

Silvia Dotta (coordenação)  
Fabiana Rodrigues Costa  
Francyne Elias-Piera  
Manuela Bassoi  
Thiene Pelosi Cassiavillani  
Vanessa Carmo



# ANTÁRTICA, ÁRTICO

*E MUDANÇAS CLIMÁTICAS*





Silvia Dotta (coordenação)  
Fabiana Rodrigues Costa  
Francyne Elias-Piera  
Manuela Basso  
Thiene Pelosi Cassiavillani  
Vanessa Carmo



# ANTÁRTICA, ÁRTICO

## *E MUDANÇAS CLIMÁTICAS*



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



PÁTRIA AMADA  
BRASIL  
GOVERNO FEDERAL



© InterAntar, 2021

Silvia Dotta

Fabiana Rodrigues Costa

Francyne Elias-Piera

Manuela Basso

Thiene Pelosi Cassiavillani

Vanessa Carmo

Foto de capa: Rubens Junqueira Villela, Polo Sul, 1961

Revisão científica de Jefferson Simões e Paulo Câmara

Agência: Traço Leal

Atendimento: Andrea Leal

Design gráfico: Plínio Fernandes

### Agradecimentos

Ao MCTI e ao PNUD cujo fomento foi imprescindível para esta publicação.

À UFABC, principalmente, à equipe da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura, que desde 2013 colabora com o InterAntar para a realização de projetos de mediação das ciências antárticas.

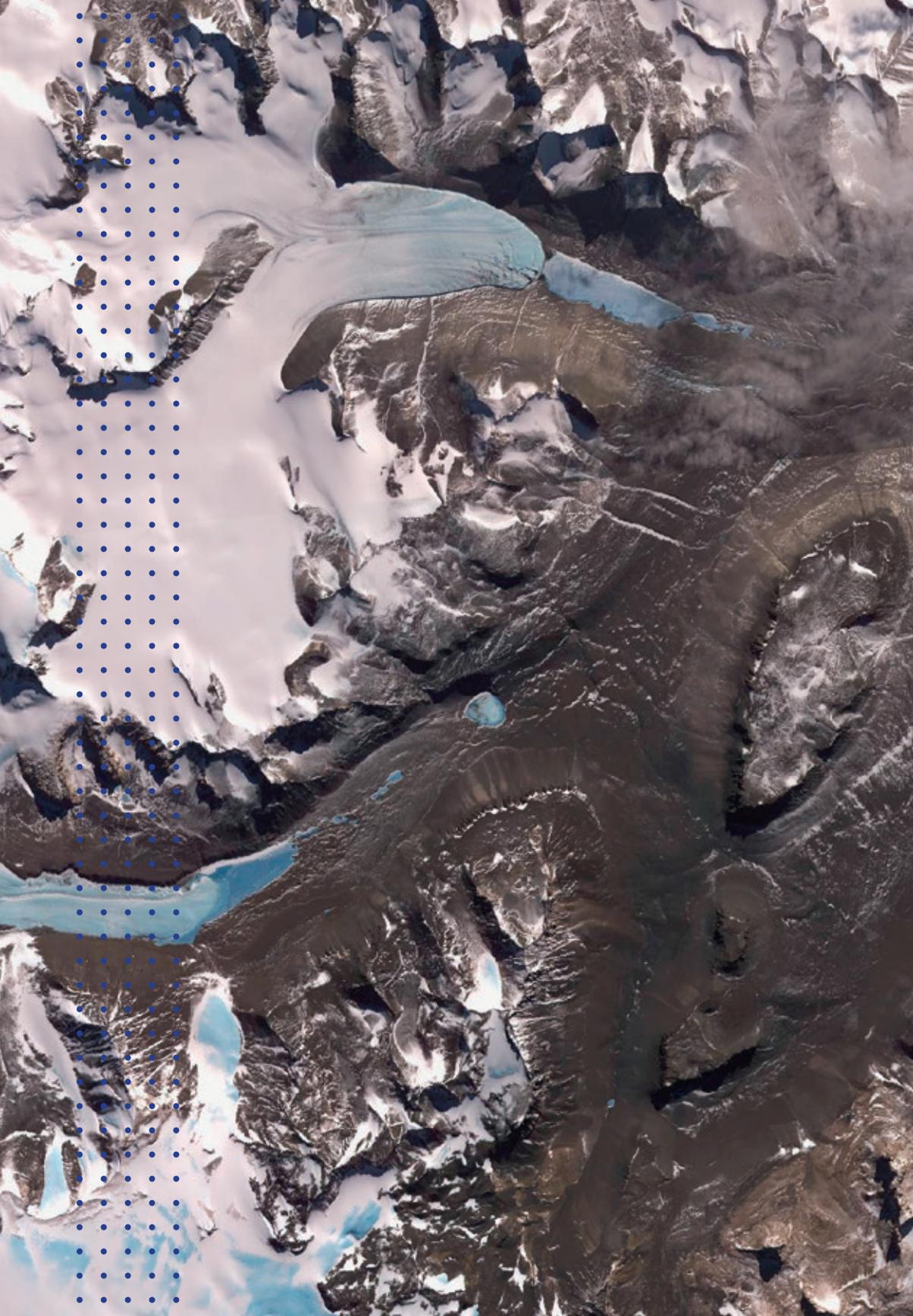
### CATALOGAÇÃO NA FONTE

SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

A627      Antártica, Ártico e mudanças climáticas / coordenação de  
Silvia Dotta ... [et al.]. – Santo André, SP : InterAntar : UFABC,  
2021.  
244 p. : il. color. – [Coleção 101 perguntas sobre regiões  
polares].  
ISBN 978-65-5719-019-7  
1. Antártica. 2. Ártico. 3. Ciências polares. 4. Ensino mé-  
dio. 5. Mudanças climáticas. I. Dotta, Silvia. II. Nunes, Fabiana  
Rodrigues Costa. III. Elias-Piera, Francyne. IV. Basso, Manuela.  
V. Cassiavillani, Thiene Pelosi. VI. Carmo, Vanessa. VII. Série.  
CDD 22. ed. – 577.09113



Dedicamos estes escritos a todos os antárticos brasileiros. Aos que iniciaram a jornada. Aos que estão caminhando. E, principalmente, aos do futuro, que irão garantir a representação brasileira em descobertas e decisões essenciais para a preservação das regiões polares.



## ***Apresentação da coleção***

A mediação dos conhecimentos polares por meio de uma linguagem acessível aos jovens busca estimular atitudes críticas e reflexivas, e contribui para a preservação daqueles ambientes gelados e fundamentais para a saúde da/na Terra.

A Coleção 101 Perguntas sobre Regiões Polares traz a público um amplo leque de informações, com objetivo de situar o leitor sobre questões do Ártico e da Antártica que influenciam a vida no planeta Terra, em especial na América do Sul e no Brasil. Cada título desta coleção aborda um tema e, por meio de perguntas, você é convidado a se posicionar a respeito dos fenômenos observados nessas regiões.

Neste título, *Antártica, Ártico e Mudanças Climáticas*, você será introduzido aos aspectos naturais e antrópicos que influenciam o clima global. Será que as mudanças climáticas são irreversíveis? Podemos fazer algo para melhorar as condições do planeta?

Este livro pretende aguçar sua curiosidade sobre temas essenciais para se compreender as influências das regiões polares no clima e ampliar sua conscientização e vontade de contribuir para frear os impactos das mudanças globais.

Boa leitura!  
InterAntar, outubro de 2021.

# Sobre as autoras



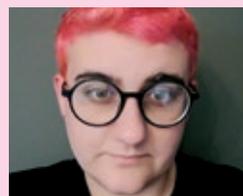
**Fabiana Costa** é licenciada em Letras, tradutora, bióloga e paleontóloga, já tendo coletado fósseis na Antártica. Além de integrar o InterAntar, participa de diversas iniciativas de divulgação das ciências antárticas na UFABC, onde é docente e coordena o Laboratório de Paleontologia de Vertebrados e Comportamento Animal (LAPC - UFABC).

**Francyne Elias-Piera** é uma cientista youtuber. Bióloga, doutora em ciência ambiental e há 20 anos pesquisa a Ecologia Antártica. Participou em 5 Expedições à Antártica com o Brasil e a Coreia. A Dra. Fran é fundadora do Instituto Gelo na Bagagem, a primeira plataforma de entretenimento antártico.



**Manuela Bassoi** é oceanógrafa formada pela Universidade do Rio Grande (FURG/RS), com mestrado e doutorado no National Oceanography Centre (NOC) Southampton, Inglaterra. Realiza pesquisas com cetáceos na Antártica desde 1998, em projetos nacionais e internacionais.

**Thiene Pelosi Cassiavillani** é bacharela em Letras e mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e da Matemática da Universidade Federal do ABC, onde também trabalha, na Seção de Divulgação Científica da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura.



**Vanessa Carmo** é Doutoranda em Ensino e História das Ciências e da Matemática, possui mestrado e graduação em Comunicação. Atualmente coordena a seção de divulgação científica da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da Universidade Federal do ABC.

**Sílvia Dotta** é Professora Associada da UFABC. Comunicóloga e doutora em Educação, fundou e coordena o InterAntar, um programa de divulgação das ciências polares, e coordenou a criação deste livro.



# Sumário

Os novos polos .....	10
1 O que são mudanças climáticas? .....	12
2 O que é aquecimento global? .....	15
3 O que é a Antártica? .....	17
4 O que é o Ártico? .....	19
5 Há quem não acredite nas mudanças climáticas? .....	22
6 O que é efeito estufa? .....	24
7 Sempre existiu gelo na Antártica? .....	26
8 Há diferenças entre o Ártico e a Antártica? .....	27
9 As regiões polares podem derreter completamente? .....	30
10 Onde é mais frio, na Antártica ou no Ártico? .....	33
11 A Antártica influencia o clima do Brasil? .....	36
12 Qual a relação entre o buraco na camada de ozônio, o aquecimento global e a Antártica? .....	38
13 Por que é importante saber mais sobre a Antártica? .....	39
14 Quanto da água do planeta está concentrada na Antártica? .....	41
15 Qual o maior deserto do mundo? .....	43
16 Por que a umidade do ar é baixa na Antártica? .....	45
17 Para onde vai a água do degelo? .....	47
18 Quem é o “pulmão” do mundo: a Antártica ou a Amazônia? .....	49
19 Há petróleo na Antártica e é possível explorá-lo? .....	51
20 O que é permafrost? .....	53
21 O que são icebergs? .....	55
22 Por que o gelo “queima”? .....	57
23 Qual a cor do gelo? .....	59
24 Há relação entre as cores do gelo e as mudanças climáticas? .....	60
25 Quais são os instrumentos de proteção da Antártica? .....	62
26 Quem foram os descobridores da Antártica? .....	65
27 Como a caça aos pinípedes na Antártica e oceano Austral afetaram suas populações? .....	68
28 As baleias-azuis do Hemisfério Sul estão em risco de extinção? .....	70
29 Quem foi Shackleton? .....	73
30 Qual é a temperatura média da água na Antártica? .....	76
31 Qual é a altitude média da Antártica? .....	78

32 Qual é a velocidade dos ventos na Antártica? .....	79
33 A Antártica aumenta e diminui de tamanho? .....	81
34 Há vegetação na Antártica? .....	83
35 Como nossas ações interferem nas mudanças climáticas? .....	85
36 Há poluição na Antártica? .....	88
37 O lixo produzido por aqui chega nas regiões polares? .....	90
38 Como as mudanças climáticas podem afetar a migração das aves de regiões polares? .....	92
39 Como as mudanças climáticas podem afetar as baleias na Antártica? .....	94
40 Como as mudanças climáticas afetam a reprodução dos pinguins? .....	97
41 Como as mudanças climáticas podem afetar os pinípedes nas regiões polares? .....	99
42 Como as mudanças climáticas podem afetar a navegação nas regiões polares? .....	101
43 Como as mudanças climáticas afetam as populações de pinguins? .....	103
44 Como as mudanças climáticas afetam os oceanos? .....	106
45 Quantos oceanos existem no planeta? .....	108
46 Por que as geleiras precisam de ajuda? .....	110
47 Quem vive na Antártica? .....	113
48 Quem vive no Ártico? .....	115
49 Urso-polar come pinguim? .....	117
50 Como se faz um iglu? .....	120
51 Há rios na Antártica? .....	122
52 Há outros animais além de ursos-polares no Ártico? .....	124
53 Ursos-polares são brancos? .....	126
54 Por que os pinguins são o símbolo da Antártica? .....	128
55 Pinguins e parceiros(as): até que a morte os separem? .....	130
56 Pinguins se divorciam? .....	132
57 Por que os pinguins não voam? .....	135
58 Existe pinguim no Ártico? .....	137
59 O que os pinguins comem? .....	139
60 Por que o pinguim faz cocô vermelho? .....	142
61 Pinguim tem pena? .....	143
62 Existem baleias antárticas? .....	146
63 Por que o oceano Austral possui uma das mais altas diversidades da Terra? .....	148
64 Há vida no fundo do mar congelado? .....	150
65 Há vida no gelo e na neve? .....	152

66	Há insetos nas regiões polares? .....	155
67	Como as focas se locomovem em terra? .....	158
68	Por que há animais gigantes na Antártica? .....	160
69	Por que os animais polares não morrem de frio? .....	163
70	Por que baleias e focas foram muito caçadas? .....	165
71	Quais são os tipos de gelo marinho? .....	168
72	Baleias bebem água? .....	170
73	Focas-caranguejeiras comem caranguejo? .....	172
74	Há tubarões nas regiões polares? .....	174
75	Existiram dinossauros nas regiões polares? .....	176
76	Por que o krill é tão importante? .....	179
77	Existe poluição por plástico na região Antártica? .....	181
78	Quem é o dono da Antártica? .....	183
79	Como brasileiros vão à Antártica? .....	185
80	Há correio na Antártica? .....	188
81	Que horas são agora na Antártica? .....	190
82	É possível levar trenós puxados por cães na Antártica? .....	192
83	Qual é o tempo de sobrevivência de uma pessoa em águas polares? .....	193
84	Que países fazem parte do Tratado da Antártica? .....	196
85	Como é a participação feminina na ciência antártica? .....	198
86	Existiram mulheres exploradoras? .....	202
87	Há turismo na Antártica? .....	204
88	O que são auroras polares? .....	207
89	Onde mora o Papai Noel? .....	209
90	Como funciona um navio quebra-gelo? .....	211
91	Como é a vida dos cientistas no continente antártico? .....	213
92	Como foi a construção da estação brasileira na Antártica? .....	215
93	O que é o Programa Antártico Brasileiro? .....	218
94	Como funciona um acampamento de pesquisa antártico? .....	220
95	Como é o transporte de pessoas na Antártica? .....	222
96	Quando foi a primeira expedição brasileira à Antártica? .....	224
97	É Antártica ou Antártida? .....	226
98	Qual a diferença entre os polos geográficos e os magnéticos? .....	227
99	Você já estudou as regiões polares na escola? .....	229
100	Como inserir as regiões polares nas escolas? .....	231
101	O que eu posso fazer para preservar as regiões polares? .....	233
	Posfácio .....	236
	Referências .....	238

# Os novos polos

Ao longo das últimas duas décadas observamos rápidas mudanças no ambiente e no cenário político das duas regiões polares. Antes vistas como distantes, isoladas e de certa maneira imutáveis, onde só alguns povos originários viviam permanentemente (por exemplo, os inuits e os lapões no Ártico), ou onde militares, exploradores e cientistas esporadicamente passavam temporadas dedicadas a seu trabalho.

Isso agora parece um passado distante, mudanças climáticas sem precedentes aquecem a periferia das duas regiões polares mais do que outras partes do planeta, o buraco de ozônio persiste nas duas regiões (sim, a carência do ozônio na atmosfera é bipolar!), a área coberta por mar congelado no verão ártico é cada vez menos extensa, parte das geleiras está derretendo. E, é claro, temos associado a essas mudanças, um novo cenário político.

No Ártico, a abertura de rotas marítimas transpolares reduzem em milhares de quilômetros o trajeto entre a Europa e o Oriente, países negociam quem tem a soberania do fundo do oceano Ártico, a militarização da região aumenta.

Na Antártica, protegida por um rigoroso protocolo de preservação ambiental, trinta e quatro países intensificam suas investigações para entender como as mudanças do clima modificaram o meio físico e biológico daquela região e quais as consequências para o ambiente não polar, por exemplo, para o Brasil.

Os cientistas estudam as duas regiões polares cientes de que o que acontece lá afeta nosso dia a dia. Quer alguns exemplos? As frentes frias que algumas vezes chegam até o sul da Amazônia são formadas no oceano que circunda a Antártica, o oceano Austral (e que tem a maior corrente oceânica do mundo, a corrente circumpolar); o gelo que derrete na Groenlândia e na Antártica já contribui para o aumento do nível do mar e, é claro, irá afetar a costa brasileira. Então, hoje sabemos que as regiões polares são

tão importantes para o equilíbrio ambiental do Planeta quanto os trópicos. Todo o meio ambiente está interconectado!

Este livro mostra a você, estudante dos anos finais da Educação Básica, por meio de uma série de questões, um pouco do que sabemos sobre as duas regiões polares. Isto é feito muitas vezes de maneira lúdica, explorando algumas curiosidades (Por que ursos polares não comem pinguins? Qual o maior deserto do mundo? Baleias bebem água? Ursos polares são brancos?). Outras vezes, exploram questões científicas básicas (Existem muitas diferenças entre o Ártico e a Antártica? Onde é mais frio, na Antártica ou no Ártico? O que são as auroras polares? ), mas também exploram questões sobre a presença humana nas duas regiões (como se vai à Antártica? Existe turismo na Antártica? O que é o Programa Antártico Brasileiro? Quem vive no Ártico?) e, é claro, abordam a questão mais premente do momento, qual o impacto da atividade humana no meio ambiente polar (O que é o aquecimento global? Os polos poderiam derreter totalmente?). Assim, você pode lê-lo de várias maneiras, por questões, por tópicos relacionados, ou aleatoriamente por simples diversão.

Uma dica, explore a geografia das regiões polares usando o Google Maps, visite os lugares citados nos textos e observe os diferentes tipos de paisagens. Elas se aproximam daquilo que você imaginou?

Boa leitura!

Prof. Jefferson Cardia Simões<sup>1</sup>

Professor de Geografia Polar e Glaciologia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

<sup>1</sup> Sou glaciólogo (o cientista que estuda a cobertura de neve e gelo da Terra) e professor de Geografia das Regiões Polares na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escolhi essa profissão por querer explorar novas áreas de conhecimento e as paisagens das regiões polares, para isso fiz meu doutorado no Instituto de Pesquisa Polar Scott da famosa Universidade de Cambridge (Inglaterra). Viajo muito. Já fiz 25 expedições científicas ao Ártico, à Antártica e aos Andes, estudando principalmente como as geleiras estão mudando devido às mudanças do clima e avançando o conhecimento sobre a história do clima do Planeta. Hoje lidero grande parte das pesquisas do Programa Antártico Brasileiro (Proantar), tendo uma equipe formada por alunos e profissionais de várias áreas de conhecimento. Sim, a pesquisa polar é multidisciplinar, o que enriquece muito a vida e a carreira do profissional.

# 1 O que são mudanças climáticas?

Mudanças climáticas são alterações no clima ao longo de vários anos ou décadas, ou milênios, devido à variabilidade climática natural ou a atividades humanas. As variações climáticas podem ocorrer, por exemplo, na temperatura, na precipitação e na nebulosidade em escala global. Mudanças climáticas não é a mesma coisa que aquecimento global, porém, o aquecimento global é uma consequência das mudanças climáticas. As mudanças climáticas são bem mais abrangentes que o aquecimento.

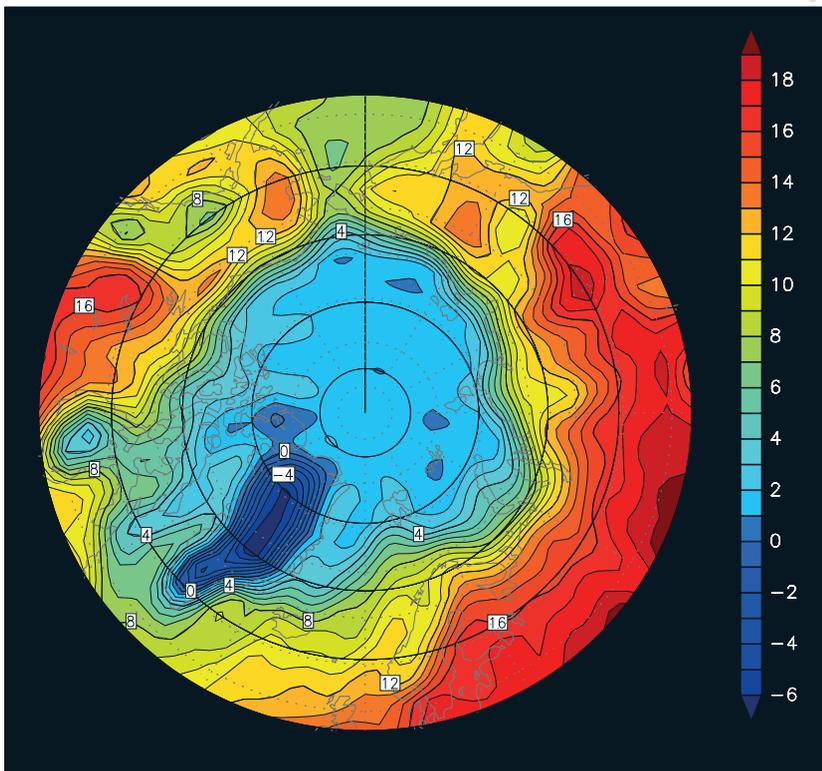
As mudanças climáticas acontecem pelo aumento da quantidade de gases do efeito estufa na atmosfera. Quanto mais gases há na atmosfera, maior é a retenção de calor no planeta. Isso aumenta a temperatura global, causando um desequilíbrio na circulação atmosférica.

As correntes atmosféricas circulam pelo planeta, ocorrendo troca de calor entre as regiões muito quentes (os trópicos) e muito frias (as regiões polares). As correntes quentes vão para lugares frios e vice-versa. Com o aquecimento, lugares frios como a Antártica, por exemplo, estão recebendo correntes mais quentes e isso está causando o degelo e o aumento da temperatura do continente gelado. Isso também modifica a circulação das correntes formadas na Antártica (massas de ar polar) e que chegam ao Brasil como frentes frias. Em vez de um aquecimento homogêneo, o que observamos é uma variação cada vez mais rápida das condições atmosféricas. Por exemplo, em 2020 quase não tivemos inverno no sul do Brasil, mas em agosto recebemos uma massa de ar polar que fez nevar, por um dia, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. Toda essa modificação na circulação provoca um aumento da intensidade, da frequência e do impacto de eventos climáticos extremos, sejam de calor ou de frio.

De acordo com o IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas), a maior causa do aumento da temperatura na Terra é a ação humana ao longo dos últimos 250 anos. Essa mudança de temperatura tem efeitos diferentes em cada região do planeta,

ocorrendo ondas de frio e de calor mais intensas dependendo do local. Por exemplo, quando a atmosfera e o oceano aquecem, a atmosfera mantém mais a umidade, o que ajuda a formar chuvas mais intensas. Esse mesmo aumento de temperatura derrete parte das geleiras da Groenlândia, da costa da Antártica e de diversas montanhas do mundo.

Como as mudanças climáticas acontecem em uma escala de tempo de centenas e até milhares de anos e seus impactos não são imediatos, é difícil termos exemplos tão visíveis. Os exemplos que temos são estudos de comparação do clima de hoje com o clima de milhares de anos atrás. Alguns estudos de glaciologia nas regiões polares mostram a grande quantidade de gases do efeito estufa retida no gelo a partir da época da Revolução Industrial.



Temperatura média do ar sobre o Ártico (2 m acima da superfície) no mês de julho entre 1968 e 1996. (NOAA, 2007)

Desde 1976, a temperatura média global esteve acima da média do século XX, segundo dados da NOAA (Administração Oceânica e Atmosférica Nacional dos EUA). No século XXI, 2017 foi o terceiro ano mais quente desde 1880. Em 2019, a temperatura já estava 1,1 °C mais quente que na era pré-industrial, segundo o relatório do IPCC.

*As pesquisas também mostram que o aumento da temperatura global já causa derretimento de parte das geleiras do Ártico e da Antártica, está aumentando a temperatura do oceano e, como consequência, está aumentando o nível do mar. Em cima desses fatos, os oceanos estão cada vez mais ácidos, devido à absorção de mais CO<sub>2</sub> da atmosfera (sim, a água da superfície dos oceanos absorve parte do CO<sub>2</sub> que adicionamos na atmosfera).*

As mudanças climáticas podem influenciar a quantidade de água nos rios, resultando potencialmente em mais enchentes ou secas. Podem causar escassez de água potável, aumento das inundações, além da insegurança alimentar e da falta de alimento.

A escassez de água também está relacionada ao aquecimento global, pois há um aumento na evaporação das águas nos rios e reservatórios, o que leva a uma baixa disponibilidade de água potável. Em um futuro próximo, poderá haver competição por esse recurso, incluindo o gelo da Antártica.

Não é a primeira vez que nosso planeta sofre mudanças no clima em âmbito global. Elas podem ser causadas por processos naturais e também pela ação do homem. A maioria dos cientistas concorda que uma das principais causas do aumento da temperatura global atualmente é causada por atividades humanas poluentes. O uso de combustíveis fósseis e o aumento do desmatamento estão acelerando o aumento da temperatura do planeta, acelerando as mudanças climáticas.

Como essas alterações estão ocorrendo muito rápido, muitas espécies não estão tendo tempo de se adaptar aos novos ambientes e podem estar ameaçadas. Como essas ameaças podem afetar a humanidade? E o que você pode fazer para ajudar a conter isso?

## 2 O que é aquecimento global?

O aquecimento global é o aumento da temperatura média global da Terra. Desde a Revolução Industrial, a temperatura global anual aumentou no total um pouco mais de 1 °C. Entre 1880 – o ano em que se iniciaram os registros – e 1980, a temperatura vinha aumentando em média 0,07 °C a cada 10 anos. No entanto, desde 1981, a taxa de aumento mais do que dobrou: nos últimos 40 anos, vimos a temperatura global anual subir 0,18 °C por década.

O resultado? Um planeta que nunca esteve tão quente, provavelmente nos últimos 125 mil anos. Nove dos dez anos mais quentes desde 1880 ocorreram desde 2005 – e os cinco anos mais quentes registrados ocorreram desde 2015. As temperaturas crescentes da Terra estão alimentando ondas de calor mais longas e quentes, secas mais frequentes, chuvas mais fortes e furacões mais poderosos.

A concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – um dos gases do efeito estufa – na atmosfera aumentou de cerca de 280 partes por milhão (ppm) no tempo pré-industrial para 413 ppm no início de 2020, resultado da crescente queima de combustíveis fósseis e do desenfreado desmatamento. Essa concentração de CO<sub>2</sub> não tem registros anteriormente na história. Para estabilizar o aquecimento global, isto é, mantê-lo nos limites dos processos naturais, precisamos retornar a uma concentração “segura” de 350 ppm de CO<sub>2</sub> até o ano de 2100, ou seja, é necessário reduzir as emissões dos gases do efeito estufa.



*Um aspecto importante a se considerar é a ideia de que aquecimento pode gerar aquecimento. Pense, por exemplo, nas extensões de gelo marinho presentes nas regiões polares. Ao derreterem, devido ao aquecimento, podem diminuir o albedo, isto é, o poder de reflexão de sua superfície. Uma cobertura de neve ou gelo, por ser branca, tem um albedo maior do que a superfície dos oceanos, de cor escura. O gelo marinho tem uma capacidade de reflexão de até 90%, enquanto a água reflete apenas 20%.*

Sendo assim, quanto mais gelo marinho derreter, maior será a absorção de calor pelos oceanos, e esse aquecimento contribuirá para derreter mais gelo marinho. Em outras palavras, como dizem os cientistas, ocorre o retroprocessamento positivo: quanto mais aquecimento menos cobertura de gelo, quanto menos cobertura de gelo mais calor é absorvido.

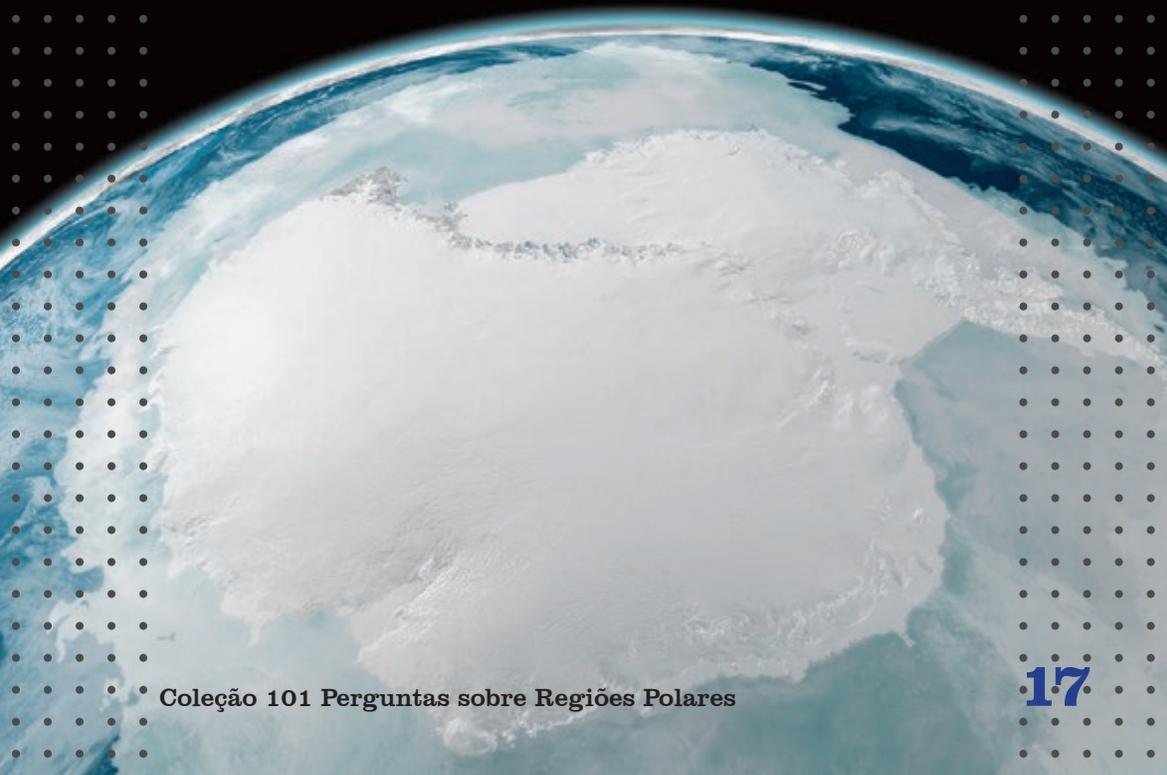
Consequentemente, as regiões polares têm dado sinais de aquecimento mais intenso. No Ártico, por exemplo, a situação é muito preocupante, pois além de registrar um aumento na temperatura atmosférica superficial acima dos 2 °C entre 1960 e 2011, média superior ao observado em outras partes da Terra, há um aumento na velocidade das mudanças ambientais, como a redução na extensão e espessura do gelo marinho, redução da cobertura de neve e mudanças na extensão do permafrost (o solo permanentemente congelado), gerando impactos locais e globais, como a perda contínua de gelo terrestre e marinho, ameaças à vida selvagem, aumento das emissões de metano, clima extremo em latitudes mais baixas e elevação rápida do nível dos oceanos, etc.

Que outras consequências o aquecimento global pode causar? Há alguma consequência positiva? O derretimento do gelo em algumas regiões pode gerar novas configurações territoriais do globo terrestre? Se sim, quais seriam os impactos geopolíticos dessas mudanças? Por fim, você já deve ter aprendido que o consumo consciente, o descarte adequado de resíduos, a economia de energia são exemplos de ações para reduzir a emissão de poluentes. Agora, se você fosse um empresário, qual seria o posicionamento adequado para um crescimento sustentável e menos poluente?

### 3 O que é a Antártica?

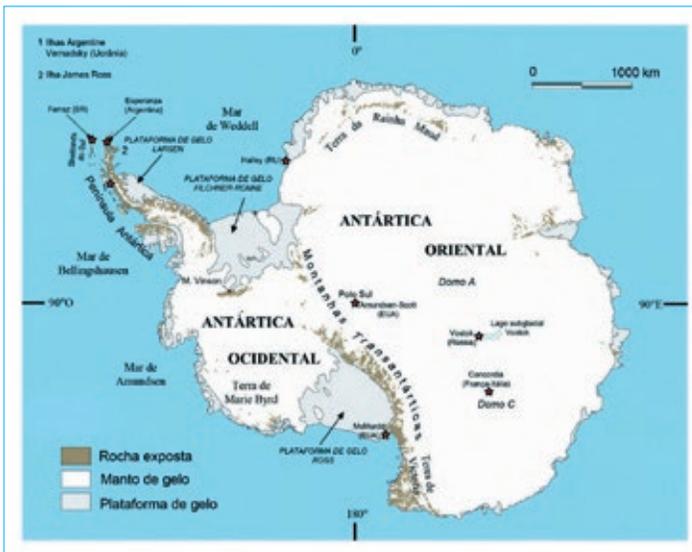
A Antártica é um continente coberto de gelo e rodeado pelo oceano Austral. Também chamamos de Antártica tudo o que está nos limites da Zona da Frente Polar Antártica, ou abaixo da antiga Convergência Antártica, isto é, onde as águas dos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico se encontram com as águas geladas que vêm do Sul, formam uma linha circumpolar entre 48 e 62°S. O continente mede 13,8 milhões de km<sup>2</sup>, equivalente a 1,6 vezes o tamanho do Brasil, e toda a Região Antártica atinge 45,6 milhões de km<sup>2</sup>. Durante o inverno, grande parte do mar no entorno do continente se congela, podendo chegar a 18 milhões de km<sup>2</sup>. Esse continente, com a maior cobertura de gelo do planeta, rodeado por essa massa d'água fria, é o regulador térmico da Terra.

Imagem mostra congelamento ao redor da Antártica no inverno em setembro, 2005. [Fonte: NASA, 2011] ↓



Na Antártica, os mantos de gelo e as geleiras cobrem quase todo o continente, podendo atingir uma espessura máxima de 4776 metros. O manto de gelo correspondente ao platô antártico é considerado um dos mais importantes controladores dos níveis do mar. Quando há derretimento, a água flui para o mar aumentando o volume e nível dos oceanos.

A parte central do continente antártico é cortada pela cordilheira Transantártica, com extensão de 3.500 km. O lado do continente voltado para o oceano Índico (Antártica Oriental) abriga um platô de gelo que ultrapassa 4.000 metros de altitude e esconde acidentes geográficos como montanhas com até 3 mil metros de altura. A região é uma das mais secas do planeta, ocorrendo lá as menores temperaturas da Terra ( $-55^{\circ}\text{C}$  – média anual e  $-70^{\circ}\text{C}$  em casos não raros, tendo registrado o recorde de  $-93^{\circ}\text{C}$ ). A Antártica Ocidental (lado do oceano Pacífico) é mais baixa e abriga os limites da costa que são banhados pelo mar de Ross e pelo mar de Weddell (lado do oceano Atlântico). A temperatura média fica em torno dos  $-25^{\circ}\text{C}$  e a costa da região acolhe a maior parte da biodiversidade antártica, especialmente na superfície que não recebe cobertura de gelo no período do verão.



Mapa geral da Antártica. (Centro Polar e Climático da UFRGS, 2011)

*A Antártica é também conhecida como a região dos extremos: é a região mais fria, mais seca, mais ventosa, mais alta do Planeta. É o mais frágil dos ambientes terrestres.*

A costa e o fundo marinho antárticos – o interior do continente é um imenso deserto de neve e gelo – acomodam numerosas aves, mamíferos, comunidades bentônicas, planctônicas, peixes e milhares de espécies de invertebrados. Devido às condições extremas, boa parte das espécies, principalmente de aves, costuma viajar no inverno e prolongar as férias até que seja possível um retorno seguro na primavera. Todavia, isso não ocorre porque elas não suportam o frio, mas, sim, pelo fato de o frio congelar a superfície da água, dificultando que encontrem alimento.

Diferente do que algumas pessoas imaginam, a Antártica não é composta somente por água, gelo e pinguins, ela possui formações rochosas as quais o gelo se encarrega de moldar e ocultar. Nas rochas e sedimentos no continente ocorrem inúmeros minerais (ouro, prata, ferro, carbono) e energéticos (petróleo, gás). A região é o maior reservatório de água doce do planeta (70%), mas se encontra congelada. Além de abrigar uma fauna marinha diversa e abundante.

Agora, imagine a seguinte situação: com o aumento da escassez de água no planeta, o ouro branco, o gelo, está na mira das nações. Haverá uma disputa pela água doce da Antártica? Quem tem mais chances de explorar esse recurso?

## **4 O que é o Ártico?**

Definir o Ártico é mais complexo do que se pode imaginar. À princípio você poderia dizer: é o Norte, é gelado, é isolado, é escuro, poucas pessoas vivem lá, pois é uma área de terras estereis cobertas de gelo e neve. Se você der uma volta ao redor do Ártico, vai perceber que as condições climáticas e ambientais variam enormemente, mesmo na mesma latitude, dependendo de onde você está.

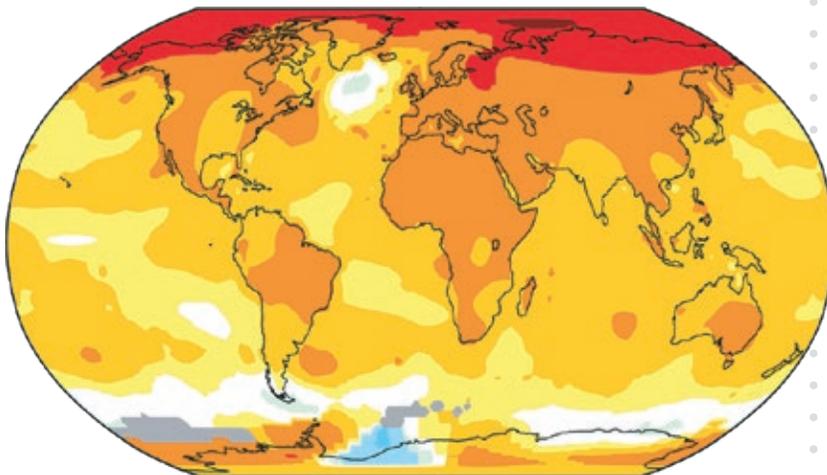
Diferente da Antártica, um continente rodeado de oceano, o Ártico é um oceano – o oceano Ártico – rodeado de ilhas e continentes, e está localizado ao norte da Terra. São 21 milhões de km<sup>2</sup>, sendo 65% cobertos por água, quase sempre congelada na superfície (geralmente não ultrapassa alguns metros de espessura, embaixo tem as águas do oceano), e o restante cercado por territórios pertencentes aos Estados Unidos da América (Alasca), Canadá, Groenlândia (Dinamarca), Islândia, Noruega, Suécia, Finlândia, Rússia.

O Ártico pode ser definido como toda a parte da Terra que está ao norte de 66,7°N, isto é, ao norte do Círculo Polar Ártico, e onde se experimenta o Sol da Meia Noite e a Escuridão do Meio Dia, dependendo da estação do ano. O mais aceito pelos geógrafos é que o Ártico é aquela região acima de uma linha latitudinal que marca o limite da existência de árvores, para além da qual elas já não crescem ou crescem apenas pequenos arbustos, não há mais florestas, é a chamada tundra ártica. Essa região representa a maior zona bioclimática do planeta, e começa entre 50 e 84° N, dependendo da região do Hemisfério Norte.

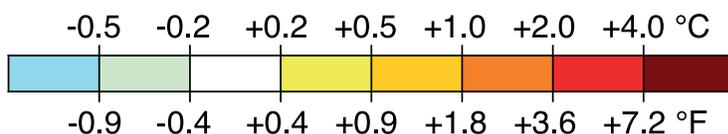
No Ártico, e em parte da região subártica, o solo está congelado (apesar de não existir geleiras sobre ele), isso é conhecido como *permafrost* (do inglês, *perm* = permanente + *frost* = congelado). É uma das regiões mais frias do planeta, perdendo apenas para a Antártica, que é mais fria ainda. Sua temperatura média anual é de -2 °C, podendo atingir até -60 °C no inverno e 10 °C no verão.

*O Ártico é a área da Terra mais influenciada pelo aquecimento global. Este aquecimento em si é causa de mudanças no ambiente físico, como na criosfera, a parte congelada do planeta. Mas o que tem intrigado os cientistas é o fato de haver poucas mudanças biológicas. A vegetação em algumas regiões, mesmo com o aumento da temperatura, não mudou muito e em outras sofreu mudanças dramáticas, como por exemplo, na Lapônia, onde se observa, nos últimos 30 anos, o crescimento de arbustos em terras antes áridas.*

## Alterações da temperatura nos últimos 50 anos



Média 2011–2020 versus 1951–1980



O aumento da temperatura atmosférica na Terra. A diferença de temperatura média entre os períodos 1951–1980 e 2011–2020. (Fonte: NASA)

As mudanças climáticas no Ártico alteram tanto o ambiente físico, como o biológico, afetando negativamente tanto os povos que lá vivem – por exemplo, dificultando a caça em condições de gelo inseguras, devido ao derretimento –, como o resto do globo, podendo causar, de acordo com algumas pesquisas, o derretimento do *permafrost* (solo congelado) ou a elevação do nível do mar. As mudanças também podem oferecer oportunidades, como a abertura de novas rotas de navegação, mais rápidas e mais baratas, em especial entre a Europa e a Ásia, novos espaços para agricultura, melhores acessos a fontes de energia como petróleo e gás.

As mudanças no Ártico influenciaram o Brasil? Os desafios e oportunidades oferecidos pelo derretimento do Ártico seriam compartilhados de forma igualitária entre todos os povos?

## 5 Há quem não acredite nas mudanças climáticas?

Sim. Pessoas que não acreditam nas mudanças climáticas, negam a ciência e todos os estudos realizados até hoje sobre o tema. São os chamados negacionistas climáticos, você já ouviu falar deles?

Parece estranho, mas esses indivíduos não acreditam no aquecimento global, refutam estudos que comprovam o aumento da temperatura, negam a relação da interferência do homem no meio ambiente com o aumento dos chamados eventos climáticos extremos – alta do nível dos mares, grandes tempestades, furacões, secas, ondas localizadas de frio ou de calor intensas e excepcionais.

Para essas pessoas, por exemplo, o gás dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) não intensifica o efeito estufa e o aquecimento é provocado apenas pela maior atividade solar. Alguns até acreditam que o planeta está aquecendo, mas tudo não passa de um fenômeno exclusivamente natural, sem graves consequências.

*Acredite se quiser: o negacionismo climático é um movimento mundial e no Brasil, segundo a Pesquisa Datafolha de 2019, 15% da população não acredita no aquecimento global. E dentro da parcela que acredita que o planeta está ficando mais quente, 72% apontam que as atividades humanas contribuem muito para esse aquecimento e, para 18%, essas atividades contribuem um pouco. Há ainda 10% que avaliam que a ação do homem não contribui para aquecer o planeta.*

Enquanto a grande maioria aceita calmamente a importância dos consensos científicos ao nosso redor – de que uma alimentação saudável inclui frutas e legumes, de que a Terra é redonda, de que antibióticos não matam vírus, que tabaco é a principal causa de câncer de pulmão, que vacinas são seguras e necessárias, que nossas atitudes influenciam a mudança no clima do planeta etc. Alguns preferem adotar uma postura negacionista e lutar contra os fatos, seja por apego ao passado, por falta de conhecimento ou por interesses particulares.



Ciclone Bomba, registrado em Santa Catarina em 1 de julho de 2020. (Fonte: NASA)

A gente sabe que a história está repleta de exemplos de posturas adversas perante os avanços da ciência. Contudo, quando o assunto é científico sabemos, ou ao menos intuímos, que acompanhar os especialistas é a coisa mais racional a fazer por questão de conveniência (e sobrevivência!)

Quando uma comunidade científica se declara convencida de uma teoria, por exemplo, isso significa que ela foi testada e criticada ao limite – e sobreviveu. Lembrando que a ciência é sempre provisória, volta e meia são testadas novas hipóteses, e sempre que necessário um assunto pode ser revisado e podem surgir outras proposições – vindas de dados experimentais e novas observações.

Enquanto o negacionismo climático vira assunto na nossa vida, nas conversas instantâneas por smartphone, nas redes sociais, nos almoços de domingo, o Planeta está lá (ou aqui) sofrendo as consequências das ações humanas. A situação se agrava e as medidas urgentes a serem tomadas são adiadas, o tempo não para e aguarda nossas ações mais conscientes e amigáveis com o nosso planeta redondo.

Iniciativas sustentáveis e políticas que tratam sobre o que é saudável para o planeta são mais do que necessárias, são urgentes. A busca por conhecimento em fontes confiáveis é indispensável, divulgar as informações científicas de maneira acessível a toda a sociedade, dialogar com as pessoas e agir com consciência e responsabilidade são atitudes que podemos ter agora, neste momento, aqui e aí.

Você acha que o senso crítico e a busca por informações em fontes confiáveis contribuem para a ciência? E como desenvolver o senso crítico?

## 6 O que é efeito estufa?

O planeta Terra tem uma camada de gases que ficam ao redor dele chamada atmosfera. Esses gases deixam que grande parte dos raios solares cheguem e aqueçam a superfície do Planeta, e, então, emitam radiação para o espaço. Aí, um fenômeno interessante ocorre, esses mesmos gases (como o dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , ou metano,  $\text{CH}_4$ ) não deixam passar a radiação que os cientistas chamam de infravermelho. Este é um fenômeno natural, o efeito estufa, e os gases que retêm a radiação são chamados gases do efeito estufa.

Os principais gases do efeito estufa presentes na atmosfera são:

- **$\text{CO}_2$** : gás carbônico ou dióxido de carbono – gerado pela respiração de animais e plantas e também gerado pela queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural, turfa), queimadas e desmatamentos.
- **$\text{CH}_4$** : metano – produzido naturalmente por bactérias no aparelho digestivo do gado e liberado por flatulência. Atividades que também incluem a produção de metano são a produção de arroz e a queima de biomassa. É originado em processos biológicos, como o tratamento de efluentes líquidos, na extração e refino de petróleo, na mineração e em aterros sanitários.
- **$\text{N}_2\text{O}$** : óxido nitroso – liberado naturalmente por micro-organismos em sistemas de tratamento de esgoto ou por micro-organismos do solo, por um processo denominado nitrificação. Houve um aumento desse gás na atmosfera devido ao grande uso de fertilizantes químicos. Pode ser emitido pela queima de biomassa, pelo desmatamento ou por indústrias de produção de alumínio.
- **$\text{O}_3$** : ozônio – produzido naturalmente pelo estímulo do Sol sobre as moléculas de oxigênio. O ozônio também é resultado da fumaça gerada por usinas termoelétricas, por veículos e pelas queimadas.
- **Vapor d'água**: também absorve parte da radiação solar. É produzido naturalmente, porém, com o aumento da temperatura da atmosfera haverá mais evaporação de água aumentando cada vez mais a quantidade de vapor na atmosfera.

Nós, seres humanos, e todos os animais e plantas geramos gás carbônico e vapor d'água quando respiramos. Também liberamos metano já que o sistema digestório da maioria dos animais tem bactérias que ajudam na digestão e produzem metano. Mas a quantidade desses gases do efeito estufa liberados pelo ser humano é muito baixa. Uma pessoa emite cerca de 700 mililitros de gases por dia. Desse total, 360 mililitros são de hidrogênio, 68 de gás carbônico e apenas 26 são de metano.

O grande problema desses gases do efeito estufa é que quando estão em grande quantidade são poluentes. Como começaram a ser emitidos por atividades não naturais, a concentração desses gases na atmosfera aumentou mais de 40% nos últimos 200 anos. Esse aumento dificulta a dispersão dos raios emitidos pela Terra para espaço, esquentando mais a superfície do planeta.

Estudos mostram que em 150 anos, a temperatura do planeta aumentou quase 1 °C. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), até o ano de 2100, a temperatura da atmosfera na superfície do planeta sofrerá um aumento entre 1,8 °C e 4 °C. É esse aumento da temperatura global que traz graves consequências ao meio ambiente como: o derretimento de grandes massas de gelo das regiões polares, aumento do nível do mar, que pode levar a problemas como inundações de cidades litorâneas e migração forçada de pessoas; aumento de desastres naturais como furacões e ciclones; desertificação de áreas naturais; secas mais frequentes; mudanças nos regimes das chuvas; mudança na circulação das correntes atmosféricas e marinhas; problemas na produção de alimentos, pois mudanças na temperatura podem afetar as áreas produtivas; acidificação dos oceanos; e interferência na biodiversidade, que pode levar várias espécies à extinção ou à migração.

O que você tem feito para diminuir a quantidade de emissão de gases do efeito estufa?

## 7 *Sempre existiu gelo na Antártica?*

Quando falamos na Antártica, dez a cada dez pessoas vão pensar em um ambiente branco, com muito gelo e muito frio! A Antártica do imaginário geral, certamente, ainda que a grande maioria das pessoas não tenha acesso a ela, ou venha a acessá-la em algum momento da vida, será descrita dessa forma. Vegetação? Nem pensar! No entanto... será que a Antártica sempre foi assim?

A resposta é: não! A Antártica nem sempre foi gelada e branca, e nem sempre os seus habitantes foram focas, pinguins e afins. A Antártica do passado era um ambiente bastante diferente do que estamos acostumados a imaginar. Você acredita que a Antártica inclusive já teve florestas exuberantes e uma fauna bem diferente, com dinossauros e outros grandes répteis?

Na verdade, o planeta já teve uma configuração muito diferente dessa que conhecemos hoje, com os continentes dispostos de outra forma, e com ambientes bastante diversos do que temos para as localidades atuais. Áreas hoje mais secas já foram mar, áreas quentes já foram frias e vice-versa... mas e a Antártica? Voltemos a ela.

Há 90 milhões de anos a Antártica constituía um ambiente florestado, com um clima mais quente. E como podemos chegar a uma conclusão dessas, se isto teria sido há tanto tempo? Com as descobertas no campo da Paleontologia realizadas por pesquisadores que fazem suas pesquisas por lá!

Paleontólogos já encontraram na Antártica fósseis de plantas, além de pólen, esporos e raízes, que são comparados com as plantas que existem atualmente. Essa comparação nos fornece uma ideia de como teriam sido esses ambientes do passado. A Antártica de 90 milhões de anos atrás teria sido bem mais quente, com florestas e uma temperatura média de 12 °C. Um ambiente parecido com o que se tem hoje na Nova Zelândia e em algumas regiões do Chile, com coníferas, araucárias, arbustos de pequeno porte e até plantas com flores!

O mais intrigante, no entanto, é saber como aquelas florestas teriam sobrevivido à escuridão do período invernal (de maio a

setembro), já que a latitude da Antártica não teria mudado! A partir de mais ou menos 47 milhões de anos, a Antártica começou a esfriar e, finalmente, há 15 milhões de anos, congelou completamente, assumindo o aspecto de continente branco que hoje conhecemos.

Períodos de superaquecimento e resfriamento sucederam-se no planeta, e os ambientes, assim como os próprios continentes, foram se reconfigurando até apresentarem suas características atuais.

*Hoje, com o aquecimento global, a aceleração do degelo em parte do grande continente branco é uma realidade e pode levar ao aumento do nível dos oceanos e ameaçar as cidades litorâneas. O fato é que esse fenômeno, acelerado pelo desequilíbrio que a relação do homem com o planeta impôs, tem aumentado ano após ano, colocando em xeque a sobrevivência de criaturas que habitam a Terra, inclusive nós!*

E em relação à Antártica, além de aumentar o derretimento do gelo ao longo do tempo, o aquecimento global compromete a fauna e a flora antárticas. Os pinguins, por exemplo... o que pode acontecer com essas simpáticas criaturinhas quando essas mudanças afetarem suas estratégias de busca por alimento?

## 8 Há diferenças entre o Ártico e a Antártica?

As imagens das regiões polares presentes na mídia mostram lugares muito frios, cobertos de neve, escuros e remotos. Às vezes até parece que são o mesmo lugar, não é? Essas duas regiões do nosso planeta são mesmo parecidas quando o quesito é o frio, mas também têm muitas diferenças. Vamos ver algumas delas?

O Ártico e a Antártica são muito distantes. O Ártico fica no extremo norte do planeta e a Antártica está localizada no extremo sul e essas regiões tão distantes têm características geográficas bem diferentes.

O Ártico é um oceano semifechado, quase completamente cercado por terra. Por isso, o gelo marinho que se forma por lá não é tão móvel quanto o que se forma na Antártica. Isso não quer dizer que ele não se mova, apenas que as placas de gelo do mar, chamadas de banquisas, tendem a permanecer concentradas nas águas da bacia do Ártico. E como elas ficam concentradas, essas banquisas têm mais chance de se encontrarem, batendo umas nas outras e formando camadas de gelo mais grossas. O gelo no Ártico também tem um ciclo de vida mais longo, o que faz com que ele dure mais tempo durante o verão: dos 15 milhões de km<sup>2</sup> de gelo marinho presentes no Ártico durante o inverno, restam em média 7 milhões no verão.

Já a Antártica é praticamente o oposto geográfico do Ártico. É formada por uma grande massa de terra, um continente, rodeada por um oceano, o oceano Austral. Esse oceano é aberto e permite que o gelo marinho se mova livremente, o que resulta em velocidades de deriva muito maiores. E como não existe terra bloqueando o caminho, esse gelo marinho fica livre para flutuar até águas mais quentes e, eventualmente, derreter. Como resultado disso, enquanto no inverno Antártico cerca de 18 milhões km<sup>2</sup> de oceano são cobertos por gelo, esse número cai para cerca de 3 milhões no verão. Uma grande diferença, não é?

Outra coisa que é bem diferente são os polos geográficos Norte e Sul. O Polo Norte fica no oceano Ártico, a uma distância de mais ou menos 700 km do assentamento mais próximo, a Ilha Ellesmere, no norte do Canadá. Se você fosse até lá, estaria em cima de uma camada de gelo marinho de 1 a 3 m de espessura e, embaixo dos seus pés, haveria um oceano com 4.260 metros de profundidade. A temperatura média na região do Círculo Polar Ártico é de 0 °C no verão, enquanto no inverno é de -30 °C. Já o Polo Sul fica na Antártica. Se você fosse até lá, estaria pisando em uma imensa camada de gelo de mais ou menos 2700 m de espessura, a 3.172 km ao Sul da Estação Antártica Comandante Ferraz. Debaixo de todo esse gelo, está uma superfície rochosa, mais ou menos 100 m acima do nível do mar. As temperaturas na Antártica também são muito mais extremas: média de -28 °C no verão e -58 °C no inverno, e já registrou um recorde de -93 °C.



Polo Norte. (Christopher Michael, 2015)

A gente sempre escuta que as regiões polares ficam metade do ano no escuro, não é? Será que é isso mesmo? E será que isso é igual nas duas regiões? O que ocorre é que os locais dos polos passam cinco meses sob a luz do dia e cinco meses na escuridão. No resto da Antártica e do Ártico, o número de dias com 24h de sol (e também de dias com 24 h de noite) vai diminuindo conforme você se afasta dos polos. Isso vai acontecendo até se chegar aos círculos polares, onde apenas um dia por ano tem luz durante 24h, e um dia tem 24h de escuridão. E quem será que vive nas regiões polares? No Ártico, há pessoas provenientes de diferentes povos, como os inuit, os chuckchi, os sami, os yupik, os Inupiat dentre outros. Há diversas vilas e cidades ao norte do Círculo Polar Ártico, sendo que a maior delas se chama Murmansk (Rússia) e tem mais de 300 mil habitantes. Além disso, a população permanente total do Ártico é de cerca de 4 milhões de pessoas.

Já a Antártica nunca teve nativos, ninguém nunca nasceu e passou a vida toda lá. Hoje, as pessoas que passam temporadas no continente moram nas estações científicas. A maior estação é a americana McMurdo que abriga mais de três mil pessoas no verão e 250 pessoas no inverno. Além disso, cerca de 40 mil turistas visitam a Antártica todos os anos. E você, gostaria de visitar essas regiões? Quais outras diferenças há entre elas?

## 9 As regiões polares podem derreter completamente?

Você sabia que existem mais de 25 milhões de quilômetros cúbicos de gelo na Terra? Pois é! É muito, muito gelo... e quase 80% disso fica na região chamada Antártica Oriental. Difícil de entender o que isso representa? Bom, dá para cobrir todo o território do Brasil (8,5 milhões de quilômetros quadrados) com uma camada de gelo de quase 3000 m de espessura. Se tudo derretesse, o que aconteceria com o planeta? É possível que isso aconteça?

