramento da resposta da calota de gelo local ao aquecimento atmosférico. Perspectiva de longo prazo será fornecida por estudos sedimentológicos e geológicos realizados nas Ilhas Shetlands do Sul.

Duas das ações do grupo foram a análise e a interpretação ambiental de um testemunho de gelo de 117 m coletado na ilha James Ross em 1998 (um esforço conjunto argentino-franco-brasileiro), que proporcionou importante elo entre os registros ambientais da Península Antártica e os da América do Sul. A coleta de amostras de aerossol e neve, em locais distintos, tem fornecido informações sobre a relação entre a composição do gelo e da atmosfera. Esse grupo visou, também, à utilização de modelos de circulação geral da atmosfera que venham a incrementar o conhecimento acerca da influência exercida pela Antártica sobre as condições meteorológicas e climatológicas da América do Sul.

Algumas investigações iniciadas com a criação das redes continuam em andamento. Uma pesquisa oceanográfica multidisciplinar se dedica ao monitoramento de parâmetros ambientais bióticos e abióticos do Oceano Austral e seus reflexos no Atlântico Sul. Estão sendo investigadas a taxa de formação das águas profundas, geradas no mar de Weddell, e sua exportação para o Atlântico Sul, bem como a circulação superficial no Oceano Austral. O papel dos oceanos no ciclo global do carbono e a resposta do ecossistema às mudanças ambientais globais poderão

ser esclarecidos por meio do conhecimento do plâncton e da estrutura trófica do ecossistema pelágico antártico.

Complementarmente, a caracterização dos padrões de distribuição e a obtenção de dados de abundância de mamíferos marinhos e sua correlação com parâmetros bióticos e abióticos possivelmente permitirão, em médio ou longo prazo, obter parâmetros referenciais para o monitoramento das tendências e das oscilações na abundância e nos padrões de distribuição tanto dos predadores como das presas, assim como das suas reações a mudanças ambientais.

Na área das Ciências da Atmosfera está sendo dada continuidade ao monitoramento de longo prazo do ozônio estratosférico e das radiações UV-B na Antártica e no extremo sul da América do Sul (Punta Arenas), associado a estudos similares no Brasil. São realizadas, também, medições de concentrações de NO<sub>2</sub>. Outro monitoramento de longo prazo que vem sendo realizado é o da temperatura da Mesosfera, voltado para o desenvolvimento de um índice de aquecimento global atmosférico. Os cientistas brasileiros estão, ainda, pesquisando o Tempo Espacial, baseados em observações feitas na Antártica e focados em questões como a função das variações da radiação solar em vários comprimentos de onda, como por exemplo, a radiação infravermelha e UV na atmosfera, bem como nas interações dos raios cósmicos com a cobertura de nuvens da região.







## Aquecimento global na Antártica

*Grupo multidisciplinar e pluriinstitucional formado por três equipes de pesquisadores que realizou estudos sobre clima antártico.*

Criosfera é todo o gelo do Planeta que, hoje, cobre 10% da área da Terra. Há indícios concretos de que o gelo do Planeta está diminuindo. As Montanhas Rochosas, os Himalaias, os Alpes e os Andes estão perdendo suas geleiras rapidamente. E a grande questão é: o que irá acontecer com a Antártica (onde estão de 70% a 80% do gelo do Planeta). Se todo o gelo desse continente derretesse, aumentaria o nível do mares em 60 metros e acabaria com a civilização como nós a conhecemos.

Embora essa hipótese seja totalmente fantasiosa, as previsões do Painel Intergovernamental da ONU Sobre Mudanças Climáticas estimam que, até o final deste século, o nível médio dos mares deverá aumentar de 25 cm a um metro, com o derretimento do gelo da periferia da Antártica e dos cumes de montanhas.

A reação do gelo antártico ao aquecimento global ainda não está clara. A periferia do continente, inclusive a península Antártica (onde nossos cientistas atuam), já mostra sinais de rápida desintegração e de perda de gelo, fato que pode ser comprovado por imagens obtidas pelos mais modernos satélites de investigação da Terra, como o Landsat 7 e o SPOT.

Para avaliar até que ponto as perdas de gelo na Península Antártica são decorrentes de aquecimento regional ou global e avaliar as alterações climáticas ao longo de um período maior, o grupo está interpretando testemunhos de gelo.

Foi observado, ao longo dos últimos quatro anos, que o gelo na região continuou a retrair, mas com uma velocidade mais lenta. Mais para leste, a cerca de 300 quilômetros da área de estudo dos brasileiros, a feição conhecida como Plataforma de Gelo Larsen (que é mostrada no filme *Um dia depois de amanhã*) está derretendo rapidamente. Esse talvez seja um sinal adiantado das mudanças na superfície da Terra que estão por vir.

Armando Hadano



Armando Hadano



Armando Hadano



Um grupo – multidisciplinar e pluriinstitucional – formado por três equipes de pesquisadores estuda o clima antártico, em vários aspectos.

A equipe de Glaciologia fez um levantamento da extensão das geleiras e vem analisando testemunhos de gelo. Outra equipe, de Meteorologia, colheu dados sobre vento, temperatura, umidade e radiação nas geleiras onde esta rede operou, além de interpretar os dados meteorológicos e compará-los. Uma outra equipe investigou de que forma a alteração da trajetória dos sistemas meteorológicos influenciam o clima do Continente Sul-Americano.

O principal objetivo do Grupo Polarclima – que trabalhou integrado em coletas, análises e apuração de resultados – foi avaliar os reflexos do aquecimento global no clima da Antártica e demonstrar de que forma a região responde às variações climáticas, além de apontar as conseqüências que essas alterações poderão gerar em todo o Planeta e, especificamente, na América do Sul.





## Registro preservado

Testemunho de gelo é uma amostra retirada do fundo de geleiras que guarda, em sua composição, o registro de como era a atmosfera em tempos passados. Isso ocorre porque a neve, ao se precipitar, carrega consigo as características da composição química da atmosfera daquele momento no qual ela se formou: sujeira, sais, poeira, cinza de vulcões, poluentes. Na Antártica, essa neve não derrete e as camadas vão se sobrepondo ao longo do tempo. Fica, assim, registrada essa memória nas camadas de neve.

Uma geleira é resultado da precipitação de neve acumulada ao longo de milhares de anos. Na Antártica, elas atingem quase cinco quilômetros de espessura. Cada camada representa um ano. Com base nesse conhecimento, os cientistas perfuram a geleira, retiram uma amostra da

coluna de gelo e fazem uma série de análises químicas para, dessa forma, conhecer a atmosfera no passado.

Ao interpretar esses testemunhos retirados na Antártica e juntar com o registro da América do Sul, será possível saber o que ocorreu no clima do Brasil. Com o conhecimento do quadro da evolução do clima nos últimos mil anos torna-se possível identificar o que é mudança natural e o que é mudança provocada por ação humana. Dessa forma, podem ser feitas previsões climáticas confiáveis para longos períodos.

Os resultados recentes da equipe brasileira indicam rápido aquecimento da região onde encontra-se a estação Comandante Ferraz desde meados do século XIX. Apesar da intensidade desse aquecimento ter passado por uma redução nos últimos cinco anos, ainda não está claro o que ocorrerá na próxima década.



Jefferson Somoês



**Projeto:**  
Glaciologia

**Coordenador:**  
Jefferson Cardia Simões – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Fone: (51) 3316-7327 ou 3316-6341  
Fax: (51) 3316-7324  
E-mail: jefferson.simoes@ufrgs.br



Jefferson Simões



Jefferson Simões



Jefferson Simões



Jefferson Simões



Jefferson Simões







## Variações climáticas regionais

A Antártica é o continente mais frio do Planeta. A temperatura, maior no litoral e menor na região central é, de modo geral, bastante baixa: na época mais quente do ano varia de 0°C a -40°C à medida que se distancia do litoral. No inverno, a média é de -68°C no interior, onde foi registrada a menor temperatura do Planeta: -89.2°C, na Estação Russa Vostok. Na costa, a média, no inverno, varia entre -6°C a -29°C.

A costa norte da Península Antártica é a região mais quente da Antártica. A Ilha Rei George, onde se localiza a Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz, está nessa região do Planeta que é uma das mais sensíveis às variações climáticas naturais.

Registros meteorológicos indicam rápido aumento na temperatura atmosférica local ao longo dos últimos 50 anos, quatro vezes maior que a média mundial. Associado a esse aquecimento regional, a ilha perdeu 7% da cobertura de gelo no período. As maiores perdas do gelo já observadas no Planeta, com destruição de mais de 15 mil quilômetros quadrados, ocorreram nos últimos dez anos, a 350 quilômetros da Ilha Rei George, na plataforma de gelo Larsen, na costa leste da península. Essas observações apontam para a sensibilidade ambiental da região, sendo esta uma área especial onde é possível detectar antecipadamente possíveis respostas do ambiente do Planeta às mudanças globais.

A equipe de Meteorologia deu prosseguimento ao trabalho realizado desde 1985 com o objetivo de caracterizar condições e variações da circulação troposférica na área norte da Península Antártica e buscar relações entre essa circulação atmosférica e alterações ambientais regionais observadas na região e também na América do Sul.

Durante os três anos de atuação conjunta com outros grupos de pesquisa, a equipe alcançou realizações científicas inéditas na literatura, dentre as quais podemos citar a identificação do fenômeno da circulação troposférica do centro da América do Sul para o norte da Península Antártica, no sentido

Armando Hadano



Armando Hadano



norte-sul, que causa elevação de temperaturas no norte da Península Antártica e transporta emissões de queimadas para a região. Esse fenômeno explica o mecanismo de contaminação da Troposfera e da precipitação no norte da península, bem como o transporte de polens, microrganismos e pequenos insetos para a Antártica.

Outro enfoque relevante da pesquisa é o fenômeno da circulação troposférica do norte dos Mares de Weddell e Bellingshausen, na costa da Antártica, para o sudeste e o sul do Brasil, no sentido sul-norte. Essas massas causam redução de temperatura e aumento de precipitação, principalmente nas regiões costeiras. Em particular, a saída de ar frio do Mar de Weddell é a mais comum e pronunciada, escoando em um corredor meridional até as latitudes tropicais. Esse fenômeno determina variações climáticas regionais, como, por exemplo, a ocorrida no verão de 2004, o mais frio dos últimos 40 anos no sudeste do Brasil.

Foi identificada, também, a relação entre as anomalias de temperatura no Sul e no Sudeste do Brasil em relação à posição da corrente de jato subpolar.

Essa relação é particularmente relevante, pois se supõe que as correntes de jato planetárias estão sendo afetadas pela atual variabilidade climática e, nesse contexto, os efeitos no sul e no sudeste do País serão os que a equipe de Meteorologia identificou.

Outro fator observado foi a tendência de redução da temperatura média do ar no Norte da Península Antártica entre 1998 e 2005, em contraposição ao padrão de aquecimento das últimas décadas. Essa condição implica a necessidade de serem revistos os atuais modelos de previsão climática, uma vez que não conseguiram prever esse resfriamento, que já dura sete anos.

Constatou-se que as variações de temperatura na região do norte da Península Antártica resultam não de aquecimento ou resfriamento regional, mas sim de mudança da origem das massas de ar que migram pela região na baixa Troposfera. Por exemplo, períodos mais quentes ocorreram com mais ventos de oeste a norte, e períodos mais frios, com mais ventos de leste a sudoeste. A implicação dessa condição é que a variabilidade climática nas últimas décadas no Norte da península não decorre de um padrão tipo “efeito estufa”.

Essas constatações foram publicadas em revistas e/ou em reuniões científicas (textos disponíveis na página [http://www.cptec.inpe.br/prod\\_antartica/biblia/public\\_proj.pdf](http://www.cptec.inpe.br/prod_antartica/biblia/public_proj.pdf)).

A equipe de meteorologia mantém instrumentos e sistemas de coleta automática de dados e imagens de satélites na Estação Antártica Comandante Ferraz, permitindo assim a continuidade da série de 20 anos de dados do local. Foram instalados novos sensores meteorológicos na estação, como o sensor sônico de vento e o novo sensor de umidade relativa, que estão gerando medidas mais confiáveis. Foi reinstalada, em dezembro de 2005, a estação automática na Ilha Joinville, que transmite dados automaticamente por satélites para a rede da Organização Meteorológica Mundial.