*Aposto que você já ouviu, pelo menos uma vez na vida, que nosso planeta está esquentando e que isso tem consequências muito importantes para o meio ambiente e para vida aqui na Terra. Esse é o processo que chamamos de aquecimento global e ele se refere ao aumento contínuo das temperaturas médias de oceanos e da atmosfera do planeta. Um dos efeitos do aquecimento global é o que chamamos de degelo, o derretimento mais acelerado do gelo e da neve da Terra.*

As temperaturas tão baixas nas regiões polares e as grandes quantidades de gelo que ficam depositadas lá fazem parecer impossível que todas as geleiras derretam completamente. De fato, não há um cenário científico que preveja, para esta era, uma destruição total da criosfera – os elementos do sistema terrestre contendo água em estado sólido, isto é, que estão congelados. A última vez que isso aconteceu foi há 35 milhões de anos, e a temperatura média do planeta estava até 15 °C mais quente.

Em um cenário apocalíptico, se isso fosse possível, o que aconteceria caso as regiões polares derretessem completamente? Nas aulas de Geografia, nós estudamos mapas que mostram o mundo como ele é agora. Se você fechar os olhos e pensar no mapa do Brasil, provavelmente conseguirá formar uma imagem bem aproximada dele na sua cabeça. Mas essa imagem seria muito diferente se todo o gelo do planeta derretesse, pois os níveis do mar aumentariam

cerca de 65 metros, o que faria com que muitas partes dos continentes ficassem submersas, debaixo d'água.

No norte da América do Sul, o rio Amazonas e o conjunto de águas que correm para ele seriam invadidos pelo Atlântico. No sul do continente, o mesmo aconteceria com o rio La Plata e as águas que nele desembocam. Isso destruiria Buenos Aires, a costa do Uruguai e a maior parte do Paraguai. Ao longo da costa do Caribe e na América Central, apenas trechos montanhosos sobreviveriam.



Urso-polar (*Ursus maritimus*) desnutrido em razão das mudanças climáticas e o impacto do aquecimento global sobre o verão no Círculo Polar Ártico. (Andreas Weith, 2015)

Na América do Norte, todo o litoral do Atlântico desapareceria, junto com Flórida, Texas, Louisiana, Mississippi e Alabama. Na Califórnia, que fica à oeste, as colinas de São Francisco se tornariam um aglomerado de ilhas e San Diego seria inundada.

Em comparação com outros continentes, a África perderia menos de suas terras, mas o aumento do calor da Terra poderia tornar o continente inabitável. Além disso, Alexandria e Cairo, que ficam no Egito, seriam inundados pelo mar Mediterrâneo.

No caso da Europa, Londres viraria apenas uma memória. Veneza seria engolida pelo mar Adriático. Nesse cenário, que levaria milhares de anos para acontecer, a Holanda já teria se rendido ao mar há muito tempo, assim como a maior parte da Dinamarca.

Na Ásia, partes da China, que hoje são habitadas por 600 milhões de pessoas, inundariam, assim como Bangladesh, que tem uma população de 160 milhões, e grande parte da Índia costeira. No Camboja, as Montanhas Cardamomo ficariam isoladas como uma ilha.

Já a Austrália, que é em sua maior parte composta por desertos, ganharia um novo mar interior e perderia grande parte da sua estreita faixa costeira, onde vivem quatro a cada cinco australianos.

E como aqui tratamos das regiões polares, a Antártica não poderia ficar de fora, certo? Como falamos no início do texto, o manto de gelo Antártica Oriental é tão grande, mas tão grande, que contém 80% de todo o gelo da Terra. Toda essa quantidade de gelo pode parecer impossível de derreter, afinal, ela sobreviveu a períodos mais quentes do planeta, milhares de anos atrás. Parte desse gelo vai derreter nas próximas décadas, contribuindo para o aumento do nível do mar em algumas dezenas de centímetros.

A Antártica Ocidental, por sua vez, é uma área muito vulnerável porque a sua maior parte fica sobre a rocha que está abaixo do nível do mar. O aquecimento do oceano está derretendo o próprio manto de gelo flutuante por baixo, o que poderá causar seu colapso. Essa região teve uma perda média de 65 milhões de toneladas métricas de gelo por ano desde 1992, o que já contribui para o aumento do nível do mar.

O descongelamento total do planeta por consequência da ação humana não é previsto e é provavelmente impossível. Porém, o aquecimento global já vem causando um degelo acelerado de partes das regiões polares e as consequências disso já podem ser percebidas hoje. Você consegue listar algumas delas?

## 10 Onde é mais frio, na Antártica ou no Ártico?

As regiões Ártica e Antártica são muito frias porque elas recebem pouca luz do Sol diretamente. No extremo Norte e no extremo Sul do Planeta Terra, o Sol permanece bem baixo no horizonte, mesmo durante o verão. Já no inverno, ele fica tão abaixo do horizonte que nem é possível vê-lo durante vários meses do ano. Nesse período, os dias são iguaizinhos às noites – frios e escuros.

*Apesar de o Ártico, no Norte, e a Antártica, ao Sul, serem chamados de "opostos polares", eles recebem a mesma quantidade de luz solar. Mesmo assim, o Sul é muito, mas muito mais frio que o Norte. Por que será? Bem, porque além de estarem em extremos opostos do Planeta, essas duas regiões têm outras características bastante diferentes.*

O Ártico, na verdade, é um oceano cercado por Terra. Esse oceano, em muitas partes, é coberto por gelo, dependendo da temperatura e da época do ano. As águas abaixo dessas camadas de gelo são bastante geladas, mas, mesmo assim, são mais quentinhas do que o gelo acima. Então, elas ajudam a esquentar o ar, fazendo com que as temperaturas subam um pouco.

De dezembro a março, a média de temperatura diária da maior parte do Ártico fica abaixo dos  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Porém, nas regiões mais frias do Canadá, temperaturas abaixo de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  não são incomuns. A temperatura mais baixa da história do Ártico,  $-69.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , foi registrada em uma estação climática na Groenlândia no dia 22 de dezembro de 1991. Esse recorde só foi descoberto no final de 2020, quase 30 anos depois, no Arquivo do Clima da Organização Meteorológica Mundial e desbanca o recorde antigo de  $-67.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , registrado nas cidades russas de Verkhoianksk, em fevereiro de 1982, e Oimekon, em janeiro de 1983.

Durante o verão, as temperaturas ficam próximas de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  nas áreas costeiras do Ártico. Já no interior, elas costumam ficar entre  $7\text{ e}$

13 °C, podendo, ocasionalmente, atingir a casa dos 20 °C. Porém, em junho de 2020, uma onda de calor sem precedentes atingiu o Ártico, fazendo com que as temperaturas atingissem o recorde de 38 °C!

Já a Antártica é uma porção de terra cercada por oceano. Na verdade, a porção de terra da Antártica fica enterrada debaixo de camadas muito espessas de gelo e neve. Para você ter uma ideia, a elevação média da Antártica é de cerca de 2,3 km. O pico mais alto da Antártica é o Maciço Vinson, que chega a 4.892 de altitude. E, já sabemos: quanto mais alto você estiver, maior é o frio! Além disso, o albedo (reflexão da luz) é um dos principais responsáveis para tornar a Antártica mais fria. Como o continente é quase todo branco, ele reflete mais luz, enquanto que no Ártico, o oceano, mais escuro que a neve e o gelo, absorve mais luz, retendo calor.



Enfrentando o frio na Antártica. (Christopher Michael, 2013)

A Antártica é considerada o lugar mais seco e frio da Terra. E também é o lugar onde mais venta! Aqui, as temperaturas podem ficar inimaginavelmente baixas! Foi na Antártica que foi registrada a temperatura mais baixa de todos os tempos com pessoas residindo em uma estação (-89.2 °C, na estação russa Vostok). Porém, medições por satélite mostraram temperaturas de até -93 °C no inverno!

O ano de 2020 também foi palco de recordes de calor na Antártica. No dia 6 de fevereiro, os termômetros da Base Esperanza, que fica no extremo norte da Península Antártica, atingiram 18.3 °C, mais ou menos a mesma temperatura da cidade de Los Angeles naquele dia.

Em comparação com o Ártico, a Antártica está sendo afetada de maneira mais lenta pelas mudanças climáticas. O ponto de fusão da água, ou seja, a temperatura de 0 °C quando ela passa do estado sólido para o líquido, é um marco importante para as rápidas alterações das regiões polares e só uma porção muito pequena das imensas camadas de gelo da Antártica atinge no verão. Além disso, o fato de a região ser cercada por água e protegida por fortes ventos a isolam de invasões de ar quente.

Apesar de essas fortes proteções, esse continente gélido tem se tornado mais quente, o que resultou na perda de bilhões de toneladas de gelo e a sua resposta ao aquecimento do ar e do oceano pode ter consequências no mundo todo. Há sinais preocupantes de perda de gelo na Península Antártica. Imagens de satélite mostram que as geleiras estão começando a se mover mais rapidamente, depositando blocos de gelo no oceano Austral.

O derretimento do da Antártica Oriental seria muito preocupante. É no continente antártico que está localizado cerca de 80% do gelo de todo o planeta. Em teoria, o derretimento de todo esse gelo poderia aumentar o nível do mar em cerca de 60 m. É claro, não existe a possibilidade de derreter todo esse gelo em uma escala de tempo humana, mas os cientistas preveem que o derretimento que está ocorrendo vai aumentar, junto com o derretimento da Groenlândia e geleiras de montanha, o nível do mar entre 30 cm e 1 metro e 10 cm até o ano 2100. Você pode imaginar o que aconteceria com cidades costeiras nesse cenário?

## 11 A Antártica influencia o clima do Brasil?

Sim. Com certeza! O Brasil é o sétimo país mais próximo do continente. A cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, está mais próxima da Antártica do que de Macapá, no Amapá. E, sim, a Antártica interfere no clima do Brasil.

Devido ao território brasileiro ser muito extenso (8.514.876 km<sup>2</sup>) ele apresenta diversos tipos de clima como: equatorial, tropical, tropical de altitude, tropical úmido, semiárido e subtropical. E esses diversos tipos de clima sofrem influências da fisionomia geográfica, da extensão territorial, do relevo e da dinâmica das massas de ar.

Quando você vê um meteorologista informando a previsão do tempo, deve imaginar a enorme quantidade de dados que foram analisados, incluindo as infinitas fórmulas de Física e Matemática utilizadas. Talvez você pense também que quando a previsão do tempo prevê a chegada de uma frente fria, essa seja uma massa de ar polar vinda lá da Antártica. Na verdade, quando as massas de ar polar encontram o ar mais quente, em menores latitudes, ocorre a formação de frentes frias. A chegada de uma frente fria ocasiona mudança no tempo local. Dependendo da intensidade da massa de ar frio na retaguarda de uma frente fria pode ocorrer até geada após sua passagem em um determinado local.

*A Antártica é a mãe das frentes frias no Hemisfério Sul, e também é uma espécie de regulador térmico da Terra, por meio do resfriamento dos oceanos e da atmosfera. No Brasil, uma grande parte da costa é atingida pelos ventos da região e recebe das correntes marinhas recursos vivos, nutrientes e oxigênio para o nosso litoral.*

Para regular a temperatura, além do encontro de massas de ar, existe o encontro das águas. A Corrente Circumpolar Antártica, a única que dá um giro completo na Terra e, por isso, afeta o

clima de todo o Planeta, encontra-se com as águas dos demais oceanos e, então, ocorre uma redistribuição de calor entre as diversas bacias oceânicas. Isso ocorre na Frente Polar Antártica (antigamente chamada de Convergência Antártica), uma faixa que circunda a Antártica cruzando os oceanos Atlântico, Índico e Pacífico, delimitando uma barreira natural com significativas diferenças de temperatura, salinidade e densidade entre os mares do Sul e do Norte.

A Antártica além de ser um regulador para o clima do planeta, é, também, um arquivo detalhado e histórico da atmosfera dos últimos milhões de anos. Sendo assim, pesquisar o que acontece na Antártica é crucial para entendermos o que acontece no mundo, pois o que ocorre lá tem repercussão no equilíbrio climático e na condição de vida das pessoas não só do Brasil, mas em escala planetária.

Por outro lado, a Antártica não somente exporta influências para a Terra, como também recebe influências de tudo o que acontece no próprio planeta. Muito do que é produzido nos continentes, como atividades industriais, poluição nos oceanos, queimadas e até exploração do solo atinge o continente gelado.

Hoje a Antártica, um continente isolado, pouco conhecido e que ainda não sofreu muitas alterações do homem, possui a maior reserva marinha e de água potável. Mais importante, é considerado um dos principais pulmões do mundo, devido à grande quantidade de oxigênio produzido pelos organismos existentes no oceano Austral. Contudo, sofre a influência de tudo o que é produzido no planeta (e não é pouca coisa não), até quando teremos esse cenário?

As mudanças climáticas já estão acontecendo, temos dificuldades em diminuir as causas e lidar com os efeitos. O conhecimento científico sobre as regiões polares e a preservação ambiental podem nos ajudar a diminuir os estragos futuros. Existe um avanço, mas é necessário correr uma maratona mundial. Sendo assim, se a Antártica tem grande importância para o clima do planeta, e se estamos passando por um momento de mudanças climáticas intensificadas, por que não estudamos mais a Antártica?

## *12 Qual a relação entre o buraco na camada de ozônio, o aquecimento global e a Antártica?*

A camada de ozônio impede que grande parte da radiação ultravioleta (RUV), danosa à vida, e que vem do Sol, chegue à superfície da Terra colocando em risco plantas e animais. Infelizmente, com a emissão de alguns gases artificiais pela humanidade, esta camada começou a ser modificada há várias décadas.

O buraco na camada de ozônio na Antártica é causado, principalmente, pela emissão atmosférica de gases CFCs (clorofluorcarbonos) e óxidos de nitrogênio, e este buraco se forma na baixa estratosfera sobre a Antártica durante o inverno e a primavera austrais.

Estudos mostram queda na produtividade do fitoplâncton antártico em na área sujeita aos efeitos da diminuição da camada de ozônio. O fitoplâncton é alimento do zooplâncton (seu principal componente no oceano Austral é o krill) que alimenta a grande maioria das aves e dos mamíferos marinhos, então, um desequilíbrio na produção do fitoplâncton tem grande efeito cascata na cadeia alimentar. Além disso, pode causar danos genéticos em diversos organismos quando sujeitos à RUV que, associada a poluentes, pode causar prejuízos ainda maiores.

Por outro lado, a diminuição da camada de ozônio pode fazer um efeito inverso e reduzir o aquecimento na Antártica provocado pelo aquecimento global. Mas como isto é possível?

O resfriamento atmosférico causado pela menor absorção da RUV pela camada de ozônio está promovendo também o aumento do contraste de temperaturas entre a região central (onde o buraco na camada é maior) e a periferia do continente antártico. Essas diferenças de temperatura aumentam as diferenças de pressão, promovendo ventos ainda mais fortes que estariam ajudando a isolar grande parte do continente. É como uma espécie de barreira ao aquecimento vindo de latitudes mais baixas.

*Na Antártica, a elevação da temperatura devido ao aquecimento global poderia ser desacelerada com a diminuição do buraco de ozônio. Se isso for correto, a diminuição do buraco de ozônio solucionaria o problema da RUV, mas poderia intensificar o problema do aquecimento na região central do continente antártico. Se você pudesse, qual situação escolheria?*

É claro que essa pergunta é capciosa, pois seria o mesmo que perguntar: como você prefere acabar com o ecossistema, com a radiação ou com o calor? É evidente que medidas devem ser tomadas para que tanto o buraco de ozônio quanto o aquecimento global sejam minimizados, se quisermos realmente proteger a Antártica e principalmente, o planeta.

O problema do buraco de ozônio é antigo e para conter esse processo, em 1990, foi criado o Protocolo de Montreal, e o Brasil abraçou a causa comprometendo-se a eliminar o uso de produtos à base de CFCs.

E qual o cenário hoje? Há indícios de uma ligeira recuperação da camada (ainda bem!) devido ao boicote mundial ao uso de CFCs e suas variações em aerossóis e equipamentos de refrigeração, por exemplo. A melhora é lenta, mas expressiva, e põe a luta para o fim da emissão de poluentes em perspectiva, com a esperança de que, até o ano de 2050, seja possível a recuperação completa do ozônio na estratosfera – desde que haja empenho por parte dos países signatários do protocolo.

Você sabe que produtos usam CFCs? Você poderia deixar de fazer uso destes produtos, e além disto diminuir o uso de seu carro para viagens curtas e preferir andar ou pedalar?

## **13 Por que é importante saber mais sobre a Antártica?**

Você deve imaginar que uma primeira resposta são as influências do continente branco no clima do planeta e os impactos das

mudanças climáticas, conforme você tem visto ao longo deste livro. No caso brasileiro, sentimos diariamente a influência austral no clima, afinal somos o 7º país mais próximo da Antártica. A costa brasileira, principalmente o sul e sudeste, é atingida pelos ventos polares, e isso altera o tempo e as temperaturas durante todo o ano. As frentes frias afetam as atividades de agricultura e pecuária. As correntes marinhas trazem nutrientes para nosso litoral, impactando a disponibilidade de alimento e consequentemente a atividade de pesca.

Será que há outras razões, além das ambientais e climáticas, para considerar a Antártica um tema importante para nosso entendimento?

*O continente gelado possui a maior reserva de água doce do planeta. Esse fato é de interesse de todos os países, pois significa haver ali a fonte de um recurso essencial para a vida e em escassez no resto do planeta. Há registros também da existência de outros 170 tipos de minerais, como ouro, ferro e provavelmente grandes campos de gás natural e petróleo.*

Outro aspecto importante é o interesse geopolítico pela Antártica, considerada, desde 2013, parte do entorno estratégico brasileiro. Aí você se pergunta: como pode um lugar tão distante e tão isolado ser considerado um entorno estratégico? A própria questão climática deixa perceber que a Antártica não está tão longe e nem é tão isolada, mas tente pensar de um ponto de vista geográfico, político e estratégico: quais são as áreas de interesse onde o Brasil deve priorizar suas ações diplomáticas, econômicas e militares?

Como você possivelmente já sabe, grande parte do tráfego do comércio marítimo mundial utiliza acessos artificiais controlados, como, por exemplo, o canal do Panamá, que conecta os oceanos Atlântico e Pacífico, e o canal de Suez, que conectam o mar Mediterrâneo e o oceano Índico. O acesso a essas passagens pode sofrer restrições ou até fechamento, caso ocorram instabilidades políticas regionais, além de oferecerem limites a navios maiores.

Por isso, a busca por novas rotas de navegação leva à utilização dos acessos pelo sul dos continentes sul-americano e africano.

Para o Brasil, é a passagem de Drake, que separa a Antártica do continente sul-americano, a principal rota de navegação marítima, para transpor os limites das demais rotas, e cruzar livremente os oceanos para chegar em outras terras. Vale lembrar, ainda, que o Brasil possui a maior costa atlântica do planeta, e tem ali sua fronteira marítima e rotas comerciais, turísticas e de comunicação que perpassam a chamada Amazônia Azul (já ouviu falar?) e merecem constante atenção para resguardar os interesses nacionais.

Certamente há muitas outras razões que revelam a importância de saber mais sobre a Antártica, como, por exemplo, as descobertas científicas. Para você, qual é a razão mais importante? Por que você acha que as pessoas devem conhecer mais sobre a Antártica?

## *14 Quanto da água do planeta está concentrada na Antártica?*

A água doce (mais corretamente dita “água potável”) é um recurso natural essencial para todas as formas de vida. É um recurso de grande valor econômico, ambiental e social e pode ser encontrado em três estados físicos (sólido, líquido e gasoso), sendo muito importante na estabilidade da temperatura do planeta e nos fenômenos climáticos.

Durante muito tempo a água foi considerada como sendo um recurso natural infinito e renovável, o que sempre foi um engano. A Terra dispõe de aproximadamente 1,39 bilhão de km<sup>3</sup> de água e essa quantidade não vai mudar. Desse total, 97% dela está nos mares, é salgada e para ser aproveitada por processos de dessalinização os custos são muitos elevados. Restam apenas 3% de água doce, dos quais menos de 1/3 está disponível para consumo humano em rios e lagos. Isso porque de toda a água doce no planeta, 22% compõem-se de águas subterrâneas e 77% ficam em geleiras – 70% só na Antártica, ou seja, o gelo antártico também é um recurso hídrico para o futuro.

A água potável é um recurso raro em muitos países e, em pleno século 21, quase um bilhão de pessoas no mundo ainda não têm acesso à água potável, enquanto mais de 2,5 bilhões não têm sistema de tratamento de água. De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento de Recursos Hídricos de 2015, o planeta enfrentará um déficit desse recurso de 40% até o ano de 2030 e espera-se um aumento de 55% na demanda por água até o ano de 2050. Enquanto isso, 20% das fontes mundiais de água subterrânea também já estão sendo superexploradas. Em um futuro próximo a água estará tão escassa que, segundo alguns estudiosos, seu valor será comparado ao do ouro e provocará conflitos mundiais.

É por isso que pesquisadores em todo o mundo estão buscando soluções para produzir água potável. Uma ideia foi explorar essa água doce em estado sólido da Antártica. Os pesquisadores chegaram a estudar a possibilidade de transportar icebergs para outros continentes utilizando principalmente o movimento das correntes marinhas. Na verdade, a ideia é utilizar os icebergs, montanhas de água doce à deriva e que vagam naturalmente no oceano até derreter. A cada ano, dezenas de milhares de icebergs são produzidos a partir das geleiras, derretem e se perdem nas águas salgadas dos oceanos. Um iceberg de 2.275 km<sup>2</sup> (equivalente ao dobro da área do Rio de Janeiro) poderia fornecer água para uma cidade como o Rio de Janeiro durante três anos.

Essa ideia surgiu pela primeira vez nos anos 50 em projetos de pesquisa do exército americano. Somente na década de 70, o explorador polar francês Paul-Emile Victor, o engenheiro Georges Mougin e o príncipe saudita Mohamed al-Faisal puseram esse projeto em prática. E desde 2010, a Dassault Systèmes está com o projeto IceDream. Utilizando uma tecnologia avançada com modelagem 3D, eles fazem simulações virtuais para tornar o transporte de icebergs realidade.

Para esses pesquisadores a deterioração de icebergs flutuantes não causará nenhum impacto para a fauna local. Portanto, a Antártica começará a ser alvo de exploração novamente. Porém, sabemos que com o aquecimento global, esses icebergs estão se

soltando cada vez mais rápido e estão cada vez maiores. Isso irá contribuir para o aumento dessa exploração.

E qual a sua opinião sobre a exploração do gelo? Que mecanismos podem ser usados para solucionar o problema da escassez de água sem impactar o ambiente?

## 15 Qual o maior deserto do mundo?

Qual a primeira coisa que vem à sua cabeça quando você pensa em um deserto? Eu aposto que são dunas de areias, ou talvez camelos, ou até mesmo as pirâmides do Egito. A mesma coisa acontece comigo. Por que será que esta pergunta está sendo feita em um livro sobre regiões polares?

*Os desertos são áreas de muito pouca precipitação, ou seja, áreas onde pouquíssima quantidade de água cai do céu. Essas condições tornam esses locais inóspitos para a maioria das plantas e animais, apesar de haver algumas espécies que conseguem triunfar nessas condições difíceis. É comum que as pessoas descrevam os desertos usando palavras como "quente", "seco" e "vazio", mas essa não é a história toda.*

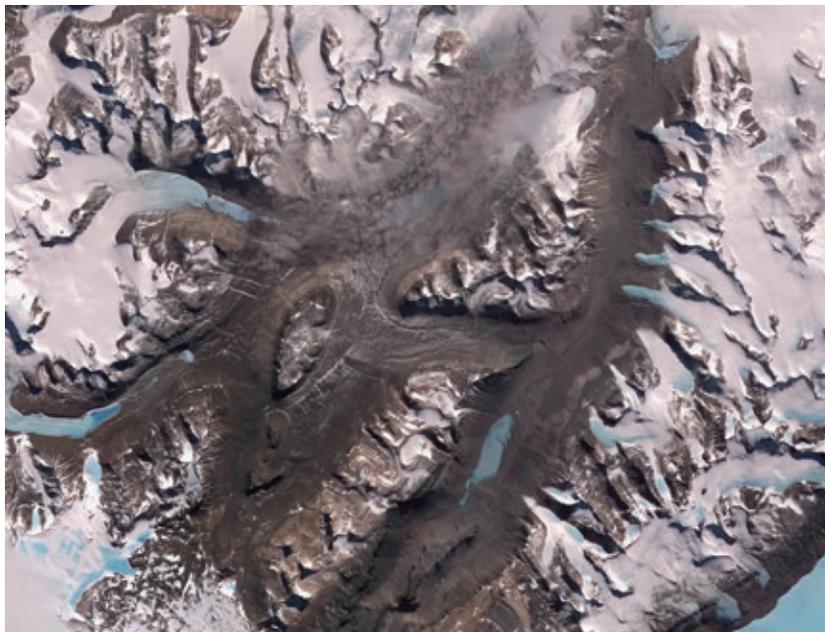
Alguns desertos são mesmo muito quentes, com temperaturas que chegam a 54 °C, mas também existem desertos com invernos muito frios, ou até mesmo alguns que são frios o ano todo. Esse último é o caso dos desertos polares.

Partes do Ártico e da Antártica são classificadas como desertos. Esses desertos polares contêm grandes quantidades de água, mas a maior parte dela está congelada em geleiras e mantos de gelo o ano todo. Então, apesar da presença de milhões e milhões de litros d'água, uma parte muito pequena disso está disponível para as plantas e os animais.

Considerando tudo isso, vamos voltar à pergunta inicial? Qual será o maior deserto do mundo? Isso pode ser surpreendente para você, mas o maior deserto do mundo é a Antártica! Algumas

regiões no interior do continente antártico têm precipitações anuais de menos de 10 mm de água, o que faz com que essa seja uma das regiões mais secas do planeta. Para você ter uma ideia, essa média é aproximadamente metade da precipitação do Deserto do Saara.

É na Antártica também que fica o lugar mais seco da Terra. Nessa região, que ganhou o nome de Vales Secos de McMurdo, não chove há aproximadamente dois milhões de anos. Além disso, a pouca neve que cai sublima (passa direto de cristal de gelo para vapor) ou é soprada para longe pelos fortes ventos na região. O deserto antártico ocupa uma área de mais de 13 milhões de quilômetros quadrados, algo parecido com as áreas da China e da Índia combinadas!



Vales Secos de McMurdo – ausência de gelo e de neve. (NASA, 2009)

E será que mesmo com todo esse gelo, ainda é possível ter vida no deserto antártico? Apesar das condições difíceis e inóspitas do continente mais estéril do mundo, algumas formas de vida ainda perseveraram. Organismos que sobrevivem nessas condições são chamados de extremófilos e conseguem prosperar apesar das dificuldades.

A Antártica ainda é o lugar mais frio do planeta, com seu imenso deserto gelado. Porém, a costa oeste da Península Antártica é a região da Terra que mais sofreu aquecimento nos últimos 50 anos. E esse aquecimento não se restringe ao continente, mas também pode ser notado no Oceano Austral. O aquecimento da Península Antártica já está causando alterações no ambiente. A distribuição das colônias de pinguins, por exemplo, tem mudado na medida em que as condições do gelo marinho mudam. Além disso, o derretimento da neve tem resultado em um aumento da colonização por plantas e algas. O que você acha que esse aumento pode causar naquele ecossistema?

## *16 Por que a umidade do ar é baixa na Antártica?*

Que a Antártica é o continente mais gelado do planeta muita gente sabe. Aliás, tudo na Antártica é superlativo: 13,8 milhões de km<sup>2</sup> de uma região mais fria, mais alta, mais austral, e mais seca! Tanto gelo, e poderíamos pensar que a Antártica poderia ser tudo o que há de mais extremo, exceto seca! O caso, no entanto, é que a umidade do ar na Antártica é muito baixa (clima seco), semelhante àquela dos desertos de areia. E o continente gelado pode até ser considerado um grande deserto, entendendo-se deserto como uma região árida onde poucas formas de vida sobrevivem.

Nos desertos, a umidade relativa do ar varia entre 5 e 15%. E na Antártica, curiosamente temos locais com umidade de 6%, neva muito pouco! Com temperaturas muito baixas, a evaporação (passagem da água do estado líquido para o vapor) não acontece. Assim, as nuvens, também raramente se formam pela condensação do ar devido à sua subida e expansão na atmosfera. Desse modo, há bem pouca precipitação, já que o ar frio acumula pouca umidade.

Um fato curioso, inclusive, é o de que a quantidade de poeira e partículas sólidas em suspensão no ar e a pouca umidade

favorecem uma visibilidade excelente, o que pode ser um problema, por exemplo, no cálculo de distâncias, no caso de observações visuais. Entretanto, se uma vista limpa pode atrapalhar nesse sentido, ela pode ser muito útil para outras questões como, por exemplo, a contemplação do espaço.



Cenário de um fim de tarde em Porto Lockroy, Antártica. (Liam Quinn, 2011)

Outro fato bastante curioso é o de que o lugar considerado o mais calmo e limpo do planeta está localizado no Planalto Antártico. Esse lugar, conhecido como Domo A, é considerado o paraíso dos astrônomos, com um mínimo de turbulência atmosférica, a uma altitude de 4.053 metros, muito seco e com temperaturas médias anuais de  $-70^{\circ}\text{C}$ ! Claro que, com tais características, o local, ponto alto de um grande deserto polar, é inóspito. Nesse local (onde existe uma estação chinesa só habitada no curto verão antártico com temperaturas ao redor de  $-60^{\circ}\text{C}$ ) foi instalado um telescópio, já que esse é considerado o melhor lugar em todo o planeta para se observar o espaço. Sendo um ponto tão remoto, não há qualquer interferência luminescente que possa obstruir as observações. Afinal, ser tão isolada acaba sendo, neste quesito, uma grande coisa! Você já pensou na Antártica como um grande deserto gelado?

## 17 Para onde vai a água do degelo?

O planeta está com febre, a temperatura vem aumentando preocupantemente nos últimos anos e isso está afligindo cientistas em todo o mundo. Sim, esse papo é bem sério!

O acelerado aumento da temperatura atmosférica é agora, basicamente, devido à ação humana. O aumento da concentração na atmosfera de dióxido de carbono e de outros gases de efeito estufa derivados principalmente da queima de combustíveis fósseis e de incêndios das florestas, entre outras atividades, faz com que a atmosfera e o oceano se aqueçam.

Esse aquecimento causa o derretimento de parte das geleiras. Um clássico efeito dominó. O degelo acontece em várias regiões da Terra e as áreas mais afetadas conseqüentemente são as que têm maiores quantidades de gelo, ou seja, as regiões polares do planeta, Ártico e Antártica.

*A água derretida corre para o mar, aumenta o seu nível e pode mudar a vida de todo o planeta com inundações na costa, causando mortes de animais, desaparecimento de espécies, mudança no clima, diminuição de água doce disponível para consumo humano, inundações de cidades litorâneas, entre outras conseqüências.*

E mesmo o Brasil estando relativamente longe, pode ser afetado? Sim, com certeza. O impacto do degelo nas regiões polares reverbera em todo o planeta e alguns estudos já mostram que cidades como Rio de Janeiro, Recife e Belém serão as primeiras a sentirem as conseqüências.

Eu disse que o papo era sério.

Se por um lado algumas cidades desapareceriam, outras ficariam mais habitáveis do que hoje com temperaturas 10 °C mais altas. A Groenlândia, por exemplo, poderia se tornar uma ilha repleta de verde. E até parte da Península Antártica viria a florescer mais vegetais. Bem assustador!



Degelo glacial no lago Fryxell, nas Montanhas Transantárticas.  
(Joe Mastroianni, 2002)

As alterações não param. Lembra-se do efeito dominó? O que ainda pode acontecer? É possível frear esse processo?

Muitas pesquisas estão sendo realizadas, cientistas revelam dados e informações importantes o tempo todo e alertam da urgência da situação e de se combater o aquecimento do planeta. É quase uma corrida contra o tempo e essa competição exige mudanças drásticas e urgentes.

Atualmente, nos deparamos com 1 °C de aquecimento. Para os cientistas da ONU, que revisaram mais de 6 mil estudos, estamos muito próximos de atingir 1,5 °C e até mesmo chegar a 2 °C de aquecimento já na primeira metade deste século. Parece pouco, mas é muito. Para ficar mais claro, esse é o nível mínimo seguro para conseguirmos viver aqui.

Soluções, por favor!

Eliminarmos os combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, zerar o desmatamento em escala mundial para reduzir as emissões, e proteger florestas, savanas e outras formas de vegetação natural para capturar o excesso de CO<sub>2</sub> que já está na atmosfera e o que ainda será emitido na fase de transição para uma economia neutra em carbono são algumas das soluções.

O ideal para baixar já a febre do nosso planeta é absorver parte do carbono que já está na atmosfera e reduzir pela metade até o ano de 2030 a emissão de gases que aquecem o planeta, para então zerá-las em 2050.

Será que é tarde demais?

## 18 Quem é o “pulmão” do mundo: a Antártica ou a Amazônia?

Para começar, respire fundo.

O pulmão é o órgão animal que tem como função principal absorver oxigênio e eliminar gás carbônico. Isso mesmo, sua função é fazer a troca de gases entre o ambiente e o sangue. Essa troca é essencial para a vida. Portanto, sem essa troca não é possível viver.

Essa mesma troca de gases que os animais fazem para respirar, as folhas das plantas (terrestres e marinhas) também fazem para se nutrir, porém, de forma invertida: absorvem o gás carbônico e liberam o oxigênio. Está aí a famosa fotossíntese, fenômeno mais importante sobre o ciclo do oxigênio e para a manutenção da vida no planeta. Lembrando que as plantas também respiram e precisam de oxigênio.

De onde vem a maior parte do oxigênio utilizado pelos seres vivos para respirar? Das plantas?

A grande reserva de plantas terrestres está contemplada por florestas e bosques do planeta. A maior floresta tropical do mundo, a floresta Amazônica, corresponde a 67% de todas as florestas existentes, tem cinco milhões de quilômetros quadrados (se fosse um país, seria o 6º maior do mundo em extensão territorial), abrange 60% do território brasileiro, e dispõe da maior bacia hidrográfica do mundo. Está localizada no norte da América do Sul, possui uma biodiversidade exuberante, com mais de 30.000 espécies de plantas, sem contar as endêmicas (existentes somente em uma determinada região, no caso, na região amazônica). A sua dimensão, a importância ecológica e o desmatamento são assuntos debatidos em âmbito internacional. O desflorestamento é uma preocupação porque diminui a biodiversidade, empobrece os solos, polui os rios e afeta diretamente as mudanças climáticas do planeta, principalmente no sul do Hemisfério Norte. Isso ocorre principalmente pelas atividades agropecuárias, madeireiras e de mineração, queimadas e o contrabando de animais.

Todas as florestas do mundo produzem somente 24% do oxigênio do planeta (segure essa informação), sendo que a Amazônia, mesmo com suas 2.500 espécies de árvores e outras 30.000 variedades de plantas, há um mito de que ela produz em torno de 20% do total. Entretanto, não podemos esquecer de que ela consome quase todo o oxigênio produzido, afinal as plantas de lá também precisam respirar. Dessa forma, não sobra muito oxigênio para oferecer ao planeta.

As algas marinhas microscópicas enviam para a atmosfera quase 55% do oxigênio produzido no planeta. Elas produzem mais oxigênio pela fotossíntese do que consomem na respiração, e o excesso é liberado para o ambiente.

Algas (exceto as algas verdes) não são plantas nem animais, pertencem a um grupo de seres vivos chamados protistas, ou ainda, cromistas, que fazem fotossíntese, e tem uma função essencial no ciclo da vida dos oceanos, inclusive no oceano Austral.



Alga *Desmarestia* sp. (Francyne Elias-Piera)

O oceano Austral com sua superfície de 20.327.000 km<sup>2</sup> circunda todo o continente Antártico e sua flora marinha é composta principalmente por algas – macroalgas e microalgas. Portanto, a Antártica contribui intensamente para a produção de oxigênio para o planeta, por isso, é comum ouvir as pessoas dizerem que a Antártica é o “pulmão” do mundo.

E se o pulmão do mundo ficar doente, o que acontece?

## *19 Há petróleo na Antártica e é possível explorá-lo?*

Se esta não é a primeira vez que você está lendo um texto deste livro, você já deve ter uma boa noção de como a Antártica é um lugar impressionante e pouco explorado, tanto pelas condições difíceis que seres humanos enfrentam lá, quanto por acordos que garantem a proteção da região.

Podemos dizer que nunca houve qualquer mineração comercial, ou extração e mesmo identificação de campos de petróleo no continente mais ao sul do planeta e também que não há planos para que isso aconteça num futuro tão próximo. A garantia disso é que a mineração comercial na Antártica é proibida pelo Protocolo de Madri. Bem, pelo menos até o ano de 2048.

Deixe-me explicar isso melhor: quando o Tratado da Antártica foi assinado, em 1959, a exploração dos recursos do continente nem chegou a ser discutida. Nos anos 1980 o assunto entrou em pauta, o que resultou na criação do Protocolo de Proteção Ambiental do Tratado da Antártica, conhecido como o Protocolo de Madri que foi assinado adivinha onde? Em Madri, na Espanha! Apesar da assinatura ter acontecido em 1991, foi apenas em 1998 que ele foi implementado, com revisão prevista para dali a 50 anos, em 2048.

Será que isso quer dizer que não existem recursos minerais por lá? Será que na Antártica tudo que se podem encontrar são grandes camadas de gelo e muitos pinguins? Muito pelo contrário. A Antártica possui, sim, ocorrências de minerais. Aparentemente, algumas rochas nas plataformas continentais da Antártica contêm petróleo e gás natural. Apesar disso, nenhuma perfuração para procurar esses recursos naturais foi realizada e é muito improvável que eles sejam explorados comercialmente neste século, pois o custo dessa operação seria muito alto. Sabe-se também que a Antártica possui carvão e minério de ferro, mas a exploração desses minerais também é inviável. O que acontece é que não é fácil

encontrar locais ricos em recursos e que sejam fáceis de chegar, o que torna a sua exploração, pelo menos até agora, economicamente inviável.

O clima, a quantidade de gelo e a distância entre a Antártica e qualquer área industrializada tornam a sua exploração extremamente custosa, e também muito perigosa. Um exemplo disso são os icebergs em torno do continente, que podem tornar o transporte algo muito complicado. A maior parte do continente é completamente coberta por neve e gelo, geralmente com centenas e até milhares de metros de espessura. E isso causa dois problemas: como saber o que existe embaixo de tudo aquilo sem que testes possam ser feitos facilmente e, caso haja alguma coisa, como extraí-la?



Fenda na plataforma de gelo de Larsen. (John Sonntag, 2016)

Esses, no entanto, não são os únicos empecilhos da exploração de minerais na Antártica. Você saberia dizer que outros desafios haveria para essa exploração?

Como falamos no início do texto, o Protocolo de Madri elenca os princípios dentro dos quais a proteção ambiental da Antártica é regulada e eles incluem a proibição de qualquer mineração comercial por 50 anos. Mas a tecnologia está sempre em evolução e os interesses comerciais são muito poderosos, o que pode comprometer a segurança da Antártica no futuro. Esse continente congelado é muito importante para nos ajudar a entender melhor as consequências que todos os nossos atos podem causar no mundo. A Antártica é muito importante para o planeta por causa

de seu profundo efeito no clima da Terra e nos sistemas oceânicos e é nosso dever protegê-la, especialmente porque, após o ano de 2048, ainda não há garantias para sua proteção. Então, em 2048, o que você e sua geração poderão fazer para que a Antártica continue protegida?

## 20 O que é permafrost?

Você já deve ter deduzido que a palavra *permafrost*, do inglês, significa permanentemente congelado, em português: pergelissolo. Na prática, é o solo que permanece congelado por dois ou mais anos consecutivos. O permafrost pode ocorrer em solos ou outros materiais em sua superfície como rochas e pedregulhos. As baixas temperaturas dificultam a penetração de raízes em grandes profundidades e impedem a decomposição de matéria orgânica, dificultando a presença de vegetais que dependeriam desse material. O bioma comum desse solo é a tundra, caracterizada por uma vegetação espaçada de musgos, ervas e líquens.

A espessura do permafrost depende do clima, vegetação e tipo de solo, podendo variar de alguns centímetros a centenas de metros. Como ele é resultado de climas frios, a maior parte do permafrost existente hoje foi formado durante os últimos 100.000 anos, durante a última Idade de Gelo. Além das temperaturas do ar, fatores locais, como cobertura de neve, vegetação, espessura da camada orgânica do solo, propriedades térmicas (isolantes) dos materiais, umidade do solo / teor de gelo e condições de drenagem também são fatores que influenciam a presença ou ausência de permafrost.

O permafrost é comum em altas latitudes (Antártica e Ártico) mas também ocorre em latitudes mais baixas, como as áreas montanhosas dos Andes e Himalaia. Além disso, o permafrost é encontrado sob o oceano Ártico, no fundo do mar. As baixas temperaturas no oceano Ártico têm preservado o solo congelado por milhares de anos. Ao contrário de outros componentes criosféricos

como neve, geleiras, gelo marinho, rios e lagos congelados, nem sempre é possível saber se uma área contém uma camada de permafrost ou não. Entretanto, alguns acidentes geográficos podem indicar sua presença, como, por exemplo, um solo com padrões poligonais e cunhas de gelo, marcando rachaduras.

O aumento da temperatura em áreas de permafrost pode afetar vários aspectos da natureza e da vida humana, como hidrologia, vegetação, infraestrutura de construção e a possibilidade de aprender mais sobre doenças antigas, animais extintos e culturas humanas, dentre outros.



Permafrost degelando na Ilha Herschel, Canadá. (Boris Radosavljevic, 2012)

Essas áreas de permafrost armazenam aproximadamente duas vezes mais carbono do que há na atmosfera. Quando aumenta a temperatura do permafrost e a espessura da camada ativa (aquela que descongela e congela sazonalmente), o material orgânico que foi previamente congelado no solo descongela e pode ser decomposto e seu carbono é emitido como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) ou metano ( $\text{CH}_4$ ). Esses gases contribuem para intensificar o efeito estufa na atmosfera e, portanto, aceleram as mudanças do clima.

O aquecimento global pode afetar toda a infraestrutura construída sobre o permafrost. O descongelamento do solo pode ter impactos severos em estradas, oleodutos, casas, pontes e outras construções. Para se construir sobre um permafrost com risco de

descongelamento, é necessário o emprego de técnicas especiais, que garantam sua estabilidade, isso significa custos mais elevados em desenvolvimento de infraestrutura.

*Você já percebeu que o permafrost funciona como um imenso freezer, portanto, há corpos de pessoas e de animais, roupas e artefatos preservados nessas áreas ao longo de muitos anos. Quando a espessura da camada ativa aumenta, corpos que foram enterrados por séculos podem começar a descongelar. Isso pode representar problemas para a saúde, ao mesmo tempo que é uma oportunidade de se aprender sobre doenças antigas e culturas humanas. O descongelamento também pode revelar a história do planeta, ao fazer emergir fósseis animais e vegetais.*

Dá para perceber que as mudanças climáticas afetam o estado do permafrost e isso pode ter profundas implicações tanto no ambiente natural como social. Além do que você viu aqui, consegue imaginar outros aspectos positivos e/ou negativos caso haja o persistente descongelamento dessas áreas? Como o Brasil seria afetado?

## 21 O que são icebergs?

Icebergs são grandes blocos de gelo com formas distintas e tamanhos variados, podem em alguns casos atingir dezenas de milhares de quilômetros quadrados. São derivados de massas de gelo que se acumularam ao longo de milhares de anos, formando geleiras (glaciares) que fluem em direção à costa. Um iceberg é resultante do desprendimento de partes dessas geleiras que caem no mar e ficam à deriva, e são, portanto, constituídos por água doce.

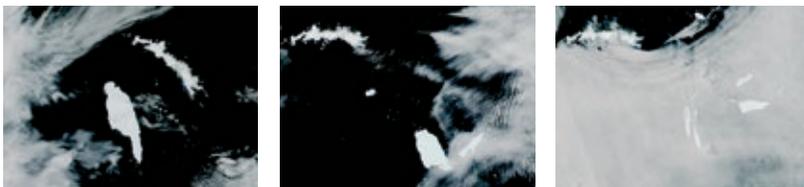
O movimento das correntes marítimas, o vento, as ondas, as marés, o calor, causam derretimento, criando trincas e fragmentando os glaciares na borda da plataforma de gelo. Esses fragmentos, ao se desprenderem, passam a flutuar no oceano pois o gelo tem menor densidade que a água. A água doce que forma o iceberg também tem menor densidade que a água salgada do mar que o cerca.

O volume de um iceberg pode variar bastante. Há registros de icebergs com dezenas de metros de altura e dezenas quilômetros de extensão. Na Antártica, a maioria dos icebergs jovens, recém-formado e que desprende de uma plataforma de gelo, possui forma tabular. Com o tempo e à deriva, o vento e o calor que o derretem, esculpem formas exuberantes a esses gelos gigantes. Os icebergs tabulares são uma feição característica da região Antártica.



Iceberg na Península Antártica. (Sílvia Dotta, 2004)

É sabido que apenas cerca de 20% de um iceberg é visível na superfície e o restante está submerso, por isso eles representam grande ameaça à navegação. Você já ouviu falar do naufrágio do Titanic em 1912, certo? O navio foi abalroado por um iceberg pequeno – segundo alguns estudiosos o bloco de gelo media 120 x 30 metros, mas o que atingiu o casco do navio foi a parte submersa do iceberg. Gigante mesmo foi o A68, um iceberg de um trilhão de toneladas que se desprende da plataforma de gelo Larsen C na Antártica em 2017. Com 152 quilômetros de comprimento e largura máxima de 48 quilômetros, o iceberg possui uma área de quase 6 mil quilômetros quadrados e uma altura de 150 a 180 metros sob a água. Em dezembro de 2020, imagens de satélite mostravam o A68 viajando em direção à ilha Geórgia do Sul. Nessa rota, em águas e ar mais quentes, o A68 acelerou seu derretimento e fragmentação.



Da esquerda para a direita: A68 aproximando-se da Geórgia do Sul em 20/12/20; fragmentando-se, em 26/12/20; fragmentando-se em 14/02/21. (Fonte: NASA)

O derretimento e conseqüente desprendimento dos blocos de gelo dos glaciares é um processo natural presente em nosso planeta. Icebergs flutuam e derretem sem que o nível do mar se altere. É o estado da água que muda, de sólido para líquido. O volume continua o mesmo. Porém, com o aquecimento global, os glaciares derretem mais e começam a produzir icebergs, esta água (que estava dos continentes e ilhas) vai para o oceano e aumenta o nível do mar.

Todavia, como diz o dito popular, “isso é só a ponta do iceberg”. Consegue imaginar o que acontece com aqueles animais que dependem do gelo flutuante, como é o caso de focas? Por outro lado, o que acontece com aquela água que estava embaixo do gelo que se partiu? Era refúgio de algum organismo? E agora que o espaço ficou sem teto, o que pode acontecer com esses organismos?

## 22 Por que o gelo “queima”?

“Quem brinca com fogo, acaba se queimando” é um ditado popular velho conhecido de todos, assim como “não por a mão no fogo por fulano para não se queimar” significa não confiar no fulano porque você pode se decepcionar (“se queimar”). De fato, que o fogo queima, é tão óbvio que até a criança mais novinha aprende isto rapidamente! Entretanto, o gelo queimar é algo inusitado e pode até parecer contraditório: como o gelo queima, se é frio? Não é preciso calor para queimar os desprevenidos? Vamos tentar entender.

Vamos recapitular um pouquinho da física. A temperatura do ar, neve e gelo (que está a 0°C ou geralmente muito mais baixa

na Antártica, onde é possível encontrar neve e gelo a  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) é diferente da temperatura da nossa pele (média de  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Nessas condições, quer no ar ou em contato com a neve e o gelo, pode ocorrer o congelamento da pele e tecidos subjacentes. Primeiro sua pele fica muito fria e vermelha, depois entorpecida, dura e pálida. No processo, aparecerem bolhas. O congelamento é mais comum nos dedos das mãos e dos pés, nariz, orelhas, bochechas e queixo. Este processo é acelerado se a pele estiver exposta em dias ventosos ou se sua pele entrar em contato com superfícies metálicas (bons condutores térmicos). Mas o congelamento pode ocorrer mesmo com pele coberta por luvas ou outras roupas.



Rosto de um pesquisador antártico (Madigan) queimado pelo frio em Adelie Land, durante a Expedição Antártica Australasiana (1911–1914).

O congelamento da pele passa essa sensação de dor – e toda dor é um alerta gerado pelo corpo de que algo está errado! No caso de uma exposição prolongada ao gelo em contato com a pele, como pode acontecer com alpinistas e pesquisadores polares, o dano provocado no tecido cutâneo pode ser mais grave e congelar internamente as extremidades do corpo (dedos, orelhas, nariz). Não é à toa que, quando exposto a temperaturas extremamente baixas, partes do corpo podem congelar, gangrenar e quebrar! Daí a importância de roupas especiais e com proteção térmica para enfrentar as baixas temperaturas nas regiões polares. Por quanto tempo nosso corpo pode aguentar no frio congelante? O que deve ser feito se você tiver uma parte do corpo, como sua mão, seu nariz ou outra, congelada?

## 23 Qual a cor do gelo?

Todo mundo sabe que o gelo de cozinha é incolor. Mas nas regiões polares, a cor mais comum do gelo é o Azul. Mas há também o gelo branco, o verde, o gelo preto (escuro), o gelo rosa e o amarelo. Nossa percepção da coloração do gelo e da neve sofre influência de inúmeros fatores: espessura do gelo, quantidade de ar que os compõem, incidência da luz, idade do gelo e tipo de matéria em seu interior: sedimentos rochosos, algas ou outros organismos.

O gelo, como a água líquida, comporta-se como um filtro azul fraco, absorvendo a luz vermelha e laranja mais fortemente do que absorve a luz verde e azul. Blocos de gelo e geleiras podem conter grande quantidade de ar que fica preso à medida que água congela ou a neve se acumula. A interface ar-gelo reflete a luz solar branca antes que ela tenha a chance de penetrar e ser absorvida.



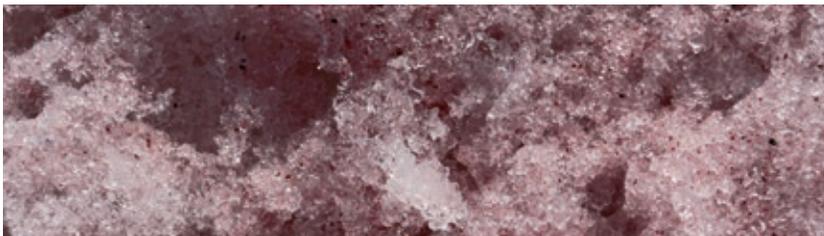
Gelo Azul, Península Antártica. (Sílvia Dotta, 2005)

Assim, a neve e a superfície das geleiras aparecem com uma cor branca brilhante. Todavia, uma parte da luz que penetra mais fundo na geleira onde grande parte do ar contido foi espremido durante a formação do gelo deixa apenas algumas bolhas de ar que refletem a luz de volta. Nesse ponto é a estrutura cristalina do material gelo (sim, o gelo é um cristal) que absorve parte luz acontece, deixando passar principalmente ondas no comprimento do azul. O resultado é uma dispersão profunda da luz azul dentro da geleira.

Quanto mais espesso for o gelo, mais azul ele parecerá à medida que mais luz vermelha e laranja é absorvida. Quando a luz atravessa cerca de um metro é possível observar tons azuis no gelo. Entretanto, quanto mais antigo o gelo, maior é a pressão da água sobre o ar em seu interior, dificultando a passagem da luz, e fazendo-o mais escuro, com uma aparência vitrificada.

## 24 Há relação entre as cores do gelo e as mudanças climáticas?

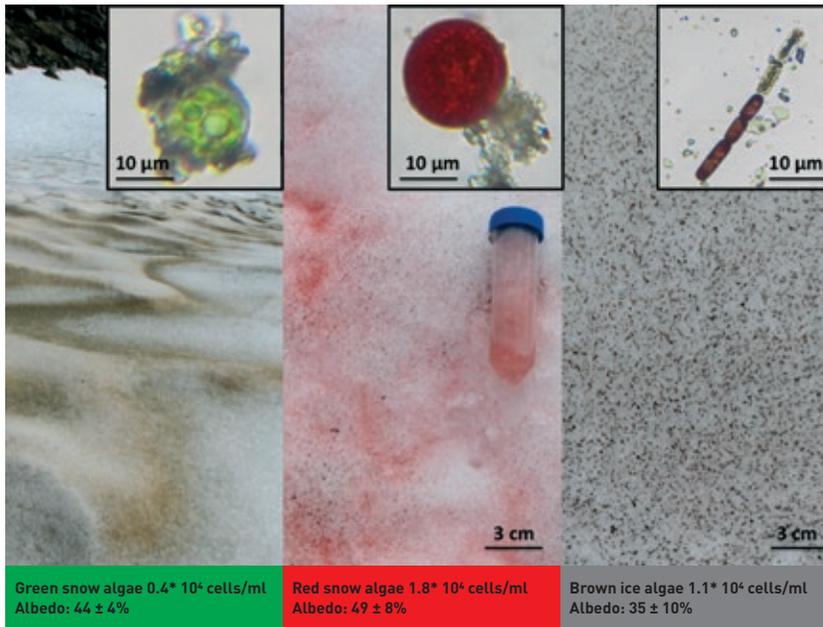
O gelo e a neve podem servir de habitat para micro-organismos (algas, fungos e bactérias) cuja coloração irá tingir a superfície de grandes camadas de neve na Antártica, e podem ser da cor vermelha (*red snow algae*), verde ou amarelo (*green snow algae*) ou marrom (*brown ice algae*).



Gelo vermelho/ rosa, Península Antártica. [Sílvia Dotta, 2018]

Um dos problemas causados pela coloração da neve, dada pela proliferação de micro-organismos em seu interior, é a redução do albedo. Albedo (brancura ou luz solar refletida, a partir de *albus*, branco) é a energia luminosa que é refletida pela superfície de volta para a atmosfera ou o poder de reflexão de uma superfície. O branco reflete mais luz, enquanto cores mais escuras absorvem luz. O escurecimento da superfície da camada de neve é um dos responsáveis pelo degelo, pois se o gelo é mais escuro, significa que ele absorve mais energia solar e ela se transforma em calor, derretendo

o gelo mais facilmente. Esse fenômeno ocupa um importante papel nas mudanças climáticas e no processo de derretimento do gelo.



Algas verde, vermelha e marrom tingem a neve. (Lutz, et al., 2016)

*No Ártico, por exemplo, cientistas descobriram que uma única espécie de alga é responsável por causar a neve rosa. Durante os meses em que está quente (acima de 0 °C) na região, uma fina camada de água derretida se forma entre o gelo e a neve. A luz solar e a água são condições ideais para o cultivo das algas, que começam a proliferar. Isso cria uma espécie de efeito bola de neve (que os cientistas chamam retroprocessamento): quanto mais gelo e neve derretem, mais algas se formam. Quanto mais algas se formam, mais luz solar absorvem, causando mais derretimento – e o processo continua.*

O fenômeno também pode ser observado em outras regiões geladas do planeta e o seu estudo pode contribuir para o entendimento do degelo e das mudanças climáticas. Que outros fenômenos podem nos ajudar a entender o processo de degelo?

## 25 Quais são os instrumentos de proteção da Antártica?

Você sabe por que é importante preservar a Antártica? Ela é o principal regulador térmico do planeta, encarregado pelo controle das circulações atmosféricas e oceânicas que influenciam diretamente no clima. Possui a maior camada de gelo do mundo. Possui o maior reservatório de água doce do planeta. É o abrigo de uma grande e importante biodiversidade do planeta.

*As nossas ações são refletidas no Continente Antártico assim como a vida que brota de lá irradia sua força retransmitindo o equilíbrio da Terra e assegurando a preservação da sobrevivência presente e futura. Por isso, inúmeros instrumentos foram criados para garantir a preservação tanto do continente como do oceano Austral. Conheça alguns:*

### **Tratado da Antártica**

Em 1939 e 1940 deu-se início a luta pela influência territorialista pela Antártica. Sete países decretaram o domínio dos espaços continentais: Argentina, Chile, Grã-Bretanha, França, Noruega, Austrália e Nova Zelândia. A partir daí, novos países expressaram as mesmas ambições.

Em meio à Guerra Fria, o interesse comum pela Antártica fez com que pesquisadores de todo o mundo buscassem uma maneira de defender o continente das possíveis explorações militares. Pouco a pouco aqueles países concordaram em suspender as suas pretensões, por tempo indeterminado.

Em 1959, doze países (África do Sul, Argentina, Austrália, Bélgica, Chile, Estados Unidos, Japão, França, Noruega, Nova Zelândia, União Soviética e Reino Unido) caracterizaram a Antártica como território imprescindível para a realização de pesquisas em diferentes áreas da ciência.

O Tratado da Antártica, foi assinado em 1 de dezembro de 1959 entre os governos dos doze países participantes do Ano Geofísico Internacional (1957–58). Os temas centrais estabelecidos passaram a ser a segurança e a ciência. Não obstante, o Tratado engloba catorze Artigos condizentes aos seguintes pontos: uso do continente para razões pacíficas (Artigos I, V e X); fomento da pesquisa científica (Artigos II e III); motivos para reivindicação territorial e jurisdição (Artigos IV, VI, VIII e XI); inspeções ilimitadas quanto às expedições à Antártica, navios, nacionalidades comprobatórias por estação de pesquisa, controle meticuloso de qualquer equipamento militar em território antártico (Artigo VII); abordagens institucionais e mecanismos para a tomada de decisão (Artigos IX, XII, XIII e XIV).

### *Protocolo de Madri*

O Protocolo ao Tratado da Antártida sobre Proteção ao Meio Ambiente (Protocolo de Madri) passou a vigorar em 1998 e remete à adoção de medidas preventivas para o controle ecológico da Antártica. Esse documento ampliou, dentre outras disposições, as Medidas Acordadas para a Conservação da Fauna e da Flora Antárticas, nas quais as ações passaram a abarcar toda a região do continente.

Com a implementação do Protocolo, a Antártica tornou-se uma reserva dedicada à paz e à ciência. Nesse sentido, muitas recomendações foram necessárias para minimizar o impacto das práticas humanas na região, como os procedimentos e obrigações que devem ser atendidos em qualquer atividade, seja no âmbito científico, na logística de suporte às estações antárticas ou para efeito de turismo.

O Protocolo atribui às partes envolvidas o cumprimento das obrigações resultantes das medidas formalizadas no Sistema do Tratado da Antártica de forma que sejam preservados, inclusive os valores intrínsecos do Continente Antártico, bem como os seus atributos estéticos, estado natural e área atribuída à pesquisa científica.

*As regras estabelecidas para o cumprimento da proteção ambiental não são dever apenas dos Estados e das Partes Consultivas (aquelas que tem direito a voto no Tratado da Antártica), mas estendem-se a todos os visitantes do continente antártico. A elas se inserem procedimentos descritos em seis Anexos do Protocolo, que determinam a avaliação sobre o impacto ambiental, a conservação da fauna e da flora, a eliminação e manejo de lixos e dejetos, a prevenção da poluição marinha, a criação e atenção às áreas especialmente protegidas, a responsabilidade acerca de desastres ambientais. Em 2048, a moratória de exploração de recursos minerais determinada pelo Protocolo poderá ser revista caso haja acordo unânime dos membros consultivos do Tratado da Antártica*

### ***Comissão Internacional da Baleia***

A Comissão Baleeira Internacional (International Whaling Commission – IWC) surgiu em 1946 com o propósito de assegurar cotas de caça baseadas em estudos científicos robustos e confiáveis (obrigatórios e financiados pela indústria baleeira) para diminuir a atividade exploratória. Contudo, mesmo com os esforços empreendidos pela IWC, a caça comercial só foi interrompida no fim da década de 1960 (moratória), somente sendo permitida a caça com “propósitos científicos” com cotas rígidas e determinadas pela IWC.

### ***Medidas de Conservação da Fauna e da Flora Antárticas***

Resultam em um documento desenvolvido em 1964 pela Reunião das Partes Consultivas do Tratado Antártico (ATCM) com a finalidade de proteger a fauna e a flora nativas da região, sobretudo as áreas de relevância ecológica como as que são efetivamente protegidas.

### ***Convenção para a Conservação das Focas Antárticas (CCAS)***

Foi criada em 1972, com o intuito de propor medidas de proteção, regulamentação e controle à captura das focas para desígnios científicos e também como forma de manter a convergência do sistema ecológico.

## **Convenção para a Conservação dos Recursos Marinhos Vivos da Antártica**

É um acordo inovador sobre a utilização dos recursos vivos. A *Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources* (CCAMLR) estabeleceu-se em 1982 com o propósito de assegurar o controle da pesca predatória do krill, uma espécie de crustáceo que habita as águas antárticas e tem papel essencial na cadeia alimentar da vida marinha. Devido às suas ações, tanto o krill como os demais recursos vivos do oceano Austral passaram a ser vistos como um único sistema cujas decisões sobre os níveis de captura fundamentam-se em dados científicos consistentes. Esse acordo também controla quais espécies encontram-se protegidas, as regiões em que podem ocorrer pescas, os limites de pescaria, a época mais propícia para essa prática, além das inspeções regulares.

Os esforços para manter a preservação do continente gelado e suas águas são inúmeros, mesmo assim, em pleno século XXI, ainda nos deparamos com atitudes que burlam a imposição dos órgãos ambientais com vistas aos proveitos econômicos. Esse é um ato que envolve forças políticas e imprime como pano de fundo a virtude da tradição para ofuscar o verdadeiro interesse por trás das cortinas. O que mais pode ser feito? Como podemos conscientizar cidadãos e cidadãs para atuarem em defesa do continente, seus arredores e o ambiente?

## **26 Quem foram os descobridores da Antártica?**

A exploração da Antártica, ainda que para fins científicos, é algo relativamente recente, mesmo que o homem apenas tenha “descoberto” a Antártica há pouco tempo, a ideia de que existiria uma *Terra australis incognita* (terra desconhecida do sul) para “conter” os oceanos Índico e Atlântico data da Grécia Antiga (século 4 a.C.), pensada, por exemplo, por Aristóteles e Ptolomeu.

*A partir de especulações, a Antártica povoou a imaginação de filósofos e geógrafos, até que no século XVIII a segunda viagem de James Cook, capitão inglês, a bordo dos navios Resolution e do Adventure, cruzou o Círculo Polar Antártico e faz a circum-navegação da Antártica (mas sem ver o continente). O mais interessante é que Cook, apesar de ter chegado mais ao sul do que qualquer outra expedição até aquele momento, não avistou a Península Antártica por um “erro” na longitude. No entanto, apesar disso, o capitão especulou que, caso houvesse de fato um continente austral, que este seria “frio, estéril e sem valor”. Essa primeira fase da história da Antártica foi caracterizada por viagens interessadas na comprovação do continente gelado, até então apenas especulado.*

A partir da viagem de Cook, outras expedições sucederam-se e, aos poucos, a Antártica foi sendo descortinada. A partir daí teve início a fase exploratória da Antártica, na qual a indicação da existência de recursos naturais na região permitiu, por exemplo, a caça predatória de focas e posteriormente de baleias, inclusive ameaçando de extinção essas espécies.



Colagem de imagens incluindo a do Nimrod, um dos navios de Ernest Shackleton na expedição de 1907–1908, em comemoração à tentativa de chegar ao Polo Sul geográfico por Shackleton. (John Oxley Library, 1908)

Em 1819, a bordo do Williams, o capitão William Smith descobre as ilhas Shetland do Sul e, na sequência, Nathaniel Palmer, então caçador de focas americano, chegou à ilha Deception (Shetland do Sul), e outros sucederam, como Bellingshausen, o russo que explorou o mar que hoje leva o seu nome, assim como outros navegantes como James Weddell e James Clark Ross.

Espanha, Argentina, Chile e outros países, puxam a sardinha para seu lado, tentando provar que foi um de seus compatriotas quem descobriu o continente. Tecnicamente, o primeiro a ver o continente então desconhecido foi Bellingshausen, que navegou ainda mais ao sul do que Cook, e avistou gelo sólido, embora curiosamente sua conquista tenha sido obscurecida por acreditar-se que ele não teria visto terra de fato. E foi John Davis, em 1821, quem primeiro pisou em terras antárticas.

Ao final do século XIX ocorreram várias expedições científicas e para explorar a geografia da região. Exploradores como Gerlache, Scott, Bruce, Shackleton e Amundsen ficaram famosos. O primeiro a chegar ao Polo Sul geográfico foi o norueguês Roald Amundsen no verão de 1911–1912, para a frustração dos britânicos que, empreendendo expedição para fincar a bandeira da Grã-Bretanha na frente, acabaram todos os seus integrantes – Scott, Oates, Evans, Bowers e Wilson – mortos ao retornar para o acampamento-base.

Desde então a Antártica não mais deixou de ter um holofote voltado para si pelas nações do mundo! E uma das histórias mais fascinantes que marca o período do desbravamento do continente é a do irlandês Ernest Shackleton, em 1914, que pretendia cruzar a pé todo o continente gelado a partir do mar de Weddell, onde deixaria sua embarcação, o Endurance, até o mar de Ross, onde seria resgatado por outro navio, o Aurora. No entanto, o Endurance ficou aprisionado no gelo do mar de Weddell e naufragou. Shackleton e seus homens tiveram tempo para abandonar o navio e, a partir daí, empreender uma jornada para o resgate e salvamento de toda a sua tripulação, que sobreviveu integralmente!

Agora, imagine! Se hoje, com toda tecnologia que temos em mãos, atravessar e explorar o continente gelado ainda é um desafio, no início do século XX isso era um feito heroico! Ainda mais em

se tratando de uma região ainda desconhecida e extrema como a Antártica! Não é à toa que *sir* Ernest Schakleton é considerado um dos maiores exploradores antárticos! Quais foram as descobertas científicas das expedições de Schakleton?

## ***27 Como a caça aos pinípedes na Antártica e oceano Austral afetaram suas populações?***

Os pinípedes são um grupo de mamíferos marinhos que compreendem as focas, lobos, leões e elefantes-marinhos, além da morsa (mas esta habita apenas o Ártico). Foram os primeiros animais a serem caçados comercialmente nas regiões subantártica e Antártica até níveis de quase extinção, e em algumas ilhas foram extintos. E como esta história começou?

O primeiro navio em 1786, caçando nas ilhas Malvinas/Falklands, retornou ao porto de Boston, nos Estados Unidos, com uma carga de 13 mil peles de lobos-marinhos. Em 1790, outro navio também caçando em águas subantárticas retornou a Londres com uma carga de quase 140 toneladas de óleo provindo de pinípedes. Com essa fama, entre 1793 e 1799 já havia 60 navios engajados na caça ao lobo-marinho-antártico e ao elefante-marinho-do-sul no oceano Austral (na época, conhecido como oceano Austral).

A ilha Geórgia do Sul, habitada majoritariamente por ingleses e noruegueses, tornou-se o centro da indústria de caça a esses animais. Infelizmente a caça foi exterminadora, reduzindo as populações dessas espécies quase à extinção. Os caçadores fizeram tão bem seu trabalho, que no início de 1802 já haviam contabilizado 1 milhão e 200 mil lobos-marinhos caçados desde quando eles se estabeleceram nessas ilhas, sobrando pouquíssimos animais. Logo após os lobos-marinhos, o mesmo destino tiveram os elefantes-marinhos-do sul.



Lobo-marinho-antártico. (Manuela Bassoi)

Com o declínio dessas fontes de lucro, devido à drástica redução das populações daqueles animais, e a melhoria dos navios, inicia-se outra fase. A partir de 1819, os navios avançam e descobrem novas terras para caçar, a Península Antártica. O primeiro navio chegou às ilhas Shetland do Sul com praias repletas de lobo-marinho-antártico. Em apenas 16 dias, o navio americano *Hersilia* capturou nove mil lobos-marinhos. E assim continuou a mesma saga, e no início de 1822 já haviam contabilizado a morte de 300 mil adultos e pelo menos mais 100 mil fêmeas com seus filhotes.

Nessa era, elefantes-marinhos mesmo com populações menores que lobos-marinhos, também foram caçados até quase a extinção, principalmente na ilha Elefante. Em outras ilhas mais ao norte do Atlântico (zonas temperadas) como Tristão da Cunha e ilha de Santa Helena, as populações de elefantes-marinhos-do-sul foram completamente extintas antes de os caçadores chegarem ao oceano Austral.

No entanto, os caçadores não desistiram, e continuaram navegando para encontrar outras terras cheias daqueles animais. Foi então que ainda em 1822 descobrem as ilhas Orcadas do Sul, a leste da Península Antártica. O primeiro navio que conseguiu chegar perto da ilha, matou cerca de 4.400 lobos-marinhos em uma única viagem. E assim continuaram também até exterminarem comercialmente os animais das Orcadas do Sul.

A terceira e última grande fase de lucros com a caça aos lobos e elefantes-marinhos na Antártica aconteceu entre 1870 e meados de 1910. Contudo, nos últimos dez anos já havia começado um forte declínio no número de navios dedicados a essa caça devido ao baixíssimo número de animais encontrados. O último registro de caça do lobo-marinho-antártico foi de 800 animais no ano de 1927 na ilha subantártica Bouvet. A caça ao elefante-marinho-do-sul somente cessou completamente em 1964.

E nos dias de hoje? Atualmente, mais de 50 anos sem caça, o elefante-marinho-do-sul possui a maior parte de suas populações praticamente recuperada, sendo a maior delas nas ilhas Geórgia do Sul. Entretanto, três regiões vêm demonstrando uma queda nas populações desde as últimas três gerações dessa espécie, e os motivos ainda não são conhecidos. Também a maioria das populações de lobo-marinho-antártico está praticamente recuperada.

Contudo, como essas espécies sofreram severa exploração, levando muitas populações à quase extinção, mesmo com a sua recuperação a diversidade genética é baixa, o que os torna mais vulneráveis a doenças e alterações no ambiente. Apesar de não haver mais a ameaça da caça, agora estes pinípedes têm de enfrentar outras ameaças. E como você acha que essas espécies podem ser afetadas pelas mudanças climáticas? E a poluição, principalmente os microplásticos, como podem estar afetando esses animais mesmo em regiões tão distantes?

## ***28 As baleias-azuis do Hemisfério Sul estão em risco de extinção?***

Na região Antártica a baleia-azul é circumpolar, ou seja, é encontrada ao redor de todo o continente, e costuma se distribuir em águas mais afastadas da costa (águas oceânicas). No entanto, as baleias-azuis não são observadas com muita frequência na Antártica e oceano Antártico (hoje, oceano Austral), pois sua população nessas

áreas foi reduzida a aproximadamente 1–3% do que era originalmente, em virtude da intensiva caça comercial no passado.

Diferente do que muita gente pensa, não era a carne desses animais a principal fonte de lucro, mas, sim, sua gordura, *blubber* em inglês. A gordura destes animais era uma das principais fontes de óleo para energia e luz de muitas cidades europeias e norte-americanas, servia também como lubrificante, para cozinhar, confecção de sabão e cosméticos, entre outros.



Baleia-azul no Oceano Austral, próximo às Ilhas Geórgias do Sul. Agradecimento: Southern Right Whale Project/British Antarctic Survey/UK. (Manuela Basso, 2020)

Em 1904 a primeira estação baleeira se instala na ilha Geórgia do Sul (região subantártica), e logo em seguida outras companhias inglesas e norueguesas também vieram e assim começa o extermínio das populações locais de várias espécies de baleias. As primeiras a serem abatidas eram obviamente as baleias-franca-do-sul pois além de lentas e mais costeiras, possuem uma espessa camada de gordura (uma das maiores dentre as baleias). A população de baleia-jubarte então é a segunda espécie mais caçada e em 1915 com um total de 18.557 jubartes abatidas, praticamente teve sua população comercialmente extinta ao redor Geórgia do Sul.

Com a diminuição das baleias-franca e jubarte e com avanços tecnológicos dos navios, mais velozes e com melhores arpões, começa então a caça às grandes baleias-azuis. Os navios não ficam

mais somente ao redor das ilhas com as estações baleeiras e começam a caçar em outras áreas da Antártica e oceano Austral. Além disto, com a invenção dos navios-fábricas onde não era mais necessário levar os animais para as estações costeiras, tinham muito mais autonomia para expandir as áreas de caça.

Entre os anos de 1920 e 1940 acredita-se que foram exterminadas em torno de 360 mil baleias-azuis. E somando todas as espécies desde o início em 1904, a indústria baleeira matou aproximadamente 2 milhões de baleias em todo o oceano Austral. Com esse cenário e a crescente exploração sem limites, motivou-se a criação de uma Comissão Baleeira Internacional (IWC) em 1946, com o objetivo de regulamentar o desenvolvimento desordenado da indústria baleeira. Infelizmente, apesar dos esforços da IWC, a caça às baleias trouxe um cenário devastador, levando muitas espécies à quase extinção, como a baleia-azul que como já mencionado estima-se que sobraram somente entre 1–3% da população original.

Em 1982 a IWC estabelece uma moratória de caça às baleias em todos os oceanos. Assim, a partir de 1986, foi proibida a caça comercial! A moratória foi realmente foi uma vitória para as baleias. Contudo, a recuperação das populações de baleia-azul, assim como de outras espécies é muito lenta, pois sua gestação demora quase um ano, somente um filhote por vez e o cuidado maternal pode ser de seis meses a um ano.

Mas algumas pesquisas evidenciam um crescimento anual no oceano Austral dessas baleias de cerca de 8%, mas não para todas as populações. Outras espécies de baleias, como a jubarte e a franca, parecem estar se recuperando mais rápido do que a baleia-azul. Por isto a baleia-azul continua como uma espécie classificada de “criticamente ameaçada” pela IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza). Além disso, elas sofrem uma outra ameaça, também provocada pelo homem: as mudanças climáticas. As mudanças climáticas podem afetar diretamente o principal alimento destas baleias no oceano Austral, o *krill*.

E como você acha que o *krill* é afetado pelas mudanças climáticas? E o que você acha que poderia acontecer com menor disponibilidade de alimento para as baleias-azuis?

## 29 Quem foi Shackleton?

Considerando o tema deste livro, não é muito difícil imaginar que ele foi um cara importante na história das regiões polares, não é? Pois bem, é isso mesmo! Ele foi um grande explorador antártico e liderou três expedições por lá.

Entre 1907 e 1908, Ernest Shackleton liderou uma expedição chamada Nimrod que tentava ser a primeira a atingir o Polo Sul geográfico. Para sua infelicidade, a comida no seu trenó estava acabando justo quando faltavam menos de 155 km para chegar em seu destino. Por isso, a expedição teve de retornar. E aí, anos depois, outro explorador, um norueguês chamado Roald Amundsen, chegou ao Polo Sul primeiro, em 1911.

Será que isso fez de Shackleton um dos grandes perdedores da história das regiões polares? Longe disso! Apesar de não ter sido o primeiro a atingir o Polo Sul geográfico, sua história com certeza é uma das mais impressionantes, você pode imaginar por quê?

Ele queria ser o primeiro homem a conquistar alguma coisa, então, planejou cruzar o continente antártico inteiro, de uma ponta à outra, passando pelo Polo Sul. Ah, um pequeno detalhe: estamos falando de 1914, portanto ele não tinha como cruzar o caminho pelo gelo com um carro, uma moto de neve ou qualquer outro veículo. O plano, então, era usar trenós puxados por cães!

Para organizar tudo isso, ele precisaria de muito, mas muito dinheiro mesmo. Só que como ele era um cara bem conectado, acabou conseguindo várias doações de pessoas ricas e importantes e também do governo britânico, que tinha muitos interesses científicos no continente. Vamos ao que interessa...

Em agosto de 1914, a Expedição Transantártica Imperial, liderada por Shackleton, partiu da Inglaterra, no navio *Endurance* em direção aos mares do sul. Foram meses entre os preparativos e a viagem. O plano era que, depois de chegarem na Antártica, Shackleton, juntamente com uma parte da tripulação e com os cães, atravessassem o continente e, então, fossem resgatados pelo navio *Aurora* do outro lado do continente, no mar de Ross.

Foi na segunda quinzena de janeiro de 1915, que as coisas começaram a dar errado. A pouco mais de 300 km de distância de seu objetivo, o *Endurance* ficou preso em meio ao gelo e não conseguiram seguir adiante.

*Shackleton e a tripulação tentaram por mais de um mês quebrar o gelo para liberar a embarcação. No final de fevereiro, perceberam que os esforços eram inúteis. O problema era que o inverno antártico, que dura de março a outubro, se aproximava. Isso significava que o gelo só iria aumentar e que teriam de passar o inverno todo naquela situação: em um barco preso a uma enorme camada de gelo. Era isso. Não tinha outro jeito.*

Após 10 meses nessa situação, o fim do inverno começava a se aproximar e a temperatura caía ainda mais. Em 16 de outubro de 1915, Shackleton decidiu que era hora de ligar as caldeiras do *Endurance* novamente e tentar passar pelo gelo à força. O esforço foi em vão e, para piorar a situação, a pressão do gelo acabou danificando o navio, fazendo com que a água congelante começasse a entrar. A tripulação trabalhava exaustivamente para bombear água para fora, e após três dias perceberam que era inútil. No dia 27 de outubro juntaram o máximo de itens que puderam em três barcos salva-vidas e abandonaram o navio. Estavam todos agora à deriva em um imenso campo de gelo.

Depois de quase um mês acampados no gelo marinho, viram o *Endurance* sucumbir e submergir nas profundezas das águas geladas. O frio era intenso e a situação estava ficando cada vez pior, pois os mantimentos também estavam acabando. No final de janeiro, outro problema começava a assombrá-los. O gelo marinho onde estavam acampados começou a derreter e precisaram mudar todo o acampamento. Com os mantimentos acabando, foi necessário tomar a difícil decisão de abater os cães, pois não poderiam mais alimentá-los.

No início de abril, o gelo estava derretendo tanto que já era possível navegar por alguns trechos com os barcos salva-vidas. Shackleton decidiu que era hora de partirem. Levou seus homens até a ilha Elefante e de lá partiu em direção à ilha Geórgia do Sul, a bordo do barco salva-vidas *James Caird*, com mais cinco homens,

em busca de ajuda. As chances de conseguirem chegar eram muito pequenas. Após duas semanas navegando, Shackleton e seus homens chegaram à Geórgia do Sul. Mas havia outro problema: eles chegaram do lado errado da ilha, com grandes rochas, picos perigosos e muito gelo. Parecia impossível de atravessar esse terreno e chegar até a parte da ilha que era habitada. Eles não tinham outra opção, pois o barco, que tinha sobrevivido por duas semanas no mar tortuoso, não aguentaria mais uma viagem.



*Endurance afunda completamente na Antártica. (Royal Geographic Society, 2015)*

*Shackleton e mais dois homens partiram, enquanto os outros esperaram o resgate. E mais uma vez o quase impossível aconteceu! Depois de 36 horas caminhando e escalando montanhas muito íngremes, cansados, com fome, sede e sem equipamentos, avistaram trabalhadores da estação baleeira norueguesa e puderam, finalmente, pedir ajuda.*



Shackleton e os homens que viajaram até a Geórgia do Sul estavam a salvo, e agora precisavam resgatar os homens que esperavam na ilha Elefante. Foram várias tentativas de chegar até lá, pois o caminho era muito complicado e precisavam retornar.

Foi em 25 de agosto de 1916, dois anos após partirem da Inglaterra, quando o piloto chileno Luiz Pardo conseguiu chegar à Ilha Elefante e resgatar toda a tripulação do *Endurance*. História impressionante, não é mesmo? O que mais será que você consegue descobrir sobre ela?

## 30 Qual é a temperatura média da água na Antártica?

Um banho gelado pode ser bem agradável no calor! Agora, imagine um banho no gelo antártico! Claro que simplesmente mergulhar em águas tão frias, com temperaturas abaixo de zero, não é o caso de apenas coragem (e muita!), pois uma ação dessas sem o devido preparo coloca em risco nossa saúde e até mesmo nossa vida! Por isso é importante usar roupa apropriada para se aventurar em águas polares. E não estou falando de uma roupa de mergulho como aquela que usamos em condições padrão de temperatura, mas de roupas realmente especiais capazes de “segurar” a temperatura do nosso corpo e, portanto, garantir que não soframos de hipotermia, por exemplo. As chamadas roupas-secas.

Assim, o grande desafio é, além da coragem, manter-se vivo para contar a história! Sem esses cuidados, e a depender da temperatura da água na hora do mergulho, o mergulhador poderia morrer em questão de minutos! Essa roupa especial precisa ter camadas isolantes, capazes de impedir a perda da temperatura corpórea. Caso isso ocorra, o mergulhador pode apresentar hipotermia – perda de calor corporal, com redução da temperatura corporal para abaixo de 35 °C, podendo atingir condição severa se for abaixo de 30 °C – com redução da velocidade dos batimentos cardíacos, ter uma

parada cardíaca e, conseqüentemente, morrer. Nesse processo, pode-se perder a consciência, desmaiar e se afogar.



Mergulhador em águas antárticas interagindo com uma água-viva em McMurdo. (Henry Kaiser, 2004)

Você pode estar se perguntando: como os animais que habitam águas tão geladas sobrevivem sem congelar? Pois é, este é um dos motivos pelos quais pesquisadores aventuram-se para estudar essas criaturas tão peculiares e incríveis! Grande parte dos animais polares possuem, em sua constituição, proteínas com uma estrutura tal que os habilita a viver neste meio sem congelar, impedindo a formação de cristais de gelo no sangue. E a temperatura das águas antárticas pode chegar a  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ !

Como você já sabe, uma das conseqüências das mudanças climáticas é o aquecimento global. Se as águas polares tiverem um aumento da temperatura, esses animais já adaptados ao frio terão tempo e oportunidade de se readaptar?

## 31 Qual é a altitude média da Antártica?

Muitas imagens da Antártica são tiradas de imagens aéreas e de satélite e mostram um continente coberto de neve e gelo, fazendo a Antártica parecer um lugar plano.

É claro, a essência da Antártica é a cobertura de gelo. O gelo se acumulou ao longo de milhões de anos e cobre mais de 99% do território, se fosse devolvido ao oceano, aumentaria o nível global do mar em cerca de 60 m. É essa camada de gelo, com uma espessura média de 2.160 m que faz da Antártica o continente com maior elevação da Terra. Esse gelo é 90% de todo o gelo do mundo e concentra 70% de toda a água doce do Planeta.



Geleira na Marian Cove. (Francyne Elias-Piera)

A Antártica é composta por duas partes principais e geologicamente distintas, ligadas por uma vasta camada de gelo. A Antártica Oriental, o maior dos dois, é um pouco maior que o Brasil e é composto por uma crosta continental coberta por uma camada de gelo que tem em média 2.500 m de espessura. A Antártica Ocidental, a porção menor, é um mosaico de pequenos blocos de crosta continental, cobertos por um manto de gelo, e uma cadeia montanhosa andina formando a Península Antártica. Uma parte do manto de gelo da Antártica Ocidental está 2.400 m abaixo do nível do mar. Essas duas camadas de gelo cobrem quase 2,4% dos quase 14 milhões de km<sup>2</sup> da Antártica. Em seu ponto mais espesso, o manto de gelo tem 4.776 m de espessura.

Sem a cobertura de gelo, a Antártica seria um dos continentes de menor elevação da Terra. Porém, não é esse o caso e o Polo Sul está localizado a uma altitude de 2.800 m. A maior elevação na Antártica é o Monte Vinson, com um pico de 4.892 m. O continente é três vezes mais alto que qualquer outro do Planeta.

Não é por suas montanhas altas que a Antártica é conhecida como o continente mais alto da Terra, é por causa da altura do continente mais a espessura da camada de gelo.

A altitude do manto de gelo antártico é um dos motivos da temperatura média ser bem inferior lá do que no Ártico, fazendo da Antártica o lugar mais frio da Terra. Embora o Ártico tenha algumas áreas de grande altitude (por exemplo, no manto de gelo da Groenlândia), elas representam uma pequena proporção de sua área total. As temperaturas no Ártico estão aumentando duas vezes mais rápido do que no resto do globo, enquanto a Antártica está se aquecendo a uma taxa muito mais lenta. Uma possível causa para o aquecimento acelerado do Ártico é o derretimento do gelo marinho da região, que reduz a área gelada e branca e que reflete diretamente a luz do sol de volta para o espaço. Agora, com mais águas do oceano expostas, mais radiação solar é absorvida pelo Ártico.

Pensando no derretimento da neve que está em cima do solo, será que esse derretimento vai agravar o aquecimento?

## ***32 Qual é a velocidade dos ventos na Antártica?***

Que o vento é o ar em movimento, a gente já ouviu na escola. E você sabia que a Antártica é a região com os ventos mais fortes do planeta?

Vamos lembrar o que gera o vento: o ar se desloca de zonas de alta pressão atmosférica para outra de baixa pressão. Dependendo desta diferença de pressão entre as zonas (se maior ou menor), o vento pode apresentar diferentes velocidades. Assim, fica mais fácil

entendermos o porquê de ventos mais ou menos fortes (ou seja, que atingem maiores ou menores velocidades) em diversas regiões.

Na Antártica existem ventos que se movem do platô do manto de gelo para a costa pela ação da gravidade. Como assim? Os ventos são gerados no interior do continente, mais especificamente nos grandes platôs (planaltos) de gelo, e se tornam mais intensos à medida que avançam em direção à costa. Isso ocorre porque o ar a superfície do manto de gelo é tão frio que ele fica mais denso. Durante o deslocamento, esses ventos, chamados de catabáticos (ventos que se deslocam de uma região mais alta para uma mais baixa), alcançam as regiões costeiras como ventos de furacão, podendo atingir mais de 300 km/h! É vento de carregar qualquer um, e qualquer coisa! E esses ventos ganham velocidade conforme se aproximam da costa.

Os ventos catabáticos são responsáveis por gerar na atmosfera uma camada de ar muito seca, que pode chegar a 1 km de espessura. O interessante é que, ao nevar, o cristal de neve, por causa do movimento do vento, sofre sublimação, isto é, esse cristal passa do estado sólido diretamente para o gasoso. E claro que isso tem influência na quantidade de neve que se acumula. Estudos indicam que cerca de 17% da neve é sublimada pelo vento (ou seja, passa para o estado gasoso e não chega ao solo!), podendo chegar, em determinadas regiões antárticas, a 35%! Esta é a porcentagem de neve que não se acumula no solo, porque desaparece antes disto!



Energia eólica na baía do almirantado na Ilha Rei George. (Amanderson, 2019)

Uma coisa é certa: não dá para encarar um vento desses, ou o vento nos carrega junto! De fato, ventos muito fortes são impeditivos até mesmo de nos deslocarmos, sob pena de sermos derubados! Para os cientistas, dia de vento, dia de trabalho interno, dentro da estação, ou da barraca, ou do refúgio! Mas como será que se trabalha em condições tão extremas?

### ***33 A Antártica aumenta e diminui de tamanho?***

Muita gente pensa na Antártica como um grande bloco de gelo espetado no Polo Sul geográfico (lembre-se de que o Polo Sul é apenas um ponto no continente!), uma enorme massa branquinha que vez por outra desprende um pedaço e vira notícia na televisão. E talvez por este motivo – um pedaço de gelo que desprende aqui e acolá – muitos acabam tendo a impressão de que a Antártica altera o seu tamanho por causa disto. Faz sentido? Bem, tem a sua lógica, até porque muitos destes pedaços que se desprendem do continente gelado são realmente enormes, podendo atingir quilômetros de comprimento! No entanto, a pergunta que não quer calar é: será que, por isto, podemos de fato dizer que a Antártica tem diminuído?

Vamos por partes: a Antártica, sim, perde os seus pedaços de vez em quando, e pedaços dignos de nota, diga-se de passagem! Por exemplo, em Maio de 2021 foi noticiado o desprendimento de um pedaço de gelo flutuante considerado naquele momento o maior iceberg do planeta! Batizado de A-76, este iceberg teria cerca de 170 quilômetros de comprimento por 25 de largura! Agora vá até um mapa-múndi e localize a ilha de Maiorca, da Espanha; este iceberg é maior do que esta ilha! Daí vamos pegar o gancho para a segunda pergunta: por que razão estes desprendimentos acontecem? Apesar de muito da configuração do planeta como conhecemos hoje estar sendo alterada pelas mudanças

climáticas que estamos promovendo com o desequilíbrio da relação homem-meio ambiente, este fenômeno, segundo cientistas, é resultado de um ciclo natural. Ou seja: vez por outra estes icebergs desprendem-se mesmo, como parte do ciclo da sua formação. Então podemos dizer que o aumento do nível do mar causado pelo derretimento desses icebergs é natural, e que este aumento vai acontecer independente da relação nociva que estabelecemos com o meio ambiente?

*Bem, primeiro vamos corrigir a pergunta: o derretimento desses icebergs não promove o aumento do nível do mar. Pense na sua bebida com pedras de gelo; ao derreterem, estas pedras não aumentam o nível de líquido no seu copo porque o volume do gelo dentro do copo já estava ocupado! O que acontece é que, derretendo, este volume passa a ser ocupado pela água em seu estado líquido! O que realmente altera o nível do mar é o derretimento de geleiras, por exemplo, pois estas estão em terra e, assim, quando estas massas de gelo se deslocam para o mar, há uma elevação do seu nível. E aí sim podemos relacionar este fenômeno como algo provocado pelas mudanças climáticas!*

Voltemos, no entanto, à nossa questão inicial: a Antártica diminui de tamanho por causa destes desprendimentos, e seu tamanho se altera ao longo do tempo? Na verdade, o que o aquecimento global reduz é a camada de gelo deste grande continente branco, e como 99,7% da Antártica é constituída por gelo, podemos dizer que parte da sua extensão tem sido reduzida. Acontece, no entanto, que algumas pesquisas já apontaram que este degelo pode ser compensado por ganhos em se tratando de mais neve acumulada no continente, já que temperaturas mais quentes podem ocasionar mais neve durante o ano. De qualquer forma, independente de um cenário mais otimista ou pessimista defendido por diferentes pesquisas, o que parece ser unanimidade é que será preciso adotar, a médio e longo prazo, medidas flexíveis que nos permitam adaptarmo-nos a um panorama que coloque em xeque as cidades litorâneas, por exemplo.

O que temos, de fato, e como parte de um ciclo natural, é que, apesar desta perda de gelo provocada pelas mudanças que observamos, o que nos dá a impressão da Antártica aumentar e diminuir de tamanho anualmente é algo totalmente diferente, o aumento natural da extensão de gelo no mar no período do inverno, que diminui durante o verão. Entre estas estações o mar congelado chega a aumentar de 2 milhões de km<sup>2</sup> para até 20 milhões de km<sup>2</sup>! Inclusive é durante o verão que as pesquisas são realizadas no continente pela viabilidade de acesso às praias, em caso de lançamento de acampamento, favorecendo a aproximação dos navios para permitir o desembarque de pessoas (cientistas e alpinistas) e equipamentos. Logo, vale destacar que o continente não varia seu tamanho, apesar da extensão de mar congelado apresentar uma senhora variação de área ao longo das estações! Será que você imagina como seríamos capazes de atravessar o mar congelado?

## 34 *Há vegetação na Antártica?*

Sim, há vegetação! A Antártica não é só gelo e toda branca, ela tem um verdinho perdido por lá. Mas as plantas que existem lá hoje em dia, não são árvores, são plantas rasteiras, as únicas que conseguem sobreviver às condições extremas da Antártica e à baixa quantidade de luz solar durante alguns meses.



Vegetação em Deception Island, Antártica. (Sílvia Dotta, 2018)

Além disso, são poucos os locais em que a terra está exposta para o crescimento de alguma vegetação. Menos de 1% da Antártica não tem gelo, são lugares que ficam, principalmente, na Península Antártica e nas ilhas. Então, no entorno da estação de pesquisa brasileira, a Estação Antártica Comandante Ferraz, é possível ver vegetação.

A flora terrestre da Antártica é constituída, basicamente, por vegetais criptogâmicos, como as briófitas (como os musgos), que não tem raízes, mas possuem o que chamamos de rizóides, estruturas para fixar a planta no solo ou até na rocha.

As briófitas podem ser subdivididas em dois grandes grupos taxonômicos: as *Marchantiophyta* (as hepáticas), representadas por 22 espécies, e as *Bryophyta* (os musgos), que são os mais conhecidos e abundantes na Antártica, havendo, atualmente conhecidas, 116 espécies diferentes de musgos.

Os musgos parecem cobertores que cobrem o solo e são usados pelos animais para descansar ou até para fazer ninhos. São nesses campos de musgos que as aves skuas muitas vezes descansam.

Os líquens também são encontrados e são os que apresentam a maior biodiversidade nos ecossistemas de áreas de degelo da Antártica, tendo importante contribuição na composição florística nas áreas de degelo. Vale registrar que líquens não são plantas, mas, sim, fungos.

Existem também duas plantas com flores, como as *Magnoliophyta*. São representadas por duas espécies nativas: uma da família *Poaceae*, a *Deschampsia antarctica*, e a outra pertencente à família *Caryophyllaceae*, que é a *Colobanthus quitensis*.

Na Antártica também existe uma espécie de grama anual invasora, a *Poa annua*, nativa da Europa e comum no Brasil como invasora de cultivos de inverno. Ela é muito resistente ao frio, por isso, está bem adaptada ao clima antártico.

Há ainda algas verdes que são plantas. Elas podem estar presentes nos lagos, solo, mar, neve ou gelo. Elas podem causar aquelas mudanças de cor na neve.

E, sim, até essas plantas estão sofrendo com o aquecimento. Mas nesse caso, a população está aumentando, porque está ficando mais

quente e há mais lugares sem gelo para elas se reproduzirem. Nos últimos 50 anos, o aquecimento global já derreteu neve e gelo em áreas de clima mais ameno da Península Antártica e abriu espaço para rochas nuas que agora estão cobertas de musgos.

Pois é, o aumento da população também é sinal de desequilíbrio ambiental, devemos sempre estar atentos aos nossos atos para não afetar o meio ambiente, inclusive da Antártica. Nós sabemos disso, pois existem muitos estudos que conseguem comparar a quantidade de musgo e sua taxa de crescimento atual com as de antigamente. A taxa de crescimento de musgos está quatro a cinco vezes mais alta do que era na década de 1950. O problema é que quanto mais “verde” alguns pedaços da Antártica ficam, mais quente esses lugares vão ficando e isso ajuda ainda a derreter mais gelo, favorecendo o estabelecimento de novas espécies invasoras. É um ciclo sem fim.

Na sua opinião, por que a Antártica ficando verde vai aquecer ainda mais o planeta?

## ***35 Como nossas ações interferem nas mudanças climáticas?***

O mundo é dinâmico: tudo muda o tempo todo, e nada do que foi será (lembrando a maravilhosa música de Lulu Santos). Claro que nem toda mudança é positiva, e muitas delas independem de nossas ações. Há, no entanto, aquelas que estão diretamente ligadas à forma como nos relacionamos com o mundo, e que terão consequências, portanto, no modo como o mundo responde às nossas ações. Essas mudanças são chamadas de antrópicas (do grego *ánthropos* = homem, relativo aos efeitos da ação do homem sobre o ambiente natural), e, infelizmente, acabamos sofrendo os resultados de nossas próprias ações sobre o mundo.

Nossa maior contribuição para as mudanças climáticas é relativa ao aumento de gases de efeito estufa (GEE), quando alteramos a

composição química da atmosfera a partir do desequilíbrio criado pelo aumento da emissão de aerossóis, por exemplo, que se acumulam e intensificam o efeito estufa. Esses gases, principalmente o dióxido de carbono –  $\text{CO}_2$ , uma vez acumulados na atmosfera, funcionam como um obstáculo para a dissipação da radiação infravermelha que é emitida pela Terra para o espaço, o que aumenta a temperatura global.



Pinguins-imperadores no gelo antártico. (Nature Antarctica, 2008)

Esse efeito, regulado pela natureza, é benéfico, pois imagine só se não houvesse uma camada de gases recobrando a superfície do planeta e que evitasse que todo o calor emanado superfície se perdesse! O planeta poderia se tornar tão frio que a manutenção da vida ficaria comprometida! Na verdade, a temperatura da superfície da Terra seria cerca de  $30^\circ\text{C}$  mais baixa (ao redor de  $-15^\circ\text{C}$ ). No entanto, a partir do desequilíbrio que provocamos pela relação desordenada e caótica que estabelecemos com o meio em que vivemos, esse efeito é aumentado e acaba também nos afetando. Afinal, estamos sofrendo com o calor excessivo e que aumenta gradativamente a cada ano, não é mesmo?

Na medida em que desregulamos a queima de combustíveis fósseis por veículos, construção civil, indústrias e até mesmo uso residencial, empreendemos desmatamentos e queimadas, privilegiando a agropecuária em detrimento de um uso sustentável do meio ambiente, dentre outras ações, favorecemos desequilíbrios perigosos que fatalmente irão se reverter contra nós mesmos.

*O aquecimento global, aumento da temperatura média tanto da atmosfera quanto dos oceanos, produz efeitos diretos no derretimento das geleiras e, conseqüentemente, no aumento do nível do mar. E, logo, ameaça as comunidades costeiras.*

Segundo estudos feitos por pesquisadores britânicos, o aumento da temperatura atmosférica é o que contribui principalmente para a diminuição do gelo marinho do Ártico, e o aumento da temperatura dos oceanos para o derretimento do gelo antártico. Embora a perda de gelo marinho não influencie diretamente a elevação do nível do mar, ela acaba tendo uma influência indireta nesse processo. O gelo marinho do Ártico tem a função de refletir a radiação solar para o espaço, auxiliando na manutenção da temperatura da região. Com menos gelo marinho, mais energia solar acaba sendo absorvida pela atmosfera e pelos oceanos, o que aquece o Ártico e acelera o derretimento do próprio gelo.

Você deve estar se perguntando o que pode fazer para desacelerar este processo! Podemos, sim, fazer a nossa parte, diminuindo a emissão de gases que contribuem para o efeito estufa, conservando áreas naturais e promovendo o uso sustentável do espaço, diminuindo os efeitos deletérios do desmatamento, substituindo combustíveis fósseis por biocombustíveis, promovendo o uso de energias renováveis sustentáveis (eólica, solar, biomassa, etc.), enfim, nos reeducando para instituir uma relação mais saudável com o meio ambiente onde estamos inseridos! E aí, vamos começar a resgatar o planeta dos desequilíbrios que nós mesmos promovemos? Que ações imediatas você pode ter para reduzir a emissão de gases em sua casa?

## 36 Há poluição na Antártica?

Todo mundo imagina a Antártica bem longe de nós, sem indústria, sem presença humana. Um local preservado, inóspito, prístino, totalmente inalterado e intacto.

Esse local tão puro e intocado só existe na nossa imaginação, porque lá há, sim, muitos contaminantes como chumbo, zinco, agrotóxicos e poluição. Já encontraram até cocaína nas águas e no gelo da Antártica.

Mas como todos esses contaminantes chegam na Antártica se lá não há indústria nem plantação para usar agrotóxico?

Nosso planeta todo está conectado pelo ar e pelo mar. E é assim que os contaminantes chegam em um lugar tão isolado. Os contaminantes em locais mais quentes evaporam e são levados pelo ar até lugares mais frios. Chegando lá, eles se precipitam e se acumulam na neve e nas geleiras. Joe McConnel, do Desert Research Institute em Reno, Nevada, afirmou que a poluição por chumbo chegou à Antártica muito antes de qualquer ser humano chegar ao continente gelado, sendo que esse chumbo provavelmente tenha vindo da mineração de chumbo australiana.

Existe também a influência das aves para levar contaminantes para a Antártica. As aves migram para diferentes locais e se alimentam de peixes. Esses peixes se alimentaram de insetos ou larvas que comeram vegetais que estavam contaminados. Então, esses contaminantes, agrotóxicos, passam de um ser para o outro através da cadeia alimentar. Os agrotóxicos quando são ingeridos vão se acumulando nos animais e vão passando de um para o outro. E, assim, as aves cheias de contaminantes, voltam para a Antártica.

Agora, com a existência das estações antárticas, nós humanos também influenciamos muito na chegada de contaminantes na Antártica. Por mais que exista o Protocolo de Madri, um acordo internacional de proteção ambiental para a Antártica, para que não haja influência e contaminação, as estações geram esgoto, geram resíduos.

Mesmo com todas as regras do Tratado da Antártica ainda podemos encontrar grandes quantidades de lixo pelas praias, incluindo itens de metal, de madeira, óleo e plástico.



Lixo encontrado próximo à Estação Antártica Coreana King Sejong, Ilha Rei George. (Francyne Elias-Piera)

Os pesquisadores usam tratores, navios, botes, energia a diesel e em um local que não deveria ter nada, o mínimo já é grande coisa. Em um ambiente frio e que muda lentamente, os efeitos simples podem durar anos. A matéria orgânica, por exemplo, pode levar décadas para se decompor.

*Os pesquisadores, os turistas, os trabalhadores, os militares, todos utilizam filtro solar, shampoo, sabonete, perfume e mesmo que haja tratamento de esgoto, isso acaba caindo no ambiente e fica na água, no gelo, nos peixes, nas aves, nos mamíferos. Mesmo não querendo, e em prol da ciência, indiretamente o ser humano está destruindo e contaminando a Antártica.*

Em 2017, mais da metade das estações antárticas não tinha sistema de tratamento de esgoto. Muitas já faziam, e fazem, como a estação americana McMurdo: um tratamento biológico para reduzir o esgoto bruto e o desperdício de alimentos antes de despejar tudo no mar. No entanto, nessa mesma estação, eles utilizam um produto químico para diminuir a velocidade de queima e minimizar a emissão de fumaça dos materiais. Porém, esse produto químico é tóxico e já foi encontrado em pinguins, peixes, esponjas e vermes

marinhos que vivem nas proximidades. Os níveis desse produto ali perto da estação americana estão próximos aos de regiões altamente populosas da Europa e dos EUA. A estação americana não é a única que apresenta produtos químicos por perto.

O pior é que alguns contaminantes que estão lá na Antártica congelados, acumulados há milhares de anos, podem começar a aparecer novamente. Com o gelo derretendo, tudo isso vai ser liberado de volta no ambiente.

Você parou para pensar quantos poluentes serão liberados à medida que o gelo antártico vai derretendo? O que será libertado? O que vai acontecer com os animais e com a vegetação?

## *37 O lixo produzido por aqui chega nas regiões polares?*

O plástico está por toda parte: nos celulares, nas roupas, nas embalagens de alimentos, nos potes de cosméticos, nas seringas, nas embalagens de remédios, nos enfeites, no glitter. A maioria dos objetos que usamos hoje em dia é feito de plástico. O plástico foi feito para ser um produto durável e barato, porém, começamos a usar e a jogar fora o que chamamos de plástico de uso único – o plástico da embalagem do shampoo, do salgadinho, da embalagem da revista, os canudinhos, as garrafas PET e os copos descartáveis. É por isso que 60 a 90% de todo lixo gerado no mundo é plástico.

Há também aqueles plásticos que a gente nem imagina, plástico que vem das nossas roupas sintéticas. Essas roupas sintéticas que usamos hoje em dia no frio, ou essas camisetas que usamos que não amassam tanto, são feitas de fibras de plástico. Essas roupas quando são lavadas, possuem um desgaste natural liberando fiapos – fibras de plástico – que vão parar no esgoto. E como todo esgoto vai dar no mar, essas fibras também vão parar lá. E como todos os oceanos estão conectados através das correntes marinhas, tudo o que fazemos aqui no Brasil, pode ir parar nas regiões polares.

No oceano, existem lugares onde as correntes marinhas se encontram e formam o que chamamos de vórtices oceânicos. Os maiores estão no Pacífico Norte e Sul, no Atlântico Norte e Sul e no Índico, e existem dois menores nas regiões polares. Nesses vórtices, existem as ilhas de plástico, onde está uma enorme concentração de lixo plástico e microplástico.

*Microplásticos são pequenos fragmentos, fibras (têxteis) e grânulos de plástico, com menos de cinco milímetros de comprimento. Existem microplásticos de origem primária que são os pellets, pequenas esferas plásticas utilizadas na fabricação de diversos produtos plásticos. Muito usados em cosméticos. Já os de origem secundária são os microplásticos formados a partir da fragmentação de macrolásticos. Esses são formados pela degradação e quebra do plástico por meio da ação da água (reação química com a água), das ondas, das chuvas, do sol (influência da temperatura), da radiação UV, do vento e de micro-organismos (biodegradação por bactérias).*

Muito desse microplástico já se acumulou no gelo da Antártica e do Ártico. Um estudo feito por pesquisadores do Instituto Alemão Alfred Wegener encontrou até 12 mil partículas de microplástico por litro de água congelada. Porém, o lugar onde mais se encontrou microplástico foi no fundo do mar. Uma pesquisa de 2020 encontrou 1,9 milhões de partículas de microplástico em apenas um metro quadrado. Esse microplástico pode ser ingerido por animais da superfície e do fundo marítimo. Amostras de sedimento e do estômago de animais que viviam a 30 m e a 100–400 m de profundidade na Antártica, estavam todas contaminadas com microplástico.



Microplásticos – fibras sintéticas encontradas no gelo da Antártica. (Francyne Elias-Piera)

Os microplásticos são os principais poluentes do oceano. Os animais os confundem com comida, por isso, são ingeridos pelo zooplâncton, bivalves, peixes e até baleias. Principalmente os animais pequenos, como os do zooplâncton, acumulam essas micropartículas no estômago e podem morrer de inanição por sentirem a sensação de saciedade, sem na verdade estarem se nutrindo. Além disso, como são partículas de plástico, o plástico libera substâncias tóxicas aos animais, algumas podem alterar o sistema hormonal de alguns animais.

No corpo humano já se sabe que essas substâncias têm a capacidade de se fixar na gordura, no sangue e nos fluidos corporais, podendo causar doenças cardíacas, câncer, endometriose, déficit de atenção, problemas neurológicos, baixo QI, puberdade precoce, abortos, acne, obesidade, aumento das glândulas mamárias masculinas, infertilidade e aumento da TPM.

E as partes ruins de produzir e consumir cada vez mais plástico não param por aí. A cada vez que um produto de plástico é produzido as indústrias liberam grande quantidade de gás carbônico na atmosfera. Além disso, o plástico quando vai se degradando no ambiente também produz muitos gases do efeito estufa.

Qual será a relação da diminuição da quantidade de plástico que você gera com as mudanças climáticas?

## ***38 Como as mudanças climáticas podem afetar a migração das aves de regiões polares?***

Todos os anos, o trinta-réis-ártico (*Sterna paradisaea*), uma avezinha preta e branca com pouco menos de 40 cm, realiza um longo voo de norte a sul. Essa ave migra anualmente do Círculo Polar Ártico (Groenlândia) até a Antártica, podendo cobrir distâncias de mais de 70 mil km anualmente, no que pode ser a maior migração

anual conhecida. Como essa, milhares de aves de diferentes espécies deixam seus lugares de origem quando o inverno se aproxima no Hemisfério Norte, principalmente no Ártico, à procura de alimentos e temperaturas mais elevadas no Hemisfério Sul. Das cerca de dez mil espécies que existem no mundo, mais de um terço migra, em maior ou menor grau, o que abrange milhões de aves em busca da sobrevivência.

E como o aquecimento global pode estar alterando este comportamento migratório?

Um estudo divulgado em 2019 na revista *Nature Climate Change* sugere que o aumento da temperatura está fazendo com que as aves migrem mais cedo a cada primavera. De acordo com outro estudo publicado anteriormente em 2018, a primavera está chegando mais cedo em 76% dos refúgios de animais selvagens dos EUA, e extremamente cedo em 49% dos refúgios, em comparação com o início do século 20. Esse avanço afetou ao menos três das quatro rotas de aves migratórias analisadas.



*Sterna paradisae*, conhecida como Trinta-réis-ártico, ou andorinha-do-mar-ártica. (Alaistar Rae, 2004)



Alguns cientistas temem que mudanças nos padrões de migração possam estar também sincronizadas com outras consequências do aquecimento global e que, como resultado, algumas espécies de aves possam sofrer. Por exemplo, outros estudos sugerem que o aquecimento atmosférico também pode estar afetando o momento de florescimento da vegetação de primavera ou a abundância de insetos e outras fontes de alimentos — fatores que podem afetar fortemente a sobrevivência de aves migratórias. Em outras palavras, as alterações no cronograma da estação afetam aves que utilizam o desabrochar da flora como guia e fonte de alimento. Dentre as

aves que têm suas rotas afetadas, nem todas respondem da mesma maneira. As que são perturbadas, no entanto, sofrem com a perda de habitat e de sincronia entre a viagem migratória e o calendário das estações.

Infelizmente ainda existe um outro problema levantado por estudiosos. Essas aves migratórias já mostram os primeiros sinais de que as alterações climáticas do planeta estão as obrigando a mudar, fisicamente, para poder sobreviver a temperaturas mais quentes e a um clima instável. Um monitoramento realizado por pesquisadores americanos (*Ecology Letters*) ao longo dos últimos 40 anos revelou que aves migratórias da América do Norte estão “encolhendo” por causa do aquecimento global. O tamanho menor pode permitir que os animais percam o calor do corpo mais rapidamente conforme o clima esquenta, sugerem os pesquisadores.

Os cientistas destacam que aves migratórias, que percorrem longas distâncias, possuem uma demanda energética extrema de voar milhares de quilômetros e que esse comportamento moldou sua morfologia – forma e estrutura – para um voo eficiente. Agora, elas passam por uma evolução natural para poder enfrentar as mudanças provocadas pelo ser humano no clima do planeta.

E você, acha que essas alterações físicas e de comportamento tão rápidas podem ajudar as aves migratórias de alguma maneira? Ou esses animais não terão tempo suficiente para se adaptar às mudanças provocadas pelo aquecimento global?

## ***39 Como as mudanças climáticas podem afetar as baleias na Antártica?***

Para responder a esta pergunta, primeiro vamos entender o que as baleias comem e o que elas vão fazer na Antártica. As grandes baleias do grupo misticeto, também chamadas de baleias verdadeiras, são aquelas que possuem cerdas bucais (alguns chamam de barbatanas). As cerdas servem como um filtro para se alimentar de

pequenos peixes e crustáceos zooplânctônicos, minúsculos animais que não tem boa capacidade de natação e se concentram em grupos de milhares de indivíduos, excelente para um grande banquete. Logo, quando estas baleias abrem a boca, conseguem se alimentar, em um único evento, de uma grande quantidade de alimento. Pois assim que capturam milhares destes pequenos animais, expõem a água e seu alimento fica retido nestas cerdas, e com a língua a baleia raspa o zooplâncton retido e o engole. Acredita-se que uma baleia-azul possa se alimentar de até 4 toneladas por dia.

Na Antártica, ou oceano Austral, o alimento favorito da maioria das baleias é um pequeno crustáceo planctônico, parecido com um camarão, chamado de *krill* (*Euphasia superba*).



Baleia-jubarte na Península Antártica, Estreito de Gerlache. Projeto INTERBIOTA/PROANTAR. (Manuela Bassoi)

Agora que você entendeu do que as baleias se alimentam e como, vamos entender o que a Antártica ou o Ártico têm a ver com isto.

As baleias são animais migratórios, elas realizam grandes deslocamentos anuais para duas regiões: regiões mais quentes e tropicais para se acasalar, parir e cuidar dos filhotes; e regiões mais frias para se alimentar. Logo, quando é verão, tanto no Hemisfério Sul como no Hemisfério Norte, elas migrarão para as regiões polares de seus respectivos hemisférios somente para se alimentar, pois nessa época essas regiões são riquíssimas em abundância de peixes e zooplâncton. Depois do verão, quando as noites começam a ficar longas, as temperaturas caem, o mar começa a congelar, as baleias migram novamente para regiões mais quentes.

As regiões tropicais são ótimas para terem seus filhotes e amamentá-los, mas muito pobres em alimento para as baleias. São nas regiões polares que esses animais têm de garantir suas reservas energéticas, comendo muito e engordando bastante, para migrarem, acasalarem, as fêmeas parirem e amamentarem seus filhotes, e retornarem novamente para os mares polares.

Podemos dizer que esses animais praticamente comem entre 4 e 5 meses no ano para viver o restante do ano somente com essas reservas.

Você já entendeu a enorme importância de as baleias se alimentarem muito bem durante o período que estão nas regiões polares. Alguns trabalhos científicos já demonstraram a relação de baixa natalidade de baleias-francas na costa do Brasil com um ano de anomalia climática na Antártica. Essa anomalia reduziu bastante a quantidade e abundância do *krill*, o alimento daquelas baleias. Como as baleias-franca não se alimentaram direito, depois não tiveram energia para as fêmeas ficarem grávidas, parirem, ou mesmo amamentar os filhotes, já que para produzir um leite com bastante gordura é necessário muita reserva energética. Viu o problemão de as baleias não se alimentarem direito?

*E o que são essas anomalias climáticas? Estas anomalias provocam um aumento na temperatura do oceano Austral, levando a uma diminuição tanto da extensão dos campos de gelo como da sua duração. Lembra do krill? Pois é, ele adora o gelo e precisa dele para se alimentar e se reproduzir. Portanto, quando há diminuição do gelo, há pouco krill e pouco alimento para as baleias, que por sua vez não conseguirão engordar o suficiente para garantir sua saúde, principalmente para a reprodução.*

E o que as mudanças climáticas têm a ver com isto? Elas podem aumentar bastante a frequência e intensidade dessas anomalias, o que significa que cada vez mais as baleias podem ter esses anos de pouco alimento, e dependendo da quantidade seguida de anos “pobres”, os animais poderão ficar menos saudáveis e mais suscetíveis a doenças e fadiga, e também diminuir a taxa reprodutiva e a natalidade.

Nesse cenário, as populações de baleias poderão ficar seriamente comprometidas, principalmente as espécies que já foram muito caçadas no passado, como a baleia-azul, baleia-franca, baleia-jubarte, e que ainda não recuperaram suas populações originais. E você, o que acha? Será que as espécies de baleias no Ártico enfrentam problemas similares provocados pelas mudanças climáticas?

## ***40 Como as mudanças climáticas afetam a reprodução dos pinguins?***

Se as mudanças climáticas continuarem no ritmo atual, mais de 80% das colônias de pinguim-imperador estarão extintas até o ano de 2100. Na melhor das hipóteses, quase um terço das colônias se tornariam extintas. Isso quer dizer que pode ocorrer uma redução de 31 a 44% de pinguins.