O serviço de meteorologia é fundamental para outras atividades de pesquisa, pois é indispensável para previsão de saídas a campo, a pé e em bote, na área da estação. Outro apoio a diversos projetos científicos do Proantar se deu com a coleta de dados meteorológicos específicos para experimentos e com a interpretação de resultados diversos.

**Projeto:**

Meteorologia na EACF

**Coordenador:**

Alberto Setzer – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/MCT)

Fone: (12) 3945-6464 ou 3945-6652

Fax: (12) 3945-6652

E-mail: [asetzer@cptec.inpe.br](mailto:asetzer@cptec.inpe.br)

<http://www.cptec.inpe.br/antartica>



## O túnel das frentes frias

O contraste entre a temperatura bastante fria dos pólos e as altas temperaturas das regiões tropicais faz que sejam gerados ventos e ondas na atmosfera. Na alta atmosfera esses ventos são maiores e mais fortes que aqueles percebidos nos níveis mais baixos e são chamados de *correntes de jato*.

No Hemisfério Sul, o gelo que cobre a Antártica, em contraste com as águas mais quentes ao seu redor, cria uma diferença de temperatura que favorece a geração de ciclones atmosféricos que, eventualmente, irão gerar as frentes frias. Essas regiões de intensos sistemas meteorológicos possuem caminhos preferenciais de propagação, que são chamados pelos meteorologistas como *caminho das trajetórias das tempestades*.

No inverno antártico, a cobertura de gelo ao redor do continente torna-se muito mais extensa. Essa variação provoca o aumento da intensidade dos ventos na alta e na baixa atmosfera e pode alterar também a trajetória das frentes frias.

A equipe de cientistas dedicada a estudar as correntes de jato investigou de que forma a alteração da trajetória dos sistemas meteorológicos influencia o clima do Continente Sul-Americano. Trajetórias diferentes podem causar maior ou menor impacto, por isso foi realizado estudo observacional e de modelagem numérica, na expectativa de prever as mudanças nas trajetórias das frentes frias.

Os resultados preliminares obtidos ao longo do projeto indicaram que a variabilidade interanual da extensão da

capa de gelo em volta do Continente Antártico modifica a trajetória dos ciclones extratropicais, fazendo que sua propagação seja mais ao Sul ou ao Norte, dependendo de sua intensidade. Existem indicações também de que essa mudança no posicionamento da passagem dos ciclones afeta o número de sistemas que invadem o Continente Sul-Americano, afetando assim seu clima durante o inverno e mesmo nas estações de transição, ou seja, outono e primavera.

Os dados da circulação atmosférica do passado são recuperados pela equipe de Glaciologia. Os registros de satélites e estações meteorológicas que operam ao redor da Antártica fornecem dados sobre o comportamento do clima em décadas mais recentes. A comparação do comportamento em passado distante, no passado recente e na atualidade confere mais robustez à pesquisa. A análise das circulações atmosféricas no passado poderá auxiliar a compreensão das mudanças climáticas futuras.

### Projeto:

Trajетórias dos sistemas meteorológicos

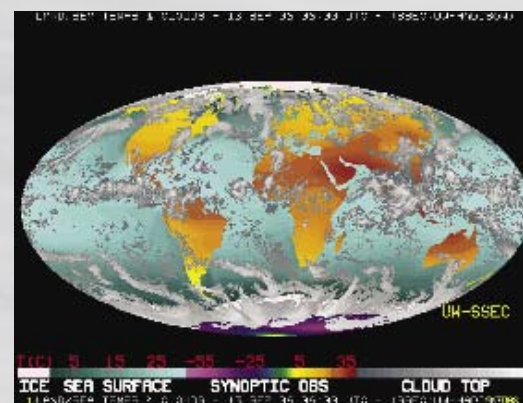
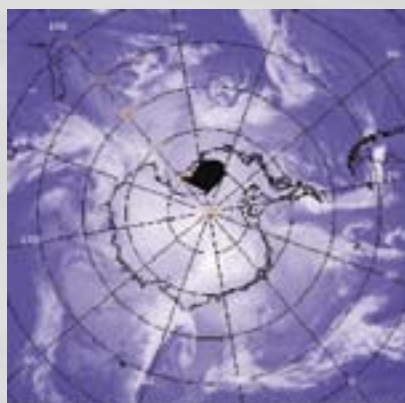
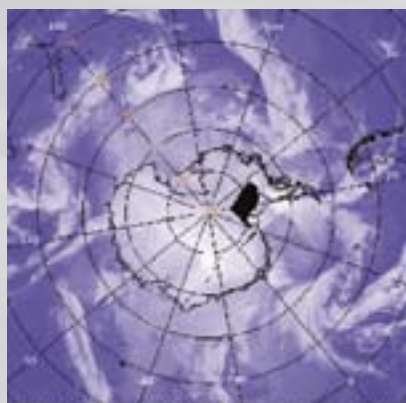
### Coordenador:

Tércio Ambrizzi – Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG/USP

Fone: (11) 3091-4731

Fax: (11) 3091-4714

E-mail: ambrizzi@model.iag.usp.br



**Polarclima** – Variabilidade Ambiental na Antártica Setentrional e no Oceano Circumpolar

Inclui:

- Projeto de Glaciologia
- Projeto de Meteorologia
- Projeto de trajetórias dos sistemas meteorológicos

**Equipe:**

Dr. Jefferson Cardia Simões – UFRGS

Dr. Alberto Waingort Setzer – INPE

Dr. Tércio Ambrizzi – IAG/USP

Drª. Ilana Elazari Klein Coaracy Wainer – USP

Dr. Jandyr de Menezes Travassos – Observatório Nacional/MCT

Dr. Francisco Adolfo Ferron – UFRGS

Dr. Robert J. Delmas – Laboratório de Glaciologia e Geofísica do Meio Ambiente – Grenoble, França

Drª. Barbara Delmonte – Univerdade de Milão, Itália

Dr. Jean-Robert Petit – Laboratório de Glaciologia e Geofísica do Meio Ambiente – Grenoble, França

Dr. Jean Jouzel – Laboratório de Ciências do Clima e do Meio Ambiente, Scalay, França

Dr. Alberto Aristarain – Laboratório de Estratigrafia de Geleiras e Geoquímica da Água e da Neve, Mendoza, Argentina

Dr. Gino Cassasa – Centro de Estudos Científicos de Valdivia, Chile

Drª. Rosemary Vieira – UFRGS

Dr. Hermann Gossmann – Universidade de Freiburg, Alemanha

Dr. Helmut Saurer – Universidade de Freiburg, Alemanha

Drª. Iracema Fonseca de A. Cavalcanti – INPE

Dr. Ricardo de Camargo – USP

Dr. Christiano Brum Garnett – INPE

MSc. Jorge Arigony Neto – UFRGS e Universidade de Freiburg, Alemanha

MSc. Francisco Eliseu Aquino – UFRGS

MSc. Ronaldo Torma Bernardo – UFRGS

MSc. Charlotte Santos da Silva – UFRGS

MSc. Claudio Duarte Beck – UFRGS

MSc. Maria Angela Reis dos Santos – UFRGS

MSc. Ulisses Franz Bremer – UFRGS

Técnico Leandro Bernsmüller – UFRGS

Técnico Siclério Ahlert – UFRGS e Universidade de Caxias do Sul

MSc. Heloisa Helena de Castro Barboza – UFRGS

BSc. Flávio Amaral Guilherme – INPE

BSc. Marcelo Romão – INPE

BSc. Ricardo Burgo Braga – UFRGS

BSc. Vagner da Silva Duarte – FURG

BSc. Candida de Freitas Dewes – UFRGS e USP

BSc. Luis Fernando Magalhães Reis – UFRGS

BSc. Fernando Mews – UFRGS

BSc. Rafael R. Ribeiro – UFRGS

BSc. Vera Maria Meirelles da Silva – UFRGS

BSc. Daniel Constantino Zacharias – USP

BSc. Francisco Tomazzoni – USP

Técnico Heber Reis Passos – INPE

Graduando Ildo Parnow – UFRGS



# Integração atmosfera e gelo

*Cientistas investigam, por meio de registro no gelo da Antártica, como a circulação atmosférica transporta partículas para todo o Planeta.*

O depósito glacial da Antártica, que teve origem há mais de 25 milhões de anos, constitui um reservatório de alto grau de preservação dos depósitos atmosféricos, onde partículas e compostos gasosos precipitam-se e são absorvidos em sua superfície, ao longo dos séculos. Dessa forma, o gelo da calota polar antártica é considerado como uma das melhores matrizes para estudos paleoclimáticos e paleoambientais de todo o globo terrestre.

Um grupo estuda a baixa atmosfera antártica e o registro glacial dos testemunhos de gelo, identificando o impacto global da atividade humana nos continentes, tais como a poluição industrial e urbana, os processos de queimada e os vestígios dos testes atômicos realizados a céu aberto nos Hemisférios Sul e Norte. Soma-se a isso o estudo da variabilidade do gelo marinho em torno da Antártica (diretamente associada à frequência de frentes frias que atingem o Brasil) e a atividade biológica no Atlântico Sul, responsável pela emissão de gases diretamente relacionados ao balanço geoquímico da região.

Micropartículas encontradas no gelo da Antártica estão sendo analisadas atualmente por várias técnicas que permitem a análise de sua composição elementar, sua mineralogia e sua caracterização molecular: Dessa forma, os pesquisadores estão reconstruindo a história ambiental da região e também avaliando as mudanças impostas pelas alterações ambientais ocorridas na América do Sul durante o século XX.

Devido à alta interatividade de troca de massas de ar entre a América do Sul e a Antártica, parte significativa da variabilidade ambiental do Continente Sul-Americano está registrada no manto de gelo polar, o que nos oferece uma visão mais clara das tendências e dos impactos ambientais em larga escala global.

Alguns dos avanços desenvolvidos no contexto do projeto foram o maior detalhamento dos impactos das plumas de queimadas emitidas no Brasil, que podem alcançar áreas remotas da América do Sul e até o continente antártico; a detecção das emissões de Pb na atmosfera global, principalmente durante

as décadas de 60, 70 e 80; a coleta e a identificação fenotípica de microrganismos aprisionados no gelo antártico, que têm potencialmente como subprodutos aplicações bio-tecnológicas ou servem como bio-traçadores de processos atmosféricos; uma alta associação entre a clorofila-a no oceano e o aporte atmosférico de aerossóis enriquecidos com Fe, a partir dos desertos da Patagônia, sobre o Atlântico Sul; o estabelecimento de nova geocronologia recente para a região, a partir da identificação dos testes nucleares realizados no Pacífico sul.

## **Projeto:**

Identificação de Alterações Ambientais na Península Antártica Empregando-se o Estudo da Linha de Equilíbrio e a Análise de Composição Elementar em Amostras de Ar e Gelo por PDMS – Gerag

## **Coordenador:**

Heitor Evangelista da Silva – Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais/Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Laramg/UERJ)  
Fone: (21) 2568-9664  
E-mail: heitor@uerj.br ou heitor@wnetrj.com.br

## **Equipe:**

Dr. Heitor Evangelista da Silva – UERJ  
Dr. Enio Bueno Pereira – INPE  
Dr<sup>a</sup>. Kenya Moore de Almeida Dias da Cunha – PUC-RJ  
Dr. Antônio Carlos de Freitas – UERJ  
Dr. Kenny Tanisaky-Fonseca – UERJ  
MSc. Marcelo Sampaio – INPE

## **Colaboradores:**

Ricardo H. M. Godoi – UnicenP  
Dorothy Koch – Center for Climate Systems Research, Columbia University and NASA-GISS  
Rene Van Grieken – Department of Chemistry, Micro and Trace Analysis Centre, University of Antwerp  
William Zamboni – Universidade Federal Fluminense (UFF)  
Sergio Machado Correa – UERJ  
Nivaor Rigozo – FAETEC  
Álvaro L. Bertho – FIOCRUZ  
Carlos V. Barros Leite – PUC-RJ





## Clima impresso nas rochas

*Cientistas investigam nas rochas como era o clima em épocas muito antigas.*

Durante a Era Cenozóica, que se inicia há cerca de 65 milhões de anos atrás e se estende até o presente, muito antes do estabelecimento da glaciação que levou à formação dos atuais mantos de gelo da Antártica, o Planeta passou por uma sucessão de fases de resfriamento e aquecimento, ocorridas entre as épocas Eoceno e Mioceno. Para estudar as alterações ambientais muito antigas, as rochas são a melhor alternativa, pois suas características físicas e químicas possibilitam a reconstituição ambiental.

A Ilha Rei George hoje está separada da Península Antártica pelo Estreito de Bransfield, mas a separação há cerca de dois ou três milhões de anos. Antes disso, a ilha estava anexada ao Continente Antártico, do qual se separou em processos geodinâmicos atuantes na área. Enquanto esteve presa ao continente, a ilha sofreu a influência da evolução ambiental da Antártica como um todo.

Por meio da investigação de rochas na Ilha Rei George, grupo multidisciplinar estuda a evolução climática (paleoclimática) e ambiental (paleoambiental) da Antártica ao longo do Período Terciário. Esse projeto visa a caracterizar os eventos paleoclimáticos ocorridos em dois níveis de resolução temporal: macro (de 5 a 10 milhões de anos) e meso (de 0,1 a 1 milhão de anos), estendendo e completando, desse modo, os dados obtidos por meio da análise de testemunhos de gelo.

O comportamento da cobertura de gelo na Antártica está também registrado nos sedimentos que estão ali na Ilha Rei George. Ao longo do tempo houve épocas de expansão e épocas de contração da calota glacial antártica, envolvendo a alternância de períodos de aquecimento e resfriamento regional. O reflexo disso fica registrado não só nos ambientes circunvizinhos à Antártica, mas no Globo como um todo.

A equipe está fazendo o mapeamento geológico das rochas para saber a fisiografia de tempos remotos: onde era o mar,

Luiz Anelli



Luiz Anelli



onde era o continente, onde eram as regiões mais próximas ou mais distantes do litoral. Com a reconstituição da geografia pretérita e das condições climáticas de então – aliadas às informações de períodos mais recentes fornecidas pela equipe de glaciologistas – será possível a reconstituição da história climática da Antártica, principalmente no intervalo Eoceno–Terciário, durante cerca de 30 milhões de anos. Esse período de tempo encerra importantes eventos geológicos que levaram ao isolamento climático da Antártica, à formação da corrente circum-antártica e do atual sistema termoalino do Oceano Austral. Nesse contexto, teve início a acumulação dos atuais mantos de gelo da Antártica Ocidental e Oriental.

O trabalho está sendo realizado de tal forma que elabore um *continuum* da história não só geológica, mas da paleoclimatologia e da paleogeografia da Antártica.

No Alasca, ocorrem sedimentos ou rochas da mesma idade dessas presentes na Ilha Rei George, ambas influenciadas por glaciação. A diferença é o contexto geológico. O estudo do que ocorreu nas condições antárticas pode compará-las aos processos geológicos que ocorreram no Alasca e, dessa forma, oferecer

melhor visualização dos processos erosivos e sedimentares glaciais associados à deposição das sucessões glaciogênicas, o que abre a possibilidade de interpretar as características paleoglaciológicas dos mantos de gelo do passado.

Outro aspecto importante para esse projeto é que, como a Antártica está em plena fase de glaciação, será possível fazer analogias e entender determinados fenômenos que ocorreram em glaciações anteriores em outros pontos do Globo, inclusive no Brasil. Há, aí, troca de informações e retroalimentação, porque a experiência adquirida no estudo dessas glaciações antigas contribui para entender mais modernas, como a da Antártica.

O interesse da equipe é unicamente científico, a pesquisa pura. Mas o conhecimento de como eram os ambientes, a paleogeografia, e de como aquela região evoluiu ao longo do tempo geológico pode ser aplicado para qualquer finalidade. Exemplo disso são a mineração e extração de petróleo. Se algum dia forem liberadas pesquisas nessa linha, o Brasil terá amplo conhecimento geológico armazenado, pronto para ser utilizado.

**Resultados científicos parciais** – O projeto utiliza metodologia multidisciplinar que inclui revisão da estratigrafia das sucessões aflorantes, por meio de levantamento de seções e análise de fácies sedimentares, estudos paleontológicos de microfósseis (foraminíferos) e megafósseis (moluscos), datações radiométricas, petrografia/petrologia e geoquímica. Por essa razão, os resultados integrados das pesquisas aparecerão em mais longo prazo.



Luiz Anelli



Luiz Anelli

**Projeto:**

Mudanças Paleoclimáticas na Antártica durante o Cenozóico: o registro geológico terrestre – MUPA

**Coordenador:**

Paulo Roberto dos Santos – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP)

Fone: (11) 3091-4119

Fax: (11) 3091-4207

E-mail: dosantos@usp.br

**Equipe:**

Dr. Antonio Carlos Rocha-Campos – USP

Dr. José Alexandre de Jesus Perinotto – Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Dr. Luiz Eduardo Anelli – USP

Pós-graduando Gabriel Luiz Pérez Vieira – USP









## Oceano Austral

*O Grupo de Oceanografia de Altas Latitudes (GOAL), formado por pesquisadores de diversas instituições brasileiras, investigou o mar antártico e suas conexões com a região sul do Brasil.*

Vários parâmetros ambientais e suas influências sobre a vida marinha e o clima terrestre foram investigados pelo grupo. Por exemplo, as águas profundas, oriundas da região do Mar de Weddell e sua exportação para o Atlântico Sul, bem como a circulação superficial na região do encontro da Corrente do Brasil, quente e salgada, que vai para o sul, e da Corrente das Malvinas, fria e menos salgada, que se dirige para o norte.

O papel dos oceanos no ciclo global do carbono é outro tema sob investigação. As microalgas marinhas (fitoplâncton) utilizam dióxido de carbono, disponível na água do mar, para sua fotossíntese e são, portanto, organismos importantes no controle do gás carbônico que está na atmosfera.

A região da Plataforma Argentina é considerada como grande seqüestradora de carbono da atmosfera no Hemisfério Sul. O GOAL, por meio da realização de cruzeiros nessa região, encontrou grandes concentrações de microalgas marinhas. Elas são responsáveis pela alta produção biológica regional, de peixes e lulas, inclusive com impactos na costa sul do Brasil.

O GOAL estudou, ainda, os efeitos ambientais sobre a distribuição e a abundância de cetáceos (baleias) e elefantes marinhos na região da Península Antártica. Encontrou forte relação entre abundância de baleias e fitoplâncton. A razão é simples: as baleias alimentam-se de krill, que por sua vez alimenta-se de microalgas marinhas (fitoplâncton).

O grupo estudou também os movimentos das baleias e dos elefantes marinhos por meio de rastreadores por satélites. Dessa forma, é possível monitorar a localização dos mamíferos, sua área de distribuição e seu comportamento alimentar.

Eduardo Secchi



Ricardo Burgo



Ronald Buss



## Movimento das águas no Oceano Austral

Os oceanos são responsáveis pela manutenção do clima terrestre. O transporte de calor se dá da seguinte forma: o globo terrestre está permanentemente girando e recebendo radiação solar que chega, com mais intensidade, sobre as zonas equatoriais e tropicais. Há pouca insolação nas regiões polares. A energia solar absorvida, sobretudo no equador e nos trópicos, é redistribuída para o resto do planeta, no sentido equador–pólos. Esse movimento ocorre na parte superficial do mar. Na águas adjacentes ao continente antártico, dois processos físicos ocorrem: forte esfriamento e expulsão de sais minerais no processo de formação do gelo marinho. Com isso, as águas do mar tornam-se mais frias e mais salgadas e, portanto, mais densas, e afundam, dirigindo-se para zonas equatoriais pelo fundo oceânico. Ou seja, na superfície do mar há uma circulação em direção aos pólos e, no fundo, uma circulação contrária, controlada pela temperatura (termo) e pela salinidade (halina). Esta última recebe o nome de circulação termohalina.

Pesquisadores do GOAL estudaram esses dois movimentos da água do Oceano Austral. A superficial, por meio de lançamento de bóias de superfície que emitem um sinal que, captado por satélite, determina a trajetória e a velocidade da massa d'água. Para investigar as águas de fundo, foram utilizados outros meios, com coleta de dados da temperatura, salinidade e volumes de água do mar em grandes profundidades.

Após vários anos de pesquisas na região, o GOAL concluiu que as águas de fundo do Estreito de Bransfield estão ficando mais quentes e menos salinas, provavelmente devido ao derretimento das geleiras na porção leste da Península Antártica. Esse derretimento é provocado pelo aquecimento do planeta e pode ter conseqüências na circulação de fundo dos oceanos e no clima do planeta.

**Projeto:**

Movimento das águas

**Coordenador:**

Carlos Alberto Eiras Garcia – Fundação Universidade do Rio Grande (FURG)

Fone: (53) 3233-6888

Fax: (53) 3233-6652

E-mail: [dfsgar@furg.br](mailto:dfsgar@furg.br)



Ronald Buss



Ronald Buss







## **PLÂNCTON**

Conjunto de diminutos seres vivos vegetais (algas unicelulares) e animais (protozoários, pequenos crustáceos, larvas de invertebrados e de peixes, etc.), que, em razão de sua pouca ou nenhuma locomoção própria, flutuam ao sabor das correntezas, desde a superfície até o fundo.

### **Fitoplâncton**

**(fito = planta, plâncton = ao sabor da correnteza)**

Do ponto de vista do ecossistema, o fitoplâncton é a base das cadeias alimentares e o principal alimento do krill. Todos os animais marinhos dependem dele, direta ou indiretamente.

Um dos objetivos do GOAL foi o estudo do fitoplâncton marinho. A investigação buscou identificar a quantidade e a distribuição dessas microalgas em diversos ambientes ao redor da Península Antártica, assim como sua variação ao longo dos anos.

As espécies que compõem o fitoplâncton estão sendo identificadas e classificadas por tamanho (embora unicelulares, as espécies podem apresentar grandes diferenças de tamanho e de volume).

O fitoplâncton assimila dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por meio da fotossíntese e transforma esse carbono em massa viva. Uma proporção dessa matéria viva afunda e sedimenta no assoalho oceânico (seqüestro de carbono), representando um processo importante no ciclo global do carbono.

Os cientistas estimam que, das sete bilhões de toneladas de carbono despejadas a cada ano na atmosfera, aproximadamente duas toneladas são seqüestradas pelo mar. Resta saber o papel do fitoplâncton dos mares da Antártica nesse processo.

### **Ictioplâncton**

**(ictio = peixes, plâncton = ao sabor da correnteza)**

Além dos vegetais unicelulares, o grupo estudou também os ovos e larvas de peixes, que vivem em suspensão na coluna d'água, denominados coletivamente de ictioplâncton. É nessa fase da vida de um peixe que ocorre a maior mortalidade natural.

Foi investigada a distribuição e a quantidade dos ovos e das larvas, assim como a identificação das espécies. Além disso, o grupo estudou os tipos de alimento ingeridos pelas larvas de peixes. Esse conhecimento é fundamental para fazer futuro gerenciamento ou futura administração pesqueira.

#### **Projeto:**

Plâncton

#### **Coordenadores:**

Fitoplâncton

Virgínia Maria Tavano Garcia – Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Fone: (53) 3233-6510

Fax: (53) 3233-6601

Ictioplâncton

Frederico Werneck Kurtz – Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)

Fone: (21) 2587-7659

Fax: (21) 2587-7692



## **CETÁCEOS**

Durante aproximadamente uma década, o Projeto Baleias/Proantar dedicou-se a investigar os padrões de distribuição e abundância de baleias, principalmente baleias-jubarte, nas proximidades da Península Antártica.