Esses pinguins são especialmente vulneráveis às mudanças climáticas, pois dependem do gelo marinho para atividades vitais como reprodução, alimentação e muda de penas.

Não é qualquer condição de gelo que serve para os pinguins, o gelo precisa ser baixo e plano para ser uma superfície ideal para colocar o ovo e depois criar o filhote. A quantidade de gelo também tem de ser exata: pouco gelo marinho e os pinguins não terão proteção contra predadores e haverá pouco espaço para os filhotes trocarem as penas; muito gelo marinho deixa os pinguins longe da beira da água e assim, eles têm de caminhar muito mais, gastando energia, para encontrar comida no oceano.

A estabilidade do gelo também é crucial. A banquisa tem de ser espessa, estável e precisa permanecer intacta por pelo menos oito ou nove meses. Se o gelo quebrar mais cedo os filhotes terão de entrar na água fria antes de estarem prontos. Os filhotes possuem uma plumagem felpuda que não é à prova d'água nem ajuda a proteger da água fria. Por isso, se o gelo quebrar muito cedo, eles

não estarão impermeáveis e irão morrer de frio e afogados. Se isso acontecer, será um fracasso total na reprodução.

E isso realmente aconteceu em 2016, com uma colônia que vivia na Halley Bay (Baía de Halley). Em torno de 14 mil e 25 mil casais desapareceram de um dia para o outro. Cerca de 8% da população mundial de pinguins-imperadores se reproduziam em Halley Bay. Os pesquisadores viram que os adultos evitaram se reproduzir de 2016 a 2019 ou se mudaram para uma nova colônia, a Dawson-Lambton, 55 km ao sul, pois essa apresentou um aumento de mais de dez vezes no número de pinguins. Os cientistas sabem disso, pois usaram imagens de satélite de altíssima resolução para estimar as mudanças populacionais nos dois locais desde 2009.

Devido à rapidez do aquecimento global, a área coberta por gelo marinho está diminuindo e a estação com esse gelo está sendo mais curta, prejudicando os filhotes e adultos de pinguim-imperador. A perda de gelo marinho leva a uma menor disponibilidade de alimento, aumentando a mortalidade dos pinguins.



Pinguim-de-adélia.  
(Francyne Elias-Piera)



Pinguim-papua.  
(Francyne Elias-Piera)

Outro pinguim que está sendo afetado pelas mudanças climáticas é o pinguim-de-adélia. Ao contrário do pinguim-imperador, o pinguim-de-adélia não coloca ovo nem cria seus filhotes no gelo marinho. Em vez disso, ele constrói ninhos com seixos (cascalhos, pedriscos) nas áreas do litoral da Antártica que são livres de gelo e

neve. E como as temperaturas estão se elevando, o ar está ficando mais úmido, aumentando a quantidade de chuva e neve no litoral. Por isso, as populações de pinguim-de-adélia, não conseguindo encontrar terreno sem neve para nidificação, estão desaparecendo rapidamente. Assim, os pinguins-antártico (ou pinguins-de-barbicha) e pinguins-papua estão tomando as áreas de reprodução do pinguim-de-adélia. Um aumento da temperatura de 1,3 °C colocará em risco 70% dos pinguins-de-adélia.

No entanto, nem todas as espécies de pinguins reagirão do mesmo jeito às mudanças climáticas. Alguns pesquisadores já descobriram que as populações de pinguim-antártico e pinguim-papua são ligadas por nidificarem no mesmo lugar. Eles fazem o ninho, acasalam e colocam o ovo em lugares muito próximos, tendo uma história de vida muito semelhante. Então, enquanto a população de pinguim-antártico diminui, a de pinguim-papua aumenta. Na Península Antártica, a população de pinguim-antártico diminuiu de 30 a 53% entre os anos de 1979 e 2010, enquanto a população de pinguim-papua aumentou seis vezes no mesmo período, substituindo o pinguim-antártico.

Sem os pinguins o mundo será o mesmo? Qual será a importância do pinguim para o mundo?

## 41 Como as mudanças climáticas podem afetar os pinípedes nas regiões polares?

Os pinípedes estão divididos em três famílias: *Phocidae* (focídeos), que inclui as focas e o elefante-marinho; *Otariidae*, os leões-marinhos e lobos-marinhos; e *Odobenidae*, as morsas (somente habitam o Ártico). Na região antártica existem sete espécies desse grupo: a foca-de-weddell, foca-caranguejeira, foca-leopardo, foca-de-ross, elefante-marinho-do-sul, lobo-marinho-antártico e o

lobo-marinho-subantártico. No Ártico há um número maior de espécies, onze: morsa, foca-larga, foca-anelada, foca-da-groenlândia, foca-barbuda, foca-do-porto, foca-cinza, foca-de-capuz, foca-de-bandas, elefante-marinho-do-norte e o lobo-marinho-do-norte.

Como você já deve ter ouvido falar, as mudanças climáticas afetam as regiões polares principalmente pela redução da extensão, duração sazonal e qualidade do gelo marinho. Como a maioria das espécies de pinípedes polares é gelo-dependente, necessita de áreas congeladas para reprodução e cria dos filhotes, descanso, troca da pelagem e proteção de predadores (em especial as espécies do Ártico), esses animais podem estar seriamente ameaçados por uma considerável redução de seu habitat.



Foca-leopardo, Península Antártica. (Manuela Bassoi, 2010)

Muitas espécies também se alimentam de presas associadas ao gelo, como, por exemplo, a foca-caranguejeira na Antártica, que se alimenta principalmente de krill, um crustáceo planctônico (5–7 cm) parecido com um camarão. Como o krill é uma espécie dependente da extensão e duração do gelo na região Antártica para se alimentar e reproduzir, com uma redução do gelo existe a redução dessa importante fonte de alimento para a foca-caranguejeira, assim como para outras espécies de mamíferos e aves marinhas. Além de reduzir sua fonte de alimento, também aumenta a competição com outras espécies.

Estudos realizados no Ártico entre os anos de 1995 e 2016, com focas-aneladas marcadas com rastreadores de satélite, para monitorar o impacto da redução do gelo causado em seu comportamento, demonstram mudanças importantes. Depois de 20 anos com uma redução expressiva do gelo, essas focas passam uma parte significativamente maior do seu tempo buscando alimento perto da área em que as geleiras se encontram com o oceano, pois elas estão mais distantes. Logo, os animais estão gastando muito mais energia, o que reduz seu sucesso reprodutivo, torna-os menos saudáveis e mais suscetíveis a doenças, mais ineficientes para fugir de predadores etc.

*As mudanças climáticas já podem ser consideradas uma ameaça real para muitas espécies de pinípedes, mas a magnitude do problema ainda é desconhecida. E você, o que acha? São as espécies de pinípedes da Antártica ou do Ártico que serão mais afetadas pelas mudanças climáticas? O que o ser humano pode fazer para frear as mudanças e interromper essas ameaças?*

## **42 Como as mudanças climáticas podem afetar a navegação nas regiões polares?**

Como você já deve saber, um dos principais impactos das mudanças climáticas nos oceanos polares é a diminuição da camada de gelo, ou seja, a diminuição tanto da extensão de gelo como do período em que o mar fica congelado. E esse efeito é ainda mais percebido no oceano Ártico.

Esse fenômeno vem alterando as rotas existentes e possibilitando novas rotas de navegação para os navios no Hemisfério Norte, permitindo viagens mais curtas e econômicas e uma navegação cada vez mais frequente entre os portos do Extremo Oriente e a Europa. À medida que o degelo se espalha, os fluxos de navios se aceleram. E estas rotas não alteram somente o cenário do Ártico.

Preparando-se para o impacto dessas novas rotas do Ártico no comércio marítimo mundial, o Canal de Suez foi ampliado e modernizado em 2017 para acelerar o fluxo de navios de maior porte. Além disso, não somente navios quebra-gelos ou polares poderão agora navegar no oceano Ártico, mas também navios comuns, o que aumentará ainda mais o fluxo marítimo nessas regiões. E o problema aumenta, pois além da ampliação na quantidade de navios de passagem, haverá um aumento no número de navios de exploração sísmica, procurando mais reservas de petróleo em áreas que antes não eram possíveis de ser exploradas.

Como você acha que este aumento no número de navios, rotas marítimas e atividade sísmica pode influenciar o ambiente e a vida selvagem no Ártico?

Infelizmente para o planeta e a vida selvagem este não é um bom prognóstico. Para a vida marinha, o aumento no número de navios e principalmente de atividades sísmicas aumenta o ruído em seu ambiente, o que chamamos de poluição sonora marinha. Este aumento da poluição sonora pelo homem representa um problema, sobretudo, para os mamíferos, que usam sons para se comunicar.

Os mamíferos, principalmente os cetáceos (grupo das baleias e golfinhos), usam a percepção auditiva para funções essenciais de seu modo de vida, como a orientação, comunicação, e detecção de presas ou predadores. Esses sons indesejados, ou ruídos, cobrem uma área muito grande, pois o som pode viajar por grandes distâncias subaquáticas, às vezes centenas ou mesmo milhares de quilômetros, potencialmente impedindo os cetáceos, mesmo em regiões mais distantes, de ouvir suas presas ou predadores, encontrar seu caminho, ou conectar-se com companheiros, membros do grupo ou seus filhotes.

A atividade sísmica provoca um dano ainda maior, pois além do ruído a onda sísmica gerada por equipamentos extremamente potentes (canhões de ar comprimido) para detectar petróleo no subsolo marinho, se atingir diretamente um cetáceo ou outro animal marinho pode danificar seriamente vários órgãos, provocar lesões e traumas acústicos. As atividades sísmicas, além de afetar diretamente os mamíferos marinhos, ainda podem impactar as espécies

que servem de alimento para estes animais. Um estudo publicado em 2018 constatou que os menores membros da cadeia alimentar do oceano podem ser mortos por explosões de ar sísmicas.

Descobriu-se que o zooplâncton – principal alimento das baleias – sofreu uma diminuição de 64% a mil metros da explosão. Em resumo, outro dano da atividade sísmica que afeta diretamente as espécies de baleias.

E o problema ainda fica pior, pois com o aumento no número de navios na época de verão onde as baleias estão concentradas nas regiões polares para se alimentar, também aumenta significativamente o risco de colisão com estes animais.

*Como você pode ver, as mudanças climáticas provocam muitos efeitos diretos, indiretos e complexos em nosso ambiente natural e toda sua biodiversidade. Que outros efeitos você acha que podem ser provocados pelos navios e como outros animais podem ser afetados?*

A abertura de novas rotas de navegação no oceano Ártico beneficia a indústria marítima e a “economia mundial”, mas provoca um forte impacto em todo o ecossistema dessas regiões. Só que esses impactos também podem afetar a economia do outro lado, como a diminuição da biodiversidade, da pesca, degradação do meio ambiente, poluição etc. Será que vale a pena? Será que este saldo é positivo?

## **43 Como as mudanças climáticas afetam as populações de pinguins?**

Que os pinguins são adoráveis e, de quebra, símbolo da Antártica, já sabemos! E que seus grupos podem ser bastante numerosos, também não é nenhuma novidade. Quem nunca viu aquelas imagens fantásticas de tantos pinguins no gelo que o próprio gelo fica escondido sob tantos animais? De fato, as populações de pinguins

podem ser muito grandes, chegando a dezenas de milhares de indivíduos. No entanto, as populações de algumas espécies de pinguins na Antártica estão reduzindo drasticamente, e uma das causas apontadas para esta redução é o aquecimento global.

Como é possível sabermos disto? Você deve estar se perguntando se alguém por acaso vai até lá e conta os indivíduos para saber se o número de pinguins diminuiu ou não. A resposta é: sim! Pesquisadores que estudam e monitoram estas aves realizam o censo dos pinguins contando, por exemplo, o número de ninhos e comparando este número com o de anos/décadas anteriores. Contabilizados os números de ninhos ativos (isto é, com filhotes), sabe-se em média quantos pinguins passarão a integrar os grandes grupos já que, com pouco mais de um mês de vida, os filhotes deixam os ninhos e já se aglomeram em “creches”.

Essa pesquisa foi realizada, por exemplo, no ano de 2020 com os pinguins-de-barbicha, considerada uma das espécies mais abundantes da Antártica, e os pesquisadores observaram que, comparando esses dados com a estimativa de 50 anos atrás, houve uma queda de 56% na população. Uma outra pesquisa publicada em 2019 constatou o declínio de populações de pinguins-imperadores ao longo de três anos, e este fato coincidiu com o fenômeno do El Niño mais forte registrado para os últimos 60 anos, além de haver sido reportada, para a mesma época, uma redução drástica na cobertura de gelo. Quando o gelo oceânico se torna mais fraco e quebradiço, ovos e filhotes podem ser transportados, com a quebra dessas áreas, para longe das colônias antes de desenvolverem autonomia para sobreviver.

Uma outra consequência das mudanças climáticas e que comprometem as populações de pinguins é – pasmem – a chuva! Conforme o clima esquenta na Antártica, esse fenômeno passa a ser mais comum. Mas como a chuva pode ser uma ameaça aos pinguins? Na verdade, a chuva acaba sendo uma ameaça não aos adultos, mas aos filhotes que, ao ficarem encharcados, ficam mais suscetíveis a desenvolver hipotermia (ou seja, a temperatura do corpo diminui de forma perigosa), o que pode levar à morte. Temperaturas mais quentes também retêm mais umidade na atmosfera, causando mais

neve, o que, por exemplo, ameaça os pinguins-adélia que procuram por superfícies livres de neve e gelo para criarem seus filhotes.



Pinguins-de-adélia deslocando-se sob as rochas em praia na Antártica. [Jerzy Strzelecki, 2000]

Um outro aspecto é o distanciamento entre as áreas de alimentação e reprodução dos pinguins. Com o aumento das temperaturas o alimento fica cada vez mais distante das áreas onde os pinguins deixam seus filhotes. Como o suprimento de comida é garantido pela Frente Polar Antártica (onde massas de água fria do oceano Austral sem encontram com águas mais amenas vindas do norte) que está se afastando dessas áreas de reprodução, os pinguins, sem autonomia de natação maior do que 700 km, acabam não retornando às crias e as condenam a morrer de fome nos seus ninhos. A redução na quantidade de comida afeta os já mencionados pinguins-de-barbicha e também outras espécies, como os pinguins-papua, vulneráveis à pesca excessiva que reduz suas fontes de alimento.

O fato é que as mudanças climáticas afetam diretamente as populações destas carismáticas aves-símbolo da Antártica. Você acha possível repensar sua relação com o meio ambiente para evitar que essas e outras espécies animais venham a desaparecer em um futuro próximo?

## 44 *Como as mudanças climáticas afetam os oceanos?*

Os oceanos, além de serem fontes de energia, alimento, lazer e até de matéria-prima para compostos medicinais e cosméticos, exercem um papel fundamental na regulação do clima global, absorvendo CO<sub>2</sub>, calor da atmosfera e evitando um aquecimento do planeta ainda maior. Pois é, as águas salgadas que constituem as fronteiras naturais entre os continentes são extremamente importantes para a vida sustentável no planeta Terra, ou planeta Água como também é conhecido.

Se hoje existe vida na Terra, podemos curtir uma praia e desfrutar ótimos momentos. Tudo isso graças à quantidade de oxigênio produzida pelos oceanos e liberada na atmosfera – cerca de 70% do total.

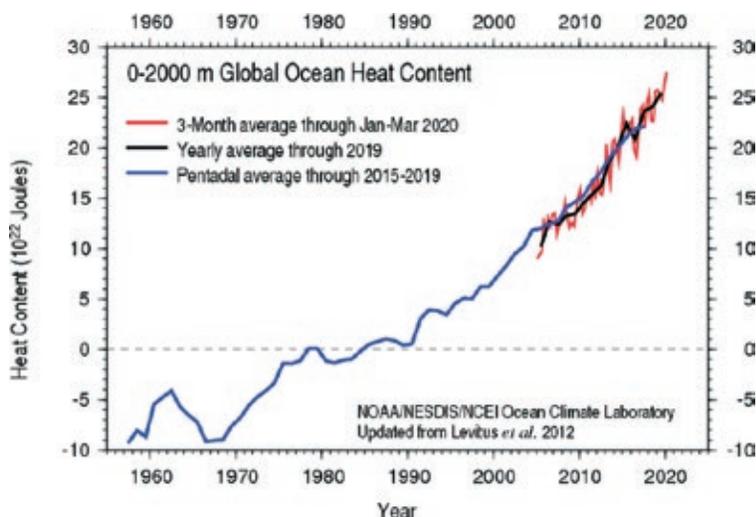
Além disso, os oceanos (Atlântico, Pacífico, Ártico, Índico e Austral) funcionam como uma enorme esponja de calor absorvido através da circulação oceânica, e distribuído dos trópicos para os polos e para o fundo do mar. Isso mesmo, eles ajudam e muito a conter o fenômeno do aquecimento da Terra.

Consequentemente, quanto mais nossos amigos oceanos armazenam o calor (fica aqui nosso agradecimento!) mais eles se expandem, e essa expansão térmica já causou um aumento de alguns centímetros do nível do mar ao longo dos últimos 200 anos, acarretando ameaças de populações costeiras, alterações de temperatura de correntes marinhas com efeitos no transporte de nutrientes e na produção de oxigênio, mudanças nos ciclos oceânicos que potencializam fenômenos como, por exemplo, o El Niño e seus efeitos desastrosos. Aí é o famoso efeito dominó que prevalece e a lista de consequências é grande.

Muitos cientistas já estão se referindo cada vez mais ao futuro dos oceanos como mais quentes, ácidos e irrespiráveis. Bem triste ver o futuro dos oceanos dessa forma, concorda?

No entanto, quanto de calor os oceanos já absorveram desde o início do aquecimento global? Será que é possível termos uma

noção? Cientistas fizeram uma simulação combinando medições da temperatura da superfície dos oceanos desde 1871 com modelos computacionais que preveem a circulação oceânica, e calcularam que o mar já absorveu 436 sextilhões de joules (unidade tradicionalmente usada para medir energia mecânica e energia térmica) de energia de lá para cá. Para ficar um pouco menos abstrato no entendimento dos 436 sextilhões, o jornal inglês *The Guardian* fez uma comparação chocante. Prepare-se: equivale ao calor liberado pela explosão de uma bomba atômica por segundo nos últimos 150 anos. Mais chocante que esta metáfora são as possíveis consequências do desequilíbrio nos ecossistemas dos oceanos.



Elevação na quantidade de calor armazenado nos oceanos nas últimas décadas. A linha vermelha indica a média de 3 meses no período de Jan-Mar 2020, a preta a média anual no ano de 2019 e a azul a média entre os anos de 2015-2019 (NODC, 2012)

É preciso olhar de frente e com urgência para a maior crise ambiental da nossa história com embasamento científico e vontade política e mergulhar no compromisso coletivo de buscar a real sustentabilidade do planeta: o único caminho possível para continuarmos navegando nesse mar.

E, sim, existem possíveis ações para melhorarmos o nosso cenário presente e futuro, como: diminuir o uso de combustíveis fósseis,

construir prédios com iluminação, resfriamento e aquecimento mais eficientes, trocar usinas elétricas e a carvão por outras a gás natural que emitem metade da quantidade de carbono, capturar o carbono e enterrá-lo em poços profundos, obter energia nuclear, energia eólica, painéis solares, utilizar biocombustíveis, como o álcool, aumentar a área de florestas, entre outras possibilidades. Soluções existem e por que ainda não estamos avançando na sustentabilidade e proteção dos nossos oceanos?

## **45 *Quantos oceanos existem no planeta?***

Na verdade, temos um único grande oceano, o oceano Global, composto de 'sub' oceanos que são: Atlântico, Pacífico, Índico, Ártico e o mais recente nomeado: Austral.

Inclusive, seja bem vindo!

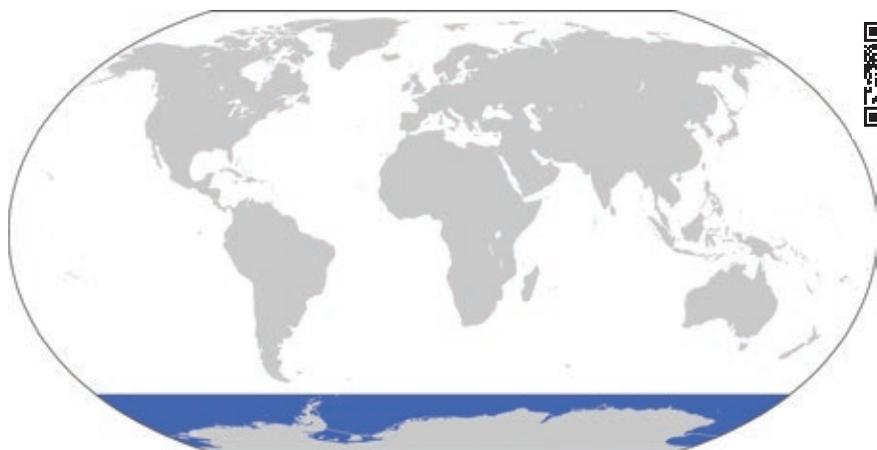
Como assim um oceano inteiro reconhecido agora?

Calma. Ele sempre esteve lá, conhecido como oceano Antártico, hoje oceano Austral. Por volta de 1937 ele já tinha sido considerado o 5º da Terra, porém em 1953 a Organização Hidrográfica Internacional (OHI) reverteu a decisão e retirou esse oceano. Em 2000, a OHI definiu os limites desses oceanos. Recentemente, em 8 de junho de 2021, no Dia Mundial dos oceanos, foi anunciado o reconhecimento do oceano Austral.

E quem decidiu isso?

Foi a National Geographic Society (Sociedade Geográfica Nacional), uma organização não governamental fundada nos Estados Unidos em 1888, com o objetivo de melhorar e divulgar o conhecimento geográfico. A mudança marca a primeira vez em mais de um século que a organização redesenhou os mapas oceânicos do mundo. Além dela, outras organizações como a Diretoria de Nomes Geográficos (BGN) e a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) também reconheceram o oceano Austral. Ah, e ele também está no Google Earth, claro.

O oceano Austral já é reconhecido há muito tempo por cientistas. É que até agora não tinha havido um acordo internacional para reconhecê-lo oficialmente, pois muitos cientistas consideravam que ele era uma extensão sul dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico. Porém, ele é diferente dos outros, as águas que circundam o continente sul têm características ecológicas distintas, incluindo seus padrões de corrente únicos, mais conhecidos como Corrente Circumpolar Antártica, ou CCA. Essa corrente, estimada em aproximadamente 34 milhões de anos, é o que torna a ecologia do oceano Austral tão especial, fornecendo um habitat único para milhares de espécies.



Antártica e o oceano Austral. (CIA World Factbook, 2006)

Tais particularidades tornam o ecossistema único, sendo berço de diversas espécies que não podem ser observadas em nenhum outro lugar do globo. Os cientistas (e o meio ambiente) esperam que, com a diferenciação entre os oceanos, haja no local um maior esforço de conservação e também conscientização do público geral.

E por que esse reconhecimento é importante? O que muda nas nossas vidas?

Este novo mapeamento terá grande impacto na educação. Atualmente, os estudantes conhecem os oceanos e seus ecossistemas a partir de um estudo individual de cada um deles. Agora com

o oceano Austral na lista, cada vez mais, suas particularidades e importância serão discutidas nas salas de aula e também na sociedade. Sendo assim, ouviremos falar muito dele daqui pra frente. Será que após esse reconhecimento do nosso oceano Austral ele será mais preservado?

## ***46 Por que as geleiras precisam de ajuda?***

Você sabia que as geleiras são os pilares da vida no Planeta Terra? A maior parte da água doce do mundo está em espessas camadas de gelo nas regiões polares, como a Groenlândia e a Antártida. Além desses “mantos de gelo” polares, que chegam a ter quilômetros de espessura, existe uma grande quantidade de geleiras espalhadas nas regiões montanhosas da Terra. Como reservatórios gigantes de água doce, essas geleiras sustentam os sistemas de vida do Planeta e influenciam nosso dia a dia, mesmo daquelas pessoas que vivem bem longe delas. Porém, as geleiras estão em apuros, muitas delas estão derretendo e isso é preocupante para toda a vida no planeta.

O derretimento da água doce das geleiras altera o oceano, não apenas por contribuir diretamente para o aumento do nível do mar, mas também porque empurra para baixo a água salgada mais pesada, causando alterações na circulação de calor e de salinidade dos oceanos, ou seja, nas correntes marítimas. Isso tem um efeito imediato na região próxima da geleira, mas os impactos podem se espalhar muito além.

As geleiras funcionam como uma espécie de ar-condicionado do planeta e também são indicadores precoces de mudanças climáticas que terão um impacto um pouco mais tardio em outras partes do sistema terrestre. As geleiras são as sentinelas das mudanças climáticas. Elas são a evidência mais visível do aquecimento global. Além de elevar os níveis da água do mar, a perda generalizada de geleiras provavelmente alterará os padrões climáticos de outras

maneiras complexas. Por exemplo, as superfícies brancas das geleiras refletem os raios do Sol, ajudando a manter nosso clima ameno. Quando as geleiras derretem, as superfícies mais escuras expostas absorvem e liberam calor, aumentando as temperaturas.



Geleira derretendo na Antártica. (Silvia Dotta, 2004)

Algumas geleiras são consideradas Patrimônios Mundiais pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, a UNESCO, porque a organização as considera de grande valor para a humanidade. Porém, a maioria das geleiras do Patrimônio Mundial perdeu uma parte significativa de sua massa desde 1900; algumas irão desaparecer completamente, como na África ou nos Alpes. E o pior: cientistas preveem que as geleiras podem desaparecer de quase metade dos locais considerados Patrimônios Mundiais até o ano de 2100 se as emissões desenfreadas de gases do efeito estufa continuarem.

Apesar das iniciativas de proteção das geleiras consideradas Patrimônios Mundiais, elas vêm sendo afetadas pelo aquecimento global como todas as demais. As iniciativas para conservação da

natureza, como a tentativa de diminuição da atividade humana em locais específicos, têm sido impotentes para limitar as consequências de um processo tão abrangente e global como as mudanças climáticas. É preciso fazer mais!

As geleiras precisam de proteção e lidar com o aquecimento global e local é a única maneira de protegê-las. Mas o que podemos fazer para ajudar a preservar essas formações tão importantes para nós e para o nosso planeta?

*A humanidade tornou-se dependente da queima de combustíveis fósseis, como o carvão mineral, o gás natural e o petróleo para sustentar nosso modo de vida, mas isso aumenta o aquecimento global a uma taxa não natural. Para proteger e restaurar as geleiras, precisamos utilizar fontes alternativas de energia, aumentar nossa eficiência energética e diminuir nossa pegada de carbono individual.*

Fontes alternativas de energia, como os painéis solares e a energia eólica, fornecem soluções para o aquecimento global. Mas a sua utilização depende de investimento governamental e infraestrutura, algo que parece estar fora do alcance das pessoas comuns como nós. Mas existem coisas que podemos fazer individualmente para contribuir com a proteção das geleiras, e uma delas é utilizar automóveis o mínimo possível. Você pode optar, sempre que possível, pelo transporte público, por caronas solidárias, andar de bicicleta, caminhar ou correr até o seu destino. Em casa, é importante economizar energia tomando banhos mais curtos, escovando os dentes com a torneira fechada, apagando as luzes quando não estiverem em uso, secando as roupas no varal, ao invés de na secadora e desconectando aparelhos eletrônicos quando não estiverem sendo usados.

Essas ações aparentemente pequenas causam um grande impacto se forem feitas em grande escala, por grande parte da humanidade. Com essas dicas, você pode reduzir sua pegada de carbono e ajudar a salvar as geleiras. E aí, quais dessas medidas você e sua família podem começar a adotar agora?

## 47 Quem vive na Antártica?

Primeiro, os pinguins! Isso mesmo, essas aves são o símbolo do continente. Mas há muitos outros animais vivendo lá, como baleias, focas, peixes, invertebrados, além de plantas. Diferente do Ártico, não há nativos humanos na Antártica. Então, vamos começar conhecendo os simpáticos pinguins.

O pinguim-de-adélia é uma das únicas espécies que fazem ninho no continente; o pinguim-imperador representa o maior de todos podendo medir até 1,22 de altura e pesar aproximadamente 37 quilos; o pinguim-antártico ou pinguim-de-barbicha recebe esse nome devido à faixa preta ao redor do queixo; o pinguim-papua, também conhecido como pinguim-gentoo, embaixo d'água é a ave mais veloz de todo o planeta. O pinguim-rei é a segunda maior espécie, depois do pinguim-imperador, com peso que pode chegar a até 16 quilos; o pinguim-de-penacho-amarelo mede cerca de 60 centímetros de altura e possui uma charmosa crista de penas pontiagudas amarelas e pretas.

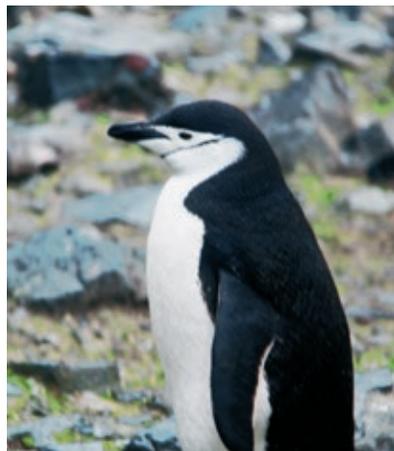
As skuas também são aves bastante comuns na região. Sua característica inclui coloração escura e bico resistente, que se assemelha a um gancho. O temperamento dessa espécie não é dos mais amigáveis, geralmente são hostis e não hesitam em defender o seu território com voos rasantes contra os invasores. Outras aves também enaltecem o cenário antártico, como diferentes espécies de petréis, sendo possível que haja cerca de 350 milhões de exemplares espalhados pelo continente.

Também há espaço para os mamíferos marinhos, como focas, elefantes e leões-marinhos e várias espécies de baleias migratórias, como a baleia-jubarte, a baleia-azul e a baleia-minke. A baleia-jubarte pode atingir de quinze a dezenove metros de comprimento e o peso médio varia entre trinta e quarenta toneladas. A baleia-azul, considerada o maior animal já existente, possui comprimento médio de trinta metros e tem um peso aproximado de sessenta a cem toneladas. E a baleia-minke, que possui duas subespécies, a baleia-minke-anã e a baleia-minke-antártica, tem o dorso cinza escuro

azulado, a cabeça pequena e pontiaguda. São duas das menores baleias medindo cerca de oito a dez metros de comprimento, com peso de seis a oito toneladas.



Pinguim-Rei. (Silvia Dotta, 2020)



Pinguim-antártico. (Silvia Dotta, 2018)

Um espetáculo à parte é o fundo do mar, que abriga uma impressionante comunidade bentônica representada por invertebrados coloridos. Esses organismos são indicadores imprescindíveis na avaliação de alterações ambientais decorrentes do mau uso dos recursos disponíveis. O fato de os organismos bentônicos possuírem uma cumplicidade totalmente integrada com o meio em que vivem, faz com que quaisquer modificações em seu habitat, especialmente pela presença de poluentes, desencadeiem as mais variadas respostas sobre os danos na qualidade do ecossistema.

Peixes-gelo e krill também são organismos muito estudados na Antártica. O krill é um pequeno crustáceo e também um alimento importantíssimo para um sem-número de animais. Por exemplo, uma baleia-azul é capaz de consumir até quatro toneladas de krill por dia. Consegue imaginar a quantidade de krill que há na Antártica? O peixe-gelo, tem esse nome por não possuir hemoglobina no sangue, produzindo proteínas “anticongelantes” que o protegem do frio antártico. Agora, uma questão mais intrigante: se aprendermos com o peixe-gelo a produzir substâncias anticongelantes, que uso poderemos fazer deste conhecimento?

## 48 Quem vive no Ártico?

Aproximadamente 4 milhões de pessoas habitam a região acima do Círculo Polar Ártico. Esse número inclui povos indígenas, que ocupam a região há milhares de anos, e muitas gerações de imigrantes. Atualmente, estima-se haver mais de 40 grupos étnicos diferentes, dentre eles: os Sami, que vivem nas áreas circumpolares da Finlândia, Suécia, Noruega e parte noroeste da Rússia; os Nenets, Khanty, Evenk e Chukchi, que vivem na Rússia; os Aleut, Yupik e Inuit, no Alasca; e os Inuits na Groenlândia e no Canadá.

*A palavra Esquimó é considerada um termo depreciativo pois foi amplamente usada por colonizadores e povos da floresta boreal para se referir aos povos que habitam a tundra norte-americana. Por isso, não deve ser usada para se referir aos povos do Norte, que levam diversos estilos de vida, desde seminômades vivendo da terra, até grupos assentados em vilas e cidades – tanto indígenas quanto não indígenas. As populações indígenas constituem cerca de 10% da população total do Ártico, embora não distribuídas de maneira uniforme.*

Considerando a vasta área de terras árticas – cerca de 21,5 milhões de km<sup>2</sup> – existem muito poucas cidades com mais de 10.000 habitantes. A maioria é encontrada na Rússia, na Península de Kola, no Oblast (província) de Murmansk, onde cerca de 800.000 pessoas vivem em várias cidades. Outros grandes centros incluem Anchorage, Alasca, EUA, com 300.000 residentes, Norilsk, Rússia, com 175.000 residentes e Trømsø, Noruega, com 75.000 residentes.

A maioria das terras árticas é inadequada para a agricultura, em parte devido ao *permafrost* (solo permanentemente congelado), embora a agricultura de subsistência tenha sido importante em algumas regiões. Por isso, a produção primária de alimentos tradicionalmente depende da caça, pastoreio e pesca, muitas vezes como parte de um estilo de vida de subsistência. Em muitas partes do Círculo Polar Ártico outros alimentos familiares aos

residentes de regiões temperadas, como frutas frescas e laticínios, devem ser transportados de avião e, por consequência, podem ser muito caros.

Cada vez mais as economias do Ártico estão se voltando para a extração de recursos e mudando a forma de vida tradicional de muitos residentes do Ártico. Grande parte da produção econômica atual é impulsionada pela exploração e produção de petróleo e gás, especialmente na costa da Noruega, Alasca e Rússia, e pela mineração de metais básicos e preciosos, e também pedras preciosas, especialmente no norte do Canadá, Alasca, Fino-Escandinávia, Groenlândia e Rússia. A silvicultura também é um importante motor da economia em muitas partes da região.



Kulusuk, casal Inuit.  
(Arian Zwegers, 2010)

As populações do Ártico têm sido intensamente afetadas por dois fenômenos: as mudanças climáticas e a globalização. Por exemplo, o derretimento do *permafrost* impacta a infraestrutura e o planejamento urbano, o aumento na frequência de tempestades e avalanches, alterações significativas em eventos de congelamento/ descongelamento. Esses fenômenos reduzem a capacidade de prever com segurança as condições para viajar na terra e no gelo e as mudanças na neve influenciam o acesso aos locais de caça, aumentando, em algumas regiões, a insegurança alimentar. Por outro lado, outros povos ganham melhor acesso à logística e equipamentos mais eficientes para a caça. Porém, a sociedade modernizada exige novas habilidades, novas necessidades educacionais e de saúde, contudo, o acesso aos recursos não se dá de forma igualitária entre os povos.

Os povos do Ártico são detentores de um conhecimento ecológico tradicional (Traditional Knowledge, TK), baseado no aprendizado ao longo de centenas de anos com as experiências que os ajudaram a sobreviver. Esses povos estão sofrendo muitos impactos devido à globalização e às mudanças climáticas. Uma abordagem para entender essas mudanças é lembrar de que o ser humano é parte do ecossistema. As pessoas usufruem das provisões geradas pelo ecossistema, têm suas vidas biológicas reguladas pelo armazenamento e liberação de gases de efeito estufa, carbono e o fornecimento e purificação natural de água, recursos hídricos, têm suas vidas culturais e espirituais alteradas devido aos novos valores inseridos em suas sociedades. Logo, mudanças climáticas têm consequências na vida das pessoas. O que pode ser positivo ou negativo nesse fenômeno? Podem aqueles povos viver em harmonia com essas mudanças?

## 49 Urso-polar come pinguim?

Você já deve ter visto algum documentário, ou uma reportagem sobre as regiões polares, certo? As paisagens sempre muito brancas, com uma mamãe urso-polar vagando pela neve com seus dois filhotes, em busca de alimentos. Nada no horizonte, apenas neve.

Agora, você também já deve ter visto aquelas imagens de multidões de pinguins, todos juntos na neve como se estivessem curtindo um grande e congelante festival de música. Eles parecem uma presa fácil, não é mesmo? Mas por que será que nunca vemos nas imagens essas duas espécies juntas (isso se não contarmos os desenhos animados e as ilustrações de alguns livros infantis)?

*Na verdade, o que acontece é que os ursos-polares são predadores do Ártico, lá no norte do Planeta Terra. Já os pinguins, bem... eles vivem no Hemisfério Sul. Ou seja, os dois animais vivem muito distantes um do outro.*

Afinal, o que os ursos-polares comem?



Urso-polar em Svalbard. (Chicco Mattos)

Diferentemente de outros ursos, os ursos-polares comem, quase que exclusivamente, carne. Sua principal presa são as focas-aneladas. Eles também comem focas-barbudas, morsas e carcaças de baleias. Eles até podem comer alguns ovos de pássaros, mas essa é uma porção muito pequena de sua dieta porque, bem... você consegue imaginar quantos ovos seriam necessários para alimentar um urso adulto de cerca de 400 kg?

Para que eles consigam o seu alimento, existe uma coisa que é essencial: o gelo. Como a dieta dos ursos-polares é muito dependente dos animais marinhos, eles precisam das banquisas para se alimentar. Essas banquisas são grandes bancos de mar congelado (o gelo marinho). Os ursos-polares, então, utilizam as banquisas como uma espécie de plataforma de caça, capturando as focas quando elas vão até a superfície para respirar. Parece uma vida fácil para esses grandes predadores que estão no topo da cadeia alimentar, certo?

Muito pelo contrário. Os ursos-polares são animais ameaçados de extinção por conta das mudanças climáticas. Urso-polar (que tem o nome científico de *Ursus maritimus*) é, na verdade, um mamífero marinho que passa mais tempo no mar do que em terra.

A maior ameaça para eles é a perda de seu habitat marítimo. Quando o gelo do mar derrete no verão, os ursos-polares precisam viver no continente. Durante esse período, eles comem muito pouco ou nada e precisam esperar o gelo retornar para voltar a caçar. Porém, com o aquecimento global, os períodos sem gelo estão ficando cada vez maiores, o que significa mais tempo sem alimentos disponíveis.

Além disso, o aquecimento atmosférico e do oceano faz com que a formação das camadas de gelo ocorram cada vez mais longe da costa, dificultando o acesso aos ursos. Em 2004, por exemplo, alguns ursos-polares foram encontrados mortos por afogamento. Em 2011, pesquisadores afirmaram ter coletado dados indicando que uma fêmea nadou nove dias sem parar até encontrar uma banquisa. Nesse processo, ela perdeu aproximadamente 22% do seu peso e seu filhote de cerca de um ano não sobreviveu à jornada.

Você sabe como os cientistas descobrem esses acontecimentos?

Existem vários tipos de pesquisa demonstrando o impacto negativo do aquecimento global nos ecossistemas. Uma delas, por exemplo, utiliza dados de satélites, mostrando que a média de extensão de gelo no oceano Ártico em março de 2021 foi de 14.64 milhões de  $\text{km}^2$ . Parece muita coisa, não é? Na verdade, não. Esse número é 790.000  $\text{km}^2$  menor do que a média da extensão de gelo no oceano Ártico entre os anos de 1981 e 2010. Só para você ter uma ideia, o estado de São Paulo tem mais ou menos 250.000  $\text{km}^2$ . Ou seja, a redução de gelo no oceano Ártico é maior que três estados de São Paulo juntos!

Nas áreas mais ao sul da baía de Hudson, no Canadá, foi verificado que em apenas 20 anos, o período de verão em que a área fica sem gelo teve um aumento médio de 20 dias. O período do ano em que os ursos-polares conseguem caçar e se alimentar diminuiu em quase três semanas por ano. Isso fez com que o peso médio desses ursos tenha caído cerca de 15% e sua população nessa área diminuiu mais de 20%.

Será que tudo está perdido? O que você pode fazer para impedir a destruição dos ecossistemas do planeta?

## 50 Como se faz um iglu?

Um iglu é um abrigo construído com blocos de neve, colocados em espiral, até fechar-se em um teto. Pode-se fazer um túnel para servir de porta ou construir o espaço da porta conforme se faz o espiral. Deve-se ainda, deixar alguns vãos para entrada e saída de ar. A forma semelhante a uma cúpula tem uma área de superfície exposta mínima e uma quantidade máxima de estabilidade estrutural. Assim, a forma da construção permite uma resposta rápida ao calor e proteção estrutural contra ventos fortes ou até mesmo o peso de um urso polar.

Um construtor de iglu experiente, por exemplo um Sami, pode construí-lo em cerca de uma hora, então, duas pessoas levam em torno de meia hora. Isso é especialmente útil quando está começando a ficar escuro e frio lá fora, ou uma tempestade se aproxima. A rápida construção do iglu pode ser um fator de vida ou morte. Os jovens aprendizes podem levar de três a seis horas para concluir sua construção, e esse é um dos conhecimentos passados de pai para filho nos povos indígenas do Ártico.



Inuites construindo um iglu. (Frank E. Kleinschmidt, 1924)

Como o gelo derrete devido aos níveis de calor no interior, a forma de cúpula força a água a correr pelas laterais e voltar a congelar na base, fortalecendo os sistemas estruturais ao mesmo tempo que mantém os habitantes confortáveis. A cobertura de neve do inverno cria outro nível de isolamento do frio.

As pessoas que moram no iglu, ao respirar, emitem vapor d'água. Quando esse vapor atinge as paredes frias do iglu e entra em contato com elas, ele condensa e congela. A água, passando de um gás para um líquido e de um líquido para um sólido, emite energia (calor); por esse motivo, a temperatura do ar aumenta continuamente em alguns graus. Um exemplo do efeito oposto é encontrado na água doce em uma moringa. A água, ao passar do estado líquido para o gasoso (evaporação), leva energia, ou seja, absorve calor; e, conseqüentemente, refresca a água.

Pode-se ainda fazer uma fogueira para aumentar o calor em seu interior, ou um fogareiro para cozinhar. Isso deve ser feito ao centro do iglu, o mais distante das paredes e, no teto, deve ser providenciado um buraco para a saída da fumaça.

*Embora os iglus sejam frequentemente associados a todos os povos Inuit e outras etnias, eles foram tradicionalmente usados apenas pelos povos do Ártico Central do Canadá e da área de Thule (extremo noroeste) da Groenlândia. Outros Inuítes usavam neve para isolar suas casas, que eram construídas com ossos de baleia e peles. A neve é usada porque as bolsas de ar nela presas a tornam um isolante. Do lado de fora, as temperaturas podem ser tão baixas quanto  $-45^{\circ}\text{C}$ , mas do lado de dentro, a temperatura pode variar de  $-7$  a  $16^{\circ}\text{C}$  quando aquecida apenas pelo calor do corpo.*

Com o avanço das estações, à medida que a temperatura aumenta, o iglu, inevitavelmente, derrete sem deixar vestígios. Em certo sentido, este abrigo, por mais fascinante que seja, exige sua reconstrução a cada ano. Considerando as mudanças climáticas e a globalização, você acha possível que a tradição desse tipo de construção persista entre os povos Inuit?

## 51 Há rios na Antártica?

A Antártica não possui rios propriamente ditos. Na verdade, existem fluxos de água derretida resultantes do degelo e por essa razão são descritos como rios, apesar de serem apenas córregos. Ao todo são conhecidos nove fluxos de água derretida exibidos durante o curto período do verão antártico. Dentre estes, o rio Onyx é o maior, com percurso de trinta e dois quilômetros, que atravessa o Vale Wright e deságua no Lago Vanda, na região do mar de Ross.

No lago Vanda, as águas mais profundas não se misturam com as águas mais rasas e sua salinidade chega a ser dez vezes maior do que a água do mar. Apesar de não haver espécies de peixes nas águas do lago Vanda ou do rio Onyx, os cientistas descobriram vida microscópica e registraram a propagação de algas.

A produção artística do gelo imprime um tom especial no panorama dos lagos e dos rios. O lago Vida é o maior dentre os lagos encontrados na região dos Vales Secos de McMurdo. Segundo dados da NASA, a água desse lago não possui oxigênio, é cerca de seis vezes mais salgada que a do mar e constitui um piso superior de gelo permanentemente congelado.



Cachoeira de Sangue. (National Science Foundation, Peter Rejcek, 2006)

Os pesquisadores da NASA estimam que o lago abriga uma diversidade significativa de bactérias que sobrevivem em um ambiente inóspito, escuro, livre de correntes de energia advindas do

Sol e que a salmoura foi responsável pelo isolamento do ambiente externo por mais de três mil anos. Já o lago Vostok, que permaneceu escondido durante muito tempo, é considerado um dos ambientes mais remotos do planeta pelo fato de abrigar-se nas profundezas do gelo e estar ausente do contato com a atmosfera. Os cientistas calculam que o lago Vostok está sob a proteção do gelo há pelo menos 15 milhões de anos e contém um volume de água doce de 5.400 km<sup>3</sup>.

A região dos Vales Secos de McMurdo, que abriga, dentre outros, o lago Vida e o rio Onyx, também é morada de uma cascata de aproximadamente cinco andares de altura. Esse dado não seria tão surpreendente se contemplasse uma queda d'água convencional, porém estamos falando de uma água vermelha e brilhante cujo contraste se destaca no branco de uma enorme geleira.

A explicação para essa anomalia engloba uma série de fatores que abrangem etapas de transformações no gelo em um período que remonta há cinco mil anos. No entanto, o tom avermelhado é consequência da ação de bactérias em uma mistura de água salgada – de um lago subglacial cuja salinidade é três vezes mais intensa que a água do mar – com óxido de ferro, do qual elas se alimentam.

*Uma característica interessante dessas bactérias é que elas são fortemente resistentes, sobrevivem sem luz a temperaturas que atingem cerca de sete graus negativos e como estão abaixo das geleiras, resistem a uma pressão atmosférica quarenta vezes acima do que os cientistas consideram normal.*

Finalmente, existem também lagos subglaciais, aqueles que estão embaixo das geleiras e do manto de gelo da Antártica. Um que impressiona pela localização, tamanho e pelos mistérios que o cercam é o Lago Vostok. É o maior lago subglacial do mundo e está localizado abaixo da Estação de Pesquisa Russa Vostok (por isso recebe esse nome), sob aproximadamente 3.800 m de gelo!

Consegue imaginar que processos adaptativos um organismo precisa desenvolver para sobreviver em condições tão extremas? Até que ponto esses organismos podem resistir diante das mudanças climáticas?

## 52 Há outros animais além de ursos-polares no Ártico?

Assim como o pinguim é o símbolo da Antártica, o urso-polar é símbolo do Ártico. Apesar disso, o *Ursus maritimus*, popularmente chamado de urso-polar ou urso-branco, conta atualmente com aproximadamente 25 mil exemplares distribuídos em todas as áreas do Círculo Polar Ártico. Há um outro animal muito mais abundante no Ártico, com mais de 2 milhões de exemplares. Tem ideia de qual seja? Enquanto você tenta se lembrar, vamos conhecer alguns outros.

No norte do Hemisfério Norte há dois biomas – unidades geográficas caracterizadas por um tipo de vegetação – principais: a floresta boreal, também chamada de taiga na Ásia, e a tundra. O limite entre esses dois biomas é um dos limites aceitos para a região Ártica (ou seja, a tundra é o bioma ártico, a floresta boreal o bioma subártico). A floresta boreal cobre 16 milhões km<sup>2</sup> do Hemisfério Norte e é considerada o maior bioma do planeta, onde prevalece o clima continental subártico. As temperaturas dessa zona não ultrapassam 20 °C no verão, e caem para -30 °C no inverno. Nessas condições, vivem os animais muito bem adaptados ao frio – pelo menos 85 espécies de mamíferos, 130 espécies de peixes, 32 mil espécies de insetos e alguns répteis e anfíbios.

*Muitas espécies de mamíferos se adaptaram às temperaturas frias do inverno nessa floresta, desenvolvendo espessas camadas de pelo, particularmente entre roedores e carnívoros, como castor, raposa, lobo e lince. Historicamente esses animais têm sido caçados e presos devido ao valor comercial de suas peles. Grandes herbívoros, como os alces, as renas ou caribus, desenvolveram adaptações para procurar alimentos durante o inverno. Outros mamíferos boreais – incluindo ursos-cinzentos e ursos-pardos –, bem como alguns répteis e anfíbios, hibernam como estratégia para resistir aos invernos rigorosos. Embora a floresta boreal abrigue pelo menos 300 espécies de pássaros, apenas 30 ficam lá durante o inverno, o restante migra para climas mais quentes, voando para o sul.*

Ao norte da zona boreal localiza-se a tundra, uma região em que as temperaturas no verão raramente ultrapassam 10 °C, e no inverno mantêm-se abaixo de -40 °C. No verão, quando a neve derrete, criando pântanos, milhões de aves migratórias são atraídas.

A diversidade de animais é menor na tundra se comparada com a floresta polar. São encontrados insetos como moscas e abelhas, mas não há répteis nem anfíbios. Aproximadamente 50 espécies de mamíferos vivem na tundra, como raposas e lobos e os pequenos roedores, como esquilos que hibernam por aproximadamente dez meses, então, devem se alimentar muito bem durante os dois meses de verão. Os ursos-polares, apesar de serem animais marinhos dependendo do mar a maior parte do ano, alimentam-se principalmente de focas e também visitam a tundra eventualmente.



Caribou, Rena do Alasca.  
(Dean Biggins, 2006)



A essa altura, você já deve ter se lembrado das renas!! Aquelas do Papai Noel! Elas vivem em todo o Ártico e no subártico, tanto na floresta boreal, como na tundra, e também à beira do oceano Ártico. As renas (chamadas caribus na América do Norte) são um tipo de veado bem adaptado às regiões frias e tanto fêmeas como machos possuem chifres. Algumas espécies podem atingir até 1,8 m de altura e pesar 300 kg. São os animais mais abundantes do Ártico e têm sido caçados por sua carne, pele e chifres por todos os povos nórdicos. Há mais de dois mil anos, as renas têm sido domesticadas para prover carne e pele para abrigo e vestuário, e também para o trabalho, pois elas são usadas para puxar trenós e equipamentos, especialmente no inverno pois são muito mais adaptadas para caminhar na neve do que gado ou cavalos.

Todos esses animais estão adaptados às condições extremas do clima. Já imaginou o que pode acontecer se a temperatura aumentar? Se o gelo começar a diminuir? Aquela imagem tradicional do urso-polar perdendo seu habitat será a única? Haverá outras alterações? Você pode fazer algo para evitar essas tragédias?

## 53 Ursos-polares são brancos?

Não. Os *Ursus maritimus* – seu nome científico – não são brancos! Esses mamíferos marinhos têm pele preta e pelo transparente! Isso mesmo. Lembra daquelas aulas de óptica? A cor de um objeto em geral é determinada pela cor da luz que ele reflete. Um objeto vermelho está refletindo a luz vermelha e absorvendo todas as outras cores. Um objeto preto está absorvendo todas as cores e não refletindo nenhuma. O branco, por outro lado, é um reflexo de todas as cores.



Urso-polar em Svalbard. (Chicco Mattos)

A aparência branca serve para camuflagem durante a caça, um urso-polar preto provavelmente não duraria muito. Normalmente, considerando o ambiente e a luz do Sol, o urso-polar aparece na cor branca, mas ao chover, pode apresentar a coloração cinza, ao pôr do Sol, laranja, e o amarelo só é possível após a caça, pois as presas soltam óleos naturais. Inclusive, os que vivem em zoológicos podem apresentar um tom esverdeado, devido às algas encontradas

nos lagos ou tanques de água. Como o pelo dos ursos polares é oco, essas algas entram no pelo e modificam a cor do animal.

Além de oco, o pelo do urso-polar é feito de queratina transparente, com pouca ou nenhuma pigmentação. Quando a luz do sol atinge o urso, ele passa por um complexo processo de dispersão dentro do pelo com uma pequena quantidade de luz sendo refletida. Como a luz do sol é branca, é a cor que percebemos ser os ursos polares. Em outras palavras, o pelo de um urso-polar parece branco porque os espaços de ar em cada pelo espalham luz de todas as cores. A cor branca torna-se visível aos nossos olhos quando um objeto reflete todos os comprimentos de onda visíveis da luz.

Como a pele do urso-polar realmente funciona ainda é um mistério para a Ciência. Os estudos iniciais concluíram que seus pelos funcionavam como cabos de fibra ótica. Acreditava-se que a luz entrava em uma fibra de pelo oco e ricocheteava de dentro para fora até ser transmitida diretamente para a pele do urso. Novos estudos mostraram que a capacidade de um único pelo de transmitir luz é fraca e apenas em circunstâncias perfeitas a luz pode viajar longe o suficiente em uma fibra para chegar à pele. Mais recentemente cientistas concluíram que o pelo funciona coletivamente como um sistema para transmitir luz e calor.

Os ursos-polares têm pele preta. Esta é uma adaptação para ajudá-los a absorver o máximo de calor possível dos raios solares. Sua pele combina dois fenômenos ópticos distintos: a captação de luz por espalhamento óptico e por luminescência, com o objetivo de captar a luz e concentrá-la na base dos pelos sendo convertida em calor. A transferência da luz é facilitada pela combinação desses dois fenômenos ópticos.

Em termos mais simples, a luz percorre apenas um fio de pelo por vez, por uma curta distância antes de se espalhar e deixar o pelo. Outro fio próximo capta a luz espalhada e o processo se repete continuamente até que a luz seja absorvida pela pele do urso ou dissipando em calor e ficando presa pelo subpelo espesso. Parte dessa luz é retroespalhada, dando aos ursos sua aparência branca. Se não fosse por esse processo de dispersão, o pelo do urso seria completamente transparente e poderíamos ver sua pele preta.

O urso-polar é primo do urso-cinza, mas além da cor, outra característica importante os diferencia: o *Ursus maritimus* é um mamífero marinho que está ameaçado de extinção. Por que é considerado marinho? Qual a relação das mudanças climáticas e a sobrevivência ou não desse animal?

## 54 Por que os pinguins são o símbolo da Antártica?

Imagine você em pleno final do século XVIII, após meses de viagem em mares turbulentos, aproximar-se de um lugar frio, frio e com multidões de aves preto e branco mergulhando em águas geladas. Provavelmente, você iria pensar que chegou em um lugar onde só há pinguins.

Há aproximadamente 46 diferentes espécies de aves transitando pela Antártica, mas os pinguins são as mais comuns e abundantes. Dentre as 17 espécies de pinguins existentes no mundo, seis vivem, procriam ou se alimentam na Antártica. São aproximadamente vinte milhões de casais reprodutores. Somente duas espécies consideram a Antártica sua verdadeira casa: o pinguim-imperador e o pinguim-de-adélia, as únicas espécies endêmicas. E, embora ocupem uma grande área geográfica, eles estão concentrados nas regiões costeiras.



Pinguim-papua. (Sílvia Dotta, 2020)

O momento da reprodução é crucial para os pinguins. Seu ciclo reprodutivo é bem ajustado: os filhotes eclodem e estão prontos para se defenderem sozinhos quando o alimento é mais abundante. A maioria dos pinguins (exceto o imperador e o rei) botam mais de um ovo, geralmente dois. As tarefas de incubação são compartilhadas por ambos os pais, trabalhando em turnos até a eclosão dos filhotes, com durações de turnos variadas de trocas diárias (gentoo) a mais de um mês (imperador). Quando eles têm idade suficiente, os filhotes se reúnem em uma creche, sob vigilância de alguns adultos. Isso permite que os pais se alimentem no mar e oferece proteção contra o frio e predadores (como a skua).

As penas de um pinguim o mantêm impermeável e aquecido, e devem ser bem lubrificadas, usando óleo de uma glândula sob sua cauda. As penas ficam gastas e devem ser substituídas todos os anos, e este período chamamos de muda. Durante a muda, que pode durar de três a quatro semanas, não podem ir ao mar para se alimentar pois estão perdendo as penas e não têm essa importante proteção à prova d'água. Por isso, antes da muda, eles engordam ganhando 50–70% do peso, para assim aguentar este período sem se alimentar.

*A dieta dos pinguins consiste principalmente de peixes, lulas e crustáceos, e eles podem se adaptar ao que estiver disponível, além de sua dieta variar consideravelmente com a estação do ano. Para buscar seu alimento, os pinguins são exímios nadadores e mergulhadores. Os reis e imperadores são os que vão a lugares mais profundos em busca de lulas e peixes. Os pinguins-papua mergulham a 150 metros, e um quarto de seus mergulhos ultrapassam os 100 metros – em casos extremos, eles podem mergulhar quase continuamente por 15 horas, completando mais de 450 mergulhos.*

Os pinguins não apenas constituem um símbolo da Antártica, mas também são importantes bioindicadores das mudanças nos ecossistemas marinhos, pois têm um papel essencial na cadeia alimentar da Antártica, servindo como presa para lobos-marinhos, focas-leopardos, orcas e algumas aves, e alimentando-se, principalmente, de krill.