Além disso, o projeto estudou os padrões de migração das baleias-jubarte e investigou se os indivíduos que se alimentam na região da Península pertencem à mesma população dos animais que se reproduzem no Banco dos Abrolhos, litoral da Bahia. Os padrões de migração foram investigados através da fotoidentificação. Essa ferramenta permite que cada indivíduo possa ser identificado pelos padrões de pigmentação da região ventral da nadadeira caudal, os quais são comparados com animais identificados pela mesma técnica em áreas reprodutivas, nos trópicos. Vários indivíduos identificados nos arredores da Península Antártica foram também avistados no litoral da Colômbia e do Equador, no Pacífico, e nenhum foi encontrado na costa da Bahia.

Os resultados obtidos demonstram que as baleias-jubarte que se alimentam nas cercanias da Península migram para reproduzir nas águas quentes do Pacífico Sul-Oriental. Dados moleculares demonstram que a variabilidade das baleias-jubarte no Hemisfério Sul é grande, o que é ótimo sinal, pois a espécie tem maior potencial para se adaptar a mudanças ambientais. O DNA utilizado pelo Projeto Baleias para as análises moleculares foi extraído da pele dos animais, coletada com dardos especiais de biopsia.

Com as biopsias, coletaram-se também amostras de gordura para quantificar o grau de contaminação por poluentes organoclorados. Esses estudos ainda se encontram em andamento, porém informações preliminares indicam baixo grau de contaminação.

Mais recentemente, o Projeto Baleias, como subprojeto do Grupo de Oceanografia de Altas Latitudes (GOAL), pesquisou se os padrões de distribuição e abundância das baleias eram associados a alguns fatores ambientais (biótico ou abiótico).

Verificou-se uma correlação entre a densidade de baleias e a concentração de clorofila-a, parâmetro indicador de produtividade primária. Entretanto, em estudos futuros, é importante coletar dados de distribuição e de biomassa de krill, alimento das baleias-jubarte, o que seria o fator explicativo mais diretamente relacionado com os padrões de distribuição das baleias.

A região dos Estreitos de Gerlache e Bransfield, principais áreas de estudo, são regiões de alta densidade de baleias-jubarte e, portanto, áreas promissoras para estudos de longo prazo destinados a verificar a influência de fatores bióticos e abióticos na distribuição das baleias e a forma como tais padrões oscilam temporalmente. O uso de telemetria por satélite tem comprovado a grande importância dos Estreitos de Gerlache e Bransfield como áreas de alimentação das jubartes, além de ter demonstrado que alguns indivíduos se deslocam ao longo de toda costa oeste da Península Antártica numa única temporada de alimentação.

### **Coordenador:**

Paul G. Kinas – Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG)

Fone: (53) 3233-6596

Fax: (53) 3233-6604

E-mail: [dmtkinas@super.furg.br](mailto:dmtkinas@super.furg.br)

Manuela Bassoi





Tania Brito



Tania Brito



Tania Brito



Tania Brito

## **ELEFANTES-MARINHOS DO SUL (MIROUNGA LEONINA)**

Um estudo piloto realizado na Ilha Elefante (Shetlands do Sul) indicou a existência de uma correspondência espaço-temporal entre alguns parâmetros oceanográficos (clorofila-a, TSM e profundidade do local) e a distribuição de predadores de topo de cadeia. A distribuição desses predadores está, por sua vez, associada à distribuição de recursos marinhos vivos, utilizados como alimento no ecossistema antártico.

Foram identificadas as áreas de alimentação de elefantes-marinhos do sul, marcados na Ilha Elefante, relacionando as áreas de alimentação a fatores ambientais e oceanográficos e às mudanças globais. Foi avaliada a condição fisiológica dos animais por meio de parâmetros biométricos e bioquímicos, com a determinação da idade dos indivíduos, assim como variações na sua distribuição e na sua demografia.

Com a fixação de rastreadores por satélite (STDR) tornou-se possível o monitoramento de sua localização, sua área de distribuição, seu comportamento de mergulho e alimentação. Esses rastreadores também registram informações sobre a profundidade de mergulho, que, por sua vez, indicam as características individuais das atividades de mergulho e forrageio (alimentação) dos animais durante a fase pelágica do seu ciclo de vida, após a realização da muda anual. Alguns dos aparelhos utilizados em outros estudos (TDR) podem ser adaptados para determinar a posição geográfica, batimentos cardíacos, temperatura estomacal e mesmo velocidade de natação.

A correlação entre as estratégias alimentares dos elefantes-marinhos e características do ambiente antártico (fatores bióticos e abióticos), indica a ocorrência e a localização de áreas preferenciais de concentração de recursos marinhos (*hotspots*) que precisam ser mapeados. Além disso, o rastreamento de indivíduos por satélite permite o monitoramento, ao longo de todo o ano, das condições nas diferentes regiões antárticas inacessíveis a navios de pesquisa durante o inverno austral. Os resultados obtidos até o momento confirmam que os elefantes marinhos da Ilha Elefante vagam por todo o oceano austral durante sua fase pelágica.

### **Coordenadora:**

Mônica Muelbert

Fone: (53) 3233-6503

Fax: (53) 3233-6601

E-mail: [mamiferos@furg.br](mailto:mamiferos@furg.br)

### Grupo de Oceanografia de Altas Latitudes (GOAL)

Processos oceanográficos, distribuição e densidade da biota marinha e possíveis relações com as mudanças ambientais globais

Inclui:

- Movimento das águas
- Plâncton
- Cetáceos (Baleia-jubarte)
- Elefantes-Marinheiros do Sul

#### Coordenador:

Carlos Alberto Eiras Garcia – Fundação Universidade do Rio Grande (FURG)  
Fone: (53) 3233-6888  
Fax: (53) 3233-6652  
E-mail: dfsgar@furg.br

#### Equipe:

Dr. Carlos Alberto Eiras Garcia (coordenador) – FURG  
Dr. Mauricio Magalhães Mata (vice-coordenador) – FURG  
Dr. Virginia Maria Tavano Garcia – FURG  
Dr. Paul Gerhard Kinas – FURG  
Dr. Eduardo Resende Secchi – FURG  
Dr. Monica Mathias Costa Muelbert – FURG  
Dr. Ivan Dias Soares – FURG  
MSc. Luciano Dalla Rosa – FURG  
MSc. Rodrigo Kerr Duarte Pereira – FURG  
MSc. Bárbara Cristie Franco – FURG  
MSc. Leopoldo Rota de Oliveira – FURG  
MSc. Carlos Eduardo Peres Teixeira – FURG  
MSc. Rafael Vergara Schiller – FURG  
BSc. Vagner da Silva Duarte – FURG  
BSc. Alexandre Rivero – FURG  
BSc. Isaac Santos – FURG  
BSc. Matheus Bacelo de Figueiredo – FURG  
BSc. Marcelo Mariano Teixeira – FURG  
Graduando Giuliano Lourenzo Bertoldi – FURG  
Graduando Flávio Augusto Oliveira Karam Junior – FURG  
Graduanda Júlia Wiener Reisser – FURG  
Graduanda Valéria Prando – FURG  
Graduando Giovanni Fronza – FURG  
Graduanda Juliana Couto di Tullio – FURG  
Graduando Theo Garcia Rolim de Moura – FURG  
Graduando Silas Manuell de Oliveira Júnior – FURG  
Dr. Ronald Buss de Souza – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)  
Dr. Luciano P. Pezzi – INPE  
Dr. João Antônio Lorenzetti – INPE  
Dr. Maria Cordélia Soares Machado – Universidade Santa Úrsula (USU)

Dr. Frederico Werneck Kurtz – USU/Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ)  
Dr. Ricardo César Gonçalves Pollery – USU  
MSc. Eduardo Miranda de Souza – USU  
MSc. Fernanda Rymer Woolf de Oliveira – USU  
MSc. Claudia Roscio Pascual – USU  
MSc. Juliana Lira de Andrade – USU  
BSc. Priscila Araújo Pinto – USU  
BSc. Maria José D' Oliveira Campos Mello – UERJ  
Dr. Marcos C. O. Santos – Universidade Estadual de São Paulo (Unesp)  
Dr. Paulo A. C. Flores – Ibama  
MSc. Glauco S. Caon – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
MSc. Daniel Danilewicz – Pontifícia Universidade Católica do RS (PUC-RS)  
MSc. Ignacio B. Moreno – PUC-RS  
Dr. José Lailson Brito Jr. – UERJ  
Dr. Paulo H. Ott – UERGS  
Dr. Márcio Borges Martins – UFRGS

#### Colaboradores brasileiros:

Dr. Marcelo S. Dourado  
Dr. Carlos Lentini  
Dr<sup>a</sup>. Rosane G. Ito  
Dr<sup>a</sup>. Ilana Wainer  
Dr. Heitor Evangelista  
Dr<sup>a</sup>. Manuela Basso  
Dr<sup>a</sup>. Fernanda Constantin Marques  
MSc. Valéria Ruoppolo  
MSc. Claudia Britto Berthein  
Dr. Alexandre de Freitas Azevedo  
BSc. Ygor Geyer Maia

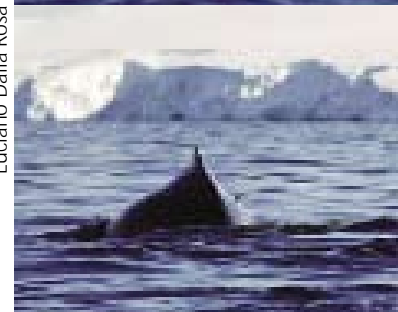
#### Colaboradores estrangeiros:

Dr. Hartmut Hellmer – AWI, Alemanha  
Dr. Charles R. McClain – GSFC/NASA, Estados Unidos da América  
Dr. Sérgio Signorini – GSFC/NASA, Estados Unidos da América  
Lic. Alberto Piola – SHN, Argentina  
Lic. Silvia Romero – UBA, Argentina  
Dr. Christophe Lerebourg – França  
Dr<sup>a</sup>. Mirtha Noemi Lewis – CENPAT, Argentina  
Dr. Claudio Campagna – CENPAT, Argentina  
Dr. Rus A. Hoesel – UD, Reino Unido  
Mikkel Villum Jensen – Noruega  
Dr. Alexandre N. Zerbini – University of Washington  
Dr<sup>a</sup>. Fernanda Marques – Wildlife Conservation Society (WCS)

Manuela Basso



Luciano Dalla Rosa



Ronald Buss



Ronald Buss



Ronald Buss



Ronald Buss



# CAMADAS ATMOSFÉRICAS (CLASSIFICAÇÃO POR TEMPERATURA)

EXOSFERA

Satélites



800 km

TERMOSFERA

Espaçonaves



690 km

MESOSFERA

Meteoros



80 km

ESTRATOSFERA

Sondas de Ozônio



50 km

Camada de Ozônio

Balão Meteorológico

TROPOSFERA

Monte Everest



17 km

Mesosfera: na Mesosfera, localizada entre 50 e 90 km de altitude, há uma substancial queda de temperatura, que chega a  $-90^{\circ}\text{C}$ . É na mesosfera que ocorre o fenômeno da aeroluminescência. Nessa faixa está sendo estudado o Efeito Estufa, complementando os estudos realizados na Troposfera.

Estratosfera: é nessa segunda camada da atmosfera, que vai até 50 quilômetros de altitude, que começa a difusão da luz solar (que origina o azul do céu). E também onde está localizada a camada de ozônio, objeto de estudo de outra equipe de pesquisadores.

Troposfera: é a camada atmosférica que se estende da superfície da Terra até a base da estratosfera. Essa camada tem espessura média de aproximadamente 12 quilômetros, atingindo até 17 quilômetros nos trópicos e cerca de sete quilômetros nos pólos. Os projetos de meteorologia do Proantar estudam essa faixa atmosférica.







## Buraco na camada de ozônio

*A cada década diminui em 4% a concentração de ozônio na atmosfera. A camada formada por esse gás absorve a radiação UV-B, que vem do Sol.*

O ozônio é uma molécula que existe em toda a atmosfera. Define-se, arbitrariamente, a camada compreendida entre 25 e 35 km como região da "camada de ozônio". O ozônio dessa região tem uma função muito importante para a vida na superfície terrestre: ele absorve a radiação que vem do Sol, o ultravioleta do tipo B. Apenas o ozônio, na atmosfera, tem esta propriedade importante de absorver a radiação UV-B, que é prejudicial à vida de homens, animais e plantas.

A partir dos anos 60, percebeu-se uma nítida diminuição do conteúdo da camada de ozônio, mundialmente, de ano a ano. Essa diminuição, que é da ordem de 4% por década, em média, continua ainda hoje e deve permanecer nessa tendência por várias décadas.

Sabe-se que o problema da camada de ozônio está associado aos chamados CFC's, substâncias produzidas artificialmente pelo homem moderno, muito úteis nos processos de refrigeração, em geladeira e ar-condicionado, principalmente. Nessas substâncias existe o cloro, que só é liberado da molécula do CFC quando essa é submetida a altas doses de radiação UV-B. O CFC é liberado na superfície e demora muitos anos para chegar à estratosfera, onde a radiação provoca a liberação do cloro, que reage com o ozônio e o destrói.

Atualmente, três questões importantes são colocadas pela comunidade científica:

- A diminuição na concentração da camada de ozônio causa mudanças climáticas?
- Com a diminuição do ozônio, a temperatura da estratosfera (região entre 20–60 km de altitude) está diminuindo. Qual será a consequência para a química e para a circulação da atmosfera?

Armando Hadano



Armando Hadano



Armando Hadano



Armando Hadano





Armando Hadano



Armando Hadano



Armando Hadano

E ainda:

– A radiação ultravioleta está aumentando devido à queda do ozônio? Já existem evidências das conseqüências desse aumento?

Hoje se sabe que a diminuição da camada de ozônio está relacionada com as mudanças ambientais, afetando o equilíbrio da temperatura da atmosfera, mas ainda não se sabe quais são as conseqüências e qual a relação com os outros gases associados ao efeito estufa produzidos pela ação do homem.

A variação do ozônio tem dois efeitos sobre a temperatura da Terra: ao absorver a radiação ultravioleta, emite calor aquecendo a estratosfera, região entre 20–60 km de altitude. Na baixa atmosfera (troposfera) atua como poluente. Absorve a radiação infravermelha que vem do solo, contribuindo para o aquecimento da baixa atmosfera. Portanto, a influência da variação do ozônio está relacionada com a altitude na atmosfera. Sua maior importância está relacionada com a radiação UV-B.

A maior variação na concentração do ozônio ocorre na região Antártica, na estratosfera. Todos os anos, nos meses de agosto a novembro, ocorre uma diminuição muito grande do ozônio. Esse fenômeno é chamado de buraco na camada de ozônio. A conseqüência principal é o aumento da radiação ultravioleta que atinge o solo, afetando os seres vivos da região.

Durante a presença do buraco de ozônio, pode ocorrer uma diminuição de até 80% do ozônio e a radiação aumentar mais de 500%. Como o efeito da radiação é acumulativo, a preocupação dos pesquisadores é avaliar a conseqüência para o meio ambiente e os seres vivos nos próximos anos.

O ozônio é um detector muito sensível que indica as mudanças na atmosfera e responde rapidamente à presença de gases poluentes. Ele nos alerta com eficiência sobre a presença desses gases na alta atmosfera. O problema é que os gases destruidores do ozônio duram várias décadas, e mesmo com o compromisso atual dos governantes de controlar e reduzir a emissão desses gases, eles afetarão o ozônio ainda por vários anos.

Desde 1986, cientistas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) estão estudando e monitorando a camada de ozônio e a radiação ultravioleta em algumas regiões: na Estação Antártica Comandante Ferraz, em Punta Arenas (Chile) e no Sul do Brasil. Dentro dessa rede, o grupo deu continuidade



a seu trabalho de monitoramento da camada e do conseqüente aumento da radiação ultravioleta.

Qual é a conseqüência que estamos tendo, na camada de ozônio, que está relacionada à mudança global? Para responder a essa pergunta, o grupo de pesquisadores do Proantar que investiga a camada de ozônio inter-relacionou seus estudos com os de outras áreas.

A equipe focou sua pesquisa na identificação dos traços antropogênicos na variação do buraco na camada de ozônio. O projeto tem feito medições contínuas desde 1996 para tentar explicar as oscilações anuais do ozônio e verificar se a radiação está aumentando com o tempo.

**Principais resultados** – Os estudos da variação da camada de ozônio com a altitude na região de Ferraz e em Punta Arenas (Chile), mostraram que, embora a emissão dos gases poluentes que destroem a camada de ozônio tenha diminuído, a concentração que existe na região antártica continua grande e com muito impacto. Em 2003 e 2005 ainda foram registradas grandes diminuições na concentração de ozônio e o tamanho do buraco alcançou uma área significativa em torno de 24 milhões de km<sup>2</sup>. O tamanho recorde foi em 1998 com 26 milhões de km<sup>2</sup>. (fonte: <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>).

Na campanha em 2005 (período de setembro a outubro), foi registrada a segunda maior destruição da Camada de Ozônio sobre a região de Punta Arenas desde 1995. A camada sofreu uma redução de 60%, comparável aos níveis da região Antártica.

Medidas da coluna total do ozônio, em Santa Maria, Região Sul do Brasil, detectou efeitos secundários da passagem do buraco de ozônio no sul do continente, provocando a diminuição da camada sobre a região, em outubro de 2005.

Foi identificada a região da atmosfera onde ocorre a maior destruição da camada de ozônio. Está em torno de 17 km de altitude.

Medidas de dados climatológicos do solo até 30 km de altitude no período de ocorrência do buraco de ozônio, em Ferraz, nos anos de 2003 e 2004, e em Punta Arenas, em 2005, mostraram diminuição muito grande da temperatura na estratosfera, no período de ocorrência do buraco de ozônio.

O índice da radiação ultravioleta, que atinge o solo durante a passagem do buraco de ozônio, chegou ao nível de regiões de latitudes médias, apresentando em alguns períodos, o índice 9, que é considerado um índice muito alto. Estes valores são registrados na primavera/verão no Brasil.

Foi possível fazer um mapa mostrando a variação do índice da radiação ultravioleta da Antártica até o Equador.

**Projeto:**

Estudos da radiação UV-B e Ozônio na Antártica

**Coordenadores:**

Volker Kirchhoff – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Fone: (12) 3945-6044

Fax: (12) 3922-9887

E-mail: kir@dge.inpe.br

Neusa Paes Leme – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Fone: (12) 3945-6047

Fax: (12) 3922-9887

E-mail: nleme@dge.inpe.br

**Equipe:**

Dr. Volker Kirchhoff – INPE

Dr<sup>a</sup>. Neusa Paes Leme – INPE

Dr<sup>a</sup>. Cláudia Boian – Pesquisadora Visitante

Dr<sup>a</sup>. Damaris Kirsch Pinheiro – UFSM

Dr. Francesco Zaratti – Un. San Andrés, Bolívia)

Dr. Cláudio Casiccia – Un. Magallanes, Chile)

BSc. Francisco Raimundo da Silva – INPE

BSc. Marcelo Araujo – INPE

BSc. José Roberto Chagas – INPE

Técnico Luiz Manguiera de Souza – INPE

Técnico Tércio Luiz Bezerra Penha – INPE

Técnico Sueli dos Santos Faria – INPE







## A temperatura da mesosfera e o efeito estufa

*Investigação da temperatura na região atmosférica localizada em torno de 90 km de altitude, por anos seguidos, ajudará a identificar possíveis mudanças globais.*

Investigar o efeito estufa na baixa atmosfera e a mudança climática global será possível por meio do monitoramento da temperatura da região da mesosfera superior, próxima a 90 km de altitude, na Antártica. No projeto foi desenvolvido e instalado um espectro-imageador de aeroluminescência, instrumento de última geração com características de alta resolução e confiabilidade de longo tempo. No momento presente, apenas um grupo da Austrália possui um espectrômetro dessa natureza, que está instalado na Estação Davis (690 S, 780 L), onde são realizadas observações desde 1995. A técnica utilizada pela equipe brasileira é semelhante à dos australianos, o que facilita a comparação de dados de temperatura entre as duas estações.

O objetivo fundamental dessa pesquisa é o estudo da climatologia da região da alta atmosfera por meio de medidas de temperatura, na área onde está instalada a Estação Antártica Comandante Ferraz. Destacam-se três importantes temas científicos, produtos desta investigação:

- Observação da variabilidade noturna e sazonal da temperatura da mesosfera superior, visando à validação de dados de satélite e modelos atmosféricos.

- Investigação da variação da temperatura de 'longo termo', indicativo de mudança climática global (faz-se necessária, pelo menos, uma década de dados observacionais).

- Investigação da propagação de ondas atmosféricas na camada mesosférica da Região Antártica, e a conexão com eventos na região da estratosfera, tendo em vista os efeitos da dinâmica do vórtice polar antártico. Alguns resultados conclusivos relacionados aos temas anteriormente mencionados já estão sendo submetidos à publicação em revistas científicas especializadas.

Atualmente, esse grupo de aeronomia, que em 2001 iniciou a observação de aeroluminescência na Antártica, dá continuidade

às pesquisas através de um novo projeto, que tem por objetivo o monitoramento da atividade de ondas de gravidade na Península Antártica, utilizando-se de um imageador de 1.800 de visada espacial. A meta é realizar os primeiros passos na compreensão tanto do balanço energético da mesosfera superior, quanto do acoplamento entre as camadas da troposfera, da estratosfera e da mesosfera, na região da Península Antártica.

### **Projetos:**

Monitoramento de Longo Prazo da Temperatura da Mesosfera na Região Polar Antártica – FotAntar

Investigação da atividade de ondas de gravidade na alta atmosfera na Península Antártica

### **Coordenador:**

Hisao Takahashi – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Fone: (12) 3945-7144

Fax: (12) 3345-6952

E-mail: [hisaoatak@laser.inpe.br](mailto:hisaoatak@laser.inpe.br)

<http://www.laser.inpe.br/lume>

### **Equipe:**

Dr. Hisao Takahashi – INPE

Dr. Delano Gobbi – INPE

Dr. Cristiano Max Wrasse – INPE

MSc. José Valentin Bageston – INPE

Dr. Ricardo Arlen Buriti – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Dr. Kazuo Shiokawa – Universidade de Nagoya, Japão

MSc. Primavera Botelho de Souza – INPE

BSc. Glaucia Souza Ferreira – INPE

BSc. Fabiola Bicalho da Costa – INPE

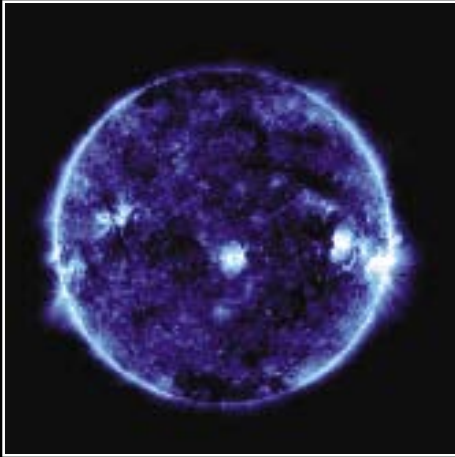
Técnico Pedro Paulo da Silva Braga – INPE