Eles são muito sensíveis às condições ambientais. O sucesso reprodutivo é geralmente controlado pela abundância e disponibilidade de presas. Se o gelo marinho não se dissipar ou o número de krill for baixo, podem ocorrer grandes falhas de reprodução e poucos filhotes sobrevivem. As aves mais velhas são os procriadores de maior sucesso.

Um exemplo de desequilíbrio na população de pinguins aconteceu em 1998, na ilha Geórgia do Sul, quando a colônia de pinguim-papua teve um ano reprodutivo desastroso, com apenas 1% dos filhotes sobrevivendo – 40–60% sobrevivem em anos normais). A colônia de pinguim-macaroni próxima teve níveis normais de sucesso reprodutivo. Ambas as espécies se alimentam principalmente de krill, mas naquele ano os números de krill foram baixos. Os pinguins-macaroni conseguiram mudar sua dieta para outros crustáceos ainda abundantes, o que não aconteceu com o papua. O outro alimento preferido dos papua, o peixe-gelo, também depende do krill, então os papua tinham pouco para comer.

Considere essa situação e reflita: qual teria sido a causa da redução de krill? Se apenas 1% dos filhotes sobreviveu, haveria algum outro desequilíbrio decorrente desta baixa? Algum outro animal teria sua dieta prejudicada?

## ***55 Pinguins e parceiros(as): até que a morte os separem?***

O amor está no ar. Quer dizer, no gelo! E uma informação bastante curiosa sobre os pinguins é que várias espécies dessas aves – além de todas as características que as tornam tão interessantes – são monogâmicas, podendo reproduzir-se com apenas um(a) único(a) parceiro(a) por vários anos! Já ouviu falar de “amor de pinguim”? Essa característica é tão marcante que os pinguins são um símbolo conhecido do amor, fidelidade e lealdade!

O belo e imponente pinguim-imperador forma casais que, além de permanecerem unidos, dividem as tarefas da criação dos filhotes! Os machos compartilham com as fêmeas a incubação do ovo, além de cuidarem dos filhotes após o seu nascimento. Mas, afinal, por que essas aves seriam fiéis?

Ao investigar esse fenômeno, cientistas descobriram que o segredo para o relacionamento durar tanto está na distância! É isso mesmo, os pinguins passariam a maior parte do tempo separados para então se encontrarem e ficarem juntos por cerca de três meses do ano! Essas aves encontram-se no verão para se reproduzirem com o(a) mesmo(a) parceiro(a), e permanecem unidos durante os primeiros 70 dias dos filhotes, quando o macho envolve-se diretamente nos cuidados dos rebentos. Machos e fêmeas revezam-se na busca do alimento, chegando a viajar muitos quilômetros para, ao retornar, regurgitar o alimento para os filhotes, “liberando” o outro, por sua vez, para se alimentar. Isso é que são pais dedicados, não?



Casal de pinguins-rei,  
“unidos para sempre”.  
(Silvia Dotta, 2020)

Esse comportamento que alguns animais apresentam (de cuidar da prole – ou seja, dos filhotes – até que ela tenha condições de cuidar de si mesma) tem um nome: cuidado parental. No caso dos pinguins, como para outras espécies animais, esse cuidado começa antes mesmo do nascimento dos filhotes. E a vantagem desse comportamento é garantir a sobrevivência da prole até que os pequenos atinjam a sua independência física. E claro que isso é extremamente importante para os pinguins! Afinal, como um único indivíduo conseguiria percorrer longas distâncias para buscar alimento e, ao mesmo tempo, cuidar do filhote? As chances de sobrevivência do pequeno seriam mínimas, concorda?

*Então além de um casal modelo, os pinguins também são pais e mães modelo! No entanto, essas aves estão ameaçadas pelas mudanças do clima. Um problema detectado pelos cientistas, e que acende a luz vermelha sobre a ameaça a que esses animais (e outros tantos) estão submetidos, diz respeito ao distanciamento entre as áreas de alimentação e de reprodução. O que acaba acontecendo é que, conforme as temperaturas vão se elevando, a comida vai ficando cada vez mais distante.*

Vamos entender isto: os pinguins não escolhem qualquer área para se reproduzir. Sua preferência, dependendo da espécie, está em se estabelecer em ilhas sem gelo marinho e com areia fofa ou presença de seixos (um tipo de cascalho), mas, independente de onde se estabeleçam, precisam de um bom suprimento de comida que é garantido pela águas do oceano Austral e melhor ainda na Zona da Frente Polar Antártica (águas com grande quantidade de nutrientes, com muitas das presas dos pinguins, como peixes e lulas).

A grande questão é que essa Frente, antigamente chamada de Convergência Antártica, está se afastando do alcance dos pinguins justamente por causa das mudanças do clima. Esses pinguins vivem em ilhas espalhadas ao longo do oceano Austral, e modelos climáticos, considerando o aquecimento global, têm mostrado que a Frente Polar Antártica vem se movendo gradativamente na direção do Polo Sul (ou seja, afastando-se das áreas onde os pinguins geralmente estão). Só que estes animais não têm autonomia de natação maior do que 700 km para garantir a sobrevivência de suas crias, que acabam condenadas a morrer de fome nos seus ninhos! Assim, com o aumento da temperatura global e consequente escassez de alimentos, o que pode acontecer com os pinguins antárticos?

## **56 Pinguins se divorciam?**

Aposto que você já ouviu que os pinguins são muito fiéis. Frequentemente, nos deparamos com relatos super-românticos sobre esses bichinhos, daqueles dignos de história de cinema: eles encontram

o seu grande e verdadeiro amor, nunca mais se separam e vivem felizes para sempre! Mas será que é assim mesmo? Quanto disso tudo é verdade?

Para tentar entender essas questões, a primeira coisa que precisamos saber é sobre como funciona a monogamia entre os pássaros. Só pra ficar claro, a monogamia é uma forma de relacionamento em que um indivíduo tem apenas um parceiro, seja sexual ou romântico, durante a sua vida ou durante períodos. Aves monogâmicas são aqueles que escolhem apenas uma parceira ou um parceiro com quem vão se reproduzir e criar seus filhotes. Mas toda história tem um ponto de partida e de chegada, e vários acontecimentos, antes e depois daquilo que a gente conta, acabam ficando de fora. É por isso que nas novelas, os casamentos acontecem sempre no último episódio. Será que a história acaba aí?

Voltemos aos pinguins... assim como os humanos, algumas aves podem ser monogâmicas “em série”, ou seja, têm apenas um parceiro ou parceira por vez, mas podem começar novos relacionamentos após uma “viuvez” ou um “divórcio”. E como cientistas sabem disso? Graças a técnicas que lhes permitem marcar algumas aves e segui-las durante sua vida. Essas técnicas permitiram verificar que nem todas as aves ficam juntas durante toda a vida e que muitas se “divorçam”. No mundo das aves, entendemos esse “divórcio” quando pelo menos uma das partes do casal troca de parceiro, sem que seu parceiro inicial tenha morrido. Tá bom, mas e os pinguins?

Bem, as taxas de divórcio entre as aves variam muito de uma espécie para outra e os pinguins não são uma exceção. No caso desses simpáticos bichinhos, a taxa média de fidelidade verificada em um estudo foi de cerca de 72%, isso considerando todas as espécies estudadas. Quando as espécies foram consideradas separadamente essa taxa variou entre 29% e 97%. Além disso, o divórcio representou entre 13% e 39% dessas mudanças de parceiro.

Maior familiaridade no relacionamento pode tornar as aves melhores em proteger seus ninhos. Esses casais podem melhorar seu trabalho conjunto e sua procriação, o que os torna mais capazes de proteger seus filhotes por causa de sua experiência em lidar com os problemas conjuntamente.

Se os casais de aves que permanecem juntos têm muitos benefícios, por que então alguns se separam? É que, como em todas as relações, alguns problemas podem acontecer. Nas espécies em que os casais se separam depois da época de reprodução, reunir-se novamente todos os anos pode ser um processo difícil. E, quando o custo dessa reunião é muito alto, é provável que as aves optem por encontrar novos parceiros.



Casal de pinguins-de-adélia com filhotes.  
(Silvia Dotta, 2004)

As causas mais comuns de “divórcio” entre as aves, fora essa separação física, são uma baixa performance reprodutiva ou um parceiro com um território de baixa qualidade. Nesses casos, é esperado que as aves encontrem alguém “melhor” em comparação com seus antigos parceiros. Os novos parceiros serão considerados um par mais adequado se o novo casal conseguir ter mais filhotes ou se o novo par possui um território melhor. Também é possível que não apenas um, mas ambas as aves que se “divorciaram” encontrem parceiros melhores após a separação. Por mais que a gente ame, há relações que não funcionam, não é?

No caso dos pinguins, os pinguins-rei e pinguins-imperador são os que apresentam as taxas mais altas de divórcio. No caso dos pinguins-rei, mais de 80% mudam de parceiro de uma temporada de acasalamento para outra. As maiores razões para isso é que eles podem chegar aos locais de acasalamento em momentos diferentes, o que dificulta seu reencontro. Além disso, nesses locais, eles possuem um acesso a grandes quantidades de novos parceiros.

Aproximadamente 40% dos pinguins-de-adélia mudaram de parceiro em duas temporadas consecutivas, seja por causa de divórcio ou de morte de um dos parceiros. Por outro lado, os pinguins-papua, os pinguins-de-galápagos, os pinguins-azuis, os pinguins-de-magalhães e os pinguins-de-olho-amarelo são muito fiéis, com uma média de mais de 80% dos indivíduos acasalando com o mesmo parceiro por, ao menos, dois anos consecutivos

Ainda há muita coisa que deixa cientistas com a pulga atrás da orelha quando o assunto é o “divórcio” entre essas aves. Porém, uma coisa que se sabe é que ele é um processo complexo, talvez tão complexo quanto para os humanos, e pode ser desencadeado por múltiplas causas. Apenas estudos longos, que acompanham os pinguins por bastante tempo, podem nos ajudar a entender esse fenômeno tão interessante! E você? Já tinha ouvido falar que pinguins ficam juntos para sempre? Que outras espécies têm essa fama e, será que ela é verdadeira?

## *57 Por que os pinguins não voam?*

O que é o que é: tem asa, mas não voa? O bule! Entretanto, será que só o bule? E se tiver um par de asas e não voar? É bem provável que você pense logo de saída em alguma ave, e certamente há aves com pares de asas que não voam mesmo, como as emas, os avestruzes, e... os pinguins! Pois é, os pinguins não voam! E por que será que não voam?

Por que será que essas aves curiosas perderam a sua capacidade de voar e desenvolveram de um modo tão eficiente a sua capacidade de nadar? Sim, pinguins são excelentes nadadores, e suas asas desempenham um papel fundamental nessa função! À maneira de nadadeiras, elas propulsionam estes animais na água de um modo bastante eficiente, ajudando com que eles desenvolvam velocidades consideráveis quando submersos (até 40 km/h!). No entanto, nem sempre parece ter sido assim.

Segundo algumas pesquisas, os ancestrais dos pinguins seriam animais capazes de voar, mas como sob a água havia maior

abundância de alimentos, o ambiente pode ter selecionado os melhores nadadores em detrimento dos melhores voadores, já que nadar seria, portanto, uma habilidade mais vantajosa do que voar, certo? E justamente a redução dos recursos alimentares em terra poderia ter favorecido essa pressão evolutiva e favorecido os melhores nadadores. Atualmente dá para perceber como as asas pequenas dos pinguins seriam mais eficientes como remos do que para o voo. Mas por que não ser bom nos dois? Por que os pinguins, como algumas aves, não poderiam voar e nadar?



Patas adaptadas para a natação.  
(Sílvia Dotta, 2020)

Um outro estudo desenvolvido justamente para tentar responder a esta pergunta avaliou o custo do voo e do nado em aves que voam e nadam (uma delas era inclusive uma ave antártica! o *Phalacrocorax pelagicus*, conhecida popularmente como cormorão pelágico). Através desse estudo os pesquisadores descobriram que o alto custo energético do voo (e o baixo custo do mergulho) em aves mergulhadoras como os pinguins teria levado essas aves a “deixar” a opção do voo e se tornarem incapazes de voar para investir sua energia na natação. Resumo da história: ficou mais vantajoso somente nadar, e nadar bem! do que fazer as duas coisas como os seus ancestrais que “transitavam” nessa fronteira ar-água. Interessante, não? E é esta a história que a Paleontologia, com o estudo dos fósseis, conta, e, assim, somos capazes de reconstruir (na medida do possível!) a história dos organismos que um dia

habitaram este planeta e deram origem aos grupos animais e vegetais que hoje encontramos!

Voltando aos pinguins: esses animais são realmente muito bem adaptados para a natação! Além disso, o aumento da densidade óssea destas aves confere maior estabilidade ao nado, mas desfavorece o voo que pede justamente ossos leves, menos densos (o que chamamos de ossos pneumáticos), condição oposta à que os pinguins apresentam! Outras características destes animais também contribuem para uma natação muito eficiente, como o corpo fusiforme hidrodinâmico (isto é, aquele corpo alongado que muitos animais aquáticos apresentam), membranas interdigitais nas patas (ajudando a impulsão dos pinguins na água), além de, ainda por cima, saírem da água sem se molhar!

Incrível, não? Os pinguins, no entanto, não param por aí de nos impressionar! Você consegue imaginar como os pinguins se adaptaram para sobreviver ao frio? Como é que eles não congelam as patas? E por que suportam nadar em águas tão gélidas?

## 58 Existe pinguim no Ártico?

Você sempre ouviu falar que pinguim só existe na Antártica, essa ave preta e branca que não voa é até símbolo do continente gelado. Mas saiba que exploradores do Ártico sempre viam colônias de uma ave branca e preta, que não voava, mas que vivia grande parte do tempo nadando muito bem: mergulhava a mais de 70 m de profundidade e conseguia prender a respiração por quinze minutos.

Essa ave era o arau-gigante ou alca-gigante de nome científico *Pinguinus impennis*. O arau-gigante tinha 75 a 85 cm de altura e pesava cerca de 5 Kg. Seu bico era curvo, forte, negro e com ranhuras na superfície. Sua dieta era composta principalmente por peixes, geralmente os que mediam de 12 a 20 cm de comprimento e pesavam 40 a 50 g, mas ocasionalmente suas presas tinham até a metade do comprimento da ave.

Durante o verão a plumagem apresentava uma mancha branca sobre cada olho, que desaparecia no inverno e dava lugar a uma faixa branca entre os olhos. Suas pequenas asas, de apenas 15 cm de comprimento, não lhe permitiam voar.

Eram encontrados no Atlântico Norte ao longo das costas do Canadá, nordeste dos Estados Unidos, Noruega, Groenlândia, Islândia, Ilhas Faroé, Irlanda, Grã-Bretanha, França e Península Ibérica. Hoje em dia, alguns fósseis mostram que o arau também habitava o sul da França, Itália e outras costas da bacia do Mediterrâneo. Formava grandes colônias em ilhas rochosas isoladas, com fácil acesso ao mar, pois passava a maior parte da vida na água, de onde saía apenas na época do acasalamento.

Quando começou a exploração do Hemisfério Sul e os exploradores viram colônias de aves branco e preta que também não voavam, mas nadavam muito bem, eles chamaram essa ave de pinguim por conta do *Pinguinus*, a única espécie moderna desse gênero. Os pinguins que conhecemos hoje não são nem da mesma família que o arau, o nome foi dado só pela semelhança na aparência.

*O último casal foi caçado em julho de 1844, na ilha Stac an Armin, no arquipélago de Saint Kilda, Escócia, para um comerciante. Três homens chegaram na ilha, pegaram os animais e os mantiveram amarrados por três dias. Depois mataram o casal estrangulado e um deles ainda pisou no único ovo que estava sendo chocado.*

Atualmente, 78 peles da ave ainda existem, a maioria em coleções de museus, além de cerca de 75 ovos e 24 esqueletos completos. Todas essas peles, com exceção de quatro delas, estão com a plumagem de verão, e apenas dois indivíduos são imaturos. Não há exemplares de filhotes, porém, múmias e fósseis ainda estão sendo encontradas em novos lugares como Portugal.

Uma história triste de uma extinção que o ser humano causou. Será que ainda iremos causar mais extinções com nossas ações? Que animais você tem notícia de estarem na situação de ameaça crítica de extinção? O que você pode fazer para ajudar a esses animais?



Espécime de Arau-gigante em exposição (*Pinguinis-impennis*).  
(Mike Pennington, 2009)

## 59 O que os pinguins comem?

Os pinguins caçam todas as suas presas no oceano, por isso, possuem incríveis habilidades de natação e aguçada visão subaquática. Mesmo assim, é difícil saber como os pinguins caçam na escuridão, à noite ou em grandes profundidades. Alguns cientistas levantam a hipótese de que os pinguins conseguem ver as presas com bioluminescência, que brilham no escuro, como algumas lulas, crustáceos e peixes.

Os pinguins passam um quarto da sua vida na terra e três quartos no oceano. As táticas de caça variam por espécie e podem incluir mergulhos profundos ou rasos para procurar as presas. Alguns pinguins podem mergulhar para comer a 15–18 m de profundidade, outros podem ultrapassar 150 m. Essas técnicas podem mudar dependendo dos hábitos de seus alimentos preferidos.

Muitos pinguins são comedores oportunistas e têm uma dieta com grande variedade de alimentos. Eles irão se alimentar do que estiver disponível mais facilmente nas diferentes épocas do ano. A maioria se alimenta de krill, peixes, lulas e outras formas de vida marinha, podendo se alimentar de mais de um quilo de frutos do mar por dia nos meses de verão.



Filhotes de pinguim-papua aguardam o retorno dos pais para se alimentar, Península Antártica. (Silvia Dotta, 2004)

Como todas as aves, os pinguins não têm dentes. Os pinguins pegam suas presas com suas poderosas mandíbulas e engolem inteiras. Eles também não têm papo. Se você olhar atentamente para o bico de um pinguim, notará um anzol na ponta, perfeito para pegar o jantar. Os pinguins também têm cerdas voltadas para trás na língua, o que evita que as presas escorregadias escapem.

*Alguns cientistas observaram pinguins engolindo pedras intencionalmente para ajudar na trituração dos alimentos no estômago e provavelmente para ajudar a ficar mais denso e poder mergulhar mais fundo.*

O krill é uma parte particularmente importante da dieta dos filhotes de pinguins. Um estudo de longo prazo da dieta dos pinguins-papua descobriu que o sucesso reprodutivo estava diretamente relacionado à quantidade de krill que eles comiam. Os pais dos pinguins procuram krill e pescam no mar e depois viajam de volta à terra para regurgitar a comida nas bocas de seus filhotes. Isso é possível, pois o estômago desses animais possui duas câmaras, onde o alimento fica armazenado na primeira câmara para poder ser regurgitado para o filhote.

A dieta dos pinguins-imperadores e pinguins-rei é composta 80% de peixes. O pinguim-imperador come, além disso, crustáceos e lulas, enquanto o pinguim-rei complementa sua dieta com krill. O pinguim-imperador pode atingir profundidade de mais de 215 m e pode permanecer embaixo da água por até 18 minutos.

Os pinguins-de-adélia, antártico e papua consomem principalmente krill, peixe-prata (*silverfish*) e lula. O consumo de peixe pode variar de 15 a 50% dependendo da localização e hábitat onde o pinguim está. Enquanto o pinguim-antártico tem bico curto e grosso adaptado para comer krill grande, o pinguim-de-adélia come krill pequeno. Já o pinguim-papua tem bico adaptado para comer uma maior variedade de alimentos. O pinguim-macaroni come krill e pequenas lulas e polvos e crustáceos.

O krill compõe mais de 90% da dieta durante a época de acasalamento e faz parte da dieta de muitas espécies de pinguins, mas seu número está diminuindo como resultado das mudanças climáticas e da pesca comercial de krill. A perda de gelo leva à perda de krill. Os pesquisadores já viram em modelos computacionais que com um aumento de 1 °C na temperatura da superfície do mar pode acontecer uma redução de 95% de krill.

Será que somente os pinguins irão sofrer com a diminuição da quantidade de krill? E os pinguins que não comem krill, será que também serão afetados?

## 60 Por que o pinguim faz cocô vermelho?

Ninguém no mundo acha que falar de cocô é bonito. Mas na Antártica é preciso falar dele, pois o cocô é muito importante para o ecossistema.

Além disso, o guano (cocô) dos pinguins é até bonito, porque é cor de rosa! Quase ninguém mostra os pinguins fazendo cocô, isso porque eles fazem cocô o tempo todo e muitas vezes lançam um jato de 40 cm de distância o que suja todos os lugares na pinguineira. Além disso, eles andam por cima do cocô, deitam e muitas vezes os filhotes ficam todos cor de rosa, cheios de cocô.

Para você ter ideia, é tanto cocô que dá pra ver do espaço, e algumas novas colônias de pinguins foram encontradas recentemente por meio das manchas de guano avistadas por pesquisadores em fotos de satélite.



Pinguim fazendo cocô. (Sílvia Dotta, 2020)

Em fotos e vídeos não é possível ter ideia do fedor que é uma pinguineira. O cheiro é tão forte que impregna e alguns pesquisadores podem até ter dor de cabeça e se sentir zonzos. Isso porque os pinguins expelem quantidades abundantes de óxido nítrico pelas fezes, o famoso gás do riso – sedativo usado por dentistas em procedimentos, fazendo com que quem estiver próximo seja afetado. Já o guano é cor de rosa porque os pinguins comem muito krill. O krill contém carotenoide, do mesmo grupo de pigmento que dá cor às cenouras. Na verdade, o krill salva não só a Antártica, mas

o mundo todo, todos os dias. O krill possui muitos sais minerais, proteínas e ferro.

O krill é o prato predileto de todos na Antártica e assim o pinguim come o krill na água do mar e volta para terra. Nos ninhos ele faz cocô e libera todos esses sais minerais e ferro no ambiente. Além de pedaços de krill que são comidos por algumas aves. O guano de pinguim também escorre para dentro da água de novo e fica disponível para alguns animais que vivem na água como peixes e invertebrados.

Os invertebrados do fundo do oceano também são alimentados com cocô, principalmente de krill. O krill normalmente filtra fitoplâncton da água, mas ele também come microalgas que ficam presas no gelo durante o inverno. Assim, durante todo o inverno, enquanto o krill come as microalgas do gelo, os invertebrados se deliciam com a chuva de coco de krill.

As focas e elefantes marinhos também enchem a terra de cocô e muito desse cocô também é comido por aves, principalmente por skuas.

As baleias também comem toneladas de krill por dia e liberam gigantescos cocôs líquidos na água do mar. Assim, elas também liberam sais minerais e ferro de volta para a água que serão usados pelo fitoplâncton. E à medida que as baleias nadam e realizam suas longas migrações, os oceanos do mundo todo vão sendo fertilizados.

Você consegue imaginar o que vai acontecer com o ecossistema se o gelo do oceano Austral derreter todo e não tiver mais krill e o cocô dos pinguins não for mais cor de rosa?

## ***61 Pinguim tem pena?***

Vamos imaginar um pinguim: essas simpáticas avezinhas desajeitadas em terra, que se locomovem balançando o corpo de uma forma bastante curiosa e engraçada. Podem, na imaginação de cada um, se desenhar maiores ou menores, em preto e branco ou até mesmo com um colorido muito bacana na cabeça (como é o caso

dos imponentes pinguins-imperadores). Mas tenho certeza de que ninguém vai imaginar um pinguim com penas e plumas exuberantes. Afinal, um pinguim nem parece que tem pena!

Os pinguins têm penas sim! Entretanto, elas são diferentes das penas convencionais a que estamos acostumados. Para começo de conversa, as penas dos pinguins são estruturas bem pequenas e numerosas e, por serem assim, curtinhas e recobrimdo todo o corpo do animal (exceto as patas), pode parecer até que seu corpo é revestido por pelo! Mas, não! Apenas mamíferos apresentam o corpo recoberto por pelos e pinguins são aves. Essas penas tão modificadas possuem um papel fundamental na sobrevivência dos pinguins em ambientes extremos como o gelo. Quando na água, estas estruturas “selam” o corpo dos pinguins, formando uma barreira isolante que dificulta a perda de calor para o ambiente. Em terra (ou melhor, na neve e no gelo!) as penas se eriçam e possibilitam a formação de uma camada de ar junto à pele que reduz a perda de calor. Além disso, os pinguins mudam as penas, como outras aves, e, durante esse período de muda, esses animais nem entram na água! Dá para imaginar o porquê, não é? Já que as penas são estruturas tão importantes para garantir o isolamento térmico enquanto nadam em águas geladas!

Além de todas estas vantagens das penas dos pinguins, ainda há mais uma: garantir a impermeabilização do corpo, garantir que esses animais não se molhem, mesmo ao sair da água quando deveriam estar supostamente molhados. E isso acontece porque os pinguins têm na região dorsal do corpo, próximo à cloaca, uma glândula produtora de um óleo que, ao ser passado nas penas, serve para repelir a água, criando uma barreira e mantendo-os secos. Você já experimentou molhar a sua mão em óleo e mergulhar em um copo com água? Pois é, o óleo é hidrofóbico (hidro de água, e fobia de aversão). E os pinguins, ao produzir esse óleo, espalham-no pelas penas e ficam, por esta razão, impermeáveis!

A esta altura você deve estar se perguntando: por que pinguins, como outros animais, atingidos por vazamentos de óleo no mar precisam ser limpos ou morrem? Por que esses vazamentos ameçam animais como os pinguins que espalham óleo no próprio

corpo? Acontece que quando os pinguins se sujam de óleo de embarcação (que, claro, é um óleo diferente daquele que essas aves produzem), a impermeabilidade das penas é perdida, permitindo que a água entre em contato com o seu corpo. A partir daí fica fácil entender o perigo a que eles são submetidos: a água gelada faz baixar a temperatura corpórea e sujeita os pinguins à morte. Por isso, é importante que pinguins sujos de óleo sejam resgatados e limpos para serem, então, novamente liberados na natureza.



Pinguim-macaroni (a esquerda) e pinguim-de-penacho-amarelo (a direita).  
(Silvia Dotta, 2020)

Entendeu o porquê da importância de se preservar os oceanos, combatendo a poluição ambiental? Dessa forma, podemos proteger essas aves tão simpáticas e penosas! Mas, afinal, têm penas mas não voam! Ou voam?

## 62 Existem baleias antárticas?

As baleias pertencem a um grupo maravilhosamente diverso dos mamíferos aquáticos do mundo, chamados cetáceos. Os cetáceos variam de tamanho desde botos com pouco mais de um metro de comprimento, até o maior animal que vive ou já viveu na terra, a magnífica baleia-azul, que pode crescer até 30 metros e pesar mais de 80 toneladas.

As baleias passaram por mudanças evolutivas tão extraordinárias ao se adaptarem à vida nos oceanos que é difícil imaginar como os seus ancestrais podem ter sido. Por causa de registros fósseis, nós hoje sabemos que as baleias evoluíram de mamíferos terrestres muito menores, mais ou menos do tamanho de um cachorro de grande porte, que começaram a viver na água há mais de 50 milhões de anos.

*As baleias que conhecemos hoje são criaturas fascinantes e se sentem em casa nos oceanos, apesar de serem mamíferos. Frequentemente, são animais muito sociais e podem se comunicar a distâncias muito longas. As baleias não reconhecem as fronteiras de território criadas por nós humanos. Tenho certeza de que elas não se consideram de uma ou de outra nacionalidade, mas, mesmo assim, existem áreas geográficas e habitats essenciais por onde costumam vagar – seja para descansar, acasalar, socializar ou se alimentar.*

Mas será que existem espécies de baleia que nascem na Antártica?

A Antártica abriga várias baleias. Uma delas é a baleia-azul, o maior animal de todos os tempos a habitar o nosso planeta. Lá também encontramos as orcas, também chamadas de “baleias-assassinas”, conhecidas assim pelo seu hábito de caçar outros cetáceos, como golfinhos, e até outras baleias, animais muito maiores que elas. Mas, apesar de serem conhecidas como baleias, as orcas não são baleias, elas são golfinhos!

Outra baleia que pode ser encontrada na Antártica é uma espécie bem conhecida das águas brasileiras: a baleia-jubarte, que

viaja pelos oceanos do mundo todo. Também estão lá as baleias-cachalotes, normalmente os machos adultos, que são os maiores carnívoros com dentes do planeta.

Ah, e você já ouviu falar da baleia-fin? Elas também podem ser encontradas na Antártica, e ficam apenas atrás da baleia-azul em tamanho! Essa espécie de baleia é muito rápida! Elas costumam nadar em velocidades de cerca de 30 km/h, mas quando precisam, podem chegar a quase 50 km/h! Já a baleia-franca-austral, que também passa temporadas por lá, tem uma característica muito especial. Este é o animal com os maiores testículos do planeta! Eles chegam a pesar uma tonelada! Dá pra imaginar? Também podemos encontrar a baleia-sei, mas esta espécie não gosta de ficar muito próxima do gelo. Por fim, as baleias-minke, que podem ser divididas em dois tipos, a baleia-minke-anã e a baleia-minke-antártica, porque elas são as menorzinhas das grandes baleias: elas não passam dos 10 m de comprimento, mais ou menos o tamanho de um caminhão-baú pequeno.



Orcas caçando foca-caranguejeira na Antártica. (Callan Carpenter, 2018)

Como deu para ver, são muitas as espécies de baleias que podem ser encontradas na Antártica, mas resta uma dúvida: será que existem baleias antárticas, ou seja, que nasceram perto do continente mais gelado do mundo?

A resposta é não! As baleias não se reproduzem no oceano Austral, porque elas preferem os climas mais temperados para ter seus filhotes. No entanto, a região Antártica é um lugar muito

badalado entre elas devido à riqueza de alimentos, incluindo uma grande quantidade de krill! Por causa disso, algumas espécies de baleia migram para o oceano Austral durante os meses de verão para aproveitar o mar rico em alimento.

É importante dizer que essas magníficas criaturas podem ser muito afetadas se não cuidarmos do meio ambiente e levarmos as mudanças climáticas a sério. Um aumento na temperatura da água na Antártica provavelmente afetaria a quantidade de krill disponível, pois esses bichinhos parecidos com um camarão estão adaptados a viver em águas bem geladas. Isso pode ter um efeito indireto nas populações de baleias, pois, diminuindo seu alimento, elas podem não ingerir o necessário para ter energia na migração, além de terem de competir por comida. Logo, as mudanças climáticas podem alterar seriamente o ambiente antártico. Que tal pensarmos em maneiras de ajudar as baleias e agir contra as mudanças climáticas? O que será que cada um de nós pode fazer para cuidar do planeta?

## *63 Por que o oceano Austral possui uma das mais altas diversidades da Terra?*

Muito se tem estudado sobre a Antártica nos últimos anos, porém, a biodiversidade permanece inexplorada em grande parte. Pesquisadores se esforçam para entender a evolução e diversidade da vida no oceano Austral para determinar como esse ecossistema único apareceu. E esse entendimento está cada vez maior quanto à biodiversidade marinha e terrestre.

A biodiversidade terrestre da região é predominantemente restrita a áreas permanentemente livres de gelo, que correspondem a menos de 1%, além disso, há pouquíssimas espécies. A vida se concentra no oceano e as praias e rochedos do continente são usados basicamente como locais de nidificação e reprodução no verão antártico. Mesmo assim, o cocô de pinguim e foca, ricos em

nitrogênio, nutre o solo que ajuda a criar pontos críticos de biodiversidade em toda região. O resultado desse enriquecimento é uma comunidade rica de musgos e líquens, e neles podemos encontrar um número incrível de colêmbolos e ácaros.

O maior animal terrestre antártico é um mosquito de no máximo 6 mm. Nas águas do litoral podemos encontrar as baleias-azuis, os maiores animais do planeta. Focas e pinguins podem passar parte de seu tempo fora da água, mas eles dependem inteiramente do mar para se alimentar, portanto, são considerados animais marinhos.

Já no oceano Austral, a diversidade marinha está em completo contraste com a da terra próxima e pode ser considerada tão rica quanto a biodiversidade de recifes de corais, pois esse oceano é muito produtivo. A abundância de nutrientes estimula o crescimento do fitoplâncton, que atinge níveis elevados e sustenta toda a cadeia alimentar marinha. Um único litro de água do mar pode conter mais de um milhão de indivíduos de fitoplâncton.

Mais de oito mil espécies de invertebrados já foram descritas no oceano Austral e se estima chegar a mais de vinte mil. Muitos fatores estão por trás dessa grande biodiversidade, incluindo a alta diferença de ambientes, o isolamento e a idade.

Essa alta diferença de ambiente acontece devido à variação na quantidade de alimento, na disponibilidade de luz durante o ano, pela quantidade de gelo encontrada na superfície do mar, na diferença de salinidade perto e longe das geleiras, entre outros.

*O isolamento da Antártica, por não ter conexão terrestre com outro continente, permitiu que muitas novas espécies evoluíssem na ausência de competição com outros animais. Durante a formação do continente gelado ocorreu o que chamam de bomba de biodiversidade, na qual as espécies se especializaram e ao encontrar com outras novas espécies se misturaram e conseguiram conviver. Após a evolução elas se adaptaram ao ambiente marinho frio, porém, estável.*

Algumas adaptações às águas frias e à extrema sazonalidade de alimento são:

- Alguns animais adaptaram seus padrões de migração à sazonalidade de alimento, como as baleias e algumas aves marinhas que migram para latitudes mais baixas durante o inverno austral para se reproduzir e retornam ao oceano Austral durante o verão para se alimentar.
- Invertebrados marinhos, como os moluscos, crescem e se reproduzem durante um curto período de tempo no começo do verão. As taxas de crescimento são geralmente mais lentas e a longevidade maior do que em outros oceanos.
- Animais de sangue quente desenvolveram espessas camadas de gordura para isolamento. As formas do corpo também evoluíram para minimizar a proporção entre superfície e área, reduzindo assim a perda de calor. Os pinguins também têm uma plumagem densa e impermeável.
- Como a água fria contém mais oxigênio dissolvido do que a água quente, o peixe-gelo não precisa de hemoglobina no sangue. O alto teor de oxigênio dissolvido na água também permite que alguns organismos, como lulas e polvos, cresçam mais do que o normal em outros oceanos.
- Tanto o bacalhau-da-antártida quanto o peixe-gelo possuem proteínas anticongelantes em seu sangue e tecidos que impedem o congelamento de seus fluidos corporais.

Com as mudanças climáticas, você acha que esses animais irão se adaptar? A biodiversidade sofrerá alguma ameaça?

## *64 Há vida no fundo do mar congelado?*

O oceano Austral pode ser gelado, mas tem muita vida sim!

Além dos pinguins, das focas e baleias, no fundo do mar da Antártica existem bactérias, fungos e o bentos. Bentos é um grupo de organismos que quase não nadam ou não se deslocam, ou ainda que ficam fixos em alguma coisa do fundo do mar. O fundo do mar vai desde a areia e rochas da praia até o fundão mesmo, a vários metros de profundidade.

É por isso, que a partir de agora, vamos realizar uma viagem para o fundo do mar da Antártica! Lá existe uma infinidade de organismos, alguns até bem coloridos como as esponjas, as estrelas-do-mar, os pepinos-do-mar, as algas e as gorgônias.

As gorgônias, por exemplo, pertencem ao mesmo grupo dos corais e das anêmonas. Elas são colônias de vários pólipos muito pequenos que se unem através de um esqueleto de carbonato de cálcio, que serve de sustentação para a colônia. As gorgônias antárticas são consideradas um dos cnidários mais primitivos do planeta, já que sobreviveram até ao meteorito que matou os dinossauros.

Outros animais que vivem no fundo do mar da Antártica são: moluscos; crustáceos, como os anfípodos e os isópodos; pantópodos; priapulidas; ascídias etc.

Eles se adaptaram muito bem às águas geladas do oceano Austral, que tem uma temperatura entre  $-1,5^{\circ}\text{C}$  e  $+1,5^{\circ}\text{C}$  e que ficam com a superfície congelada durante uns 9 meses por ano.

E sabe o que eles comem? Eles comem o que cai da superfície da água. Muita microalga, algum animal do zooplâncton, vivo ou morto e até cocô de krill e de outros animais (baleias, pinguins etc.).

Os animais que não se mexem, como as esponjas e as gorgônias, têm que esperar essa comida cair. Já as estrelas-do-mar, ou os pepinos-do-mar que conseguem se locomover um pouco, vão comendo e buscando também o que caiu e ficou acumulado sobre o sedimento.

E qual a importância desses animais todos? A gente fala que eles reciclam a matéria orgânica que está na água do mar. Como assim? A microalga absorve luz, gás carbônico e nutrientes e faz fotossíntese, a esponja come a microalga e quando a esponja morre tudo isso vira nutriente de novo e fica na água disponível para as microalgas. Vira um ciclo da vida.

O bentos da antártica demora muito mais tempo para morrer, sendo que algumas esponjas podem chegar a ter 200 anos. É por isso, que quando ela come a microalga, ela está guardando gás carbônico. Como o gás carbônico é um dos gases do efeito estufa, então o bentos ajuda a diminuir a quantidade de gás carbônico no

ar. Além disso, como muitos animais bentônicos não se movimentam, eles sofrem ou morrem com qualquer mudança que aconteça na água, já que eles não conseguem fugir.

*O fundo do mar da Antártica está esquentando cinco vezes mais rápido do que o fundo do mar de outros lugares. Além disso, as geleiras estão derretendo e estão liberando água doce e mudando a temperatura da água. É por isso que muitos organismos do fundo do mar estão morrendo ou estão modificando a sua dieta. Com o degelo, muito sedimento fica em suspensão na água e isso pode soterrar muitos animais do bentos que não se movimentam e não conseguem filtrar a água para se alimentar.*

Outro perigo é o aumento da quantidade de blocos de gelo que são soltos e encalham perto das praias. Esses encalhes arrastam tudo o que tem no fundo, inclusive os animais, matando muitos deles.

Infelizmente, a Antártica também já começa a sofrer os efeitos da acidificação dos oceanos, pois o gás carbônico é mais solúvel em água fria e as águas da Antártica estão ficando acidificadas duas vezes mais rápido do que as águas das regiões tropicais e temperadas. Essa acidificação diminui a capacidade dos animais como os crustáceos e os moluscos de formar carapaças ou conchas, dificultando sua sobrevivência.

Você conhece alguma política pública nacional ou internacional envolvida na frenagem desses processos? Acredita ser possível a sobrevivência dos oceanos sem o bentos?

## **65 Há vida no gelo e na neve?**

Quando você pensa sobre a existência de vida nas regiões polares, provavelmente, as primeiras imagens que vêm à sua mente são os pinguins e ursos-polares, animais marinhos bastante adaptados ao frio extremo. Mas a pergunta é: há vida naqueles milhões de quilômetros quadrados de gelo e neve? À primeira vista e a olho nu parece que não. Mas você já viu alguma imagem de geleiras

ou plataformas de gelo cor de rosa, ou vermelho? Saiba que essa coloração da neve é indício de vida. Vida microscópica, é claro!

A coloração da neve e do gelo é resultado da presença de algas. As geleiras podem ser colonizadas por uma infinidade de algas, bactérias, fungos e até mesmo invertebrados que sobrevivem e se proliferam em superfícies de neve e gelo. Essas algas são organismos microscópicos que crescem e se proliferam muito durante o verão devido à luz solar, tingindo as superfícies de gelo e neve. A produção de pigmentos coloridos pelas algas pode acontecer por diversos motivos, como por exemplo para a proteção contra o frio, ou contra a radiação ultravioleta.

Essas algas podem ter cor avermelhada, verde ou marrom. Em alguns locais, além da cor das algas, a poeira ou fuligem resultantes de atividades vulcânicas e de queimadas de florestas (de outros continentes, claro) também contribuem para o escurecimento da neve. Consegue imaginar que na Antártica cientistas brasileiros já estão procurando cinzas das queimadas da Amazônia? Sim, esses resíduos viajam longe. No caso do Ártico, também ocorrem incêndios, cujas cinzas podem cobrir a neve.



Neve rosa.  
[Silvia Dotta,  
2018]

Um dos impactos da coloração dada pelas algas (ou pela fuligem – cinzas de queimadas) é a redução maciça do albedo – a luz que é refletida de um corpo ou uma superfície. Por que será? Reduzir o albedo, significa aumentar a absorção de calor, e isso leva à intensificação do derretimento do gelo. Preocupante, não é? Mas vamos voltar à pergunta inicial: há vida no gelo?

Quando nos afastamos da costa, no platô Antártico, mesmo poucos micro-organismos conseguem sobreviver, devido a condições extremas, temperaturas muito baixas (abaixo de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  mesmo no auge do verão), falta d'água no estado líquido e de nutrientes. É o verdadeiro deserto polar. Mas em alguns locais, como por exemplo nos Vales Secos (Dry Valleys) são encontradas cianobactérias.

No mar congelado (no gelo marinho) também são encontrados muitos organismos que lá se refugiam para enfrentar o inverno. Sim, isso mesmo. Principalmente no inverno, em camadas de salmoura logo abaixo do gelo são o melhor abrigo para esses organismos, onde inclusive podem garantir alguma alimentação.

*O gelo marinho no início é feito de uma combinação de gelo, ar e sal. Mas este sal é expulso lentamente do gelo via canais de 1 milímetro de diâmetro e que acabam por formar uma salmoura rica em nutrientes logo abaixo da superfície congelada. Essas partes com salmoura se estendem por milhares de quilômetros quadrados de gelo marinho e hospedam ecossistemas microbianos inteiros. Esses ecossistemas são importante fonte de alimento para outros organismos marinhos, especialmente após a quebra do gelo, que desprende o material que estava acumulado nas salmouras durante o inverno, lançando-o no oceano aberto.*

Os principais organismos que vivem principalmente na salmoura e nos canais com salmoura são algas e bactérias microscópicas. As algas são produtores primários e fornecem a fonte inicial de alimentos para organismos heterotróficos (aqueles que crescem consumindo nutrientes orgânicos), como bactérias, protistas, e, eventualmente, crustáceos e outros organismos maiores. Ou seja, elas estão na base da cadeia alimentar, por isso, o aprisionamento

e crescimento dessas algas na salmoura do gelo, e sua liberação durante os meses de derretimento, ou seja, no verão, são fundamentais para a existência de todos os organismos que fazem parte dos ecossistemas polares.

Agora, pense como um cientista: a estrutura do gelo marinho é crítica para a estabilidade dos ecossistemas marinhos polares. Se o degelo for acelerado, provavelmente haverá a redução desses condomínios de gelo. Isso vai impactar na proliferação das algas? Se sim, o que pode acontecer com a cadeia alimentar?

## 66 Há insetos nas regiões polares?

Os insetos polares ocupam importante papel para o estudo sobre o clima, pois apesar de sua grande resistência às condições extremas, eles serão os primeiros a serem afetados pelas mudanças climáticas, por isso podem ser bons indicadores sobre os impactos e desequilíbrios ambientais.

Na Antártica são encontradas duas espécies de insetos, enquanto no Ártico há ao menos 3 mil espécies. A mosca *Eretmoptera murphyi*, nativa da ilha Geórgia do Sul, estabeleceu-se em uma das ilhas da Orcada do Sul, na Antártica. É provável que tenha sido transportada acidentalmente, como resultado da introdução experimental de plantas. A mosca *Belgica antarctica*, medindo entre 2 e 6 mm de comprimento, é considerada o maior animal terrestre da Antártica.

Como a maioria dos insetos, seus estágios de desenvolvimento são compostos por ovo, larva, pupa e adulto. A sua vida em condições de frio extremo tem sido possível porque as larvas resistem ao congelamento, suportam elevada desidratação, toleram alterações físico-químicas importantes (acidez, salinidade), podem sobreviver à falta de oxigênio. São de cor negra o que lhes permite absorver radiação ao máximo. Seu desenvolvimento de dois anos, como larva, possibilita o acúmulo de energia por mais tempo. Os adultos também têm a coloração preta, não têm asas funcionais e podem suportar ventos de até 140 km/h. Essas moscas são encontradas

nos meses de verão, têm vida curta e o acasalamento é rápido e a postura de ovos subsequente ocorre na estação climática mais amena.



*Belgica antarctica*, mosca antártica.  
(Taste of Crayons, 2009)

Os insetos do Ártico são representados por moscas, abelhas, mariposas, besouros, dentre outros. Porque essa região está enfrentando um aquecimento mais rápido e mais intenso, as temperaturas mais altas do verão aumentam a taxa de derretimento de campos de neve que, eventualmente, podem desaparecer. No verão, os campos de neve servem para o bem-estar das renas que os visitam para se livrar dos insetos e para se refrescar.

Um fenômeno ameaçador são os surtos de insetos. Um exemplo são as alterações nos fluxos de emissão de CO<sub>2</sub>, causados durante esses surtos. Estudos mostram uma grande variação sazonal dos fluxos de CO<sub>2</sub> em sistemas de fotossíntese e de respiração. Comunidades que efetuam fotossíntese são afetadas pelo CO<sub>2</sub>, de acordo com a estação do ano e as condições ambientais. Em uma região do Ártico, onde houve um surto de mariposa (*Epirrita autumnata*) durante o outono de 2012, a fotossíntese foi claramente afetada e registraram-se danos nas folhas das plantas. Além disso, excrementos dos insetos foram introduzidos no solo promovendo a produção de CO<sub>2</sub> via respiração do solo.



Abelha do Ártico. [Arnstein Staverløkk/Norsk institutt for naturforskning, 2017]

Outro exemplo de inseto são as abelhas árticas, principais polinizadoras de regiões frias cujas populações têm declinado, pois estão perdendo seu habitat. Com isso há a redução da polinização, havendo impacto no crescimento da vegetação, no caso do Ártico, principalmente na redução das áreas de florestas.

Além das mudanças climáticas que seguem o curso da natureza, é importante entender o impacto das ações humanas. Por exemplo, na Antártica já se observou que a presença humana está quase sempre acompanhada de insetos. Esses normalmente desaparecem quando os pesquisadores deixam as estações de pesquisa, pois as condições deixam de ser adequadas para sua sobrevivência. Porém, já há registro de alguns insetos invasores que se estabeleceram em algumas estações de pesquisa. O que poderia acontecer se o clima se tornasse mais favorável à vida dessas espécies ou se elas comessem a desenvolver um processo de adaptação ao ambiente antártico?

## 67 Como as focas se locomovem em terra?

As focas são mamíferos aquáticos bastante interessantes, e não há quem não as conheça – ou de filmes ou de documentários – e não simpatize com elas! Com os seus corpos alongados e seus membros anteriores (na parte da frente do corpo) modificados em nadadeiras, estes animais são extremamente ágeis na água, podendo nadar em velocidade e se deslocar por grandes distâncias.

Quem nunca se surpreendeu com uma chamada em noticiário de algum indivíduo perdido na costa brasileira, e que teria vindo da Antártica? Esses animais são capazes de percorrer muitos quilômetros por mar e até mesmo parar em lugares inusitados, embora muitas vezes um afastamento muito extremo aponte para uma desorientação desses animais. Em terra firme, no entanto, essa destreza toda em termos de locomoção não é apresentada, o que os torna presas bem mais fáceis de seus predadores.



Foca-caranguejeira, Península Antártica. (Silvia Dotta, 2018)

Como assim? Para começo de conversa, você já deve estar imaginando aquelas focas malabaristas que povoavam a nossa imaginação infantil em se tratando de peripécias circenses narradas

em livros e vistas em filmes, ou até mesmo ao vivo, quando os animais ainda eram permitidos nas apresentações dos circos! A foca equilibrista com uma bola no focinho e equilibrando-se em bolas maiores é uma imagem bastante comum quando se pensa nessas criaturas marinhas! Quem não se lembra da famosa letra da música *A Foca*, de Vinicius de Moraes? (“Quer ver a foca/ Ficar feliz?/ É pôr a bola / No seu nariz”)?

No entanto, as focas não são tão destras assim em terra, pelo contrário! E, para começar essa história, já vamos logo esclarecer que as focas dos circos não são focas de fato, mas leões-marinhos! Esses animais pertencem a uma família diferente daquela das focas, e são conhecidas realmente como focas falsas ou focas com orelhas (vejam só! as focas verdadeiras não possuem orelhas externas ou pavilhão auditivo, o que por si só é mais uma característica somada à hidrodinâmica desses animais). E agora que você já sabe diferenciar uma foca de um leão-marinho – pelo menos nesse quesito – vamos à habilidade das focas em terra firme.

*Fora da água as focas locomovem-se rastejando, não sendo capazes de girar e tampouco usar seus membros pélvicos, voltados para trás, como apoio (sentar, por exemplo, sobre as nadadeiras traseiras). Isso faz com que elas se locomovam arrastando a barriga, usando as nadadeiras dianteiras para impulsionar o corpo. Esse andar desajeitado acaba fazendo com que elas sejam mais vulneráveis a predadores em terra firme, pois sua agilidade de deslocamento é bastante comprometida. No entanto, nem sempre foi assim!*

Descobertas apontam para uma condição bem diferente dos ancestrais das focas, como, por exemplo, um achado fóssil de 23 milhões de anos no Canadá, batizado de *Puijila darwini* em 2009 (*Puijila* de pequeno mamífero marinho, na língua dos esquimós, e *darwini* em homenagem a Charles Darwin). Esse fóssil apresentava uma cauda longa e membros com proporções muito similares àquelas de carnívoros terrestres, o que apontaria para um estilo de vida semiaquático. Isso indica a transição pelas quais estes animais teriam passado, ajudando a entender como este grupo teria evoluído ao longo do tempo.

Apesar de a região do Ártico ser considerada a área de origem do grupo das focas, hoje é a Antártica que concentra a maior quantidade de focas do planeta, mesmo com um pequeno número de espécies – 6 das 30 espécies conhecidas. A foca-caranguejeira (somente encontrada na Antártica) é a segunda maior população de mamíferos do planeta, somente perdendo para o ser humano. Sendo animais com uma anatomia tão peculiar, é muito interessante entender como este grupo teria chegado à forma que eles apresentam hoje, ainda mais com esse adorável jeitinho desajeitado em terra!

Você sabe quem são os predadores das focas na Antártica? Reflita sobre as mudanças climáticas: elas causarão impacto positivo ou negativo no habitat desses animais?

## *68 Por que há animais gigantes na Antártica?*

Alguns invertebrados do fundo marinho na Antártica apresentam o que chamamos de gigantismo. Eles podem apresentar um tamanho de no mínimo duas vezes maior do que invertebrados de zonas tropicais, por exemplo.

Os pesquisadores antárticos ainda não têm respostas definitivas de quais seriam os fatores responsáveis por esse fenômeno, mesmo após vários anos de estudos. Porém, algumas hipóteses são dadas para que o gigantismo ocorra, sendo que as principais são:

1. **Temperatura da Água:** Depois da separação dos continentes e da Antártica chegar na localização que está atualmente, a temperatura da água do mar ficou baixa, porém, estável entre  $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $+2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante todo o ano. Muitos organismos se extinguiram nesse processo e os que sobreviveram se adaptaram às condições ambientais de frio, pouca luz durante quase seis meses do ano e pulsos de comida durante o verão.
2. **Elevada quantidade de nutrientes e alimento no verão:** no inverno, acontece o congelamento da superfície do oceano e,

assim, ocorre a diminuição a quase zero do alimento disponível para os animais. Porém, quando chega o verão, o gelo descongela e ocorre um *bloom* (florescimento) de fitoplâncton, que é a base da teia alimentar. É tanto alimento que isso afunda no oceano ficando disponível também para os invertebrados do fundo marinho. Os animais se alimentam e o que sobra se acumula no leito marinho, formando o “banco de comida” que fica disponível para todos os outros meses em que não há o *bloom*. É por isso que os animais se alimentam muito e acumulam energia durante o verão e vão gastando energia aos poucos, enquanto comem o que está disponível do “banco de comida”. Com esse acúmulo de energia e a diminuição da temperatura do ambiente, o metabolismo dos animais é bem lento, retardando os processos fisiológicos, fazendo com que os animais se reproduzam lentamente e cresçam muito. Pois, indivíduos maiores podem armazenar mais energia e suportar maiores períodos sem alimento, sobrevivendo por mais tempo. O oceano Austral também é conhecido por ser rico em nutrientes como a sílica, por exemplo. Alguns organismos, como as diatomáceas e as esponjas, utilizam sílica para construir estruturas de suporte, e, por isso, elas conseguem crescer mais.

3. Alta quantidade de oxigênio disponível: ao contrário da comida, o oxigênio é abundante, pois em águas frias é mais fácil dissolver os gases. Assim, os animais captam o oxigênio facilmente, sem esforço fisiológico, economizando energia que será usada para outras atividades, como crescer, por exemplo.
4. Ciclo de vida longo: Normalmente, os animais antárticos se reproduzem uma vez ao ano, no período do verão, quando há mais alimento. E como eles não gastam tanta energia com a reprodução durante todo o ano, eles conseguem viver por muitos e muitos anos. Além disso, os animais antárticos atingem a maturidade sexual bem mais tarde do que animais de outras regiões. Alguns exemplos de animais que apresentam gigantismo e ciclo de vida longo são: as esponjas, os moluscos, os crustáceos, os equinodermos, os nemertíneos, os pantopodas etc.

Assim sendo, os motivos que levariam a uma vida longa em animais de águas frias seriam: o metabolismo baixo, a abundância de oxigênio, o crescimento lento, a reprodução tardia e as adaptações evolutivas a um ambiente com produção altamente sazonal. Por exemplo, a esponja *Cinachyra antarctica* cresce muito lentamente, gasta pouca energia devido ao metabolismo reduzido e um indivíduo teve a idade estimada em 1550 anos e tinha dois metros de altura.

O krill da Antártica, *Euphausia superba*, pode viver até 11 anos e atingir 7 a 8 centímetros de comprimento, mesmo sendo um animal crustáceo de vida livre e bastante ativo. Isso é um tempo muito mais longo do que vivem crustáceos semelhantes ao *Euphausia superba* em águas tropicais, cujo tempo de vida é de alguns meses até cerca de 5 anos. Outros exemplos são também conhecidos em águas antárticas, como o do bivalve *Yoldia eightsi* que vive cerca de 50 anos, ou cerca de 10 vezes mais do que organismos semelhantes tropicais; a estrela-do-mar *Odontaster validus*, que chega a mais de 100 anos e o ouriço *Sterechinus neumayeri* que vive mais de 50 anos.



Água-viva encontrada na Península Antártica. [Sílvia Dotta, 2004]

Esses animais estão totalmente adaptados a um ambiente extremo, mas de temperatura pouco variável. O aumento da temperatura no cenário de aquecimento global diminui a quantidade de oxigênio na água, assim, os animais irão aumentar o gasto de

energia para conseguir mais oxigênio. As estruturas dos animais antárticos não conseguem se adaptar tão facilmente a situações de temperaturas variáveis. Mudanças na faixa de temperatura tolerável por eles podem levar a um estado de hipóxia, em que o animal fica sem oxigênio nos tecidos.

A velocidade das mudanças atuais parece ser muito maior do que as mudanças que aconteceram no passado, não dando tempo de os animais se adaptarem e evoluírem. Principalmente os animais antárticos que se reproduzem somente uma vez ao ano e ainda demoram para começar a se reproduzir.

Então, você consegue imaginar o que pode estar acontecendo agora com esses animais gigantes nesse cenário de mudanças climáticas?

## *69 Por que os animais polares não morrem de frio?*

Quando o tempo começa a esfriar e os termômetros a marcar temperaturas mais baixas, qual é a nossa primeira ação? Vestir roupas bem quentinhas, claro! Afinal, quem quer “entrar numa fria”? Pois é, assim também é com os animais, que começam a buscar refúgios, desenvolver pelagens mais densas, migrar para lugares mais quentes. E os animais que habitam as regiões polares? Quais as estratégias que eles adotam para sobreviver a um frio tão intenso?

Vamos pensar em um animal bem típico de ambientes gelados: o pinguim! Bem, ali não vemos um casaco de peles para proteger estes simpáticos bichinhos do frio rigoroso! Eles parecem bem à vontade no meio daquele gelo todo! Então, como isso “funciona”?

A questão é que pinguins apresentam o corpo recoberto por um único tipo de pena bem curta e pequena (olhando assim, de relance, nem parece pena!), e bastante numerosa! Essas penas, diferentes daquelas encontradas na maioria das aves, funcionam para protegê-los do frio dentro e fora d’água! Quando mergulham, as

penas impedem o contato de sua pele com a água gelada, e são tão importantes neste processo que quando passam pela muda (troca de penas), os pinguins não entram no mar! Por serem impermeáveis, estas estruturas também os ajudam durante a natação. Além disso, esses animais apresentam uma espessa camada de gordura que serve como isolante térmico, retendo o calor do corpo!



Pinguins-papua durante o processo de muda. (Silvia Dotta, 2020)

Sabia que essa camada de gordura pode chegar a ter 7,5 cm em espessura nas focas? Sim! As focas também são animais que se valem desta ajudazinha para se manter nos ambientes polares! Só assim elas podem ficar lá, refesteladas e plenas, no gelo polar!

Mas e os ursos? Claro, não podemos esquecer dos famosos ursos-polares! Já reparou como eles são bem diferentes dos ursos “convencionais”? A começar por aquela pelagem branquinha... São ursos com características muito peculiares, a começar pela quantidade de gordura no corpo, que protegem esses animais do frio extremo. O pelo dos ursos-polares também ajuda bastante, já que essas estruturas criam uma camada de ar que “isola” o seu corpo do ambiente gelado, auxiliando, portanto, a manter a temperatura corpórea destes grandes e imponentes mamíferos. O mais interessante é que a pele do ursos-polares é preta, absorvendo mais radiação solar.