Técnico Hélio Borges – INPE

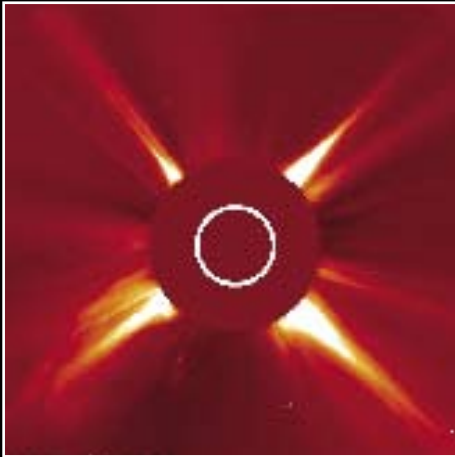
Técnico Arnaldo da Costa Amorim – INPE

Técnico Paulo Cezar Monteiro – INPE

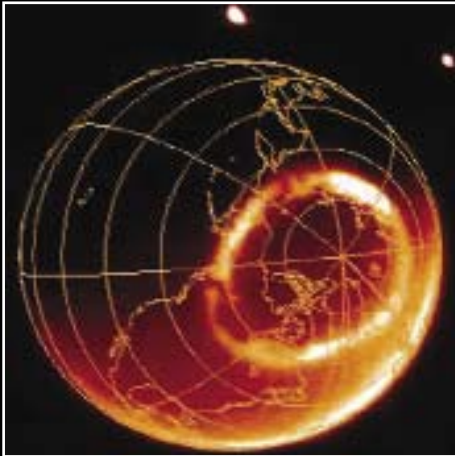
Nasa



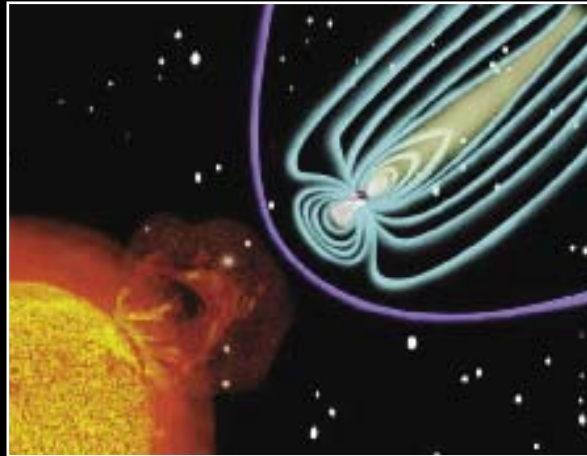
Nasa



Nasa



Os efeitos do Sol na vida terrestre são evidentes, mas uma descrição detalhada dessa interação está apenas iniciando. Sabe-se que a energia liberada pelo Sol não é constante e que essas variações são significativas, com impactos no clima terrestre, na meteorologia global, no meio ambiente e na produção agropecuária. Recentes estudos mostram que a variabilidade da radiação solar altera as propriedades físico-químicas da atmosfera, influenciando no regime de ventos e na quantidade da radiação ultra violeta (UV) que atinge a superfície da Terra, bem como na cobertura de nuvens e precipitação de chuvas.



# Efeito do Sol no meio ambiente terrestre

*Projeto busca caracterizar e entender os diferentes efeitos da interação entre anomalias presentes no meio geoespacial e atmosfera terrestre.*

A Região Antártica, por estar próxima ao Pólo Sul, é um dos lugares privilegiados para investigações sobre os efeitos da radiação solar na superfície da Terra. Foram estudados os parâmetros específicos da atmosfera, e reunidos subsídios para explicar os impactos climatológicos induzidos pela radiação solar.

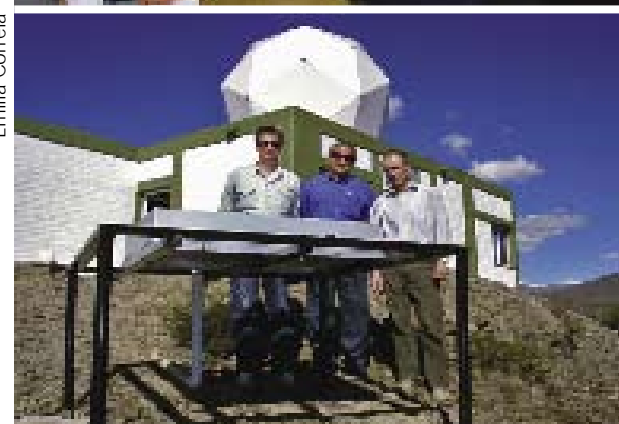
O estudo, integrado aos demais projetos da rede, auxilia numa melhor caracterização das condições físico-químicas e biológicas na Antártica.

Foi estudada a influência da radiação solar na ionosfera (região da atmosfera superior da Terra que se estende de uma altura entre 75 a 1.000 km). As alterações da atmosfera produzidas pela radiação solar foram identificadas a partir das observações realizadas com vários experimentos (VLF, GPS, detector de raios cósmicos e magnetômetros).

Foi evidenciado um comportamento diferenciado da baixa ionosfera em função do ciclo de atividade solar, sugerindo a possibilidade de monitoramento da radiação solar utilizando a baixa ionosfera como um imenso sensor de fótons solares.

A importância dos resultados obtidos gerou o conceito de uma rede de receptores de VLF a ser espalhada em todo o continente sul-americano e na região antártica (SAVNET – South America VLF NETwork) para o ano 2007. A rede SAVNET permitirá monitorar a radiação Lyman, que apresenta uma variação de ~ 200% ao longo do ciclo solar, e é uma fonte de energia importante para a atmosfera terrestre, é responsável por mudanças atmosféricas na faixa 70–110 km de altitude e participa da química de espécies menores como vapor de água e ozônio.

Está sendo feito um estudo detalhado de longo termo de eventos Trimpí, que são resposta da baixa ionosfera a elétrons



Emilia Correia

Emilia Correia

Emilia Correia

precipitados dos cinturões de radiação de Van Allen, e que são detectados por sondagens VLF. Este estudo tem mostrado que os eventos Trimpí ocorrem com maior intensidade em períodos geomagneticamente perturbados, e sugere que o principal agente controlador da população dos cinturões de radiação é a atividade geomagnética produzida pelo impacto provocado pelo vento solar de alta velocidade na magnetosfera.



**Projeto:**

Novos Diagnósticos de Anomalias no Meio Ambiente e seus Efeitos na Atmosfera Terrestre Polar, Regional e Global – Geoespaço

**Coordenadora:**

Liliana Rizzo Piazza

Fone: (11) 2114-8726

Fax: (11) 3214-2300

E-mail: [lrpiazza@craam.mackenzie.br](mailto:lrpiazza@craam.mackenzie.br) ou [rauln@craam.mackenzie.br](mailto:rauln@craam.mackenzie.br)

**Equipe:**

Dr<sup>a</sup>. Liliana Rizzo Piazza – CRAAM

Dr. Jean-Pierre Raulin – CRAAM

Dr<sup>a</sup>. Emilia Correia – INPE/CRAAM

Dr. José Henrique Fernandez – Colaborador da UNITAU

Dr. Vladimir Makhmutov, Yuri Stozhkov – Colaboradores do Lebedev Physical Institute, Rússia

Dr. Hugo Levato – Colaborador do Complexo Astronômico El Leoncito, San Juan, Argentina

Dr. Umran Inan – Colaborador da Universidade de Stanford, EUA

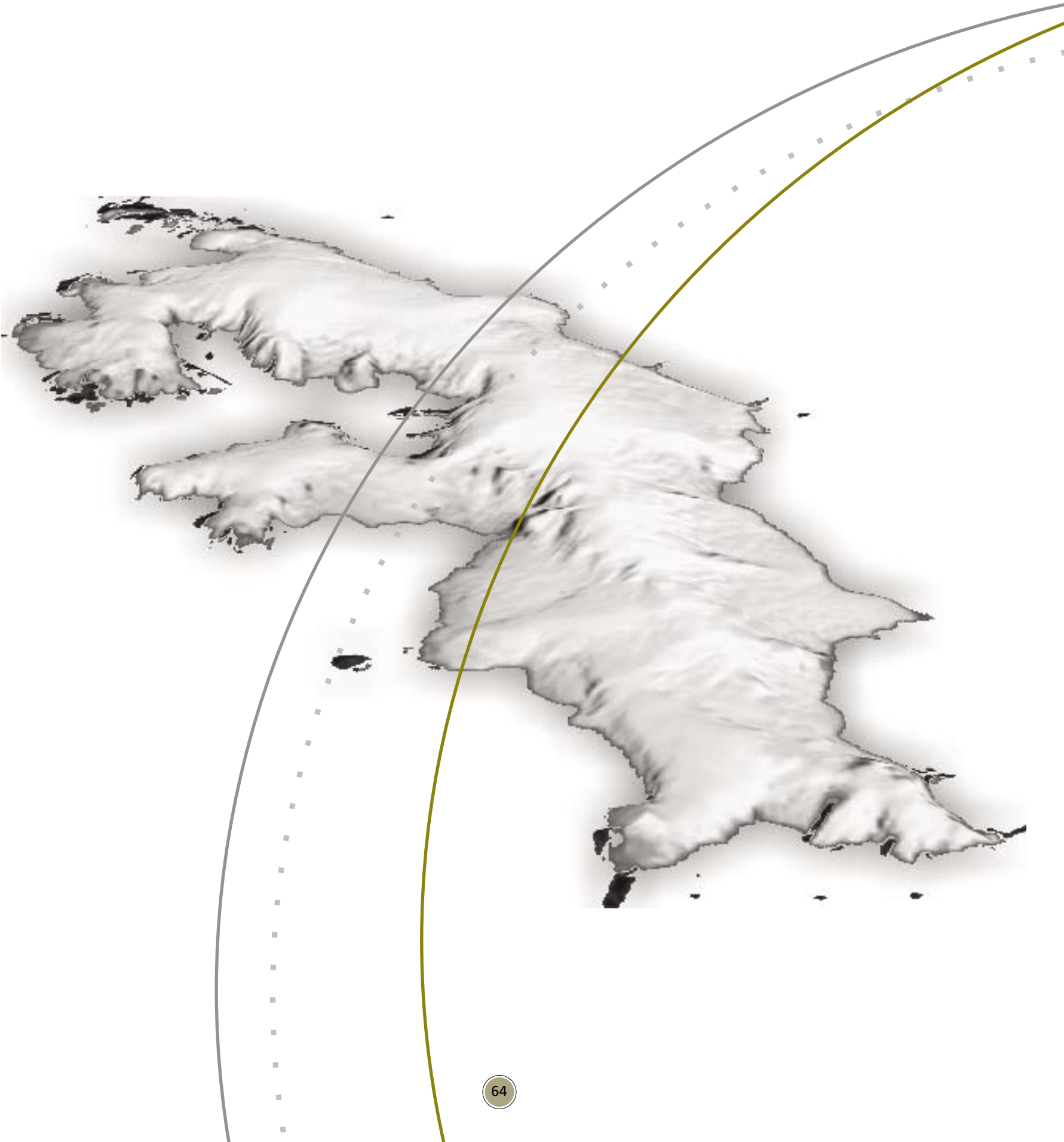


# MONITORAMENTO AMBIENTAL DA



# BAÍA DO ALMIRANTADO







## Monitoramento Ambiental da Baía do Almirantado

A Estação Ferraz está instalada próxima à Península Antártica, na Ilha Rei George, a maior ilha do Arquipélago das Shetlands do Sul, mais exatamente na Baía do Almirantado, que possui três enseadas, Martel, Mackelar e Ezcurra. Ferraz fica na Enseada Martel.

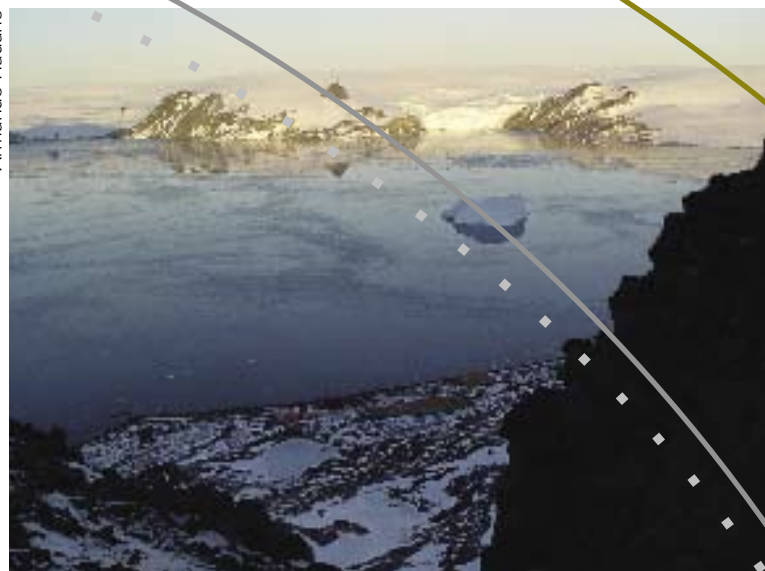
Toda a região da Baía do Almirantado, incluindo terra e mar, foi classificada como Área Antártica Especialmente Gerenciada. Isso significa que os países instalados na Baía – além de Brasil, Peru, Polônia, Estados Unidos e Equador – devem administrar a região por meio de um plano de manejo apropriado, a fim de evitar impactos cumulativos.

Foi criada uma rede de pesquisa, formada por quinze grupos, para estudar os diferentes aspectos do impacto ambiental provocado pela ação humana na área onde está instalada a Estação Antártica Comandante Ferraz.

Ao ratificar o Tratado da Antártica, o Brasil assumiu compromissos internacionais que implicam o dever de realizar pesquisa científica e de preservar o meio ambiente antártico. O Brasil é membro consultivo do Tratado da Antártica, tendo direito a voto nas decisões sobre o futuro do continente. Essa condição foi conquistada e é mantida graças à qualidade da pesquisa realizada por cientistas brasileiros na Antártica.

O Protocolo ao Tratado da Antártica sobre Proteção do Meio Ambiente – Protocolo de Madri – estabeleceu diversos procedimentos a ser seguidos na execução de pesquisas científicas e no apoio logístico às estações antárticas, visando à proteção da flora e da fauna da região. Impõe, também, rigorosas regras e limitações à eliminação de resíduos, bem como recomenda medidas preventivas contra a poluição marinha. Outra recomendação do Protocolo de Madri é que seja avaliado o impacto ambiental das atividades desenvolvidas na região.

Armando Hadano



Armando Hadano



Armando Hadano



As pesquisas realizadas por essa rede têm o objetivo de monitoramento do impacto da presença humana na Baía do Almirantado. Por tratar-se de projeto temático e integrado, vários grupos trabalharam, simultaneamente, nos mesmos locais, utilizando as mesmas coletas para avaliar diferentes aspectos.

Além dos dados coletados nos últimos anos, resultados de pesquisas feitas ao longo de mais de vinte anos de Programa Antártico Brasileiro (Proantar) foram reunidos, avaliados e padronizados, para que se possa compará-los.

Com a compilação de todos esses dados, foi possível avaliar o estado do meio ambiente, identificar os impactos potenciais que podem vir a ser causados pela presença humana na Baía do Almirantado, realizar o gerenciamento da área e até mesmo desenvolver ações mitigadoras de possíveis impactos ambientais na região.

Monitoramento Ambiental da Baía do Almirantado

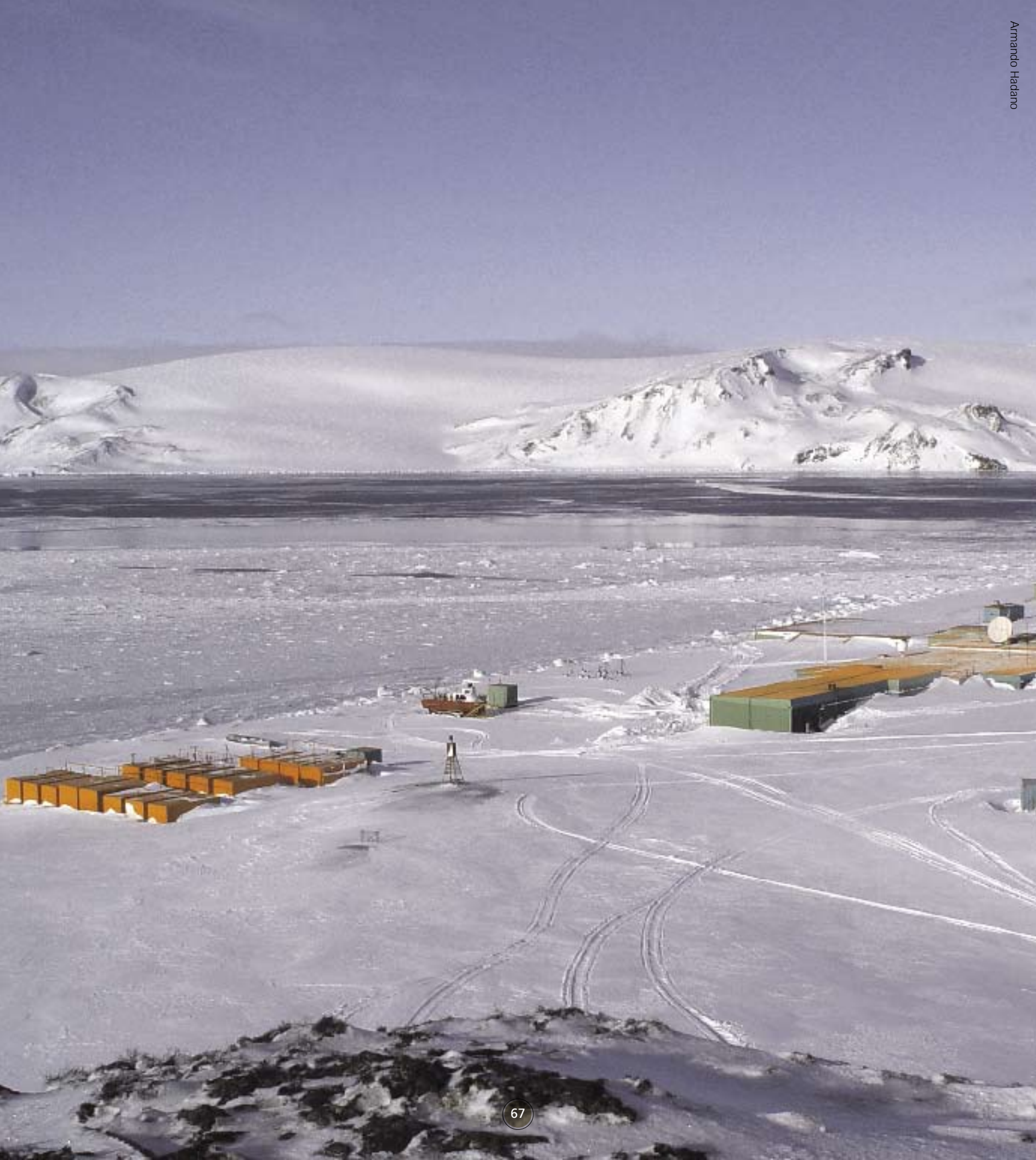
**Coordenador:**

Rolf Weber – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP)

Fone: (11) 3091-6614

Fax: (11) 3091-6610

E-mail: [rorweber@usp.br](mailto:rorweber@usp.br)





## O sequestro de carbono pelo oceano e suas consequências

*A questão é saber se, com o aumento da disponibilidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera, aumenta também sua captação pelo oceano – e quais as consequências disso.*

O aumento da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera tem sido uma constante. Medidas contínuas na atmosfera feitas desde 1958, associadas a medições em testemunhos de gelo, indicam que, entre 1750 e 2000, houve aumento de 31% de gás carbônico na atmosfera (pode haver variação de quatro pontos, para mais ou para menos nesse dado). Há, atualmente, na atmosfera, cerca de 750 bilhões de toneladas de carbono, natural e antropogênico.

Mais ou menos seis bilhões de toneladas de carbono são produzidas, todos os anos, por queima de combustível fóssil. Por desmatamento e queima, mais um bilhão de toneladas, aproximadamente. Isso resulta num total de sete bilhões de toneladas lançadas na atmosfera anualmente. Desses sete bilhões, cerca de dois bilhões estão em equilíbrio com a biosfera, por meio de trocas provocadas pela fotossíntese; três permanecem na atmosfera, aumentando, a cada ano, a concentração do gás; e dois bilhões são retirados pelo mar.

A investigação da concentração de carbono inorgânico nas águas do oceano antártico tem sido feita por meio de coleta ao longo da coluna d'água a profundidades de até 50 metros com dois propósitos: quantificar as trocas do dióxido de carbono entre a atmosfera e o oceano e compreender os processos que regem essa troca e seus efeitos no ambiente marinho. Para isso, são calculadas as concentrações de carbono em suas várias combinações (ion carbonato, ion bicarbonato, entre outros), por meio de medidas da pressão parcial do CO<sub>2</sub> e do pH da água do mar.

Dentro desse estudo, há suposições, confirmadas teoricamente e em laboratório, de que a concentração de CO<sub>2</sub>

Armando Hadano



Tânia Brito





influencia o pH da água do mar. Ou seja, o mar pode ficar mais ácido ou mais básico em função do sistema dióxido de carbono-carbonato. Essa reação, de fácil percepção em uma experiência de laboratório, é de difícil comprovação nas águas dos oceanos, em função de seu enorme volume e, conseqüentemente, da baixa velocidade com que a reação ocorre. São necessários, também, dados de vários anos para que seja possível uma análise comparativa.

Os estudos estão sendo desenvolvidos buscando confirmar, por um lado, o papel do oceano como sorvedouro de  $\text{CO}_2$  atmosférico e, por outro, essa suposição de que a absorção de carbono altera o pH da água. É sabido que todas as reações químicas que ocorrem no oceano são em função desse pH.

Os dados gerados pela pesquisa servirão, futuramente, para comparação. Dessa forma será possível afirmar se está aumentando a concentração de carbono na água do oceano, se isso leva a uma acidificação da água do mar e quais as conseqüências que podem decorrer daí.

A importância de se estudar o sistema carbonato na Antártica se deve ao fato de o comportamento do  $\text{CO}_2$  variar muito em ambientes diferentes. Por exemplo: a água fria dissolve muito mais  $\text{CO}_2$  que águas com temperatura mais elevada. Outro motivo é que as águas formadas na Antártica irão formar as massas d'água profundas de outros oceanos.

Tipos de estudo como esse, em escala global, propiciarão o entendimento mais preciso do papel do oceano como seqüestrador de  $\text{CO}_2$  atmosférico e as conseqüências dessa absorção para o meio marinho.

O comportamento do sistema carbonato na Baía do Almirantado para os verões estudados sugere os processos físicos, como a mistura de águas, e a bomba de solubilidade como os fatores predominantes na sua distribuição. A predominância desses processos gera que a superfície marinha dessa baía seja, naturalmente, fonte de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera. Essa conclusão leva para que o gerenciamento ambiental, com respeito ao  $\text{CO}_2$ , exija muito cuidado, seja pela introdução de  $\text{CO}_2$  antropogênico no meio marinho (através de esgotos ou hidrocarbonetos de petróleo) seja na atmosfera (queima de combustíveis fósseis). Desse modo, a introdução de  $\text{CO}_2$  pelas fontes citadas levará a um aumento desse gás na

atmosfera, uma vez que os fluxos líquidos de  $\text{CO}_2$  ( $\text{FCO}_2$ ) são do mar para a atmosfera.

Os estudos de sistema carbonato marinho mostram que não há sinais de contaminação na água do mar da Baía do Almirantado, mas apresentam sinais de contaminação atmosférica devido à queima de combustíveis fósseis nas proximidades da EACF. Por outro lado, os fluxos líquidos do  $\text{CO}_2$  na interface mar-atmosfera indicam que a superfície marinha da Baía do Almirantado é fonte de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera e esses estudos podem contribuir para o refinamento dos cálculos de balanço do ciclo global do carbono, onde a influência de áreas costeiras passa a ser considerada.

**Projeto:**

Sistema Carbonato – Gaba

**Coordenadora:**

Rosane Gonçalves Ito – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP)

Fone: (11) 3091-6569

Fax: (11) 3091-6610

E-mail: rgito@io.usp.br

**Equipe:**

Dr<sup>a</sup>. Rosane Gonçalves Ito – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP)

MSc. Cristiane Gallego Augusto – IOUSP

MSc. Paulo Eduardo Rivelli Durigon – IOUSP

BSc. Alcides de Lima Funcionário – IOUSP

Graduanda Louise Franco de Oliveira – IOUSP

Graduando Antônio Gabriel Pontes e Dechiche – IOUSP





## Poluição por petróleo

*A presença de hidrocarbonetos no ambiente é o principal indicador para avaliar o grau de contaminação por derivados de petróleo.*

Por mais que se tente reduzir o impacto da presença humana na Antártica, alguma alteração, mesmo que mínima, sempre ocorre. Pesquisas realizadas desde 1987 permitem assegurar que a Baía do Almirantado tem índice bastante baixo de contaminação por hidrocarbonetos, consequência dos cuidados com a segurança na utilização dos combustíveis – o que já valeu o reconhecimento inclusive do Greenpeace ao Programa Antártico Brasileiro.