Inclusive esses, bem como outros animais polares, por serem tão adaptados a ambientes frios, acabam se tornando bastante vulneráveis às mudanças climáticas que levam a um aquecimento da temperatura global.

Os ursos-polares estão classificados como animais em risco de extinção caso o degelo se intensifique, pois o derretimento das camadas de gelo do oceano Ártico (que é onde esses animais são encontrados) reduz a quantidade de alimento na região. E um animal do porte de um urso, como é fácil imaginar, precisa consumir grandes quantidades de alimento para se manter vivo! O aquecimento global, assim, acaba condenando, além do habitat desses animais, os próprios ursos a morrerem de fome. Daí a importância de cuidarmos das emissões de gases que intensificam o efeito estufa e provocam o aumento da temperatura do planeta! Afinal, dá para pensar um mundo onde não haja ursos-polares, e como a extinção de grandes predadores, de topo da cadeia alimentar, poderia nos afetar?

## 70 Por que baleias e focas foram muito caçadas?

O cenário branco e desértico da Antártica, assim como a surpreendente vida que a constitui, leva as pessoas a imaginar o continente gelado como um local inóspito e, portanto, ausente de qualquer perigo. Contudo, apesar da pequenez humana diante da imponência arquitetônica que o paraíso antártico dispõe, ainda é possível encontrar vestígios de ações marginais outrora praticadas, com intensidade, pelo homem.

*Na primeira metade do século XVIII já havia rumores sobre a existência das terras austrais e os povos indígenas habitantes do sul da América do Sul contavam lendas a respeito do lugar. Mas foi a partir da expedição do navegador britânico James Cook, ocorrida em 1772–1775, que a localização do continente se tornou conhecida.*

No início do século XIX, o explorador britânico William Smith relatou acerca da vasta quantidade de baleias e focas que viviam

nas ilhas Shetland do Sul, ao norte da Península Antártica. A repercussão dessa afirmativa atraiu a vinda de caçadores de animais marinhos, os quais, mesmo diante das adversas condições meteorológicas e dos frequentes perigos, não se curvaram à façanha de estampar na alva paisagem traços sangrentos de uma matança desenfreada. Desde então, o descobrimento da Antártica foi assinalado por exploradores e aventureiros que avistaram na referida “terra de ninguém”, uma inesgotável fonte de riqueza.

As expedições predatórias tinham finalidades puramente econômicas, todavia, às vistas sociais eram, às vezes, atenuadas como expedições científicas. A força destrutiva das práticas humanas parecia incessante e o maior alvo dos massacres eram às focas, já que o óleo e a pele possuíam alta demanda fazendo jus aos aproximados três milhões de peles dissipados em pouco menos de uma década.

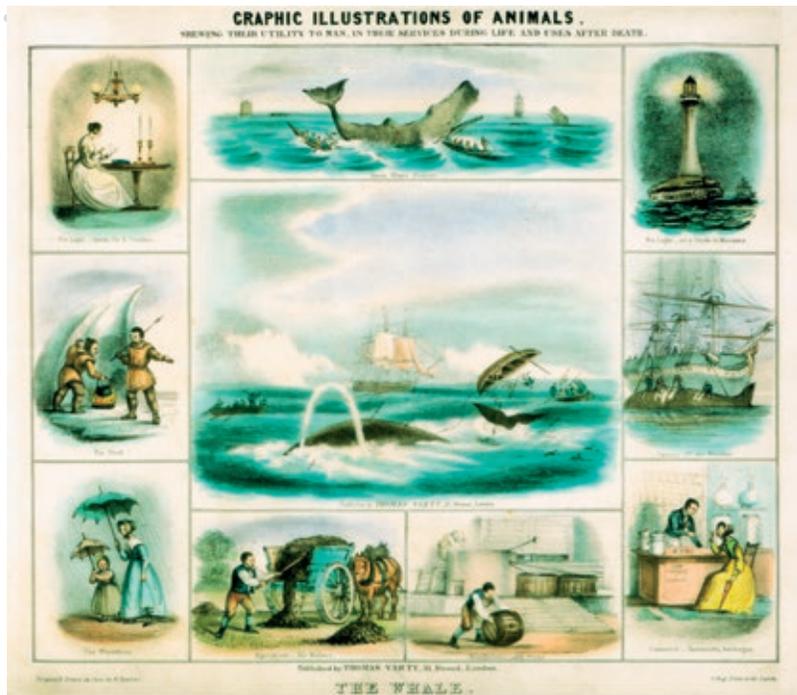


Gráfico ilustrativo mostrando a baleia (ao centro) e seus diversos produtos. (Thomas Varty, 1850)

Em 1820, a partir da constatação aproximada de 320 mil peles de focas e 940 toneladas de óleo de elefante-marinho em um período de duas estações, James Weddell foi um dos primeiros a sugerir a preservação daqueles animais, estabelecendo para tanto o limite de 100 mil focas por temporada. Com a redução das peles de foca aumentou o número de encomendas das peles de lobo-marinho, levando à quase extinção dessa espécie, no século XIX.

Para a sociedade dita civilizada, a Antártica não passava de um lugar cujos fins eram meramente econômicos e os recursos conquistados serviam, sobretudo, para o benefício humano. Com a dizimação de várias populações de focas, lobos, leões e elefantes-marinhos, chegava a vez de outra fonte de lucro, as baleias, e esta caça se inicia no final do século XIX.

Os óleos de baleia e de lobo-marinho abasteciam lâmpioes, lâmparinas e constituíam a base para a iluminação de ruas e a fabricação de perfumes e cosméticos. A carne das baleias servia como uma fonte de alimento para alguns países asiáticos e europeus.

*Em decorrência do apelo comercial de tais produtos, cerca de 2,32 milhões de baleias foram dizimadas entre 1904 e 1993. Dessas, estima-se que 97% da população original de baleias-jubarte foram abatidas e apenas 1% da população de baleia-azul ainda existia.*

Em meados do século XX, os vestígios das caças implacáveis tornaram-se evidentes com base na diminuição significativa do número de espécies assinaladas como alvo, ao longo do tempo. Em decorrência disso, mecanismos de proteção passaram a ser criados e se constituíram vitais para a reparação paulatina dos danos ao meio ambiente, em longo prazo. Você já ouviu falar de algum desses: Comissão Internacional da Baleia; Tratado da Antártica; Medidas de Conservação da Fauna e da Flora Antárticas; Convenção para a Conservação das Focas Antárticas; Convenção para a Conservação dos Recursos Marinhos Vivos da Antártica; Protocolo de Madri? Esses mecanismos são eficientes? A caça a baleias de fato foi interrompida?

## 71 Quais são os tipos de gelo marinho?

O gelo oferece à paisagem antártica um toque singular e exibe uma espécie de exposição de arte assinada pela natureza. Os diversos contornos podem ser percebidos nos mares, geleiras, lagos e rios, todavia perpassam a beleza da paisagem e revelam características importantes no que diz respeito aos interesses ambientais.

As variações nas formas de gelo são caracterizadas pela disposição de suas estruturas. Há o gelo de geleira (continental, terrestre), que cobre a Antártica há centenas de milhares de anos e por meio do movimento das geleiras acaba por se desprender em icebergs na costa. O gelo marinho se forma quando a temperatura da água se aproxima de  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e pode apresentar diferentes formas, como:

- **Panqueca de gelo** (*Pancake ice*): pedaços circulares de gelo (que lembram panquecas) com medidas de 0,3 a 3 metros de diâmetro podendo chegar a até 10 cm de espessura. Todavia a influência do vento e a ação das ondas promovem colisões dessas panquecas de gelo que se unem, aumentando rapidamente para alguns metros de diâmetro com espessura de até 1 metro. Ocasionalmente, os *pancake ice* congelam formando blocos maiores e uma cobertura de gelo consolidada. O “ciclo de panquecas” é um processo comum de desenvolvimento do gelo marinho na Antártica.
- **Banquisa** (*Pack ice*): qualquer área de gelo marinho, com exceção do gelo fixo, não importando a forma ou a disposição. Etimologia: bank-is, banco de gelo, nas línguas escandinavas; *banquise*, do francês.
- **Gelo fixo** (*Fast ice*): gelo marinho preso à costa, pode estar ligado à praia, falésia de gelo, ao paredão de gelo, sobre um banco de cascalho, ou entre icebergs encalhados. O gelo fixo pode estender-se por apenas alguns metros ou por centenas de quilômetros a partir da linha de praia. O gelo fixo pode ser plurianual. Não deve ser confundido com plataformas de gelo.
- **Gelo ancorado** (*Anchor ice*): Gelo marinho submerso e que está fixo ao fundo. Entretanto, como isso é possível se o gelo é mais

leve do que a água? Trata-se de um fenômeno decorrente da influência da baixa temperatura do ar em ação conjunta com o rápido movimento das marés e das ondas. Esse processo acarreta a formação de cristais de gelo flutuantes que imergem em uma coluna de água super-resfriada até o fundo do mar e encontram um ponto de ancoragem em habitações de organismos bentônicos (estrelas-do-mar, ouriços) nas quais o gelo cresce rapidamente.



*Anchor Ice*  
sob o gelo  
no Estreito  
de McMurdo.  
(Paul A.  
Cziko, 2006)



- **Escombros de gelo** (*Brash ice*): acumulação de gelo flutuante constituída por fragmentos que não ultrapassam 2 m de largura. São comuns entre placas de gelo que colidem, ou onde cristas de gelo entraram em colapso.



*Brash Ice*,  
diante de um  
glaciar. (Silvia  
Dotta, 2014)

Os efeitos do congelamento da água marinha que circundam o continente antártico e a oscilação sazonal da área coberta pelo gelo do mar, cuja extensão varia, nos casos extremos, entre 2 e 20 milhões km<sup>2</sup>, fazem com que a cobertura de gelo da Antártica seja responsável pela rigorosa alteração no padrão de troca de energia, ocorrida ao longo dos anos, entre o oceano e atmosfera.

A circulação geral de massas de ar e água frias da Antártica para o Atlântico Sul permite entender a influência do continente antártico e do oceano Austral nas condições climáticas do território brasileiro?

## 72 Baleias bebem água?

Atualmente, as baleias passam a sua vida inteira no oceano. Você sabia que nem sempre foi assim? Os primeiros ancestrais das baleias, há cerca de 50 milhões de anos, viviam também em terra e andavam em quatro patas. Esses animais se chamavam Pakicetus e tinham um tamanho parecido com o de um cachorro.

Outra espécie ancestral das baleias foi chamada de Ambulocetus e viveu em estuários, ambientes de transição entre os rios e mares, entre 50 e 48 milhões de anos atrás. Assim como os Pakicetus, *essa* espécie passava seu tempo tanto na água quanto na terra, mas seus pés eram mais parecidos com nadadeiras.



Baleia-minke. (Manu Bassoi)

Algum tempo depois, entre 40 e 33 milhões de anos atrás, existiu a espécie Dorudon, que já tinha nadadeiras e vivia apenas na

água. As baleias que conhecemos hoje descendem dessa espécie e a evolução fez com que elas se adaptassem completamente à vida marinha. Uma das características mais impressionantes dessa evolução são os “narizes” das baleias, que são chamados de espiráculos. Foram encontrados vários fósseis ao longo de milhares de anos mostrando a migração destes espiráculos desde a ponta do rostro (ou focinho) até o topo da cabeça das baleias, fazendo com que os animais pudessem respirar cada vez com mais facilidade, sem precisar colocar a cabeça toda para fora d’água. Sendo mamíferos como nós, será que as baleias precisam beber água? As baleias precisam de uma grande quantidade de água no corpo para sobreviver, assim como nós. Mas, se você já levou um caldo e engoliu água do mar, sabe que não é lá muito agradável, não é? Inclusive, para nós humanos, ingerir água salgada é extremamente perigoso, podendo causar desidratação grave e até a morte pela grande quantidade de sal que precisa ser processada pelos rins.

*O que as baleias bebem, se no mar toda a água é salgada? Cientistas acreditam que as baleias não ingerem água do mar voluntariamente. Claro, quando elas se alimentam, acabam engolindo um pouco, mas não é assim que elas se hidratam. Além disso, elas têm rins superpotentes que filtram o sal da água de maneira muito mais eficiente do que a gente, então elas não têm muitos problemas com isso.*

Então, como é que elas de fato se hidratam? Na verdade, elas transformam a comida em água. Essa água que vem da comida é chamada de água metabólica e ela é obtida por meio da quebra do alimento no processo de digestão. A metabolização das comidas ingeridas as transforma em nutrientes, como carboidratos, gordura e proteínas. Depois, esses nutrientes se transformam em água e energia.

A gordura é o nutriente mais importante para a obtenção de água metabólica, porque é aquele que tem maior quantidade de água por grama. Além disso, as baleias não suam, o que faz com que elas conservem uma grande quantidade de água! E os outros mamíferos marinhos, será que funcionam da mesma maneira?

## 73 Focas-caranguejeiras comem caranguejo?

Às vezes, os animais têm nomes que simplesmente não fazem sentido! Nem todas as joaninhas são fêmeas, um pepino-do-mar não é um vegetal subaquático e com certeza um sapo-boi não tem nada a ver com os simpáticos bovinos. Um exemplo antártico disso são as focas-caranguejeiras. Você já ouviu falar delas?

Pelo nome, até parece que elas comem caranguejo, não é? Mas pela introdução do texto, aposto que você já entendeu que esse não é o caso. As focas-caranguejeiras têm muitas características interessantes que poderiam fazer parte do seu nome. Por exemplo, o jeito como o seu corpo é formado faz com que elas sejam uma das focas mais rápidas em terra. Além disso, seus dentes são especialmente projetados para comer krill (que parece muito mais com um camarão do que com caranguejo), que representa cerca de 95% de sua dieta. Mas, curiosamente, em vez de todas essas características interessantes, a foca-caranguejeira, de fato, tem seu nome baseado em caranguejos, mas elas não se alimentam deles.



Focas-caranguejeiras descansam em blocos de gelo na Península Antártica. [Sílvia Dotta, 2018]

Sabe qual é uma das coisas mais impressionantes sobre esses fofos animais antárticos? As focas-caranguejeiras têm a maior população de todos os pinípedes (mamíferos carnívoros aquáticos com nadadeiras, como focas, morsas e leões-marinhos). Bem... isso é o que se acredita, porque, na realidade, isso é apenas estimativa: e já houve diferentes estimativas sobre o tamanho de sua população, com números variando entre 7 e 30 milhões de focas, dá

para acreditar? É mais ou menos a diferença entre a população de Xangai, na China, e de Belo Horizonte, em Minas Gerais! Com toda essa confusão, fica difícil decidir sobre políticas eficazes de conservação e gestão, não é? Mas, se as estimativas são tão amplas, por que ninguém vai lá e conta quantos indivíduos há dessa espécie?

É que acompanhar os animais da Antártica é uma tarefa extremamente cara, trabalhosa e que depende muito das condições climáticas. É por isso que cientistas ainda não têm estimativas populacionais muito precisas para a maioria das espécies que vivem lá. Por exemplo, a estimativa da população de focas-de-weddell está entre 200.000 e um milhão de indivíduos, o que é bem amplo. Outro exemplo disso tudo: recentemente, oito novas colônias de pinguins-imperadores foram descobertas, aumentando em 10% o tamanho da população estimada desses animais.

Então, é difícil determinar o verdadeiro tamanho da população das focas-caranguejeiras devido à dificuldade de contagem de indivíduos no clima inóspito da Antártica. A localização das focas-caranguejeiras geralmente depende dos movimentos de blocos de gelo e, além disso, elas também são encontradas em diferentes partes do oceano Austral e perto de ilhas subantárticas. Sabe-se que indivíduos dessa espécie viajam distâncias muito longas ao redor da Antártica e, às vezes, também vagam para o interior do continente. As focas-caranguejeiras se alimentam quase inteiramente de krill perto da península Antártica, mas sabe-se também que elas podem ter uma dieta mais variada e oportunista em outras regiões.

Mesmo que a estimativa da população de focas-caranguejeiras seja grande agora, sabemos que as mudanças climáticas podem ser muito duras para essa espécie. O derretimento do gelo marinho diminui a quantidade de krill disponível para elas comerem, além de reduzir o seu habitat disponível, deixando as focas-caranguejeiras muito mais vulneráveis para seus predadores. Mas elas não são os únicos animais antárticos que podem sofrer com o aquecimento global. Quais outros animais antárticos podem estar sendo afetados pelo aumento da temperatura global? Como podemos ajudá-los?

## 74 Há tubarões nas regiões polares?

Depende de qual região estamos falando. A maior parte dos tubarões não é lá muito chegada ao frio. Existe uma abundância e grande diversidade de tubarões nas águas mais quentes, mas apenas algumas espécies habitam as águas geladas da região do Ártico. Das cerca de 465 espécies de tubarão conhecidas, menos de dez já foram vistas no Ártico: o tubarão-azul (*Prionace glauca*), o tubarão-sardo (*Lamna nasus*) o tubarão-salmão (*Lamna ditropis*), o tubarão-elefante (*Cetorhinus maximus*), o tubarão-albafar (*Hexanchus griseus*), o galhudo (*Squalus acanthias*), tubarão-dor-medor-do-pacífico (*Somniosus pacificus*) e o tubarão-da-groenlândia (*Somniosus microcephalus*).



Close de um tubarão-da-groenlândia. (Hemmings1952, 2007)

Desses tubarões de água gelada, o tubarão-da-groenlândia é um dos mais fascinantes. Esses gigantes de até 6,5 m são páreo para os grandes tubarões brancos em tamanho, mas, apesar disso, eles são bem menos famosos. Uma particularidade interessante sobre esses animais é que aparentemente eles são absurdamente lentos. Eles são tão lentos, que existem lendas de que os Inuit – povos indígenas que habitam o extremo norte do Canadá e do Alasca, além da Groenlândia – os atraíam para a superfície usando entranhas de focas e os caçavam com as próprias mãos, puxando-os da água para o gelo.

Esses vagarosos gigantes alimentam-se de carcaças de baleias-beluga e narval. Até aí tudo bem, afinal, as carcaças não tentam fugir deles. Mas outros dos seus alimentos são presas bem mais velozes, como o salmão e as focas-do-ártico. E como esses tubarões tão lentos conseguem fazer isso?

Na verdade, isso é um pouco misterioso. Uma das teorias tem a ver com parasitas meio rosados que se acoplam às córneas dos tubarões-da-groenlândia. Esses parasitas são um tipo de crustáceo que, até recentemente, se acreditava ser bioluminescente, ou seja, capaz de produzir sua própria luz. Uma possibilidade, então, seria que esses parasitas brilhantes podiam atrair a curiosidade de presas até os seus vagarosos hospedeiros, o que tornava uma emboscada muito mais fácil. Mas, depois, foi verificado que esses parasitas não eram bioluminescentes, o que deu um fim à essa teoria.

*A nova teoria, surgida a partir de relatos de biólogos canadenses, sugere que os tubarões-da-groenlândia podem não ser tão lentos quanto a sua reputação diz. Na verdade, esses tubarões têm uma cauda larga e curta, o que é ideal para acelerações rápidas. Inclusive, há relatos de ataques de tubarões-da-groenlândia a renas que bebiam água em fozes de rios da ilha Baffin, no território de Nunavut, no norte do Canadá.*

Então, respondendo à pergunta título deste texto, sim, existem alguns tubarões nas regiões polares. Mas sua presença se restringe às águas do Ártico, que apesar de muito geladas, ainda são bem mais quentes que as águas da Antártica.

As águas da Antártica têm temperaturas próximas ao ponto de fusão o ano todo, o que as torna inóspitas para tubarões. Com temperaturas tão baixas, as espécies de tubarão que precisam nadar para respirar teriam dificuldade em manter seu metabolismo funcionando e seu estoque de energia em níveis altos o suficiente para continuar se movendo. Outras espécies de tubarão, aquelas que vivem no fundo do mar, apresentam problemas em relação à geografia. Essas espécies, frequentemente encontradas em águas rasas, teriam dificuldades em atravessar o profundo do oceano que cerca o continente Antártico.

Então, ainda não há tubarões na Antártica. Como assim, “ainda”? É que as temperaturas das águas da Antártica estão aumentando, e com esse aquecimento, novos visitantes podem aparecer. Espécies como o caranguejo-real estão se aproximando das águas rasas do continente. Então, há uma probabilidade de que tubarões de águas profundas consigam acessar as águas mais ao sul do oceano Austral se o aquecimento continuar e isso pode ter muitos impactos no ambiente. Você consegue imaginar alguns deles?

## **75 Existiram dinossauros nas regiões polares?**

Pensar em dinossauros é sempre curioso e encantador. Quando é descoberto algo sobre esses animais, parece que estamos mais perto deles, mesmo sabendo que a sua grande maioria desapareceu 65 milhões de anos atrás. Grande maioria porque as aves, que estão aí, são nossos dinossauros de hoje, sabia? Mas esta é outra história.

O trabalho dos paleontólogos – cientistas que estudam os fósseis – nunca para, e cada vez mais eles trazem descobertas e novas questões a serem discutidas sobre esses seres fantásticos que habitaram a superfície terrestre e dominaram o ambiente por muito e há muito tempo. Além dos estudos dos fósseis ajudarem a entender a evolução das espécies e como os ambientes do planeta se modificaram ao longo de sua história geológica, eles, e particularmente os dinossauros, mexem com a nossa imaginação o tempo todo.

Por exemplo, quando penso no habitat dos dinossauros, logo imagino uma paisagem com clima quente, repleta de vegetação diferente e altas árvores. Você também? Enfim, penso em nada parecido com as regiões polares. Impossível pensar em dinossauros na neve. Será?

Na década de 1980, foram divulgados fósseis de dinossauros encontrados em regiões polares para surpresa dos cientistas, e nossa(!). Pois é, no Ártico, dinossauros vem sendo descobertos

há algum tempo, mas até pesquisadores encontrarem centenas de pequenos ossos e dentes (1–2 mm) de sete espécies de dinossauros dentro de ovos no Alasca, acreditava-se que esses animais, incapazes de viver em ambientes realmente frios, estariam apenas de passagem, em migração. Acontece que com a descoberta desses jovens dinossauros, os cientistas chegaram à conclusão de que os animais eram residentes, e não “turistas”.

Lembrei agora da sábia frase do Dr. Ian Malcolm no filme *Jurassic Park* (aposto que você já assistiu) explicando o porquê de tudo ter corrido tão mal no parque: “A vida encontra um meio”. E os dinossauros polares encontram um meio para sobreviver. Os dinossauros encontrados foram Tyrannosauridae, Ornithopoda e Hadrosauridae.

Como essas criaturas sobreviveram ao frio?

*Precisamos lembrar que os continentes mudam e o clima também. E isso ocorreu no Cretáceo inferior (145–101 Ma). A Austrália estava conectada com a Antártica e ambas faziam parte de um supercontinente chamado Gondwana. Essa área era uma floresta tropical temperada, com samambaias, apresentava denso crescimento da vegetação e fortes chuvas. E embora o mundo cretáceo fosse um pouco mais quente, sem calotas polares, o inverno ainda era muito rigoroso. Havia gelo e neve nessa estação do ano e, provavelmente, ocorria uma noite polar de quatro meses, ou seja, sem luz solar durante cerca de um terço do ano.*

Foi nessas condições extremas que algumas espécies de dinossauros sobreviveram e, surpreendentemente, como afirmam alguns cientistas, foram os últimos a desaparecer do planeta. Os dinossauros polares apresentavam adaptações específicas para os ambientes onde viviam.

Olha, muita coisa pode ser especulativa, mas o que sabemos é que, por conta dos longos períodos de escuridão invernal e temperaturas muito baixas, a reprodução, manutenção e desenvolvimento tinha limitações. Portanto, esses grupos apresentariam estratégias de vida muito específicas para aquele ambiente, incluindo a endotermia (mantém sua temperatura geralmente mais alta e constante

que o ambiente). Sua alimentação também foi adaptada para ficar algum tempo sem ingerir alimentos.

Também foram descobertas penas, demonstrando que havia uma diversidade de dinossauros com penugens e essas eram muito úteis para o isolamento térmico, permitindo que pequenos dinossauros carnívoros sobrevivessem aos difíceis meses do inverno.

Na Antártica, foram encontrados fósseis do dinossauro antarcopelta (escudo antártico), um herbívoro da subordem dos anquilossauros e da família dos nodosaurídeos, habitante entre 74 e 70 milhões de anos atrás e devido às condições do clima e do solo da região, a escavação do antarcopelta levou quase uma década para ser concluída.



Ilustração de *Antarctopelta oliveroi*. (Olfy, 2015)

Seus primeiros fósseis foram encontrados em 1986 na Península Antártica pelos geólogos argentinos Eduardo Olivero e Roberto Scasso. E no final de tudo, dentes, mandíbula inferior, parte do crânio, vértebras, partes dos membros posteriores e diversas partes de sua armadura foram recuperados de uma área de 6 m<sup>2</sup>. Apesar de ter sido o primeiro dinossauro descoberto na Antártica, o antarcopelta só foi oficialmente descrito em 2006 pelos paleontólogos Leonardo Salgado e Zulma Gasparini, sendo o segundo dinossauro antártico descrito. O primeiro foi o criolofossauo, descrito em 1993.

Ainda há muito a ser descoberto no mundo dos dinossauros, inclusive sobre seus habitats. Cientistas dedicam-se todos os dias nessa façanha. No entanto, já sabemos de algo: dinossauros encontraram sua forma de viver nesse planeta por um tempo, inclusive nas regiões polares, onde desfrutaram de uma paisagem completamente diferente da que temos hoje. Será que algum dia

essas regiões do planeta poderão voltar a ser uma floresta? Além desses animais gigantes, que outros fósseis podem estar escondidos no continente?

## 76 Por que o krill é tão importante?

O krill é um exemplo de plâncton animal. O plâncton é composto por organismos vivos vegetais e animais que flutuam com pouca capacidade de locomoção ficando à mercê dos movimentos oceânicos, na coluna d'água, da superfície até o fundo do mar.



Krill Antártico,  
*Euphasia  
superba*. (Uwe  
Kils, 2011)



O fitoplâncton é o conjunto de organismos microscópicos que realizam fotossíntese e que flutuam na superfície do oceano para absorver a luz solar. São eles: as bactérias fotossintetizantes, as microalgas unicelulares (como as diatomáceas) e os dinoflagelados. A grande importância do fitoplâncton é sua relevância no controle de gás carbônico da atmosfera e na produção de oxigênio. Também constituem a base da cadeia alimentar e são a principal fonte de alimento do krill.

O zooplâncton – plâncton animal – compreende normalmente animais que flutuam, como moluscos, crustáceos, caravelas, águas-vivas, larvas de invertebrados, ovos e larvas de peixes. São valiosos indicadores biológicos visto que apresentam grande sensibilidade à poluição da água.

Krill é o termo utilizado para descrever uma população de aproximadamente 85 espécies de crustáceos que habitam os oceanos.

Dessas, apenas sete estão concentradas na Antártica. A *Euphausia* superba ou krill antártico vive em grandes grupos, por vezes atingindo densidades de 10.000 a 30.000 indivíduos por metro cúbico.

O krill é um invertebrado cuja aparência é similar a de um camarão. A maior parte das espécies mede entre um a dois centímetros de comprimento e pesa de um a dois gramas, na fase adulta. Algumas espécies podem atingir entre cinco a quinze centímetros.

*O krill do oceano Austral é uma espécie-chave no ecossistema antártico e é vastamente expressiva já que pode chegar 500.000 milhões de toneladas, isso representa em termos de biomassa, a mais bem-sucedida das espécies animais do planeta, com densidade aproximada de dezenove milhões de indivíduos por quilômetro quadrado. Você tem ideia do que isso representa? Toda essa quantia demonstra que o peso total de krill é muito maior que o peso de todas as pessoas do globo terrestre.*

A abundância de krill é mais comum no verão, graças à intensidade da luz solar que fica disponível para a fotossíntese, facilitando o crescimento do fitoplâncton, alimento do krill. Logo, quanto mais comida disponível, mais sucesso o krill terá para sobreviver e se reproduzir, por isto sua grande abundância nas épocas de verão e outono no oceano Austral. A sobrevivência no inverno é, contudo, resultado da sua intrínseca habilidade de suportar temperaturas baixas capazes de atingir  $-2^{\circ}\text{C}$  na água do mar antes de congelar e da capacidade de armazenar alimentos, já que devido a pouca ou nenhuma luminosidade é possível encontrar apenas microalgas que se desenvolvem abaixo do gelo.

Na cadeia alimentar, o krill é considerado um organismo-chave pelo fato de ser o principal alimento de grande parte dos animais antárticos, principalmente as grandes baleias. Ele faz a ligação entre o fitoplâncton e os outros consumidores da cadeia. Humanos também consideram incluir o krill em sua dieta. A indústria pesqueira já chegou a comercializar 500 mil toneladas por ano, e há quem acredite que este número pode chegar a 5 milhões de toneladas anuais. Se isso acontecesse, quais seriam os impactos para a vida marinha na Antártica?

## 77 Existe poluição por plástico na região Antártica?

Nas últimas décadas vem ocorrendo um aumento considerável de poluição marinha por plásticos, considerada um dos mais sérios problemas ambientais da atualidade. Os seres humanos geraram 8,3 bilhões de toneladas métricas de plástico desde 1950. Apenas 9% dos resíduos plásticos são reciclados e a grande maioria (cerca de 80%) acaba em aterros e no meio ambiente. Boa parte do plástico que acaba no meio ambiente chega aos mares e oceanos. Os plásticos ameaçam de diversas formas os ecossistemas marinhos, sendo os mais evidentes os efeitos físicos diretos que eles causam na biota, como mortes por ingestão, emaranhamento e asfixia, impactos que já atingiram ao menos 700 espécies de animais.



Fibras microplásticas encontradas em ambiente marinho. (M. Danny, 2015)

Além desse impacto direto, o plástico ainda causa uma outra “micropoluição”, mas os efeitos não são micros! A água, o sol, o vento e os microrganismos vão degradando o plástico descartado nos oceanos até convertê-lo em diminutas partículas com menos de 0,5 centímetros amplamente conhecidas como microplásticos. Tais partículas são ingeridas pelo plâncton, bivalves, peixes e até baleias, que as confundem com comida. Pesquisas realizadas em diferentes países já indicaram que essa ingestão pode afetar o crescimento, a reprodução, o desenvolvimento e mesmo a sobrevivência desses organismos marinhos.

Na Antártica, embora o descarte de lixo seja proibido pelo Protocolo Ambiental do Tratado da Antártica (o Protocolo de Madri), acredita-se que esteja ocorrendo um aumento da poluição por plásticos. As fontes de plásticos na Antártica podem ser diversas, incluindo descarte e manejo inadequado de lixo produzido por estações científicas e embarcações, e transporte por correntes oceânicas, que podem carrear plásticos de locais distantes. Na região, os impactos já foram observados para aves e mamíferos marinhos, com registros de ingestão e emaranhamento por plásticos em albatrozes, petréis, focas e lobos-marinhos. E a ingestão e emaranhamento pelos animais não é o único problema que o plástico pode levar para o ambiente antártico.

*Os plásticos marinhos também atuam como um substrato artificial para a fixação e desenvolvimento de diferentes grupos de organismos, possibilitando o estabelecimento de complexas comunidades, sendo atualmente conhecido como um novo ecossistema marinho denominado plastisfera. A plastisfera pode ser constituída por diversas espécies de vírus, bactérias, algas e invertebrados, podendo incluir organismos patogênicos, aqueles que causam doenças.*

Agora você já entendeu o problema, não é? A presença de patógenos pode implicar na possível transmissão de doenças a animais marinhos que consomem os plásticos colonizados. Além do transporte desses patógenos, os plásticos podem transportar organismos entre locais, incluindo espécies invasoras, ou seja, a ameaça do lixo marinho como vetor de transporte de espécies não-nativas – as invasões biológicas globais.

A dispersão da plastisfera para a região Antártica já foi relatada e pode ser preocupante para a biodiversidade e equilíbrio do ecossistema marinho antártico. E as mudanças climáticas podem ainda piorar esse cenário de bioinvasão por outras espécies no ambiente Antártico, pois com o aumento da temperatura superficial do mar, podem aumentar as chances de espécies não-nativas se adaptarem às águas polares.

Percebeu como a poluição por plástico pode impactar de diversas maneiras mesmo uma região tão distante como a Antártica? E que as mudanças climáticas ainda podem potencializar estes efeitos? É de suma importância a prevenção e mitigação da poluição plástica nesse ambiente remoto e sensível, e essa prevenção pode começar por nós! Pois como você aprendeu aqui, o plástico que consumimos pode ir parar lá na Antártica.

Sendo assim, que ações e atitudes você pode ter para diminuir seu consumo de plástico? Você sabe que produtos possuem microplásticos e como você pode evitá-los? Você descarta seu material plástico em locais adequados para a reciclagem?

## *78 Quem é o dono da Antártica?*

Ninguém! A Antártica não tem divisão política e nenhum país governa seu território. E ao mesmo tempo é dever de todos cuidar do continente. Por isso é considerado um lugar destinado à paz e à ciência. Entenda o porquê!

A ampla variedade de recursos disponíveis no Continente Antártico fez com que os países passassem a concentrar atenções não apenas nas águas, mas também no território. E assim, em 1939 e 1940 deu-se início a luta pela influência territorialista, na qual sete países decretaram reivindicações dos espaços continentais, entre eles: Argentina, Chile, Grã-Bretanha, França, Noruega, Austrália e Nova Zelândia. A partir daí, novos países expressaram interesse na região e a possibilidade de conflitos territorialistas na década de 1950 foi uma realidade.

Em 1957 quando foi instituído o Ano Geofísico Internacional (AGI), cientistas de doze países África do Sul, Argentina, Austrália, Bélgica, Chile, Estados Unidos, Japão, França, Noruega, Nova Zelândia, União Soviética e Reino Unido caracterizaram a Antártica como território imprescindível para a realização de pesquisas em diferentes áreas da ciência, o que desencadeou grandes descobertas acerca do continente.

O AGI também chamou a atenção das nações sobre a necessidade de se estabelecer um estatuto que preservasse a região antártica para fins pacíficos, para a ciência e para a cooperação internacional, o que oportunizou a concretização do Tratado da Antártica.

Em meio à Guerra Fria, o interesse comum pela Antártica fez com que diplomatas, seguindo o caminho da comunidade científica, buscassem uma maneira de defender o continente das possíveis conflitos. Logo, iniciou-se um movimento e pouco a pouco os países envolvidos na reivindicação de posse pelo território concordaram em congelar as suas pretensões, por tempo indeterminado.

*O Tratado da Antártica foi assinado em 1 de dezembro de 1959. Os temas centrais passaram a ser a segurança e a ciência. Não obstante, o Tratado engloba catorze artigos condizentes aos seguintes pontos: uso do continente para razões pacíficas; fomento da pesquisa científica; motivos para reivindicação territorial e jurisdição; inspeções ilimitadas quanto às expedições à Antártica, navios, nacionalidades comprobatórias por estação de pesquisa, controle metucioso de qualquer equipamento militar em território antártico; abordagens institucionais e mecanismos para a tomada de decisão.*

Em abril de 2021, o Tratado era formado por 54 países signatários, aqueles que assinam ou subscrevem um documento. Eles estão divididos em categorias denominadas Partes Consultivas, com 29 países, e Partes Não-Consultivas, com 25 países.

As Consultivas são aquelas que realizam pesquisas científicas permanentes na Antártica, os países envolvidos nessa categoria possuem direitos irrestritos de participação, incluindo voto e veto nas Reuniões Consultivas. As Não-Consultivas correspondem aos países que ainda não efetuam pesquisas científicas substanciais na Antártica, por esse motivo são apenas observadores nas Reuniões Consultivas, sem direito à decisão e voto/veto.

O Brasil assinou o Tratado em 1975. E foi em 5 de janeiro de 1983, que pisamos pela primeira vez na Antártica. Naquele mesmo ano, tornamo-nos membro consultivo do Tratado, e em 6 de fevereiro de 1984, inauguramos nossa estação de pesquisa

na Baía do Almirantado na Ilha Rei George: Estação Antártica Comandante Ferraz.

Alguns países têm mais de uma estação de pesquisa, a exemplo da Argentina e Estados Unidos. A China está concluindo a construção de sua 5ª estação. Os interesses desses países são apenas científicos? Ou há interesses geopolíticos estratégicos na discussão sobre o que fazer para a/ com a/ na Antártica?

## ***79 Como brasileiros vão à Antártica?***

Escuta isso: “Nós pisamos no território antártico às dezenove horas e vinte minutos, hora do Brasil... do dia 5 de janeiro de 1983, ontem... fomos magnificamente bem recebidos pelo chefe da estação polonesa e pelos demais técnicos e cientistas.... A pedido deles, oferecemos uma bandeira nacional, bandeira brasileira... que eles fizeram questão de içar... Realmente é um continente de paz e é um continente de solidariedade.“

Foi assim que o Comandante Fernando Pastor relatou para a sociedade brasileira, por telefone, em rede nacional de televisão, a chegada do Brasil pela primeira vez na Antártica. Imagine a emoção, a bordo do Navio de Apoio Oceanográfico Barão de Teffé, fundeado na baía do Almirantado, na ilha Rei George, em 1983. Junto seguiu o Navio oceanográfico Professor Wladimir Besnard do Instituto oceanográfico da USP. Dois dias depois, em 7 de janeiro, a Marinha do Brasil fazia o primeiro pouso de helicóptero no continente. Era a Primeira Operação Brasileira na Antártica (I Operantar) e durou 70 dias. Estava lançada a pedra fundamental para as pesquisas brasileiras, cuja logística seria cuidada pela Marinha do Brasil, com apoio da Força Aérea Brasileira.

O Barão de Teffé fez doze operações antárticas, levando cientistas e materiais para a construção da Estação Antártica Comandante Ferraz e de seus laboratórios. Aposentou-se ou, no linguajar da Marinha, deu baixa em 23 de julho de 2002, abrindo espaço para outras embarcações.

De lá para cá, você deve imaginar que muita coisa mudou. Provavelmente sim. Porém, algumas coisas parecem imutáveis: a passagem de Drake continua sendo a região oceânica mais turbulenta do planeta, e o clima ainda prega peças com suas alterações repentinas, ou seja, nunca se sabe se de fato vai dar para embarcar... Ir para a Antártica não é trivial. A viagem de navio, saindo da costa da Argentina ou do Chile, leva em média de três a quatro dias. Atualmente o Brasil envia dois navios para as operações antárticas todo verão austral (outubro a março).

O Navio de Apoio Oceanográfico (NApOc) Ary Rongel foi incorporado em 1994 para substituir o Barão de Teffé. Esse Gigante Vermelho realiza apoio logístico à Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) e serve como plataforma para a realização de pesquisas, efetuando lançamentos e recolhimentos de pesquisadores nos refúgios e acampamentos. O Ary atuou ativamente na desmontagem e na reconstrução da EACF, que pegou fogo em 2012.

O Navio Polar (NPo) Almirante Maximiano foi incorporado em 2009. Nele, foram instalados cinco laboratórios, sendo dois laboratórios secos, dois molhados e um misto. Todos devidamente equipados. O Tio Max é empregado prioritariamente em coleta de dados oceanográficos, levantamentos hidroceanográficos para a atualização de cartas e publicações náuticas, e em apoio logístico à Estação Antártica Comandante Ferraz.

Além dos navios, com o apoio da Força Aérea Brasileira, o Brasil envia aproximadamente dez voos por ano para a Antártica, utilizando grandes aviões como o C-130 Hércules e o C-99 Embraer. Nesses aviões viajam pesquisadores, jornalistas, militares, materiais e suprimentos para os grupos de pesquisa que estão na Antártica, durante o verão, e suprimentos para o Grupo Base (em média 16 militares) que faz a manutenção da Estação ao longo do ano.

Como na EACF não há aeroporto, os aviões precisam aterrissar na base chilena Eduardo Frei, e de lá segue-se de navio ou de helicóptero para a estação brasileira. No inverno, os aviões lançam os suprimentos em paraquedas. A viagem de avião de Punta Arenas no Chile até a base Frei na Antártica leva duas horas e meia. Na chegada em Frei para a estação brasileira que fica em outra baía

da ilha Rei George, pode-se seguir de helicóptero, cerca de trinta minutos, ou quatro horas de navio.



Navio de Apoio Oceanográfico Ary Rongel (F44) e Navio Polar Almirante Maximiano (F41). (Marinha do Brasil, 2009)

Como na EACF não há aeroporto, os aviões precisam aterrissar na base chilena Eduardo Frei, e de lá segue-se de navio ou de helicóptero para a estação brasileira. No inverno, os aviões lançam os suprimentos em paraquedas. A viagem de avião de Punta Arenas no Chile até a base Frei na Antártica leva duas horas e meia. Na chegada em Frei para a estação brasileira que fica em outra baía da ilha Rei George, pode-se seguir de helicóptero, cerca de trinta minutos, ou quatro horas de navio.

Você deve estar se perguntando quanto custa toda essa viagem. Agora, imagine que além de navios, há laboratórios de pesquisa, equipamentos para coleta e análise de dados, como microscópios ou sondas, enfim, a logística é complexa e exige altos investimentos. Quanto o Brasil tem investido em pesquisa científica na Antártica? Esse investimento tem trazido algum retorno? É possível mensurar as vantagens dessas pesquisas? Em outras palavras: vale a pena?

## 80 Há correio na Antártica?

Ir ao correio está longe de ser uma atividade divertida para a maioria das pessoas. Pacotes por todos os lados, longas filas, muita espera... Quando você vai viajar para algum lugar ou conhecer uma nova cidade, eu duvido que a frase “Que legal, uma agência do correio!” passe pela sua cabeça ou de qualquer outra pessoa. Mas, como nós já sabemos, as coisas na Antártica não funcionam como no resto do mundo. O continente gelado é cheio de particularidades e seu correio com certeza é uma delas!

Um dos destinos turísticos mais populares da Antártica é uma agência dos correios britânica conhecida como Penguin Post Office (correio dos pinguins), localizada em Porto Lockroy, no coração da Península Antártica, que forma a parte mais ao norte da Antártica continental.

Porto Lockroy nem sempre foi apenas uma agência de correios. Ele foi descoberto em 1873, pelo explorador alemão Eduard Dallman. Então, os baleeiros que caçavam nas águas ao redor da Península Antártica passaram a utilizar o local para preparar a sua pesca, separando gordura, ossos e a carne das baleias para a venda.

Um pouco mais tarde, no início do século 20, diversos países começaram a reivindicar a propriedade de partes da Antártica. Foi aí que os britânicos perceberam que precisavam estabelecer uma presença permanente na Península se quisessem proteger sua reivindicação daquela parte da Antártica. Então, eles decidiram levar para lá em um navio os materiais para construir duas cabanas de madeira e estabeleceram sua primeira base no continente.

A estação de Porto Lockroy, como é conhecida, foi criada durante a Segunda Guerra Mundial, em 1944, como uma base de pesquisa pelos britânicos. Lá, eles também montaram um posto de correio, apesar de as correspondências serem bastante escassas na Antártica. Mas receber e enviar cartas não era tudo o que se fazia em Porto Lockroy. O local também foi utilizado para a realização de estudos científicos sobre a atmosfera e as radiocomunicações, que continuaram até o encerramento da estação em 1962.

Após as pesquisas científicas serem transferidas para outro lugar, a estação de Porto Lockroy ficou abandonada e em ruínas. Porém, boas notícias vieram em 1995, quando o local foi designado como Sítio Histórico nº 61 pelo Tratado da Antártida.

Após isso o local passou por uma restauração e, desde novembro de 1996, a estação tem sido gerenciada pelo United Kingdom Antarctic Heritage Trust (UKAHT) (Fundo da Herança da Antártica do Reino Unido) para atender turistas e visitantes durante as temporadas de verão austral. Lá, além de um posto de correio, onde visitantes podem enviar cartões postais para amigos e família diretamente da Antártica, também funciona um museu com itens que contam a história do local e uma lojinha de *souvenirs*.



Porto  
Lockroy.  
(Apcgb, 2005)



E como será que é a rotina de quem trabalha lá? Você já deve imaginar que a rotina de trabalho é bem diferente da de uma agência comum dos correios, não é? Apesar de a ilha ser bem pequena e não haver muito lugar para onde ir, o trabalho é fisicamente exigente. Além de cuidar das correspondências e do museu, é preciso cavar neve, limpar o cocô dos milhares de pinguins que cercam o local e transportar água, malas postais e caixas de estoque para a loja de *souvenirs*.

Se a Antártica é um continente tão isolado e com um clima tão difícil, como é que eles conseguem arranjar pessoas para trabalhar lá? Bem, o Fundo de Herança Antártica do Reino Unido abre inscrições para pessoas que têm interesse em trabalhar por uma temporada na Antártica, e não precisa ter cidadania do Reino Unido para se candidatar, pessoas do mundo todo são aceitas! E você, gostaria de trabalhar por uma temporada em um museu-correio na Antártica? O que você gostaria de fazer por lá?

## 81 Que horas são agora na Antártica?

Esta pode parecer uma pergunta trivial, mas em se tratando da Antártica onde tudo tem as suas particularidades, não é! Afinal, você sabia que o território antártico está dividido em dez fusos horários? E que alguns desses fusos são estabelecidos com base em reivindicações territoriais? Como o centro do continente gelado está em todas as longitudes, ele abarca todos os fusos horários.

Desse modo, não há como atribuir significados normais para os conceitos de fusos horários e hora legal, já que a hora do dia não está relacionada com a altura do Sol, ou com os períodos de luz e escuridão. Convenciona-se, portanto, adotar o horário dos países de origem das estações de pesquisa. Assim, haverá horários diferentes dependendo da estação em que nos encontramos, por exemplo!

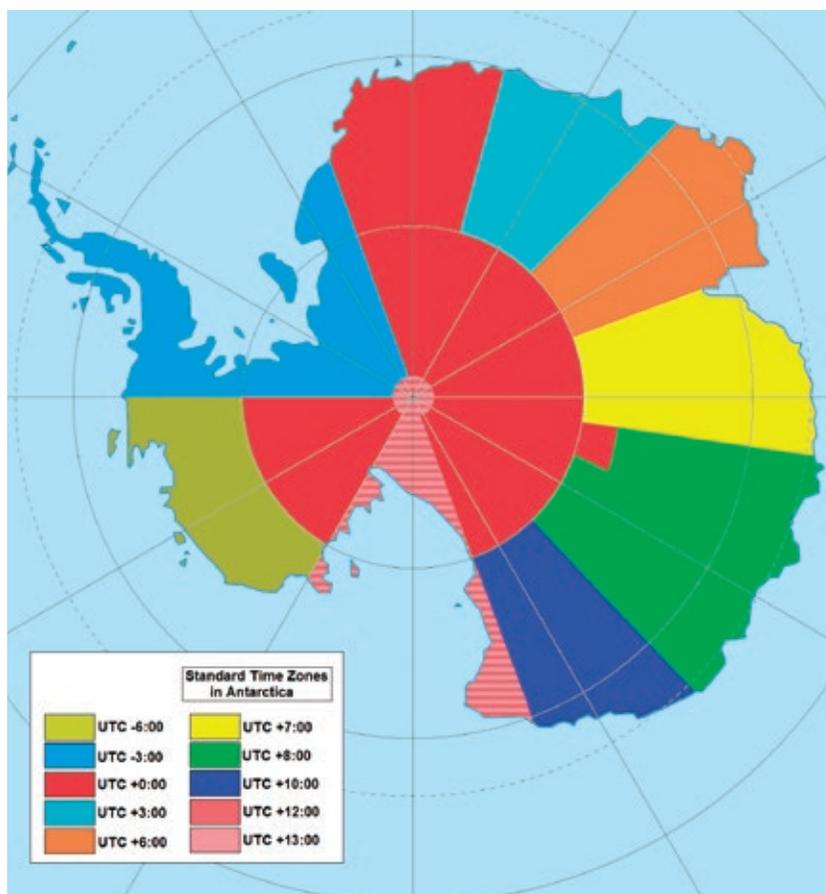
Como a Antártica é um continente de extremos, claro que esse assunto, assim como todos os demais, foge do padrão que temos para os outros continentes! E isso também se aplica à duração dos dias e das noites! Na Antártica, existem dias que não anoitecem e noites que não amanhecem (isso ocorre somente ao sul do Círculo Polar, 66,5°S), e isso se dá pela posição da Antártica no globo terrestre e pela inclinação do globo em relação ao plano de translação ao redor do Sol.

*No Polo Sul geográfico ocorrem seis meses de claridade contínua, que tem início na primavera e só termina com o Sol realmente se pondo no horizonte, ao final do verão. Entre o polo geográfico e o Círculo Polar Antártico, os números de dias com sol da meia-noite e noite ao meio-dia diminui. No Círculo Polar só existe uma dia por ano com sol da meia-noite e um dia por ano com noite no meio-dia. Em locais ao norte do Círculo Polar (como na Estação Antártica Comandante Ferraz) não existe sol da meia-noite, mas, sim, noites brancas (onde a noite é clara, mas o Sol já está abaixo do horizonte) ou dia polar.*

Claro que esses fenômenos causam uma certa confusão em nosso organismo acostumado aos dias e noites bem estruturados,

do resto do mundo! Se já sofremos (uns mais, outros menos) com o fenômeno do *jet lag* ao mudarmos de fuso horário, viajando de um país/continente a outro, imaginem só quando estamos em um lugar onde não anoitece, nem amanhece! Na verdade, os pesquisadores antárticos precisam lidar com o fenômeno do sol da da meia-noite, pois a maior parte das pesquisas ocorrem no verão, período mais “quente”, já que no inverno, com frio e escuridão, ficaria bastante difícil de se empreender qualquer trabalho por ali.

Considerando essas explicações, você consegue dizer com precisão que horas são agora na Antártica?



Mapa de fusos horários padrões (Standard time Zones) da Antártica. UTC: Tempo Universal Coordenado (do inglês *Coordinated Universal Time*). (Phoenix, 2011)

## 82 É possível levar trenós puxados por cães na Antártica?

Além de excelentes companheiros, os cães podem, sim, ser muito úteis, inclusive no deslocamento de pessoas e equipamentos. Estima-se que há pelo menos 2.000 anos, os “cães de trenó” são usados no Ártico, por exemplo, e foram fundamentais na garantia do transporte de suprimentos naquelas áreas de difícil acesso por outros meios.



Foto histórica mostrando pares de oito cães puxando um trenó no Ártico. (Unknown, 1915)

Até essa proibição vigorar, no entanto, alguns exploradores, desde o início do século XX, utilizaram-se dos cães em suas expedições. Para citar algumas, a Expedição ao Cruzeiro do Sul (1898–1900), do anglo-norueguês Borchgrevink, usou cães da raça samoieda que acabaram morrendo vitimados pelo frio intenso e alimentação inadequada; o alemão Drygalski (1901–1903) foi mais bem-sucedido com cães mais habituados ao frio e acompanhados por um adestrador, mas ao término da expedição muitos cães, que foram permitidos procriar livremente, foram fuzilados ou deixados para trás, por não haver espaço no navio para resgatá-los. O sueco Nordenskjöld (1901–1904) também teve “baixa” no seu time de cães por confronto com outros cães de outro explorador, deixados soltos. Finalmente, o

famoso explorador inglês Robert Falcon Scott levou para a Antártica vinte samoiedas, mas também enfrentou dificuldades em manter a integridade dos seus cães em um ambiente tão extremo. O também conhecido norueguês Roald Amundsen realizou uma expedição com 55 cães de trenó e a concluiu com apenas 14.

*Obviamente não é qualquer raça de cães que se pode considerar minimamente "habilitada", digamos, para um empreendimento dessa natureza. Cães para puxar trenós e em um ambiente extremo como as regiões polares precisam ter, além de força, resistência, bem como serem capazes de desenvolver uma certa velocidade para cobrir determinadas distâncias. Esses cães, que podem correr até 45 km/h, precisam trabalhar em equipe e ser, portanto, homogêneos na medida do possível, possuir tamanhos e marcha próximos, de modo que o conjunto consiga se deslocar com uniformidade.*

Dentre as raças empregadas para esse fim, há o husky do Alasca, o conhecido husky siberiano e o malamute do Alasca, além de outras raças menos conhecidas como o samoieda. Atualmente é possível fazer viagens de trenó com cães como turismo no Ártico e em montanhas fora das regiões polares, o que possibilita que pessoas comuns possam desfrutar de um passeio tão inusitado quanto interessante! Você tem ideia de quantas horas esses cães "trabalham" por dia? Por quantos anos eles mantêm seu emprego? Qual seu destino após se aposentarem?

## **83 Qual é o tempo de sobrevivência de uma pessoa em águas polares?**

Um banho gelado tem lá as suas vantagens, dependendo das circunstâncias: dar aquela despertada para mais um dia de cheio de atividades, ou aquela refrescada em um dia de muito calor. Agora, se este banho for em águas geladas... o que será que acontece com

o nosso corpo quando submetido à temperatura muito baixa como as águas polares?

Claro que, quanto mais baixa for a temperatura da água, menor é o tempo de sobrevivência de uma pessoa em imersão nessa água. O estudo de registros de naufrágios e acidentes de aeronaves durante a Segunda Guerra Mundial realizado pelo americano George Molnar, em 1946, estabeleceu o seguinte parâmetro: em temperaturas da água abaixo de 15 °C o tempo de sobrevivência é muito curto, e se torna maior conforme a temperatura aumenta a partir desse valor.

O gráfico de Molnar, válido até os dias atuais, relaciona o tempo (horas) de sobrevivência de uma pessoa em imersão com a temperatura (em graus Celsius) da água do mar. Outros estudos relacionaram o nível de isolamento térmico proporcionado por vestimentas adequadas com o tempo de sobrevivência na água.

O isolamento térmico que uma roupa provê ao seu usuário obviamente ajuda a “segurar” a temperatura do corpo, retardando o efeito da hipotermia e, como parte deste processo, a perda de consciência e conseqüente afogamento. Essas roupas podem ainda auxiliar seu usuário a se manter na linha d’água devido à sua confecção (ou apetrechos incluídos) viabilizando alguma flutuabilidade. O tão importante isolamento térmico, no entanto, é prejudicado caso a impermeabilidade da roupa fique comprometida, e isso pode acontecer se a roupa ficar molhada.

Ora, mas na água a roupa vai molhar, correto?

O que queremos dizer é que uma roupa impermeável impede a passagem da água. A roupa funciona como uma barreira, isolando o corpo e evitando a água de atingir as roupas internas. Se isso acontecer, a roupa deixa de manter o corpo aquecido. Pense em uma bota impermeável: enquanto a sua meia estiver seca, tudo certo! No entanto, se essa barreira falhar por algum motivo e a meia molhar, o pé esfria! Claro que você não arrisca sua vida com um par de meias molhadas, pois em águas com temperaturas inferiores a 0 °C isso se torna um enorme problema!

Ainda que a pessoa esteja vestida com uma roupa adequada, a depender da temperatura da água no momento em que ela está em

imersão, haverá um aumento (relativo) do tempo de sobrevivência, mas não uma proteção permanente contra o frio intenso! Isso significa que vestimentas adequadas aumentam o tempo pelo qual um naufrago pode ficar na água até ser resgatado, mas não garante, caso esse tempo seja estendido, que a pessoa sobreviva.



Mergulhador em águas antárticas. (Islamkamelba, 2016)

Com água a 5 °C, por exemplo, estimou-se que o tempo de sobrevivência de 50% de indivíduos amostrados com roupas comuns seria de 1 hora. Imagine esse tempo em águas com temperaturas abaixo de zero! Na Antártica, por exemplo, a temperatura da água pode variar de 10° a -2 °C, mas claro que isto pode se alterar, de forma um pouco mais extrema a depender da estação do ano. Em águas muito geladas, pode-se, por exemplo, ter um tempo de sobrevivência estimado em minutos até o resgate! Outros fatores influenciam em uma maior taxa de sobrevivência como, por exemplo, o preparo físico, o que pode garantir maior resistência fisiológica a esta condição extrema.

Dá para entender agora o porquê da importância de roupas especiais com tecnologia específica para condições extremas! E que outras tecnologias você acha que existe além de roupas especiais que nos ajudem a sobreviver por mais tempo em baixas temperaturas?

## 84 Que países fazem parte do Tratado da Antártica?

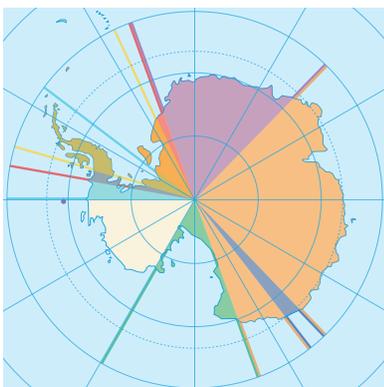
Sabemos que a Antártica não é de ninguém. Podemos dizer que existe um acordo entre alguns países para decidir o futuro da região e realizar pesquisas por lá. No período de julho de 1957 a dezembro de 1958, durante o Ano Geofísico Internacional (AGI), a Antártica foi eleita um foco de estudos científicos nas mais diversas áreas da Ciência, o que muito contribuiu para alavancar o conhecimento que se tinha da região.

Devido à alta complexidade e falta de conhecimento do continente gelado até então, esta não foi uma discussão fácil, e tanto é verdade que foram necessárias mais de 60 reuniões para que algum consenso fosse alcançado entre os países envolvidos nessa questão.

Em 1959, 12 países, os membros signatários originais, assinaram o Tratado da Antártica, que passou a vigorar em junho de 1961, sendo estes África do Sul, Argentina, Austrália, Bélgica, Chile, Estados Unidos, França, Japão, Nova Zelândia, Noruega, Reino Unido e Rússia. O Brasil aderiu ao Tratado em 1975, passando a garantir também a sua presença científica no continente gelado. A contar pelo ano atual, são quase cinco décadas do interesse de nosso país na questão antártica.

O Tratado, dentre os seus quatorze artigos, estipula, por exemplo, que a Antártica “só pode ser utilizada para propósitos pacíficos, proibindo atividades militares, como o estabelecimento de bases militares ou testes de armamento”. As bases, assim, lá estabelecidas apresentam em grande parte propósito científico, com o objetivo de implementar estudos e pesquisas que ajudem na maior conservação e preservação do continente gelado.

Isso colocava um freio nas intenções territorialistas da época, particularmente após a Segunda Guerra Mundial, congelando o *status quo* do ano de 1959. Desta maneira, a competição territorialista perdeu sentido.



Mapa da Antártica mostrando as reivindicações territoriais dos países: Argentina (amarelo); Austrália (laranja); Chile (azul); França (azul-marinho); Nova Zelândia (verde); Noruega (lilás); Reino Unido (vermelho). (Loka\_Profil, 2008)

Esse foi um importante marco na criação de um ambiente colaborativo, no qual os países poderiam intercambiar dados e se apoiar mutuamente enquanto realizavam os seus respectivos programas antárticos. Inclusive um comitê – o Comitê Científico sobre Pesquisa Antártica (SCAR) – para articular e coordenar atividades científicas na região, foi instituído em 1957, de caráter não-governamental e como órgão assessor independente, haja vista a importância que assumiram os assuntos de natureza técnico-científica.

O Programa Antártico Brasileiro (Proantar) foi criado, na sequência, em 1982, quando naquele mesmo ano a primeira expedição brasileira foi realizada. No ano seguinte, o Brasil tornou-se Membro Consultivo do tratado, e a inauguração da casa brasileira no continente (Estação Antártica Comandante Ferraz) se deu logo em seguida, em 6 de fevereiro de 1984, quando a permanência do Brasil na Antártica foi finalmente efetivada.

Atualmente o Tratado da Antártica tem a adesão de 54 países, incorporando, portanto, 42 nações além dos signatários originais, mas apenas 29 dessas nações têm poder de voto e veto por conduzirem “atividades de pesquisa substanciais” no continente.

Até o momento, desde a sua criação, qualquer atividade que não seja científica é proibida de ser executada no continente, mantendo-se ainda o objetivo de tratar a Antártica com interesse científico, sem que haja exploração de recursos naturais não-renováveis, e desmilitarizada. Claro que reivindicações territoriais dos sete países não sumiram, estão congeladas, e o tratado estabeleceu que a

Antártica fosse considerada uma reserva para ciência e paz internacional. E que assim se conserve!

Você acha que todos os países signatários do Tratado da Antártica têm interesses exclusivamente científicos pelo continente? Que outros interesses essas nações poderiam ter naquela inóspita região?

## 85 Como é a participação feminina na ciência antártica?

A primeira brasileira a ir para a Antártica foi a condecorada aviadora Anésia Pinheiro Machado, em janeiro de 1958, em um navio de turismo argentino. Quase 30 anos depois, tem-se o registro da segunda brasileira a visitar o continente, a mineira, de Juiz de Fora, Eny Turolla Maia que foi para a lá em 1981 com seu marido o Coronel Tigre Maia, da Força Aérea Brasileira. Tigre Maia era presidente da Associação dos Adidos Estrangeiros no Chile e foi convidado a realizar um voo para a Antártica, com pouso na ilha Rei George, saindo de Santiago com escala em Punta Arenas. Eny acompanhou o marido nessa missão chilena à Antártica.

Mesmo antes da Eny, já existiu uma renomada pesquisadora a Therezinha de Castro. Ela era uma renomada autoridade em geopolítica, foi historiadora, geógrafa, escritora e professora reconhecida internacionalmente. Defendeu a tese *Antártica: Teoria da Defrontação* em que dizia que o Brasil estava em condições de reivindicar direitos sobre a Antártica. Em 1956, seu trabalho foi publicado na *Revista do Clube Militar*. Ela lutou para que o Brasil assinasse o Tratado da Antártica, o que aconteceu em 1975. Um ano depois, ela publicou o livro *Rumo à Antártica*. É por ela que hoje temos pesquisas importantes na Antártica.

As brasileiras sempre estiveram presentes na ciência antártica, seja na pesquisa desde o Brasil, ou indo à campo. A primeira brasileira pesquisadora que foi na primeira expedição brasileira à Antártica no verão de 1981/1982 foi Aimara Linn. Era um grupo de

quatro homens e uma mulher. Eles foram um ano antes da primeira expedição oficial com o Barão de Teffé. Depois disso Aimara voltou mais cinco vezes para lá. Aimara era geóloga da Unisinos e trabalhava com mapeamento geológico e estudo de ambientes marinhos.



Jornal *La Nación* noticiando a visita de Anésia Pinheiro Machado às Ilhas Melchior, Antártica, em janeiro de 1958. (Verlinden e Vario, 2019)

Há muitos outros exemplos de pesquisadoras que fizeram e que ainda fazem história na ciência antártica brasileira.

Liliana Rizzo Piazza era física e doutora em astrofísica. Participou da 1ª Operação Antártica a bordo do navio Barão de Teffé em 1982. Trabalhava no Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e no Centro de Rádio Astronomia e Astrofísica da Universidade Presbiteriana Mackenzie estudando geociências, geofísica da Antártica, anomalia magnética, densidade eletrônica e evento solar. Em 1987, recebeu a Condecoração Amigos da Marinha.

Maria Judith Zuzarte Cortesão foi uma ambientalista, pesquisadora e educadora reconhecida internacionalmente na área

ambiental. Participou das duas primeiras viagens brasileiras ao continente Antártico (1982 e 1983). Nascida em Portugal, morou no Peru e no Uruguai e depois de muitos anos no Brasil, considerava-se brasileira. Estudou quatorze línguas. Era formada em medicina, antropologia, letras, biblioteconomia, meteorologia, climatologia e biologia, com cursos de especialização em genética humana e leis biofísicas da reprodução humana, imunologia, neuroendocrinologia e documentação científica e tecnológica. Desenvolveu mais de trinta pesquisas nas áreas médica, social e literária. Mas se dedicou mesmo à área ambiental. Foi coordenadora da Subcomissão do Meio Ambiente para a Constituinte e assessora da Divisão de Planejamento e Política Ambiental do Ministério do Meio Ambiente, representando esse Ministério em diversas comissões, dentre elas, a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), Programa Antártico Brasileiro (Proantar) e a Comissão Nacional para a Antártida (Conantar). Recebeu diversos prêmios, entre eles o título de Heroína Nacional, foi condecorada pela NASA recebendo uma medalha feita a partir de um metal trazido do espaço pela nave Columbia. Teve participação direta na criação do Museu Antártico e prestou consultoria ao Museu Oceanográfico Professor Eliezer de Carvalho Rios e ao Eco-Museu da Ilha da Pólvora.

Edith Fanta foi uma das pioneiras em ir pra Antártica. É conhecida por seu trabalho de preservação e proteção da Antártica. Ela fez parte do Proantar por 25 anos, desde sua criação em 1983. Foi representante do Brasil em muitos fóruns internacionais. E de 2005 a 2008 foi presidente do Comitê Científico da Comissão para a Conservação dos Recursos Vivos Marinhos Antárticos (CCAMLR). Foi professora e orientadora de diversos alunos que trabalham com assuntos polares.

Neusa Maria Paes Leme também era física, doutora em ciências espaciais na especialidade de radioastronomia e física solar, com experiência em geociências com ênfase em geofísica espacial, foi orientanda da Liliana. Participou do primeiro voo de inverno para a Antártica. Foi 35 vezes para lá nas Estações Brasileira, Chilena, Argentina e Inglesa, a última vez foi em 2020 quando ficou na

Estação Halley VI. Voltou da Antártica, em meio à pandemia, quando passou por Ushuaia teve de fazer quarentena no navio e seguiu para Buenos Aires, onde ficou por vários meses. Era aposentada do INPE mas continuava trabalhando como professora e coordenadora do Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais (LAVAT) no Centro Regional do Nordeste (CRN/INPE).

Maria Elaine Kohlrausch tem licenciatura em ciências e biologia. Iniciou seu trabalho em São Leopoldo na Unisinos, com o objetivo principal de estudar os hábitos alimentares do *Pygoscelis antarctica*, o pinguim-de-barbicha. Em 1987 e 1988, participou da Operação Antártica integrando um grupo de pesquisadores que estariam na ilha Elefante. Encontrou o primeiro fungo da ilha Elefante, o qual foi repassado para ser catalogado pelo pesquisador que trabalhava na época com o reino Fungi. Em 1989, virou matéria de jornal em Santa Cruz do Sul, pois um aluno seu encontrou um pinguim e o entregou para ela cuidar. Maria Elaine é aposentada na rede particular de ensino e atua na rede estadual de ensino de Porto Alegre.

*Essas são apenas as mulheres que compõem a primeira geração de pesquisadoras brasileiras na Antártica e que foram seguidas por muitas outras que se tornaram chefes de projetos antárticos e orientadoras de diversos alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado. Há as primeiras mulheres que ficaram na estação durante a fase de inverno em 1993, a primeira mulher a integrar o grupo brasileiro que trabalha com o Criosfera I, laboratório no interior do continente antártico, e muitas outras que ainda estão pesquisando e recebendo prêmios por suas pesquisas. Normalmente, os laboratórios têm mais mulheres do que homens. No trabalho de campo já há praticamente metade das mulheres nos grupos de pesquisa.*

No âmbito militar do Proantar, as mulheres também estão cada vez mais presentes. No ano 2019/2020, seis mulheres militares atuavam na Antártica: uma médica e uma dentista em cada navio – NApOc Ary Rongel e NPo Maximiano, uma médica na estação e uma meteorologista no Navio Ary Rongel.

Como você imagina a participação dessas mulheres em um ambiente tão inóspito como a Antártica? Será que a estação de pesquisa brasileira, acampamentos, refúgios e navios estão devidamente preparados para a presença feminina?

## ***86 Existiram mulheres exploradoras?***

Você, mulher e menina, que vai para a Antártica hoje em dia ou tem vontade de ir, tem de agradecer a duas mulheres que, há mais de 250 anos, se disfarçaram de homens para poder navegar.

Uma delas foi Louise Séguin, conhecida como a primeira mulher que chegou em uma ilha perto da Antártica e a outra Jeanne Baret, que foi a primeira cientista a navegar ao redor do mundo. E mesmo assim, por muitos anos, esses feitos não foram reconhecidos.

A história da Louise é difícil de ser contada porque não existem relatos, pois ninguém comentava a história dela para não incentivar outras mulheres a fazer o mesmo. Para os homens, as mulheres nos navios eram sinal de azar nas expedições. Por isso, na época, as mulheres só angariavam fundos para que seus maridos fossem nas expedições e elas ficavam cuidando da casa.

Jeanne Baret quase não tem registros fotográficos, porém, existe um livro publicado sobre sua história. Jeanne e o botânico Philibert Commerson coletaram mais de 6.000 espécimes de plantas durante a viagem de circum-navegação.

Somente depois de 116 anos do descobrimento da Antártica, as primeiras mulheres começaram a ir para o continente, porém foram acompanhando seus maridos baleeiros ou exploradores. Muitos exploradores deram os nomes de plataformas de gelo ou montanhas em homenagem às suas mulheres.

Ingrid Christensen, norueguesa, é considerada a primeira mulher a sobrevoar a Antártica com seu marido na década de 1930 e disputa o título de primeira mulher a pisar na Antártica com Caroline Mikkelsen, que só foi contar sua história quando o seu segundo marido morreu para não deixá-lo constrangido. Já as

histórias de Edith Ronne e Jennie Darlington mostram como a visão sobre a Antártica para mulheres pode ser tão diferente, até oposta. A Edith era uma cientista esposa do chefe da expedição e ficou um ano inteiro por lá fazendo pesquisa. Ela é conhecida como Jackie Ronnie ou a primeira dama da Antártica! E depois disso voltou para a Antártica quinze vezes. Já a Jennie tinha acabado de se casar com o piloto e foi como companhia para a Jackie. Porém, elas passaram todo o tempo de viagem sem muito contato com os homens, pois eles não queriam que elas fossem. Tanto que os relatos da Jennie eram de que a Antártica não é mesmo um lugar para mulheres.

*Foi só na década de 1950 que a primeira mulher cientista foi para a Antártica sem nenhum tipo de oposição. O nome dela era Maria Klenova, uma geóloga marinha da União Soviética criadora do primeiro atlas antártico.*

Até 1969, existiu uma lei em alguns países, que proibia as mulheres de irem para a Antártica. Um país que seguiu à risca essa lei foram os Estados Unidos. Em 1959, Dawn Rodley foi barrada de seguir em uma expedição, após ser aprovada pelo pesquisador chefe e também pelas esposas dos outros pesquisadores.

Somente em 1969, o primeiro grupo de mulheres foi à Antártica e chegou ao Polo Sul. A chefe do projeto foi a Dra. Lois Jones, uma geóloga que fez seu doutorado com amostras de rochas antárticas, mas sem nunca ter ido para lá. Quando a lei foi extinta, a marinha americana aprovou o pedido da Lois. A segunda membra da equipe foi a Eileen McSaveney, geóloga também. Kay Lindsay, bióloga, foi a terceira. E, por fim, Terry Tickhill Terrell se uniu à equipe. Ela tinha apenas 19 anos e estudava química. Quando soube que um amigo tinha ido pra Antártica, resolveu ir até o Instituto de Estudos Polares e pediu um emprego na Antártica. Ela então conseguiu falar com a Lois e disse que morava em uma fazenda e que era uma trabalhadora esforçada. Como a Lois precisava de alguém que carregasse uma mochila de 29 kg e uma marreta de 5 kg pra coletar pedras, a Terry foi a quarta escolhida.

O grupo ficou quatro meses nos vales secos de McMurdo, um deserto polar que faz parte dos 2% da Antártida sem neve e “o mais

próximo de qualquer ambiente terrestre de Marte”, segundo a NASA.

Elas também foram as primeiras mulheres a chegar ao Polo Sul geográfico. Lois precisava fazer o estudo aéreo da geologia, pediu para participar de um voo e foi atendida. Foram as quatro, uma repórter e uma bióloga neozelandesa. Quando chegaram ao Polo Sul, as seis se deram os braços e pularam do avião juntas para que todas pisassem ali ao mesmo tempo.

Você pode imaginar quantas histórias de mulheres exploradoras nunca foram contadas? Tem ideia de quem foi a primeira visitante brasileira na Antártica?

## 87 Há turismo na Antártica?

Quando você estiver planejando as suas próximas férias, já pode incluir em sua lista de opções a Antártica. Isso mesmo! Até décadas atrás isso não era possível, pois o local era reservado somente para cientistas e poucas pessoas convidadas por governos ou órgãos de pesquisa. No entanto, a partir de 1966 o tema educação ambiental foi incorporado ao *slogan* “Você não pode proteger o que você não conhece”, e o turismo chegou ao continente gelado. E acreditem: o isolamento físico da região, as temperaturas extremas, o clima adverso, e a vida selvagem peculiar são grandes atrativos ao turismo.

Ficou com vontade de se aventurar por lá? Parece mesmo uma viagem inesquecível. As visitas se concentram nas zonas livres de gelo nos meses de verão, entre novembro e março, e são organizadas por operadoras de turismo.

Os visitantes fazem curtas entradas nas regiões costeiras, principalmente nas ilhas próximas à Península Antártica, visitam estações científicas, monumentos históricos e colônias de animais. Sendo possível também atividade de alpinismo, acampamento e mergulho.

Além disso, é possível navegar em caiaques, praticar *stand up paddle* e até mesmo acampar uma noite em solo antártico. Vale lembrar que todas essas atividades só podem ser realizadas se o

tempo estiver bom. E quando falamos de Antártica, sol e pouco vento não são garantidos.

Pinguins são os anfítrioes e estão por toda parte, é verdade, mas também há encontros com outros animais, como focas, lobos e elefantes-marinhos, baleias, petréis e outras aves.

*Para essa viagem, também é preciso um investimento inesquecível. E quanto custa? Ver de perto as terras gélidas do continente começa com um investimento de aproximadamente nove mil dólares por pessoa, sem contar a vestimenta necessária para enfrentar o frio e a hospedagem e voos até o local do embarque.*

Anotou tudo? Você deve estar se perguntando: é possível preservar a Antártica mesmo com o turismo?

Aceitando a premissa de que não existe turismo de impacto ambiental zero, preservar a Antártica é ainda uma obrigação. Todas as atividades turísticas realizadas hoje lá são supervisionadas pela tripulação do navio, que inclui ornitologistas, biólogos marinhos, geólogos, glaciologistas, historiadores e naturalistas. Todos os cuidados com o ambiente são devidamente tomados.

Atualmente, existe um sistema internacional de regulação do turismo antártico, que surgiu a partir da Organização Marítima Internacional, de entidades intergovernamentais, dos Estados e da Lei do Mar com as regras relativas à bandeira da embarcação e do porto de embarque e da IAATO (The International Association of Antarctica Tour Operators) que coordena os operadores turísticos antárticos, além de oferecer treinamento para tripulações e guias, com o objetivo de prepará-los para atuarem de forma a garantir a segurança dos turistas e a preservação do continente.

Também é importante que cada turista faça a sua parte na preservação. Antes de ir, ler e pesquisar para entender as responsabilidades e seguir com atenção as instruções dos guias. Algumas dicas práticas (que valem não somente para Antártica, mas para todos os ambientes naturais): assegure-se de que tudo esteja muito limpo – capinhas de câmera, sapatos e roupas. Isso evita levar sementes, plantas ou outros organismos que poderiam prejudicar

o ambiente antártico; mantenha-se sempre a uma distância mínima permitida da vida selvagem – que é de cinco metros; movimente-se devagar e com cuidado para não causar transtornos aos animais e lugares históricos; esteja sempre atento ao que está acontecendo ao seu redor; o uso de drones não é permitido, a menos que você seja um cientista ou outro profissional com uma autorização para isso. Nem precisa falar sobre jogar algo no mar, no chão ou no ar. Lave seus calçados antes do desembarque e no retorno ao navio, assim você evita de transportar qualquer material de um ponto a outro.

Mesmo assim, com todos esses cuidados, o impacto do turismo existe e muito. Então, como a presença transitória de diversas embarcações afetará a fauna, a flora, o ambiente ao longo dos anos?



Turistas limpam botas para desembarque na Península Antártica. (Silvia Dotta, 2004)

## 88 *O que são auroras polares?*

Imagine olhar para o céu à noite e em vez de encontrar estrela em um céu escuro, você se depara com luzes verdes, azuis, lilases brilhantes e dançantes. Pode até ser assustador no início, mas depois deve ser algo fascinante. Essas luzes fazem parte do fenômeno chamado aurora polar.

No hemisfério Norte ela é conhecida como aurora boreal (nome batizado por Galileu Galilei em 1619, em referência à deusa romana do amanhecer Aurora e ao seu filho Bóreas, representante dos ventos nortes), ou luzes do Norte (nome mais comum entre os escandinavos) ou luzes bailarinas. No hemisfério Sul é chamada de aurora austral, nome batizado por James Cook, uma referência direta ao fato de estar ao Sul.

Mas como esse fenômeno tão incrível aos nossos olhos ocorre?

Ambas as auroras (boreal e austral) acontecem quando a atividade solar é maior. Sim, tudo começa no Sol.

A todo o momento, o Sol emite partículas elementares de altíssima energia e que possuem carga elétrica. A alta quantidade de emissão dessas partículas é denominada de vento solar. Quando esse vento solar chega próximo a Terra, ele interage com o campo magnético terrestre. Qualquer partícula eletricamente carregada que se movimenta em uma região de campo magnético está sujeita a uma força magnética, que, nesse caso, conduz as partículas, de acordo com o sinal de suas cargas elétricas, para a região norte ou sul da Terra.

O movimento das cargas elétricas na atmosfera gera choques entre as partículas e as moléculas de oxigênio e nitrogênio. Assim, as cargas elétricas transferem energia para os íons de oxigênio e nitrogênio, que, para retornarem ao seu estado fundamental, liberam a energia adquirida na forma de luzes, geralmente verdes. É um fenômeno semelhante ao que acontece nas lâmpadas fluorescentes.

As luzes coloridas podem ser observadas a olho nu nos céus noturnos das regiões polares. Parece um brilho longo, como uma cortina estendida. Algumas vezes formam-se arcos que podem mudar de forma constantemente. Em cada cortina há vários raios paralelos e alinhados na direção do campo magnético, sugerindo que o fenômeno está alinhado com o campo magnético terrestre.

Auroras não são exclusivas do planeta Terra. Cientistas já dizem que Júpiter, devido ao seu intenso campo magnético, cria as auroras mais brilhantes do nosso sistema solar.

É importante dizer que para encontrar a Aurora depende também de um pouco de sorte, é preciso estar no lugar certo e na hora certa. Para ajudar, já existem sites e aplicativos que informam as chances de sucesso desse encontro.

Como será que os povos que não tinham acesso ao conhecimento científico sobre o fenômeno da Aurora Polar interpretavam a dança de luzes no céu?



Auroral Boreal, Círculo Polar Ártico, Noruega. [Sílvia Dotta, 2017]

## 89 Onde mora o Papai Noel?

Ho ho ho!

Muitas crianças do mundo têm a resposta na ponta da língua: Em algum lugar do Polo Norte com muita neve, renas e magia.

Sabemos que a lenda do Papai Noel já teve várias versões: o bom velhinho já foi padre, São Nicolau, já usou roupas verdes, amarelas, foi alemão e por aí vai. Mas para encurtar a história, existia também uma lenda de que o Papai Noel vivia em um lugar quase inalcançável, isolado no meio de muito gelo e de difícil acesso. Vale dizer que talvez isso tenha sido criado para as crianças somente acreditarem na existência dele, sem pensar em visitá-lo.

*Voltando à história de que Noel vivia no Polo Norte – lembre-se de que o polo é apenas um ponto no meio do oceano Ártico. A lenda foi utilizada pelos finlandeses para estimularem o turismo local e, na década de 1950, foi construída pelo governo finlandês uma vila de madeira na cidade de Rovaniemi, capital da Lapônia, próxima ao Círculo Polar Ártico. O local é famoso por ser a Casa Oficial do Papai Noel, atraindo turistas de diversas localidades o ano todo e tem até um escritório com endereço oficial da residência do Papai Noel para receber as suas cartas.*

**Aos interessados:**

**Destinatário: Santa Claus**

**Código postal: FIN-96930 Arctic Circle**

**Rovaniemi - Finlândia**

A Lapônia fica no extremo norte da Finlândia, em uma região que faz fronteira com a Suécia, a Rússia e a Noruega. O lugar é conhecido por ser uma das regiões mais frias do mundo, com baixas temperaturas em todas as estações do ano — no verão, por exemplo, o termômetro não ultrapassa os 15 °C, e no inverno pode registrar até -50 °C.

O lugar não é só a terra do Papai Noel, também é o lugar das renas, dos huskies siberianos, dos alces, dos ursos-polares, do salmão, do povo sami (único povo indígena reconhecido na Europa).

Os cenários e paisagens do local mudam conforme as estações do ano. Tem aurora boreal no outono e na primavera, crepúsculo azul no forte inverno e no verão é a terra do sol da meia noite.

A região da Lapônia está inserida na lista de bens culturais e naturais considerados patrimônio da humanidade pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciências e Cultura).

Esse patrimônio da humanidade também é uma das áreas mais afetadas pelas mudanças climáticas no planeta. Nos últimos anos a temperatura da Lapônia vem aumentando e impactando o modo de viver dos seus habitantes e animais. Além disso, o isolamento geográfico da Lapônia e as longas distâncias interiores favorecem as emissões de efeito estufa.

A vida das renas da Lapônia está sendo modificada, elas costumam cavar a neve à procura de alimentos (o líquen). Porém, nos invernos rigorosos, ou degelos inesperados, os animais não conseguem chegar a esses fungos por causa do gelo, e assim, não se alimentam de forma adequada, tornando-se cada vez mais leves e menores.



Renhas na Lapônia. [Tarja Pruss, 2017]

A comunidade sami também está sofrendo com os efeitos sombrios do aumento da temperatura que ameaça seu principal meio de subsistência: a criação de renas. Além disso, o desenvolvimento da indústria madeireira e de infraestruturas de grande escala, como os parques eólicos ou as usinas hidrelétricas, servem de obstáculo às rotas de pastagens das renas e as instalações de mineração e de energia renovável de grande porte estão se expandindo gerando graves consequências para os meios de subsistência do povo sami.

Quando se iniciou a lenda do Papai Noel, o cenário era muito diferente do de hoje e as mudanças climáticas estão ocorrendo cada vez mais intensas . Será que no futuro o cenário da casa do Papai Noel será repleto de neve, renas e o povo sami ainda estará por lá?

## **90 Como funciona um navio quebra-gelo?**

Todo mundo conhece a história do Titanic. Como não conhecer, já que a história do imenso e famoso transatlântico foi imortalizada no filme de 1997, protagonizado por Leonardo diCaprio e Kate Winslet? E todos sabemos qual foi o trágico fim do grande navio, que afundou após colidir com um iceberg. Teria sido muito bom se um navio desses pudesse ter a capacidade de atravessar o gelo e, assim, evitar acidentes como aquele que pôs o Titanic a pique... mas navios capazes disso já não existem?

Navios que enfrentam icebergs ainda não existem, pois nenhum casco, por mais reforçado que seja, resistiria. Contudo, navios muito mais modernos do que o Titanic já são fabricados e, dentre esses, os chamados navios quebra-gelo. Claro que transatlânticos como o Titanic são um tipo de navio que não se encaixam nessa categoria, já que navios para esta finalidade precisam ter uma estrutura bem diferente e adaptada. Os navios quebra-gelo são projetados para romper campos de gelo (a banquisa ou mar congelado) e abrir rotas de navegação, fluviais ou marítimas, em áreas congeladas, garantindo o acesso a regiões que não poderiam ser alcançadas por navios convencionais. E – pasmem! – esses navios têm a capacidade de romper porções de gelo de até 2,8 metros de espessura ou mais se forem nucleares! Mas o que estas embarcações possuem que as permite atravessar o gelo dessa forma?

Para começar, a proa (frente) desses navios é diferente. Embarcações convencionais apresentam uma proa personalizada, desenhada para reduzir o efeito das ondas enquanto se deslocam

a fim de tornar o seu deslocamento mais eficiente. Já o navio quebra-gelo tem a proa em forma de cunha, semelhante a uma rampa invertida e, com isso, é o próprio peso do navio que rompe o gelo, a força para romper o gelo vem de cima para baixo, no sentido de menor resistência do gelo. Essa é uma forma, digamos, inteligente de “enfrentar” os quilômetros de gelo à frente, pois você consegue imaginar a força que teria de ser empregada para empurrar frontalmente um imenso campo de gelo, muitas vezes estendendo-se por milhares de quilômetros?

Assim, os quebra-gelos literalmente “escalam” esses campos congelados, avançando pouco a pouco o que seria impossível para um navio de estrutura convencional. Quando o gelo é rompido, o restante do casco desses navios repele, com a ajuda do seu formato e de propulsores laterais, os fragmentos de gelo para que não arrisquem comprometer a propulsão do navio e pressionem as laterais da embarcação.

*O casco dessas embarcações poderosas, por causa da pressão que precisam suportar, chegam a ter até 5 cm de espessura e é equipado com balizas reforçadas, além das normais, e “funcionam” no sentido de minimizar ao máximo a fricção entre o casco e o gelo, além de afastar o gelo rompido à sua passagem. Ou seja: os quebra-gelos são verdadeiros “abre-alas” no gelo! E o gelo vai se abrindo para esses gigantes passarem!*

Atualmente o país que detém a maior frota de quebra-gelos é a Rússia, que segue construindo quebra-gelos superpotentes movidos a energia nuclear! O Brasil possui dois navios antárticos, operados pela Marinha: o Navio Polar (NPO) Almirante Maximiano e o Navio de Apoio Oceanográfico (NAPoC) Ary Rongel, mas nenhuma dessas duas embarcações é um navio quebra-gelo. Logo, são navios considerados “polares”, pois possuem um casco reforçado para enfrentar pequenos gelos flutuantes (*berg bits*), e camadas finas e desfragmentadas de gelo, mas não são capazes de atravessar campos de gelo completamente consolidados em toda a sua extensão.

Isso impacta na pesquisa, pois os navios não conseguem chegar em regiões de mar congelado, e na distribuição e resgate de

pesquisadores que precisam ficar acampados em áreas costeiras. É preciso que o mar esteja “aberto” para permitir a passagem das embarcações pelas águas e sua aproximação da costa. Essa é uma das razões pelas quais algumas pesquisas brasileiras ainda não podem ser realizadas no inverno antártico, quando as temperaturas podem cair muito e congelar todo o mar à sua volta! Você acha que esse pode ser um fator negativo para a ciência brasileira? Quais seriam as possíveis alternativas para superar o problema de acesso a regiões congeladas?

## ***91 Como é a vida dos cientistas no continente antártico?***

Para começo de conversa, precisamos apresentá-los e apresentá-las: sim, há homens e mulheres nessa profissão. Cientistas polares são pesquisadores que fazem ciência nas regiões polares, como o Ártico e a Antártica. A descrição é simples e fácil, porém nada parecido com a vida dessas pessoas que se deslocam até o continente gelado e isolado para entrar literalmente numa fria.

Esses cientistas embarcam nessa aventura geralmente entre os meses de outubro e março, no chamado verão antártico, mas muito diferente do nosso, pois a temperatura oscila entre  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  na costa, e os ventos chegam a 150 km/h. Por outro lado, o Sol brilha por pelo menos 20 horas, e isso impacta a rotina de trabalho. Muitos já se surpreenderam trabalhando desde a manhã até a madrugada, pois ainda era dia.

As pesquisas brasileiras são realizadas em locais com uma estrutura adequada contando com laboratórios e até sala de ginástica como na Estação Antártica Comandante Ferraz. Além da Estação, pesquisas são feitas em módulos automatizados, em acampamentos e nos navios polar Almirante Maximiano e de apoio oceanográfico Ary Rongel. Geralmente quem desfruta dessa estrutura confortável de ter banho quente e comida fresca são cientistas que

permanecem nos navios, como os meteorologistas, veterinários, pesquisadores das ciências atmosféricas (que estudam a radiação solar e a camada de ozônio) entre outros.

*Agora vem a parte mais ousada: cientistas que fazem pesquisas nos acampamentos. Isso mesmo! Esses cientistas acampam no gelo e por lá ficam dias para realizarem suas pesquisas, alguns trabalham no interior da Antártica, a mais de 2500 km ao Sul da Estação Antártica Comandante Ferraz, acampando sobre a neve ao redor do módulo Criosfera 1 e enfrentando temperaturas de até -35 °C no auge do verão. Banho? Lencinhos umedecidos. Comida? Embalada a vácuo, muitos enlatados, massas e alimentos calóricos como queijos, chocolates, barras de cereais, castanhas e, sim, precisam beber muita água para não desidratar.*

Na maioria das vezes os cientistas acampados são glaciólogos, estudam o gelo e a neve, paleontólogos, estudam a pré-história do planeta por meio dos fósseis, geólogos, pesquisam a evolução da crosta terrestre, e os geofísicos, analisam a estrutura do planeta. Mas se algum cientista de outra área precisar coletar dados ou amostras longe da estação, também vai para as barracas ou refúgios, cabanas que abrigam três ou quatro pessoas por alguns poucos dias.

Ah! Escaladores profissionais são contratados pela Marinha do Brasil para dar suporte aos cientistas acampados, eles são responsáveis pela segurança em campo e garantem o bom funcionamento dos acampamentos. Fazer ciência polar é uma grande aventura.

Vale lembrar que os satélites são indispensáveis, é essencial o uso dos recursos do sensoriamento remoto, em função da dimensão do continente e das dificuldades logísticas para a realização dos trabalhos de campo. Dados de diferentes sensores podem ser utilizados para monitorar geleiras, icebergs e animais marinhos, como baleias, focas e aves. Os satélites trazem informações importantes, por exemplo, para as pesquisas sobre as mudanças climáticas.

E o que o Brasil pesquisa na Antártica? Lá a ciência é feita em uma grande variedade de áreas: glaciologia, oceanografia, biologia, astronomia, paleontologia, medicina, psicologia, antropologia,

arqueologia entre muitas outras, cujos resultados são importantes para toda a humanidade.

O **Programa Ciência Antártica do MCTI** tem por objetivo desenvolver pesquisas de excelência na região Antártica e suas conexões com o oceano Atlântico e a América do Sul, assegurando a permanência do Brasil como membro consultivo do Tratado da Antártica.

Você acha que a ciência polar e os cientistas são valorizados no Brasil? O que é necessário para ampliar essa valorização?

## *92 Como foi a construção da estação brasileira na Antártica?*

A primeira expedição brasileira à Antártica ocorreu em janeiro de 1983. Foram dois navios, o Barão de Teffé e o Professor Besnard, que iniciaram as pesquisas científicas e a busca por um espaço. Em janeiro de 1984, durante a segunda Operação Antártica (II OPERANTAR), a bordo do Navio Barão de Teffé, o então capitão de corveta Edison Martins comandou o Grupo Base, formado por militares que participam da operação, em busca de um lugar adequado para estabelecer a EACF – Estação Antártica Comandante Ferraz. O acampamento foi montado na praia da Baía do Almirantado (Ilha Rei George, ilhas Shetland do Sul, na península Keller, latitude 62°05’S e longitude 058°24’W.) em um espaço com área possível de expansão, lagoas de degelo, um mar adequado para desembarque, abrigo e espaço para manobrar o navio. E foi ali que os primeiros contêineres foram montados, por um grupo de seis militares e seis civis.

A II OPERANTAR conduziu três pesquisas científicas: uma sobre a baixa ionosfera, uma sobre as reações do corpo humano ao frio antártico e uma sobre a meteorologia. Além disso, o Grupo Base teve a missão de realizar um complexo trabalho logístico: projetar as futuras ampliações da estação, reconhecimento do terreno, teste de motores, avaliação de materiais, funcionamento da

estação e terreno para a ampliação da estação. Estava materializada a missão brasileira de participar do grupo de países signatários do Tratado da Antártica e poder decidir sobre o futuro do continente por meio da realização permanente de pesquisa científica.



Navio Oceanográfico Prof. W. Besnard na Primeira Expedição Brasileira à Antártica em 1983. (Rubens Junqueira Villela, 1983)

A partir daí, anualmente o Brasil envia cientistas para a Antártica, tanto para a EACF, como para acampamentos e refúgios e ainda usa os navios para apoio às coletas de dados e amostras oceanográficas. Os Grupos Base lá invernam, cuidando da manutenção e funcionamento da estação que cresceu junto com as pesquisas e com o reconhecimento internacional da ciência brasileira.

Infelizmente, no verão de 2012, um incêndio destruiu a EACF e subtraiu a vida de dois militares que tentavam controlar o fogo. Foram perdidas as instalações, equipamentos e amostras de pesquisas que lá estavam armazenadas. A tragédia consternou toda a sociedade brasileira, mas o Brasil precisava se recuperar e continuar o trabalho, por isso, em 2013 foram instalados os módulos emergenciais e encomendada a reconstrução das novas instalações.

Foi aberto um concurso de projetos arquitetônicos para a nova Estação, em ação coordenada pelo Instituto de Arquitetos do Brasil em conjunto com a Marinha do Brasil. Mais de 100 projetos foram apresentados. O vencedor, Estúdio 41 (Curitiba, PR) propôs uma

área de 4500 m<sup>2</sup> com três blocos contendo 17 laboratórios, 32 camarotes, áreas sociais, de serviços, operação e manutenção.

Para a construção – realizada por um grupo chinês – da nova Estação foram adotadas técnicas para a gestão de água e esgoto que consideram o reaproveitamento de águas servidas e o tratamento dos efluentes finais. Associado à geração de energia com o emprego de óleo diesel, foram instalados sistemas fotovoltaico e eólico, que irão contribuir para a instalação gradual dos sistemas alternativos de produção de energia limpa que, além da economia do óleo diesel, irá reduzir a pegada de carbono da Estação (ou seja, a marca de contaminação por carbono no planeta).



Estação Antártica Comandante Ferraz. (Marinha do Brasil, 2019)

Inaugurada em 15 de janeiro de 2020, a EACF é um marco de modernidade em construções na Antártica. Tanto que recebeu o prêmio da Associação Paulista de Críticos de Arte na categoria de Arquitetura. Além dos aspectos estéticos, a moderna tecnologia destaca as condições de conforto térmico, de iluminação, acústico e psicológico. Na sua opinião, por que essas características são importantes, principalmente para as pessoas, em um lugar tão remoto quanto a Antártica?

## 93 O que é o Programa Antártico Brasileiro?

A realização permanente de pesquisas científicas na Antártica é o que garante a participação do Brasil no Sistema do Tratado da Antártica, possibilita ao país ser membro do SCAR (Scientific Committee on Antarctic Research), e a participar ativamente do cenário mundial que busca compreender os fenômenos da região e suas influências no planeta e no país.

O Proantar, Programa Antártico Brasileiro, foi criado em 1982 com o objetivo de promover pesquisas científicas diversificadas e de alta qualidade na região antártica, e respaldar o país em sua condição de Membro Consultivo do Tratado da Antártica, assegurando a participação brasileira nos processos decisórios relativos ao futuro daquele continente.

O funcionamento do Proantar depende de esforços coordenados pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). A CIRM é formada por:

**Ministério da Defesa**, por meio da Marinha do Brasil e da Força Aérea Brasileira, oferece apoio logístico às operações, como, por exemplo, navios e aviões para o transporte de pessoas e suprimentos, e manutenção da Estação Antártica Comandante Ferraz;

**Ministério das Minas e Energia**, por meio da Petrobras, fornece combustível para transporte e geração de energia;

**Ministério das Relações Exteriores**, coordena o diálogo com os demais países;

**Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações**, por meio do Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas – CONAPA, define a política e diretrizes nos assuntos relacionados às atividades e aos interesses científicos e tecnológicos na Antártica. A execução é coordenada pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico);

**Ministério do Meio Ambiente**, avalia e monitora os impactos ambientais causados pelas atividades brasileiras na Antártica,

garantindo o cumprimento das diretrizes do Protocolo de Madri e a segurança ambiental nos espaços em que o Brasil realiza pesquisas (EACF, acampamentos, refúgios etc.).

A **Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM**, responsável pelas atividades administrativas da CIRM, coordena a Subcomissão para o Proantar, organizando os mecanismos para o funcionamento e andamento das propostas dos Grupos de Assessoramento (coordenado pelo CNPq), de Operações (coordenado pela Marinha do Brasil) e de Avaliação Ambiental (coordenado pelo MMA).

*Dentre as atribuições do Proantar está a organização das Operações Antárticas (Operantar) anuais, que têm início em outubro e são concluídas no final de março, meados de abril, durante o verão austral. Os demais meses são reservados para o planejamento da operação, inclusive com a prática do TPA (Treinamento Pré-Antártico) que todos devem realizar antes de embarcar em uma expedição.*

Para a realização das operações, conta-se, desde 1983, com a Esantar Rio Grande – Estação de Apoio Antártico, uma parceria entre a CIRM e a FURG (Universidade Federal do Rio Grande). A Esantar está localizada no município do Rio Grande (RS), uma das cidades mais austrais do país e servida por um porto marítimo de grande porte, um local estratégico para abastecimento dos navios de apoio à pesquisa do Proantar. Uma unidade da Esantar foi estabelecida no Rio de Janeiro em 2009, com objetivo de apoiar as equipes de voo (ECV) e atividades de militares. Ao longo do tempo, passou a se responsabilizar pelas atividades logísticas, realizar o processo seletivo do Grupo Base – militares que passam um ano na Estação, além de organizar e executar o Treinamento Pré-Antártico.

Agora que você já viu a complexidade do Programa Antártico Brasileiro, deu para ter uma ideia sobre a grandiosidade das pesquisas científicas na Antártica. Como você acha que poderia participar de equipes que vão ao continente e águas antárticas para realizar pesquisas científicas? Qual a principal habilidade que uma pessoa precisa ter para passar uma temporada na Antártica?

## 94 *Como funciona um acampamento de pesquisa antártico?*

Algumas pesquisas na Antártica precisam acontecer longe das estações científicas, e quando o deslocamento diário das estações para esses locais de coleta (de dados ou amostras) e pesquisa não é possível, os pesquisadores precisam ser deixados em outros locais, de acesso mais limitado, onde acampam. As estações, claro, apresentam uma estrutura de conforto, com cômodos e leitos, banheiros, refeitórios, salas de conferência, cozinha e afins. Mas e esses acampamentos?

Como os acampamentos precisam ser lançados (isto é, carga e pessoal desembarcados) em outras áreas, é preciso todo um planejamento que começa com a escolha da área onde o acampamento será montado, de preferência um local abrigado de ventos muito fortes e plano, por exemplo. Para isso, é preciso conhecer bem a região e, por esta razão, alpinistas experientes em ambientes nevados, participam dos grupos de pesquisa para apoiar os acampamentos de pesquisa, garantir a segurança dos pesquisadores e o bom funcionamento do acampamento. É preciso ainda ter autorização do Ministério do Meio Ambiente, pois há lugares protegidos que não podem abrigar acampamentos.

O trabalho dos alpinistas não começa apenas no acampamento, mas sim em todo um trabalho anterior que determina a área onde o acampamento será instalado, verificação de equipamentos e geradores, apoio no embarque e desembarque da equipe, conferência dos manifestos de carga (isto é, relação dos dados de carga) e no treinamento dado aos pesquisadores antes de embarcar nos navios de apoio oceanográfico. Tudo determinado, com as condições climáticas favoráveis para o lançamento do acampamento, o navio aproxima-se da praia o máximo possível para permitir o lançamento do acampamento por mar, usando botes, ou pelo ar, usando helicóptero.

*Uma vez montado o acampamento, deve-se lidar com um dia-a-dia bastante adaptado a uma rotina muito diferente do que costumamos ter no conforto dos nossos lares: frio, sacos de dormir, mau tempo, falta de banho, fadiga, manutenção de barracas, além de muito trabalho!*

Conta-se normalmente com uma grande barraca principal que serve de cozinha e local de reunião e trabalho de todos, além de outra para banheiro e as demais para repouso de cada membro (ou membros) da equipe. Apesar desta configuração poder variar a depender do tamanho da equipe e das barracas de que se dispõem.

Com o tempo, uma rotina acaba se impondo e, juntamente com o hábito ao ambiente bem mais frio, o dia-a-dia torna-se menos hostil. Acostuma-se, inclusive, a uma alimentação baseada em comida pronta (congelada a vácuo), mas que também pode ser preparada pelos membros da equipe (sim, os pesquisadores dispõem de fogão e utensílios para cozinhar!). E claro que os banhos também são adaptados à realidade antártica: esporádicos, dependentes de brechas no tempo (ou seja, aproveite o sol!) e “de caneca”! (com a água aquecida para este fim). No mais, quando o banho não é possível, a higiene pessoal pode ser realizada com lenços umedecidos.

Um detalhe interessante e fundamental é o período no qual as expedições e, particularmente, os acampamentos, acontecem. As pesquisas em território antártico ocorrem normalmente durante o verão, período no qual a temperatura está mais amena (para os padrões antárticos) e, assim, o frio não é tão intenso, expondo inclusive a cobertura do solo devido ao degelo, (o que é imprescindível para pesquisas em campos como os da Paleontologia (estudo dos fósseis), ou da Arqueologia (estudo de artefatos deixados pelo homem), que precisam prospectar o solo e, portanto, acessá-lo.

Ao final, o material resultado das pesquisas (coletas, por exemplo) é resgatado juntamente com todos os demais equipamentos, sobras de suprimentos, barracas e equipe até nada restar. Nada se deixa na Antártica, nem mesmo rejeitos sanitários, que são acondicionados em tonéis e içados de volta para serem descartados no país de origem da expedição.



Acampamento lançado na Antártica. (Sílvia Dotta, 2018)

Se acampar para realizar pesquisas na Antártica não é a mais confortável das experiências, é sem dúvida a mais peculiar! O inverno rigoroso tornaria a adaptação a esse ambiente muito mais desafiadora e perigosa, impondo maior risco e dificuldades a toda a equipe. Você acha que o aquecimento global, ao promover o degelo de algumas áreas, poderá trazer à tona fósseis e objetos ainda não encontrados pelos cientistas? Isso seria uma consequência positiva ou negativa das mudanças climáticas?

## *95 Como é o transporte de pessoas na Antártica?*

Que a Antártica não é um lugar qualquer, isto já sabemos! No entanto, você já parou para se perguntar como acessamos o continente gelado? Por exemplo: será que podemos pegar um voo para lá como se pega um voo para qualquer outro lugar? Teria, portanto, um aeroporto na Antártica?

Para começo de conversa, chegar até a Antártica não é tão simples assim. Chega-se de avião? Sim! Mas não por um avião convencional, e nem por intermédio de alguma companhia aérea. Na verdade, quem é responsável pelo desembarque de brasileiros na Antártica é a Marinha do Brasil (MB), em parceria com a Força Aérea Brasileira (FAB), no caso do apoio aéreo. Cabe à FAB operar voos de apoio para o continente gelado e, durante o inverno (março a outubro), cabe a ela inteiramente o abastecimento da estação, já que o acesso pelo mar torna-se inviável. E, como mencionamos

acima, não é qualquer avião que realiza estes voos de apoio. Este translado é feito pela aeronave C-130, conhecida como Hércules. Lembrem-se: na mitologia grega, Hércules era um semideus com força incomum, assim como o C-130, uma aeronave que tem quase 30 m de comprimento e é capaz de transportar cerca de 22 toneladas! As cargas são transportadas ou lançadas no caso do inverno (pois o avião não pode aterrissar), e podem ser desde gêneros alimentícios frescos como verduras, frutas e até ovos, bem como materiais diversos e medicamentos para os militares da base, além de tripulação. O pouso, assim como a decolagem, constituem operações extremamente delicadas pelos riscos envolvidos, principalmente por se tratar de uma aeronave de grande porte em um ambiente bastante adverso. E especialmente devido às condições climáticas tais operações muitas vezes não acontecem.



Transporte em zodiac na Península Antártica. [Silvia Dotta, 2018]

Uma outra forma de acesso é pela via marítima, a bordo de navios polares e de apoio oceanográfico, mas apenas no verão antártico, quando as condições do mar permitem uma navegação menos arriscada. No inverno, além do congelamento do mar, a quantidade de gelo na superfície, em áreas ainda navegáveis, poderia comprometer a integridade das embarcações. Dos navios para as áreas de costa, onde os acampamentos se instalam, são usados botes e/ou helicópteros para desembarque de pessoal e equipamentos, suprimentos e afins. Para o retorno, faz-se o caminho oposto: o acampamento é recolhido por botes ou helicóptero para os navios, e dos navios para as estações, de onde saem as aeronaves, ou pelos próprios navios, que seguem até as suas bases nos seus países de origem. Uma verdadeira odisseia! Mas será que este trabalho todo só começa no desembarque da equipe no continente gelado?

## 96 Quando foi a primeira expedição brasileira à Antártica?

Tudo começou com um imenso continente gelado e isolado, sem habitantes, nenhum governo administrando, infinitas possibilidades de descobertas e muitos países disputando tudo isso. Para evitar conflitos e preservar o continente gelado, foi firmado um acordo entre todos os países envolvidos, o Tratado da Antártica, assinado em Washington em 1 de dezembro de 1959 e vigente desde 1961, com o propósito de reservar a região para atividades pacíficas.

*O Brasil aderiu ao Tratado da Antártica em 1975, porém sem direito a voz e decisões sobre o continente, pois para se promover a categoria de membro pleno, precisaria desenvolver um programa científico, que foi criado somente em 1982, o Programa Antártico Brasileiro (Proantar).*

No verão de 1982, mais especificamente no dia 20 de dezembro foi feita a primeira expedição brasileira à Antártica, com dois navios: o navio polar Barão de Teffé, recém-adquirido pela Marinha do Brasil e o navio Professor Wladimir Besnard, da Universidade de São Paulo. Os navios levaram uma tripulação formada por: bioquímicos, engenheiros de pesca, geólogo, químicos, meteorologista, engenheiro eletrônico, oceanólogo, médico, marinheiro, piloto, pescador, cozinheiro, maquinista, jornalistas, convidados e o Comandante Adilson Luiz Gama. No total foram 112 homens. Isso mesmo, somente homens.

Em cenário de festa e com cobertura da imprensa, os dois navios saíram para setores diferentes da Antártica e ambos encontraram grandes aventuras durante o trajeto. Por exemplo, em pleno mar de Weddell, a sessenta quilômetros do círculo polar, uma pane no motor auxiliar deixou o Barão de Teffé à deriva durante dezessete horas, percorrendo cerca de trinta quilômetros sem controle.



Prof W Besnard, Santos.  
(Mike Peel, 2017)

O Professor Besnard também passou apuros, foi cercado por gelo, sem possibilidade de manobra e por pouco não bateu. “Havia gelo na altura do convés”, relatou Rubens Junqueira Villela, meteorologista da tripulação. Qualquer choque seria mortal para o navio da USP, cujo casco tinha apenas oito milímetros de espessura e chapa simples (navios polares tinham chapa dupla de proteção). Também foi apanhado por uma tempestade que durou 24 horas, com ondas de sete metros e ventos duas vezes mais fortes do que o previsto pela meteorologia.

Essa grandiosa aventura teve como missão: o reconhecimento hidrográfico, oceanográfico e meteorológico da área onde seria instalada a futura Estação Antártica Comandante Ferraz. O sucesso científico da expedição trouxe o reconhecimento necessário para que o país se tornasse, em 1983, membro consultivo do Tratado da Antártica, documento que regulamenta a ocupação e as pesquisas no continente.

Nos últimos quarenta anos, centenas de cientistas brasileiros trabalharam em projetos de pesquisa na Antártica. Cada vez mais conhecer esse continente é fundamental para estudar as mudanças climáticas e aperfeiçoar os serviços meteorológicos, uma vez que a região influencia as circulações oceânicas e atmosféricas de todo o mundo. Na sua opinião, quais devem ser os avanços nas pesquisas científicas brasileiras nos próximos dez anos?

## 97 É Antártica ou Antártida?

Para descobrir qual o correto, temos que voltar no tempo, para 500 anos antes de Cristo. Naquela época existia um filósofo e matemático chamado Pitágoras, que já afirmava que a Terra era redonda e acreditava que existiam terras ao norte e terras ao sul para contrabalancear esse peso.

A parte norte era chamada de Ártico que do grego *Arctikós* significa Urso, não por causa dos ursos, animais, mas sim por causa da constelação Ursa Maior, que sempre aponta para o Polo Norte. Já a parte sul seria o *Anti-Arctikós*, ou seja, o oposto do *Arctikós*, que em latim ficou *Antarcticus*, que significa austral. Essa é a forma que tem um sentido mais etimológico defendida por pesquisadores mais eruditos.

Já pelo uso de alguns órgãos de imprensa e alguns grupos brasileiros se convencionou usar Antártida como o substantivo e Antártica é o adjetivo, podendo ser usada para se referir ao oceano Antártico (nome arcaico do oceano Austral) e, por exemplo, às aves antárticas.

É por isso que até os anos 1980–1990, a forma Antártida era vista com mais frequência. No Brasil, os primeiros que pisaram no continente e fizeram os primeiros documentos sobre a assinatura do Tratado da Antártica, usaram essa regra do português. Por isso que os papéis oficiais utilizam Antártida.

Essa regra também existe em alguns países de línguas espanhola (a Argentina, por exemplo) e italiana e relaciona a Antártida com a Nova Zelândia, que em espanhol é Nueva Zelanda, e a Atlântida. Sim, Atlântida, o continente perdido da mitologia grega. É uma explicação encontrada em algumas enciclopédias que fazem a associação em que o adjetivo atlântico está para o substantivo Atlântida assim como o adjetivo antártico estaria para a Antártida. Essa associação se fez pelo lugar que a Atlântida e a Antártida sempre ocuparam no imaginário das pessoas do Ocidente por centenas de anos: que são terras misteriosas, desconhecidas, incógnitas, onde tudo poderia acontecer.

*Em alemão: Antarktis, em Francês: Antarctique, em Norueguês: Antarktis e em inglês Antarctica. E como o inglês, hoje em dia, é a língua científica universal, até Portugal usa um nome híbrido (Antártida), o Brasil está se adaptando à forma mais internacional. Isso, principalmente, após o início das pesquisas brasileiras e a divulgação dos resultados.*

Portanto, pesquisadores e militares utilizam a palavra Antártica, e o governo ainda usa Antártida somente em alguns papéis do Ministério das Relações Exteriores porém, já começaram a se referir ao continente como Antártica.

O dicionário *Houaiss* classifica “antártica” apenas como adjetivo, o substantivo seria Antártida. Já o *Aurélio* classifica o verbete “antártica” como adjetivo e substantivo. Portanto, você escolhe. Nenhum dos dois está errado, Antártica ou Antártida, qualquer um dos dois você pode utilizar. Qual você prefere?

## **98 Qual a diferença entre os polos geográficos e os magnéticos?**

Talvez você pense no Polo Norte apenas como o “topo do mundo”, ou seja, o ponto mais ao norte do Planeta. Talvez, o mesmo aconteça com o Polo Sul. Na sua imaginação, pode ser que ele seja só o ponto mais ao sul do planeta. Para uma criança, é possível que o Polo Norte seja só o lugar onde fica a casa do Papai Noel. O que talvez você não saiba é que, na verdade, existe mais de um Polo Norte no nosso planeta, e também mais de um Polo Sul.

Existem alguns tipos de Polo na Terra, mas neste texto vamos falar sobre dois deles: os polos magnéticos e os polos geográficos. E qual a diferença entre eles? Bem... uns são geográficos e outros magnéticos! Mas espera aí que eu vou explicar melhor.

O Polo Norte geográfico é também conhecido como o “Norte verdadeiro”. A ciência já comprovou que o Planeta Terra tem um formato esférico. Se não fosse assim, um monte de coisas que

acontecem no mundo, como as mudanças de estação e as marés, não poderiam ser explicadas. Essa esfera, que é o nosso planeta, gira em torno de um eixo imaginário. Tá vendo esse globo aí na figura? É mais ou menos desse jeito que o Planeta funciona. Os polos geográficos correspondem aos lugares em que o eixo imaginário da base corta o globo, que, por sua vez, gira em torno desse eixo.

No caso do Polo Norte geográfico, nem em terra firme ele está. O Polo Norte geográfico fica no meio do oceano Ártico. Em 2007, mergulhadores russos até chegaram a fincar a bandeira de seu país no fundo do mar, bem no local do polo... quer dizer... no local em que o polo estava naquele ano. É que o polo geográfico se move alguns centímetros por ano. Isso acontece porque o eixo da Terra oscila um pouco, por causa de algumas massas de ar e de água do planeta.

O Polo Sul geográfico está localizado na Antártica, no extremo oposto do Polo Norte, como dá pra ver na imagem do globo. Ele fica num grande planalto de gelo varrido por fortes ventos, 2.835 metros acima do nível do mar e a uma distância de 1.300 quilômetros do mar aberto mais próximo. Uma coisa curiosa é que a camada de gelo da área em que o Polo Sul se encontra tem mais ou menos 2.700 metros de espessura, então, na realidade, a superfície da Terra debaixo desse manto de gelo está perto do nível do mar.

Agora que a gente já sabe um pouquinho sobre os polos geográficos, vamos aos polos magnéticos. O Planeta Terra funciona como um ímã gigante. Todo ímã tem um polo norte e um polo sul. Polos magnéticos opostos são atraídos um pelo outro. Por exemplo, o polo norte de um ímã seria atraído para o polo sul de um segundo ímã. No caso da Terra, seus polos magnéticos não estão nos mesmos locais dos polos geográficos. O campo magnético da Terra origina de seu núcleo, que é feito principalmente de ferro. Essas partículas movem-se de uma maneira que acaba produzindo correntes elétricas gerando campos magnéticos.



Os polos magnéticos mudam de posição de um ano para o outro de maneira bem mais acelerada do que os polos geográficos. Algumas vezes 20 km em um ano. Hoje o Polo Sul magnético está no oceano Austral, longe do continente.

Os polos magnéticos já se inverteram várias vezes ao longo da história geológica, mas não se preocupe! Isso não vai acontecer durante a minha ou a sua vida, porque o processo demora centenas de milhares anos. Como você acha que cientistas descobriram que os polos magnéticos e geográficos são opostos? O que você consegue descobrir sobre isso?