Porém, a simples presença de embarcações operando na região e o transporte de óleo diesel para os geradores da estação podem contribuir para a introdução de hidrocarbonetos do petróleo no ambiente. Além disso, os combustíveis fósseis são a fonte de toda a energia gerada na Estação Ferraz.

Hidrocarbonetos podem ser encontrados na água, no sedimento marinho ou em organismos que vivem no mar. Daí a importância de identificar suas concentrações, para avaliar o impacto que pode estar sendo causado ao ambiente.

Felizmente, os índices verificados até agora são baixos. As medições são possíveis somente porque são utilizados equipamentos sofisticados, que detectam concentrações muito baixas.

Além de investigar os índices de contaminação atual e sua degradação, o grupo fez a compilação de todos os dados reunidos desde 1987 sobre a presença de hidrocarbonetos do petróleo na Baía do Almirantado. Esses resultados indicaram que, embora ainda baixos, os valores de concentração observados nos arredores da estação vêm aumentando ao longo dos anos.

Uma vez que um derivado do petróleo cai no ambiente, ele acaba sendo modificado e dispersado por diversos processos físicos (evaporação, espalhamento), processos químicos (degradação fotoquímica) e processos microbiológicos. A maioria dos

Armando Hadano



Tânia Brito



Armando Hadano



estudos sobre degradação de combustíveis fósseis no ambiente é realizada em regiões tropicais. Com esse estudo, será possível saber qual a taxa de degradação no ambiente antártico.

O grupo de hidrocarbonetos trabalhou em conjunto com outros grupos, que pesquisaram diferentes parâmetros químicos e biológicos, para fazer integração de dados. O estudo de monitoramento serve não só para verificar o estado da contaminação, mas também para ter uma linha de base local. Se um dia acontecer um acidente, por exemplo, é possível saber o que foi alterado.



**Projeto:**

Hidrocarbonetos de Petróleo – HPAntar

**Coordenadora:**

Márcia Caruso Bicego – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP)

Fone: (11) 3091-6614

Fax: (11) 3191-6610

E-mail: [marcia@io.usp.br](mailto:marcia@io.usp.br)

**Equipe:**

Dr<sup>a</sup>. Márcia Caruso Bicego – IOUSP

Dr. Rolf Roland Weber – IOUSP

Dr. César de Castro Martins – Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Dr<sup>a</sup>. Satie Taniguchi – IOUSP

Dr. Denis Albuquerque Moreira da Silva – Grupo de Química Ambiental

MSc. Rafael André Lourenço – IOUSP

BSc. Silvio Tarou Sasaki – IOUSP

Técnico Lourival Pereira de Souza – IOUSP

Graduanda Ana Cecilia Rizzatti de Albergaria Barbosa – IOUSP







## Marcadores químicos

*Será que a Antártica, o ambiente mais preservado do Planeta, já tem sinais de poluição por esgoto e por compostos orgânicos persistentes como os organoclorados?*

Para responder a essa questão foi realizado levantamento de dados sobre a poluição de origem fecal, com a utilização de indicadores químicos, bem como da poluição por compostos orgânicos persistentes.

A Antártica tem sido considerada uma das poucas áreas do mundo protegidas da poluição. Entretanto, a presença humana constitui uma fonte pontual de poluição ambiental, devido à descarga de esgotos, entre outros fatores. O esgoto gerado na Estação Ferraz somente é despejado no mar após tratamento primário e filtro microbiológico, mas, mesmo assim, é fundamental a avaliação sistemática do impacto que esse esgoto possa estar causando no ambiente.

Para esse estudo, foram analisados os esteróis fecais (coprostanol e epi-coprostanol) e a coprostanona, em amostras de sedimento da camada superficial da Baía do Almirantado. Os resultados indicaram que a contaminação por esgoto é restrita às proximidades da EACF e decresce com a distância da saída de esgoto.

Dados de 1998 a 2004 desses indicadores fecais nas proximidades da EACF mostram um aumento gradativo da contribuição de esgoto na Baía do Almirantado, provavelmente como resultado do aumento do número de pessoas nos últimos anos. Entretanto, esse aumento gradativo ainda não é preocupante, pois a dispersão do efluente de esgoto na zona costeira rasa da enseada Martel (onde está localizada a EACF) é favorecida pelo hidrodinamismo local, especialmente influenciada pelos efeitos de maré.

Foi investigada também a presença dos poluentes orgânicos persistentes (POPs) – entre as quais se incluem os pesticidas organoclorados como o DDT e os bifenilos policlorados (PCBs) – na Baía do Almirantado. Os POPs não ocorrem naturalmente no ambiente e não são facilmente degradados por oxidação química ou ação bacteriológica. Eles são transferidos para a Antártica e outras regiões remotas principalmente pela circulação atmosférica. A importância do estudo desses compostos no ambiente se deve a sua persistência, bioacumulação e efeitos nocivos à biota.



O levantamento de dados pretéritos indica a presença dos poluentes orgânicos persistentes em diversos compartimentos (água do mar, sedimento e biota) do ambiente marinho da Baía do Almirantado, porém em concentrações muito baixas.

As maiores concentrações foram observadas em aves e mamíferos, devido ao efeito de biomagnificação, ou seja, os animais de níveis tróficos superiores apresentam maiores quantidades desses poluentes que os organismos que lhes servem de alimento.

Apesar da redução significativa da introdução desses compostos no ambiente nos últimos 40 anos, ainda é possível verificar sua presença na Antártica.

**Projeto:**

Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) e Esgotos – POPs-Antar

**Coordenadora:**

Rosalinda Carmela Montone – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP)

Fone: (11) 3091-6614

Fax: (11) 3091-6610

E-mail: [rmontone@usp.br](mailto:rmontone@usp.br)

**Equipe:**

Dr<sup>a</sup>. Rosalinda Carmela Montone – IOUSP

Dr. Rolf Roland Weber – IOUSP

Dr<sup>a</sup>. Satie Taniguchi – IOUSP

Dr. José Luis Sericano – Texas A& M University, EUA

Dr. César de Castro Martins – Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná (CEM/UFPR)

Doutorando Rafael André Lourenço – IOUSP

Doutoranda Juliana Leonel – IOUSP

Doutorando Caio Augusto Magalhães – IOUSP

Mestranda Mariana Batha Alonso – IOUSP

BSc. Silvio Tarou Sasaki – IOUSP

Graduanda Karina Bisoia – IOUSP

Graduanda Simone Silva Bares Camargo – IOUSP

Técnico Lourival Pereira de Souza – IOUSP







# Microrganismos adaptados ao frio

*Estudo identificou microrganismos presentes no solo e no sedimento da Baía do Almirantado.*

Poucos estudos foram realizados em relação aos microrganismos que sobrevivem a baixas temperaturas. Para contribuir para o preenchimento dessa lacuna, foi realizada pesquisa que investigou os microrganismos pertencentes aos domínios *Bacteria* e *Archaea* para conhecimento da biodiversidade microbiana na Baía do Almirantado. Foram identificados os grupos taxonômicos presentes no solo e no sedimento e analisados os grupos filogenéticos.

Esses resultados serão fundamentais para a determinação de indicadores de impacto a ser considerados no estudo de monitoramento. O conhecimento da diversidade microbiana é importante para, em caso de qualquer impacto, permitir avaliar o que foi alterado e qual a capacidade de recuperação do ambiente.

Supõe-se que microrganismos pertencentes ao domínio *Archaea*, que podem sobreviver a condições extremas de temperatura, pH ou salinidade, são predominantes no ambiente antártico, mas ainda foram pouco estudados pela dificuldade de cultivo que apresentam. No entanto, culturas de *Archaea* produtoras de metano já foram obtidas.

Além de criar um banco de dados sobre os microrganismos presentes na Baía do Almirantado, a equipe estudou grupos específicos de bactérias que podem demonstrar impacto ambiental. São os indicadores microbiológicos de poluição. Foram objeto de estudo bactérias que indicam poluição de origem fecal e bactérias degradadoras de poluentes químicos: hidrocarbonetos e organoclorados (PCBs). Esses compostos químicos foram lançados no meio ambiente indiscriminadamente, em consequência do desenvolvimento dos processos industriais. Os hidrocarbonetos presentes na região antártica são resultado da utilização de combustíveis fósseis. Já os PCBs, que foram

Emanuele Kuhn



Cristina Nakayama



Cristina Nakayama



utilizados como óleo no interior de transformadores e capacitores até a década de 70, podem chegar à Antártica devido ao ciclo de circulação e dispersão ambiental.

De acordo com os resultados obtidos até o momento, acredita-se que as comunidades microbianas adaptadas ao frio, encontradas no solo próximo à Estação Ferraz, apresentam o potencial e a habilidade de utilizar os hidrocarbonetos do petróleo como fonte de carbono e energia, e poderiam contribuir com os processos de biorremediação em caso de acidentes na região antártica, uma vez que o Tratado da Antártica proíbe a introdução de organismos alóctones. Foram também isoladas bactérias degradadoras de PCBs de solos e de sedimentos marinhos na Baía do Almirantado. Elas pertencem a diferentes gêneros como *Rhodococcus*, *Acinetobacter*, *Bacillus* e outros.

Os genes associados às enzimas responsáveis pela degradação desses compostos estão sendo analisados, seqüenciados e comparados quanto a sua dispersão nas regiões polares, temperadas e tropicais, para estudos associados à evolução e à adaptação desses microrganismos quanto a impactos ambientais.

Os estudos da biogeografia dos microrganismos e seus genes já mostraram, por exemplo, que a bactéria do gênero *Rhodococcus*, degradadora de hidrocarboneto, é um membro pre-

dominante da comunidade dos solos polares, contaminados ou não. E também que alguns genótipos de bactérias degradadoras estão presentes, com maior frequência, em solos expostos a baixas temperaturas que os expostos a altas temperaturas. Por outro lado, alguns genótipos de bactérias degradadoras foram encontrados apenas em solos previamente contaminados por hidrocarbonetos podendo, dessa forma, indicar a ocorrência da exposição prévia do ambiente ao composto.

**Projeto:**

Análise da biodiversidade e biogeografia de microrganismos indicadores de poluição fecal, degradadores de compostos xenobióticos e análise da estrutura de comunidade na Baía do Almirantado – Microbio

**Coordenadora:**

Vivian Helena Pellizari – Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP)

Fone: (11) 3091-7205

E-mail: vivianp@usp.br

**Equipe:**

Dr<sup>a</sup>. Vivian Helena Pellizari – ICB-USP

Dr<sup>a</sup>. Rosana Filomena Vazoller – ICB-USP

Dr. Gilson Paulo Manfio – Natura Inovação e Tecnologia de Produtos Ltda.

Dr<sup>a</sup>. Valéria Maia de Oliveira – Unicamp

Dr<sup>a</sup>. Fabiana Fantinatti-Garboggini – Unicamp

Dr<sup>a</sup>. Adriana Philippi Luz – ICB-USP

Dr<sup>a</sup>. Fernanda Piza – Unicamp

Dr<sup>a</sup>. Cristina Rossi Nakayama – ICB-USP

Dr<sup>a</sup>. Eveline Wilma Coutinho Farias – ICB-USP

Dr. Giovani Sebben Bellincanta – ICB-USP

Dr<sup>a</sup>. Márcia Caruso Bicego – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP)

Dr<sup>a</sup>. Rosalinda Carmela Montone – IOUSP

Dr. Charles Greer – National Research Centre, Canadá

MSc. Fernando Rebelo Nastasi – ICB-USP

MSc. Rosa de Carvalho Gambá – ICB-USP

BSc. Emanuele Kuhn – ICB-USP