## *99 Você já estudou as regiões polares na escola?*

Para começar, vamos resgatar em suas lembranças a última vez em que você participou de uma aula na qual foi abordado o tema regiões polares ou Antártica. Lembrou? Calma. Se você não lembrou, não fique tão preocupado com o funcionamento do seu cérebro, pois você pode nunca ter ouvido sobre esse tema em sala de aula. Pois é, as regiões polares não são tão estudadas nas escolas. E agora, sim, é a hora de ficar bem preocupado.

Por que a preocupação? Por vários motivos, vamos lá: porque a Antártica é um continente maior que a Europa e a Oceania (e é maior que o Brasil também!) e tem sua importância no globo terrestre. Porque a Antártica tem influência no clima do nosso país e as mudanças climáticas são sentidas primeiramente lá. Porque nossas ações influenciam a região Antártica. Porque é um verdadeiro laboratório a céu aberto com muitas possibilidades de pesquisas que podem nos ajudar a viver melhor. Porque foi feito o Tratado da Antártica para firmar que o local fosse utilizado para fins científicos e pacíficos. Esse Tratado reúne 53 países e qualquer alteração de seu conteúdo requer concordância unânime: se algum país discordar, não haverá a mudança. Porque há uma moratória (proibição) da exploração de

recursos que expira em 2048 e, então, as crianças e jovens que estão nas escolas em 2021 poderão estar fazendo parte dessa tomada de decisão. São muitos porquês. Mas principalmente porque você tem o direito de saber sobre a Antártica. Eu também. Nós temos. Todos têm.

*Apesar de toda sua importância e influência ambiental, o tema Antártica é insuficientemente abordado em sala de aula, seja na educação básica ou até mesmo no ensino superior. A maioria dos livros didáticos utilizados no Ensino Fundamental não trata ou pouco explora o tema Antártica.*

Também falta literatura no idioma português e quando há é em uma linguagem de difícil acesso. Sabe aquela linguagem usada pelos cientistas que as pessoas que não são da área não entendem? Pois é, exatamente essa.

O assunto nem mesmo está incluso nos eixos temáticos ou temas transversais dos Parâmetros Curriculares Nacionais, nem do Ensino Fundamental nem do Ensino Médio. Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais para os alunos da Educação Básica, o tema Antártica é citado somente uma vez.

Por outro lado, existem muitos cientistas, homens e mulheres, brasileiros estudando a Antártica e também contribuindo de várias formas na divulgação das ciências antárticas no Brasil e no mundo, seja por canais de vídeos, podcasts, blogs, sites, mídias sociais e projetos que levam a Antártica para as escolas.

Mas ainda é pouco. Você concorda? Precisamos de mais conversas, leituras, discussões e reflexões para desenvolver uma mentalidade Antártica, já defendida por muitos pesquisadores. Dessa forma, teremos uma melhor alfabetização científica e poderemos finalmente contribuir mais para tomadas de decisões sobre as nossas vidas de forma individual e no coletivo. Você é uma chave importante nessa engrenagem! Por isso, reflita: Como as regiões polares serão conhecidas em 2048? Serão conteúdos escolares? Você fará parte dos grupos que estudam, divulgam ou decidem sobre o futuro do continente e do clima na Terra?

## 100 Como inserir as regiões polares nas escolas?

Se você fosse estudar as regiões polares na escola, em quais aulas você acha que o tema estaria presente? Aposto que você pensou nas matérias de Ciências, Biologia ou Geografia, certo? Mas será que só essas disciplinas têm relação com a Antártica e o Ártico? Será que as Ciências Humanas, por exemplo, não têm nada a ver com as regiões polares? Não é bem assim, não. A verdade é que as regiões polares são muito importantes para entendermos e estudarmos diversos aspectos das nossas vidas, desde o funcionamento do planeta até aspectos culturais, ou até mesmo da Psicologia!

A Base Nacional Comum Curricular, a BNCC, é um documento do Ministério da Educação que estabelece quais são as aprendizagens que todas as alunas e todos os alunos devem desenvolver ao longo de seus anos na escola, desde a Educação Infantil, até o Ensino Fundamental e o Ensino Médio. Infelizmente, na BNCC, que tem mais de 600 páginas, a Antártica só aparece uma vez. O Ártico, coitado, nem é mencionado.

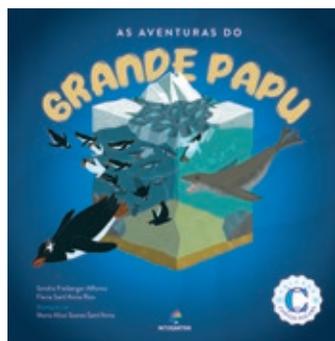
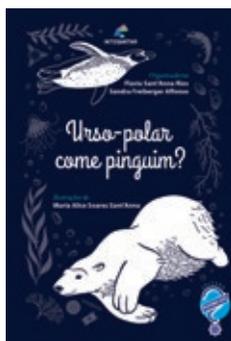
*Mas uma das boas notícias é que isso vai precisar mudar, pelo menos um pouquinho. Em junho de 2021, a National Geographic Society (Sociedade Geográfica Nacional), uma organização que tem o objetivo de melhorar e divulgar o conhecimento geográfico, reconheceu oficialmente a existência de mais um oceano, além dos quatro que já conhecemos (Índico, Atlântico, Pacífico e Ártico). Esse "novo" oceano, mesmo sem ser reconhecido oficialmente, já era anteriormente chamado de oceano Austral.*

Com esse reconhecimento, os materiais didáticos, que até agora falavam muito pouco ou nada sobre as regiões polares, vão ter de ser alterados e o assunto vai precisar estar dentro das escolas. Mas será que isso é o suficiente?

Muito pelo contrário, professoras e professores entusiastas já estão trabalhando com seus alunos assuntos relacionados à Antártica e ao Ártico em diversas matérias, fazendo, em suas escolas, excelentes projetos que agregam diferentes disciplinas.

Quer um exemplo? Eu aposto que nunca passou pela sua cabeça conhecer um pouco mais sobre a Antártica na sua aula de Artes, certo? Mas imagine que legal montar uma música só com os sons antárticos? Sons dos ventos, da água, do gelo e dos animais que são completamente diferentes de tudo que ouvimos por aqui no Brasil. Já para quem se interessar mais pelas Artes Plásticas, pelo desenho e pela pintura, que tal pensar em como seria a bandeira da Antártica? Isso porque, como a Antártica não pertence a nenhum país, ela não possui bandeira!

E na Língua Portuguesa, o que você acharia de estudar um livro que conta sobre as aventuras de um explorador antártico? E que tal escrever uma redação ou um poema sobre a região? E em História, que tal aprender um pouco mais sobre o descobrimento da Antártica e as expedições exploratórias que foram feitas para lá? Algumas são tão impressionantes, mas tão impressionantes, que viraram até tema de filme.



Livros infanto-juvenis sobre as regiões polares.

Na Geografia, as regiões polares são bastante importantes para aprender sobre os oceanos, sobre os continentes e também sobre latitude e longitude. Imagine que interessante seria calcular a quantidade de água em um iceberg? A Biologia, então, é um prato cheio

para estudar as regiões polares, pois elas possuem ecossistemas muito interessantes e uma diversidade muito grande de animais superinteressantes. Afinal, quem não gostaria de aprender um pouco mais sobre pinguins e ursos-polares, certo? Sabia que eles vivem em regiões absurdamente distantes uma da outra?

Por que é tão importante estudar as regiões polares na escola? Primeiramente, porque ainda existe muito desconhecimento sobre elas. Por exemplo, você sabia que o continente Antártico é maior do que toda a Europa? E mede 1,6 vezes o tamanho do Brasil? Em segundo lugar, porque essas regiões são muito importantes para a vida no nosso planeta e precisamos preservá-las.

Para que a gente consiga ajudar nessa preservação, precisamos saber mais sobre essas regiões, e a escola é um ótimo lugar para começar. E você, gostaria de participar de projetos sobre as regiões polares na sua escola? O que você mais gostaria de saber? Que tal compartilhar essas ideias com os seus colegas e os seus professores?

## *101 O que eu posso fazer para preservar as regiões polares?*

Você pode fazer muito. E eu também.

Quando o assunto é preservar, toda ajuda é bem-vinda. Mesmo estando a milhares de quilômetros de distância das regiões polares, nossas ações mais conscientes dentro de casa ou em atividades corriqueiras têm consequências que chegam até lá, passando por todo o meio ambiente.

Preservar o Ártico e a Antártica é cuidar de todo o planeta. Contribuir para diminuir os efeitos do aquecimento da Terra que vem derretendo as geleiras é uma responsabilidade minha, sua, do vizinho, da prima, da professora e de todas as pessoas.

O preocupante aquecimento do planeta acontece basicamente devido à ação humana: alta concentração na atmosfera de dióxido de carbono e de outros gases de efeito estufa derivados da indústria,

do desmatamento ou da queima de combustíveis fósseis e de outras atividades do nosso dia a dia. E já que o problema está na ação humana, façamos de nossas boas ações a nossa forma de contribuir. E a ideia é começar agora, valendo.



Pinguins-de-barbicha sobre iceberg, Península Antártica. (Silvia Dotta, 2004)

Consumir de forma consciente é um grande aliado para a preservação e os Rs da sustentabilidade podem nos ajudar e muito: Refletir, Recusar, Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Respeitar, Reparar, Responsabilizar-se, Repassar, Reintegrar, Reagir. Lembrar deles nos momentos de consumir um produto ou um serviço nos ajuda a tomar decisões conscientes e mudar nossos comportamentos. E vale para tudo: desde água, energia elétrica, roupas, alimentos (diminuindo o consumo de industrializados e quem sabe até diminuindo o consumo de carne, pois a pecuária contribui com uma alta emissão de gases do efeito estufa) Ah! Há necessidade mesmo de um celular novo se o seu ainda está funcionando bem?

As sacolas retornáveis e produtos com refil também ajudam muito a repensarmos a produção do lixo. E já que falamos dele, é necessário sempre descartá-lo em locais adequados.

Os automóveis, caminhões, ônibus e motocicletas são fontes de emissões de gases que contribuem com o aquecimento do planeta e aceleração das mudanças climáticas. Então, vale utilizar alternativas sustentáveis de transporte como bicicleta, caminhadas ou carona para ir ao trabalho, padaria ou ao mercado.

Plantar árvores! Esta é uma ação que continua super em moda e é cada vez mais importante. Nos últimos anos, algumas empresas e até pessoas físicas têm se comprometido a plantar um grande número de árvores em suas propriedades, como forma de equilibrar a quantidade de carbono que suas atividades profissionais ou pessoais geram na atmosfera.

Fiscalizar também é uma forma de contribuir. Sempre! É importante sabermos se as empresas das quais consumimos produtos ou serviços estão comprometidas com a neutralidade de carbono em suas operações, isto é, reduzindo as emissões possíveis e neutralizando as que foram inevitáveis.

Após conversarmos sobre estas opções de contribuições, é necessário reforçar também que precisamos manter o otimismo. Isso mesmo, sejamos otimistas! Alguns cientistas defendem que a negatividade não inspira as pessoas a agirem. E o que queremos e precisamos é agir.

*Mudar o seu e o meu comportamento precisa ser o nosso foco e compromisso. Pois gestos que a princípio são simples contribuem para a criação de uma mentalidade mais sustentável, principalmente se um grande número de pessoas também se engajar.*

Aproveite e leve essa nossa conversa para amigos, familiares e pessoas que estão ao seu redor. Quanto mais pessoas comprometidas, melhor. Dar o exemplo, mostrar boas práticas e levar isso para o dia a dia é um caminho para a preservação das regiões polares e do planeta.

Se todas as pessoas e empresas hoje, neste momento, estivessem realizando ações conscientes e engajadas para a preservação, como estaria o nosso planeta? E a sua vida?

# Posfácio

Em 8 de junho de 2021, a National Geographic Society declarou que o planeta tem cinco oceanos: o Atlântico, o Ártico, o Índico, o Pacífico e o Austral. O oceano Austral, antigamente chamado de oceano Antártico, circunda todo o continente Antártico com uma biodiversidade única.

A importância da Antártica é pouco ou quase nada abordada no currículo da Educação Básica, o que impacta fortemente no conhecimento que a sociedade possa ter sobre a conservação desse rico continente. Cada estudante precisa ser preparado para o desenvolvimento sustentável, para se tornar cidadão tomador de decisões bem embasadas, formador de opiniões e que adote ações responsáveis para garantir a qualidade ambiental, a economia viável e uma sociedade justa para o presente e o futuro.

As mudanças climáticas severas, aceleradas pela ação humana, que impactam diretamente a vida das pessoas, criam a necessidade de que todos possam agir de maneira sustentável para garantir a vida em nosso planeta. Para hábitos simples serem incorporados em nosso cotidiano, a sociedade precisa saber o quanto eles podem amenizar e até interromper um processo de degradação tão prejudicial.

A região antártica é responsável pelo equilíbrio das temperaturas em nosso planeta, o nosso grande refrigerador. A Corrente Circumpolar Antártica garante a recuperação de carbono e a distribuição de nutrientes, o que impacta em nossa economia, na indústria pesqueira e na oferta e demanda de alimentos. Você, estudante, tem o direito de conhecer, se apropriar dos conhecimentos sobre as regiões polares e reivindicar ações locais de seus governantes a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável.

Professores de todas as disciplinas são responsáveis por uma educação de qualidade e estudar a Antártica em sala de aula é, além de um direito, um caminho rico em direção à visão integral

de sustentabilidade, sua importância e como nossas ações são essenciais para seu sucesso. Porém, há grande dificuldade em acessar os conhecimentos produzidos e como transpor didaticamente essas informações. Este livro vem suprir a falta de material didático direcionado aos estudantes, de fonte confiável e atualizada e com linguagem adequada. Além de informações sobre o Ártico, a Antártica e sua importância para entendimento das mudanças climáticas, aproxima você, estudante, do fazer Ciência, e o quanto isso é importante para o desenvolvimento sustentável de nosso país, do nosso planeta.

E você, estudante, depois da oportunidade de construir conhecimentos sobre a Antártica, saber que ela interfere em sua vida e que seus atos também a influenciam, o que pode fazer para preservar este importante continente? Convido você a dividir o que aprendeu com seus amigos, familiares, enfim com toda sua comunidade, para juntos garantirmos um planeta mais saudável para nós e as futuras gerações.

Viviane de Camargo Valadares de Mello

Bióloga e Professora de Ciências da Secretaria Municipal de São Paulo

# Referências

- ADAS OUTSOURCING VIRTUAL. Disponível em: <http://adasoutsourcingsvirtual.com/son-confiablles-las-redes-de-mercadeo-o-multinivel/>
- AGRAZ, J.L. *ATCM XXXVII Plenary meeting*. ATS Image Bank, Acessado em: 16/04/2021. Disponível em <https://atsimagebank.omeka.net/items/show/160>
- AGUIAR, Mônica Heinzeltmann Portella de e MATTOS, Leonardo Faria. A Importância Estratégica da Antártica para China e Índia à Luz do Realismo Olfensivo de Mearsheimer. *Austral: Revista Brasileira de Estratégia e Relações Internacionais*. v.7, n.13, Jan./Jun. 2018 | p.214–234
- ALGA. In Britannica Escola. Web, 2021. Disponível em: <<https://escola.britannica.com.br/artigo/alga/480568>>. Acesso em: 22 de abril de 2021.
- ALONSO, Suelen. "A era do degelo"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/a-era-degelo.htm>. Acesso em 13 de maio de 2021.
- ANDRADE, André Medeiros, de et al. Mudanças climáticas regionais e seus reflexos nas variações da frente da geleira Polar Club, Península Potter, Ilha Rei Geoge entre 1986 e 2009. *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*. Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011. INPE p. 5625.
- ANDRADE, Israel de Oliveira, et al. *O Brasil na Antártica: a importância científica e geopolítica do PROANTAR no entorno estratégico brasileiro*. Série Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília/ Rio de Janeiro, Ipea, 2018.
- ANGELO, Claudio. *A espiral da morte: como a humanidade alterou a máquina do clima*. Editora Companhia das Letras, 2016.
- ANIMALS AND BIOMES. Antarctic. Disponível em: <http://animalsandbiomes.weebly.com/antarctic.html>. Acesso em: 11/09/2015.
- ANTARCTICA. Lake Vanda (1999). Disponível em: [http://www.thelivingmoon.com/47brotherthebig/03files/Antarctic\\_Lake\\_Vanda.html](http://www.thelivingmoon.com/47brotherthebig/03files/Antarctic_Lake_Vanda.html). Acesso em: 27/11/2015.
- ANTÁRTIDA URBANA. Lake Vostok. Disponível em: <http://www.antartidaurbana.com/naturaleza/lago-vostok/?lang=en>. Acesso em: 24/11/2015.
- ANTARCTOPELTA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Antarctopelta&oldid=61073669>>. Acesso em: 02 de julho de 2021.
- APPALACHIAN STATE UNIVERSITY. Magnetic North Pole vs. Geographic North Pole. Disponível em <http://www.appstate.edu/~goodmanjm/rcoe/asuscienceed/four3electrictymagnetism/mnvsqn.html>. Acesso em: 03/05/2021.
- ARANZAMENDI, Nataly H. Divorcing Penguins – Not All Penguins Stay Together for Life (2019). Penguins International. Disponível em <https://www.penguinsinternational.org/2019/01/28/divorcing-penguins/>. Acesso em: 18/06/2021
- AUSTRALIAN ANTARCTIC DIVISION: LEADING AUSTRALIA'S ANTARCTIC PROGRAM. Disponível em: <http://www.antarctica.gov.au>Acesso em: 11/09/2015.
- \_\_\_\_\_. What is a whale? Disponível em <https://www.antarctica.gov.au/about-antarctica/animals/whales/what-is-a-whale/>. Acesso em 21/05/2021
- AUSTRALIAN MUSEUM. What is plankton? (2009). Disponível em: <http://australianmuseum.net.au/what-is-plankton>. Acesso em: 22/09/2015.
- AUSTRALIAN NATIONAL MARITIME MUSEUM. Polar opposites: What's the difference between the Arctic and Antarctica? (2019) Disponível em <https://www.sea.museum/2019/09/24/polar-opposites-whats-the-difference-between-the-arctic-and-antarctica>. Acesso em 19/05/2021.
- BALAZINA, Afra. Plástico chega à Antártica remota (15/07/2010). *O Estado de São Paulo*. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,plastico-chega-a-antartida-remota-imp-,581370>. Acesso em: 17/01/2016.
- BLACKFIN ICEFISH. Explosions of life. Disponível em: <https://www.tumblr.com/search/blackfin%20icefish>. Acesso em: 20/09/2015.
- BARBOSA, João Paulo, et al. *A incrível viagem do Tio Max à Antártica*. Brasília, UnB, 2014.
- BARBOZA, Vanessa. Aquecimento global ameaça maior espécie de pinguim do mundo (30/06/2014). *Revista Exame.com*. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/aquecimento-global-ameaca-maior-especie-de-pinguim-do-mundo>. Acesso em: 17/01/2016.
- \_\_\_\_\_. Estudos apontam colapso irrefreável do gelo da Antártica (13/05/2014). *Revista Exame.com*. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/estudos-apontam-colapso-irrefreavel-do-gelo-da-antartica>. Acesso em: 10/10/2015.
- BBC NEWS. South Georgia: the lost whaling station at the end of the world (June 2014). Disponível em: <http://www.bbc.com/news/magazine-27734930>. Acesso em: 11/06/2016.
- BLACK. How Dinosaurs Thrived in the Snow. Smithsonian Magazine, 2020. Disponível em <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/how-dinosaurs-thrived-snow-180976435/>. Acesso em 17 de abril de 2021.
- BITTEL, J. População de pinguins-de-barbicha pode ter caído para metade na Antártida. <https://www.natgeopet.com/animals/2020/02/populacao-de-pinguins-de-barbicha-pode-ter-caido-para-metade-na-antartida>
- BOSSON, Jean-Baptiste. Make the glaciers great again. TEDxZurich. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=0JsatGGlyo&it=4s>. Acesso em 28/06/2021.
- BRASIL. Ciência antártica para o Brasil – um plano de ação para o período 2013 – 2022. Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas Coordenação para o Mar e Antártica Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Brasília: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2013.
- \_\_\_\_\_. *Livro branco de defesa nacional*. Brasília: Ministério da Defesa, 2012b. Disponível em: <<https://goo.gl/maikbr>>. Acesso em 18/05/2021.
- \_\_\_\_\_. Notícias. Educação e Pesquisa. Pesquisadores brasileiros desenvolvem estudos na Antártica, 2020. Disponível em <https://www.gov.br/pt-br/noticias/educacao-e-pesquisa/2020/01/pesquisadores-brasileiros-desenvolvem-pesquisas-na-antartida>. Acesso em 23/04/2021.
- BRITO, Tânia (coord.). *O Brasil e o meio ambiente antártico: ensino fundamental e ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. (Coleção Explorando o ensino; 10). Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/EnsMed/vol10\\_meioambien82a144.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/EnsMed/vol10_meioambien82a144.pdf)
- BRITISH ANTARCTIC SURVEY. Protocolo n Environment Protection to the Antarctic treaty (1991). Disponível em: <https://www.bas.ac.uk/about/antarctica/the-antarctic-treaty/>. Acesso em: 13/01/2016.
- \_\_\_\_\_. Antártica. Disponível em <https://www.bas.ac.uk/about/antarctica/>. Acesso em: 23/04/2021.
- \_\_\_\_\_. Impacts of climate change. Disponível em <https://discoverantarctica.org.uk/challenges/sustainability/impacts-of-climate-change/>. Acesso 2m 03/06/2021.
- \_\_\_\_\_. Regional climate variation and weather. Disponível em <https://discoverantarctica.org.uk/oceans-atmosphere-landscape/atmosphere-weather-and-climate/>

- regional-climate-variation-and-weather/. Acesso em 16/05/2021.
- \_\_\_\_\_. Why Antarctica matters. Disponível em <https://www.bas.ac.uk/about/antarctica/why-antarctica-matters/>. Acesso em 03/05/2021
- CANAÁ.COM. 'Criminal' penguin caught on BBC câmera (02/06/2014). Photograph by Frederique Olivier. Disponível em: <http://www.canada.com/criminal-penguin-caught-camera/5568421/story.html>. Acesso em: 17/01/2016.
- CAPOZOLI, Ulisses. *Antártica, a última terra*. E. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.
- CARDOZO, A. B., REBOITA M. S. e GARCIA, S.R. Climatologia de Fretes Frias na América do Sul e sua Relação com o Modo Anular Sul. *Revista Brasileira de Climatologia*. Ano 11 – Vol. 17 – Jul./Dez. 2015
- CENTAMORI, Vanessa. O enigma por trás do iceberg que afundou o Titanic. Aventuras na História. 2020. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/almanaque/o-enigma-por-tras-do-iceberg-que-afundou-o-titanic.phtml> Acesso em 14/04/21.
- CIÊNCIAS E TECNOLOGIA. Cachoeiras de sangue dos Vales Secos de McMurdo – Antártida (2014). Disponível em: <http://cienciaetecnologias.com/cachoeiras-de-sangue-mc-murdo-antar-tida/#prettyPhoto>. Acesso em: 27/11/2015.
- CLIMATE EMERGENCY INSTITUTE. Antartica (2014). Disponível em: [http://www.climateemergencyinstitute.com/warm-oceans\\_drive\\_arctic\\_ice\\_shelf\\_loss.html](http://www.climateemergencyinstitute.com/warm-oceans_drive_arctic_ice_shelf_loss.html). Acesso em: 22/11/2015.
- CODINHA, Dário S. Cardina. Capa: Lago Vostok pode conter seres vivos. Astrop. Disponível em: <http://www.astrop.org/2013/01/31/capa-lago-vostok-pode-conter-seres-vivos/>. Acesso em: 24/11/2015.
- COMO SERIA SE TODO O GELO DA TERRA DERRETESSE. Meio Ambiente. National Geographic. 08 de novembro de 2017. Disponível em <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2017/10/como-seria-se-todo-o-gelo-da-terra-derretesse>. Acesso em 23/06/2021.
- CONTI, José Bueno. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. *Geografia*, São Paulo, ano 1, n. 4, p. 6–9, 2001.
- COOL ANTARCTICA. Arctic and Antarctic – Comparisons & Similarities North Pole vs. South Pole. Disponível em [https://www.coolantarctica.com/Antarctica%20fact%20file/antarctica%20environment/antarctic\\_arctic\\_comparison.php](https://www.coolantarctica.com/Antarctica%20fact%20file/antarctica%20environment/antarctic_arctic_comparison.php). Acesso em: 25/05/2021
- \_\_\_\_\_. Blue Whale – *Balaenoptera musculus*. Disponível em [https://www.coolantarctica.com/Antarctica%20fact%20file/wildlife/whales/blue\\_whale.php](https://www.coolantarctica.com/Antarctica%20fact%20file/wildlife/whales/blue_whale.php). Acesso em: 20/05/2021
- CORIPA. Japão obedece CJJ e cancela campanha baleeira na Antártica. Disponível em: <http://www.coripa.org.br/noticias.php?id=462>. Acesso em: 14/01/2016.
- COSTA, Camilla. Nasa prevê impacto de derretimento de geleiras em três cidades brasileiras. 22 de novembro de 2017. BBC News. Disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/geral-42057029>. Acesso em 13 de maio de 2021.
- CPTEC, INPE. Navegações nas Regiões polares. Capítulo 41. [http://antarctica.cptec.inpe.br/~rantar/mat\\_outros/cap41\\_dhn\\_navegacao\\_polar.pdf](http://antarctica.cptec.inpe.br/~rantar/mat_outros/cap41_dhn_navegacao_polar.pdf)
- CRISTOFARI, R., LIU, X., BONADONNA, F. *et al.* 2018. Climate-driven range shifts of the king penguin in a fragmented ecosystem. *Nature Clim Change* **8**, 245–251. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0084-2>
- CRUZ, Náferson. Ibama intensifica ações de combate ao desmatamento no Sul do Amazonas (04/07/2015). *A crítica.com*. Disponível em: [http://acritica.uol.com.br/amazonia/ibama-intensifica-desmatamento-Sul-Amazonas\\_0\\_1387061339.html](http://acritica.uol.com.br/amazonia/ibama-intensifica-desmatamento-Sul-Amazonas_0_1387061339.html). Acesso em: 17/01/2016.
- CUNERD. Mc Murdo (Vale seco da Antártida)[2012]. Disponível em: <http://cunerd.webnode.com.br/news/viagem-mc-murdo-vale-seco-da-antar-tida/>. Acesso em: 24/11/2015.
- DECONTO, R.M., POLLARD, D., ALLEY, R.B. *et al.* 2021. The Paris Climate Agreement and future sea-level rise from Antarctica. *Nature* **593**, 83–89. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03427-0>
- DENNY, Mark *et al.* *Anchor Ice and Benthic Disturbance in shallow Antarctic Waters*: Interspecific variation in initiation and propagation of ice crystals, 2011. Disponível em: <http://www.biobull.org/content/221/2/155.full.pdf+html>. Acesso em: 05/12/2015.
- DATAFolha, Instituto de Pesquisa. Para 85% dos brasileiros, o planeta está ficando mais quente. 29 de julho de 2019. Disponível em <https://datafolha.folha.uol.com.br/opiniaopublica/2019/07/1988289-para-85-dos-brasileiros-planeta-esta-ficando-mais-quente.shtml>. Acesso em 10/06/2021
- DIAS, Maria Assunção Faus da Silva. Efeito estufa e mudanças climáticas regionais. *Revista USP*, São Paulo, n. 71, p. 44–51, setembro/novembro, 2006.
- DISCOVERING ANTARCTICA IMAGE LIBRARY (1). Ice shelf. Disponível em: [http://old.discoveringantarctica.org.uk/photo\\_lib.html](http://old.discoveringantarctica.org.uk/photo_lib.html). Acesso em: 22/11/2015.
- DIXIT, Mrigakshi. Searing Arctic: Unprecedented Heat Wave Sweeps North Pole; Temperatures Breach All-Time High. 25 de junho de 2020. The Weather Channel. Disponível em <https://weather.com/en-IN/india/news/news/2020-06-25-searing-arctic-heat-wave-sweeps-north-pole-temperatures-all-time-high>. Acesso em 02/06/2021.
- DL MAGAZINE. Whale hunting – U. N. Court orders Japan to halt whale hunt. Disponível em: <http://www.dlugb.com/u-n-court-orders-japan-to-halt-whale-hunt/>. Acesso em: 14/01/2016.
- DOTTA, Sítvia. Quando a temperatura cai, a culpa é de quem? .2019, Blog UFABC Divulga Ciência. Disponível em: <https://proec.ufabc.edu.br/ufabcdivulgaciencia/2019/01/23/quando-a-temperatura-cai-a-culpa-e-de-quem>. Acesso em 17 de abril de 2021.
- DUKE, Cameron .Dinosaurs lived in the Arctic around 70 million years ago. *NewScientist*. 24 de junho de 2021. Disponível em <https://www.newscientist.com/article/2282122-dinosaurs-lived-in-the-arctic-around-70-million-years-ago/>. Acesso em 02 de julho de 2021.
- DUNNING, Brian. As cinco manobras da negação da ciência. 19 de setembro de 2019. Revista questão de ciência. Disponível em <http://revistaquestaoadeciencia.com.br/artigo/2019/09/19/cinco-manobras-da-negacao-da-ciencia>. Acesso em 10 de junho de 2021.
- EARTH RANGERS. Crabeater Seal (2013). Disponível em [https://www.earthrangers.com/omg\\_animals/crabeater-seal/#:~:text=With%20around%2015%20million%20of,about%2095%25%20of%20their%20diet](https://www.earthrangers.com/omg_animals/crabeater-seal/#:~:text=With%20around%2015%20million%20of,about%2095%25%20of%20their%20diet). Acesso em: 07/05/2021.
- ECO4U. ONU: aquecimento global colocou o mundo à beira do abismo (11/09/2009). Disponível em: <https://eco4u.wordpress.com/tag/aumento-do-nivel-do-mar/page/2/>. Acesso em: 17/01/2016.
- EDWARDS, T.L., NOWICKI, S., MARZEION, B. *et al.* 2021. Projected land ice contributions to twenty-first-century sea level rise. *Nature* **593**, 74–82. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03302-y>
- ELER, Guilherme. Brasil abaixo de zero: o que fazem os cientistas brasileiros na Antártida. Revista Super Interessante. 26 de fevereiro de 2020. Disponível em <https://super.abril.com.br/especiais/brasil-abaixo-de-zero/>. Acesso em 27/05/2020.
- ELIAS-PIERA, F. Exploração de recursos hídricos na Antártica: uma realidade que nos afeta? In: Caramello N, Stachiw R, Penha M (Orgs.) *Amazônia: desafios e perspectivas para Gestão das Águas*. 1 ed. Curitiba : CRV, 2015.
- \_\_\_\_\_. Disponível em: <http://bentantarctica.blogspot.com.br/2012/10/o-que-e-bentos-4.html>. Acesso em: 11/09/2015.
- ELLIOTT, K. H.; RICKLEFS, R. E.; GASTON, A. J.; HATCH, S. A.; SPEAKMAN, J. R. & DAVOREN, G. K. 2013. High flight costs, but low dive costs, in auks support the biomechanical hypothesis for flightlessness in penguins. *PNAS* 110(23): 9380–9384.

- ELLJOT, Lauren. What it is like to run a British Post Office in Antarctica. 4 de fevereiro de 2020. INews. Disponível em <https://inews.co.uk/opinion/british-post-office-in-antarctica-392520>. Acesso em 18 de junho de 2021.
- EMERY, Andy. Seasons of Antarctica. *AntarcticGlaciers.org*. 8, dez. 2020. Disponível em: <http://www.antarcticglaciers.org/antarctica-2/introductory-antarctic-resources/seasons-of-antarctica/>. Acesso em: 15/04/2021
- EMMONS, Rebecca. An Investigation of Sami Building Structures. *Sami Culture*. 4, dez. 2004. Disponível em: <https://www.laits.utexas.edu/sami/dieda/anthro/architecture.htm>. Acessado em: 18/04/2021.
- ÉPOCA NEGÓCIOS. "Chevron pode ser expulsa do Brasil", diz Lobão. Sustentabilidade/Energia. Disponível em: <http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,ERT282704-16381,00.html>. Acesso em: 16/01/2016.
- ESCOBAR, Herton. Reportagem especial: Ciência brasileira ressurge na Antártida, 2 anos após incêndio (2014). Disponível em: <http://ciencia.estadao.com.br/blogs/herton-escobar/ciencia-brasileira-ressurge-na-antartida/>. Acesso em: 22/11/2015.
- É SIMPLES! O QUE VOCÊ PODE FAZER PARA PROTEGER A ANTÁRTIDA? Discovery Brasil. 29 de março de 2021. Disponível em: <https://www.discoverybrasil.com.br/discovery/antarctica-look-south/artigo/e-simples-o-que-voce-pode-fazer-para-proteger-antarctica>. Acesso em 23/06/2021.
- EXTREME ICE SURVEYS. Why do glaciers matter? Disponível em <http://extremicesurvey.org/why-do-glaciers-matter/>. Acesso em 12/06/2021.
- FAUNA E FLORA DA ANTÁRTICA. Petreus gigantes (2013). Disponível em: <http://antartidaff.blogspot.com.br/>. Acesso em: 04/09/2015.
- FENÔMENO da Aurora Polar. Laboratório de Paleomagnetismo do Departamento de Geofísica. Universidade de São Paulo. Disponível em <https://www.iag.usp.br/paleo/?q=content/o-fen%C3%B4meno-da-aurora-polar>. Acesso em 05 de maio de 2021.
- FERREIRA, Felipe Rodrigues Gomes. *O sistema do tratado da Antártica: evolução do regime e seu impacto na política externa brasileira*. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2009. (Dissertação de Mestrado). Disponível em: [http://www.funag.gov.br/biblioteca/dmdocuments/Tratado\\_da\\_antartica.pdf](http://www.funag.gov.br/biblioteca/dmdocuments/Tratado_da_antartica.pdf). Acesso em: 20/01/2016.
- FERREIRA, Marcela dos Santos Baía; COSTA, Eri Schneider. Trinta-réis-Antártico (*Sterna vittata*). Disponível em: [file:///C:/Users/Carlos/Downloads/Svi%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Carlos/Downloads/Svi%20(2).pdf). Acesso em: 04/09/2015.
- FLEETHAM, David. The Marbled Rockcod (*Notothenia Rossii*) Copes with the Icy Waters of Anta. n° item: 8996847. Disponível em: [http://www.alposters.com.br/sp/The-Marbled-Rockcod-Notothenia-Rossii-Copes-with-the-Icy-Waters-of-Anta-posters\\_8996847\\_.htm](http://www.alposters.com.br/sp/The-Marbled-Rockcod-Notothenia-Rossii-Copes-with-the-Icy-Waters-of-Anta-posters_8996847_.htm). Acesso em: 20/09/2015.
- FREESTYLE ADVENTURE TRAVEL. Krill: the building blocks of Antarctica. Disponível em: <http://freestyleadventuretravel.com/krill/>. Acesso em: 22/09/2015.
- FELÍCIO, Ricardo. Antártida: A geografia do continente gelado e as operações brasileiras. *Confins – Revista Franco-brasileira de Geografia*. 2007, 1. Disponível em: <http://confins.revues.org/122?lang=pt>. Acesso em: 28/07/2015.
- FIORATTI, Carolina. National Geographic Society reconhece um novo oceano: o Antártico. Superinteressante. 15 de junho de 2021. Disponível em <https://super.abril.com.br/ciencia/national-geographic-society-reconhece-um-novo-oceano-o-antartico/>. Acesso em 01/07/2021.
- FIORILLO, Anthony R. The dinosaurs of arctic Alaska. *Scientific American*, v. 291, n. 6, p. 84–91, 2004
- FRAGA, Isabela. Antártica? Ali ao lado. Instituto Ciência Hoje (2010). Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/especiais/reuniao-anual-da-sbpc-2010/antarctica-ali-ao-lado>. Acesso em: 22/11/2015.
- FRANS LANTING STUDIO. 008744-01 Leopard seal on ice floe, Hydrurga leptnyx, Antarctica. Disponível em <https://franlanting.photoshelter.com/image/I0000Qrhb1F6qPc>. Acesso em: 17/01/2016.
- FREITAS, Eduardo de. Clima brasileiro; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilescuela.uol.com.br/brasil/clima-brasileiro.html>. Acesso em 17 de abril de 2021.
- FREITAS, Michele Martinenghi Sidronio. Oceano Antártico. *Info Escola*. Disponível em <<https://www.infoescola.com/geografia/oceano-antartico/>>. Acesso em 21/04/2021
- FRETWELL, P. T. & TRATHAN, P. N. 2019. Emperors on thin ice: three years of breeding failure at Halley Bay. *Antarctic Science* 31(3): 133–138.
- FROM THE DECK CHAIR. Fram Antarctica live Voyage report – Day 5 (2015). Disponível em: <http://www.fromthedeckchair.com/2015/02/01/fram-antarctica-live-voyage-report-day-5/>. Acesso em: 22/11/2015.
- GEEVERGHESE, C. 2013. Reabilitação de pinguins de Magalhães (*Spheniscus magellanicus*) naufragados nas praias do litoral do Brasil: uma revisão de literatura». *Monografia (graduação) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária*
- GEOBRASIL. O estado dos desastres ambientais (2002). Disponível em: <http://www.ufb.br/cienciaambiental/biblioteca/geobrasil/desastres.pdf>. Acesso em: 16/01/2016.
- GEOLOGY. Landscap evolution of the Transantarctic Mountains. Disponível em: [http://www.geology.cwu.edu/facstaff/huerta/HuertaWeb/Site/TAM\\_Landscape.html](http://www.geology.cwu.edu/facstaff/huerta/HuertaWeb/Site/TAM_Landscape.html). Acesso em: 27/11/2015.
- GERHARDT, Rodrigo. Ou agimos agora ou será tarde demais. 08 de outubro de 2018. Greenpeace. Disponível em <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/ou-agimos-agora-ou-sera-tarde-demaiss/>. Acesso em 13 de maio de 2021.
- GETTY IMAGES. Norbert Wu 7378824. Disponível em: <http://www.gettyimages.pt/detalh/foto/anchor-ice-which-forms-in-water-less-than-33-fotografia-de-stock/73788244>. Acesso em 05/12/2015.
- GIANOLLA, Giúlia. A camada de ozônio está se recuperando? <https://guiadestudante.abril.com.br/estudo/camada-ozonio/>
- GGN. O drama não noticiado de Mariana, em Minas Gerais (08/11/2015). Disponível em: <http://jornalggm.com.br/noticia/o-drama-nao-noticiado-de-mariana-em-minas-gerais>. Acesso em: 16/01/2016.
- GLOBO.COM. Mundo. Fotos: Supertufão nas Filipinas (08/11/2013). Disponível em: <http://g1.globo.com/mundo/fotos/2013/11/fotos-supertufao-nas-philipinas.html#F1017218>. Acesso em: 16/01/2016.
- \_\_\_\_\_. Natureza. Aquecimento global ameaça mais uma plataforma de gelo na Antártica (09/05/2012). Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/05/aquecimento-global-ameaca-mais-uma-plataforma-de-gelo-na-antartica.html>. Acesso em: 10/10/2015.
- GLOBO NEWS. O desastre ambiental causado pelo rompimento de barragens em Mariana (MG). Disponível em: <http://g1.globo.com/globo-news/jornal-das-dez/videos/v/o-desastre-ambiental-causado-pelo-rompimento-de-barragens-em-mariana-mg/4610156/>. Acesso em: 16/11/2016.
- GRAZIOLI, J. *et al.* 2017. Katabatic winds diminish precipitation contribution to the Antarctic ice mass balance. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114, 41: 10858–10863.
- GUIMARÃES, Thiago. Dois anos depois, reconstrução continua em Itajaí e Blumenau (04/09/2010). *G1*. Disponível em: <http://g1.globo.com/especiais/eleicoes-2010/noticia/2010/09/dois-anos-depois-reconstrucao-continua-em-itajai-e-blumenau.html>. Acesso em: 16/01/2016.
- GURTNER, Christian. A expedição de Shackleton. *Escreba Café*. 26, set. 2016. Disponível em: <https://www.escribcafe.com/>

- post/a-expedi%C3%A7%C3%A3o-de-shackleton. Acesso em: 12/04/2021.
- HANDWERK, Brian. Penguins don't live at the South Pole, and more polar myths debunked. *National Geographic*. 3. fev. 2020. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/animals/article/arctic-antarctica-wildlife-myths-explained>. Acesso em 12/04/2021.
- HARVEY, Chelsea. Milhões de aves estão migrando mais cedo por causa do aquecimento global. *Scientific American Brazil*. <https://super.abril.com.br/ciencia/no-rumo-das-aves-migratorias/>
- HELENIAK, Timothy. Arctic Populations and Migration. In: Nordic Council of Ministers, *Arctic Human Development Report: Regional Processes and Global Linkages*. Dinamarca, TemaNord, 2014.
- HICKORY NINES. Turning people ones ince 2010. Disponível em: <http://www.hickorynines.com/below-freezing/>. Acesso em: 05/12/2015.
- HISTORY OF LEITH. South Georgia (october, 2004). Disponível em: <http://www.leithhistory.co.uk/2004/10/>. Acesso em: 11/01/2016.
- HORTON, K.G., La Sorte, F.A., Sheldon, D. *et al*. Phenology of nocturnal avian migration has shifted at the continental scale. *Nat. Clim. Chang.* **10**, 63–68 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0648-9>
- IHARA, Rafael Keizo. Racionamento de água em SP: a abordagem da Folha de S. Paulo em 1985 e em 2014 (15/06/2014). Disponível em: [http://www.usp.br/cje/jorwiki/exibir.php?id\\_texto=161](http://www.usp.br/cje/jorwiki/exibir.php?id_texto=161). Acesso em: 16/01/2016.
- ICE STORIES: DISPATCHES FROM POLAR SCIENTISTS. Antarctic Whales. Disponível em <http://icestories.exploratorium.edu/dispatches/big-ideas/antarctic-whales/index.html>. Acesso em 12/06/2021.
- INDEPENDENT. Prince Charles 'black spider' letters: Prince of Wales raised concerns over 'illegal fishing of the Patagonian Toothfish' (2004). Disponível em: <http://www.independent.co.uk/news/uk/politics/prince-charles-black-spider-letters-released-prince-of-wales-raised-concerns-over-illegal-fishing-of-10248095.html>. Acesso em: 20/09/2015.
- IPCC. Impactos, adaptação e vulnerabilidade – WGII AR5. *Sumário para os tomadores de decisão do Quinto Relatório de Avaliação (2014)*. Grupo de trabalho do IPCC. São Paulo: Iniciativa Verde, 2015 (Versão em português).
- INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRG). Disponível em: <http://www.ufrgs.br/inctriocsfera/Acriosfera.html>. Acesso em: 22/11/2015.
- INTERACT. *INTERACT Stories of Arctic Science*. Eds. Callaghan, T.V. and Saveta, H. DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University, Dinamarca, 2015, 180 p.
- JERNEGAN, Laura. The story of whaling. Disponível em: <http://www.girltonawhaleship.org/jernapp/main/section/chap.do?ID=59>. Acesso em: 11/01/2016.
- JONES, I. L. & WILLIAMS, T. D. 1996. The Penguins: Spheniscidae. *colonial Waterbirds* 19(2). 295 páginas.
- JONES, NICOLLA. Polar Warning: Even Antarctica's Coldest Region Is Starting to Melt 28 de março de 2019. *YaleEnvironment360*. Disponível em <https://e360.yale.edu/features/polar-warning-even-antarctica-coldest-region-is-starting-to-melt>. Acesso em 10/04/2021.
- JORNAL HOJE. Japão volta a caçar baleias apesar da prática ser proibida por leis internacionais (08/12/2015). Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-hoje/videos/1/edicoes/v/japao-volta-a-caçar-baleias-apesar-da-prática-ser-proibida-por-leis-internacionais/4662023/>. Acesso em: 15/01/2016.
- JUNIOR, Joab Silas da Silva. Física da aurora polar; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/fisica-das-auroras-polares.htm>. Acesso em 21 de junho de 2021.
- KAISER, Bettina (Ed.). *Polar Science and Global Climate An International Resource for Education and Outreach*, Edinburg, Pearson Education, 2010.
- KENSKI, Rafael. Aquecimento global: O começo do fim. Superinteressante. 31 de outubro de 2016. Disponível em <https://super.abril.com.br/ideias/aquecimento-global-o-comeco-do-fim/>. Acesso em 28 de junho de 2021.
- KIKKEN, Natalie. Krill for their fill: How climate change could affect whales and their favourite food (2019) CSIROscope. Disponível em <https://blog.csiro.au/climate-link-found-between-krill-and-whales/>. Acesso em 17/06/2021
- KIRSCHBAUM, Aline; Caio Cipro; Fernanda Imperatrice; Franco Villela; Gabriel Monteiro; Hileia dos Santos Barroso; Ralph Vanstreels. Mudanças climáticas na Antártica. Instituto oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP).
- KHATTAB M. Q., Tributsch H. Fibre-Optical Light Scattering Technology in Polar Bear Hair: A Re-Evaluation and New Results. *Journal of Advanced Biotechnology and Bioengineering* 2016;3:38–51, Synergy Publishers
- KLAGES, J.P., SALZMANN, U., BICKERT, T. *et al*. 2020. Temperate rainforests near the South Pole during peak Cretaceous warmth. *Nature* **580**, 81–86. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2148-5>
- KOVACS KM, Aguilar A, Aurioles D, Burkanov V, Campagna C, Gales N, Gelatt T, Goldsworthy SD, Goodman SJ, Hofmeyr GJ, Härkönen T. Global threats to pinnipeds. *Marine Mammal Science*. 2012 Apr;28(2):414–36.
- LAMB, Robert. Enter the deep-sea prison of the Yeti Crab (2012). Disponível em: [http://www.huffingtonpost.com/robert-lamb/enter-the-deepsea-prison-\\_b\\_1187511.html](http://www.huffingtonpost.com/robert-lamb/enter-the-deepsea-prison-_b_1187511.html). Acesso em: 11/09/2015.
- LAPÓNIA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Lap%C3%B3nia&oldid=60678655>>. Acesso em: 18 abril. 2021.
- LANSING, A. Endurance. Nova York: Perseus Books Group, 2007.
- LE BOHEC, C.; DURANT, J. *et al*. 2008. King penguin population threatened by Southern Ocean warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 105. 2493-7. 10.1073/pnas.0712031105.
- LEITE, M. O maior deserto do mundo. <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/antartida/sr2203200904.htm>
- LOPES, Reinaldo José. Esclarecimento: a Amazônia não é o pulmão do mundo. *Revista Superinteressante*. Ago. 2019. Disponível em <<https://super.abril.com.br/ciencia/a-amazonia-nao-e-o-pulmao-do-mundo/>>. Acesso em 21/04/2021
- LOOSE, Fabrício Ferreira (2011). *Bioprospecção na Antártica*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Dissertação de Mestrado).
- LUISA, Ingrid. Aquecimento global dos oceanos equivale a 1,5 bomba atômica por segundo. Superinteressante. 08 de janeiro de 2019. Disponível em <https://super.abril.com.br/ciencia/aquecimento-global-dos-oceanos-equivale-a-15-bomba-atmica-por-segundo/>. Acesso em 28 de junho de 2020.
- LUTZ, S. *et al*. The biogeography of red snow microbiomes and their role in melting arctic glaciers. *Nature Communications*. Vol. 7. 22 jun.2016.
- LYAKHOV, Alexei. Lago debaixo do gelo da Antártica pode explicar origem da vida (2013). Disponível em: [http://br.sputniknews.com/portuguese.ruvr.ru/2013\\_01\\_13/Gelo-do-lago-relictico-olhada-para-milhares-de-anos-atras/](http://br.sputniknews.com/portuguese.ruvr.ru/2013_01_13/Gelo-do-lago-relictico-olhada-para-milhares-de-anos-atras/). Acesso em: 24/11/2015.
- MACHADO, Maria Clara. O que é uma frente fria; Clima tempo Meteorologia. 14. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=8uE60fLUCgU>. Acesso em 17 de abril de 2021.
- MACHADO, Maria Cordélia S. e BRITO, Tânia (Coord.). Antártica: ensino fundamental e ensino médio. Brasília: Ministério da

- Educação e Secretaria de Educação Básica, 2006. (Coleção explorando o ensino, v.9).
- Lana. Floresta Amazônica. Toda Matéria. Disponível em <<https://www.todamateria.com.br/floresta-amazonica>
- Machemer, Thereza. First Fossil Evidence of Feathered Polar Dinosaurs Found in Australia. Smithsonian Magazine. 21 de novembro de 2019. Disponível em <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/first-fossil-evidence-feathered-polar-dinosaurs-found-australia-180973622/>. Acesso em 02 de julho de 2021. Acesso em 21/04/2021
- MARCHETTO, Mateus. "Dinossauros habitaram regiões polares, indicam estudos recentes"; Sociotica. Disponível em <https://sociotica.com.br/dinossauros-habitaram-regioes-polares-indicam-estudos-recentes>. Acesso em 17 de abril de 2021.
- MARINE Mammal Commission. Polar Bear. Disponível em: <https://www.mmc.gov/priority-topics/species-of-concern/polar-bear/> Acesso em 23/04/2021.
- MARINHA DO BRASIL. A presença brasileira na Antártica. Hidrografia e Navegação. Disponível em <https://www.marinha.mil.br/dhn/?q=pt-br/node/93>. Acesso em 23/04/2021.
- MARINHA DO BRASIL. Sobre o continente. <https://www.marinha.mil.br/secirm/proantar/a-antartica>
- MATER NATURA – Instituto de Estudos Animais. Falta de krill de vasta população de pinguins. n.º 93, maio 2011. Disponível em: <http://novo.maternatura.org.br/news.php?news=604>. Acesso em: 04/09/2015.
- MATTOS, Leonardo Faria de. A inclusão da Antártica no conceito de entorno estratégico brasileiro. Revista da Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro, ESNV, V. 20, n. 1, p. 165 – 191, jan./jun. 2014.
- MANSUR, Alexandre. A Península Antártica tem o maior derretimento do milênio. Blog do Planeta. Época on-line. 25/04/2013. Disponível em <http://colunas.revistaepoca.globo.com/planeta/2013/04/25/a-peninsula-antartica-tem-o-maior-derretimento-do-milenio/>. Acessado em 10/10/2015.
- MASSUELLA, Luana. Os maiores desastres naturais da última década. Veja Mundo, 26/12/2014. Disponível em ><http://veja.abril.com.br/noticia/mundo/os-maiores-desastres-naturais-dos-ultimos-10-anos/>. Acesso em: 16/01/2016.
- MARINHA DO BRASIL. Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Programa Antártico Brasileiro. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/>. Acesso em 21/04/2021.
- MARTON, Fábio. A geleira que sangra. Revista Superinteressante. jun. 2010. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/antartica-bacteria-liquido-577992.shtml>. Acesso em: 27/11/2015.
- MAZZA, Ed. Antarctica's mysterious 'blood falls' explained in new study (2015). Disponível em: [http://www.huffingtonpost.com/2015/04/29/antartica-blood-falls\\_n\\_7168104.html](http://www.huffingtonpost.com/2015/04/29/antartica-blood-falls_n_7168104.html). Acesso em: 27/11/2015.
- MESQUITA, João Lara. oceanos absorvem excesso de calor. Mar sem fim. 19 de setembro de 2016. Disponível em <https://marsemfim.com.br/oceanos-absorvem-calor/>. Acesso em 28/06/2021.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES – MCTI (2013). Ciência Antártica para o Brasil: um plano de ação para o período de 2013 – 2022. Disponível em: [http://www.mcti.gov.br/upd\\_blob/0231/231154.pdf](http://www.mcti.gov.br/upd_blob/0231/231154.pdf)
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. Programa Ciência Antártica. Disponível em: <http://cienciaantartica.mcti.gov.br/>. Acesso em: 21/04/2021.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIAS E INOVAÇÕES. Programa Ciência Antártica. Sobre o programa. Disponível em <http://cienciaantartica.mcti.gov.br/>. Acesso em 27/05/2021
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. O Brasil e o Meio Ambiente Antártico. Brasília, MMA, 2007.
- MOSCATI, Marley Cavalcante de Lima (Coord.). Desafios associados às mudanças climáticas. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia. Vol. 31, n. 1, abril 2007.
- MOSSMAN, Márcia (Org.). Estação Comandante Ferraz: A casa do Brasil na Antártica. Brasília, Lisbeta Editora, 2020.
- NASA News The Giant Planet Story is the story of the Solar System. Disponível em [https://www.jpl.nasa.gov/news/press\\_kits/juno/science/](https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/juno/science/). Acesso em 05 de maio de 2021.
- \_\_\_\_\_. Researchers Discover Ancient Microbes in Antarctic Lake. Disponível em: [http://www.nasa.gov/home/hqnews/2012/nov/HQ\\_12-408\\_Lake\\_Vida\\_Microbes.html](http://www.nasa.gov/home/hqnews/2012/nov/HQ_12-408_Lake_Vida_Microbes.html). Acessado em: 20/11/2015.
- \_\_\_\_\_. Climate Kids. Which pole is colder?. Disponível em <https://climatekids.nasa.gov/polar-temperatures/>. Acesso em: 15/04/2021.
- \_\_\_\_\_. Antarctic Melts Under Its Hottest Days on Record. Disponível em <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146322/antarctica-melts-under-its-hottest-days-on-record>. Acesso em: 04/05/2021.
- NATIONAL GEOGRAPHIC. Desert. Encyclopedia entry. Disponível em <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/desert/>. Acesso em: 15/06/2021
- \_\_\_\_\_. What the World Would Look Like if All the Ice Melted. Disponível em <https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/rising-sea-level-melt-new-shoreline-maps>. Acesso em 19/06/2021.
- NATIONAL SNOW & ICE DATA CENTER. All About Sea Ice. Disponível em <https://nsidc.org/cryosphere/seaice/characteristics/difference.html>. Acesso em: 18/05/2021
- NAVIOS BRASILEIROS. Navios de Guerra Brasileiros. Barão de Teffé-H42. Disponível em <https://web.archive.org/web/20141129020521/http://www.naviosbrasil.com.br/ngb/B/B015/B015.htm>. Acesso em: 21/04/2021.
- NICHOLIS, Henry. The truth about polar bears. BBC Earth. 2, set. 2015. Disponível em: <http://www.bbc.com/earth/story/20150902-the-truth-about-polar-bears>. Acesso em: 15/04/2021.
- NOBRE, Carlos A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. Parcerias Estratégicas. n. 12, setembro 2001.
- NOTÍCIAS TERRA. Sobe para 14 o nº de mortos por nevasca na América do Norte (13/02/2013). Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/mundo/estados-unidos/sobe-para-14-o-n-de-mortos-por-nevasca-na-america-do-norte,e246ad2c5c7bc310VgnCLD0200000d0c6eb0aRCRD.html>. Acesso em: 16/01/2016.
- NSIDC. Arctic Sea Ice News and Analysis. 6, abr. 2021. Disponível em: <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>. Acesso em: 15/04/2021.
- NUNES, Mônica. A Amazônia é o pulmão do mundo? Conexão Planeta. Ago. 2019. Disponível em <<https://conexaoplaneta.com.br/blog/a-amazonia-e-o-pulmao-do-mundo/#fechar>>. Acesso em: 21/04/2021
- OCEAN CONSERVANCY. Poles Apart: The Differences between Antarctica and the Arctic. Disponível em <https://oceanconservancy.org/blog/2016/06/30/poles-apart-the-differences-between-antarctica-and-the-arctic/>. Acesso em: 12/05/2021.
- OCEANA. Shark Fact Friday 1.5.2018 – Antarctic Shark? Disponível em <https://usa.oceana.org/blog/shark-fact-friday-152018-antarctic-shark>. Acesso em 21/05/2021
- OLIVEIRA, João Vitor. Três décadas de pesquisas na Antártica. 2012. Revista Espaço Aberto USP. Disponível em <http://www.usp.br/espacoaberto/?matéria=tres-decadas-de-pesquisas-na-antartica>. Acesso em 23/04/2021.
- O MARAVILHOSO MUNDO DOS ANIMAIS. Aves marinhas [2012]. Disponível em: <http://wonderfulseaworld.blogspot.com.br/2012/03/aves-marinhas.html>. Acesso em: 04/09/2015.
- \_\_\_\_\_. Mamíferos marinhos [2012]. Disponível em: <http://wonderfulseaworld.blogspot.com.br/2012/03/mamiferos-marinhos.html>. Acesso em: 06/09/2015.

- O TEMPO VIDA. Aves da Antártica: skuas (2009). Disponível em: [http://otempovida.blogspot.com.br/2009\\_09\\_20\\_archive.html](http://otempovida.blogspot.com.br/2009_09_20_archive.html). Acesso em: 04/09/2015.
- OCEAN LIGHT. The edge of the fast ice along the shore. Image # 24821. Disponível em: <http://www.oceanlight.com/spotlight.php?img=24821>. Acesso em: 20/11/2015.
- \_\_\_\_\_. Natural History Photography Blog. Disponível em: [http://www.oceanlight.com/lightbox.php?ss=Brash\\_Ice](http://www.oceanlight.com/lightbox.php?ss=Brash_Ice). Acesso em: 22/11/2015.
- OSKIN, Becky. Vostok: lake under Antarctic Ice (2015). Live Science. Disponível em: <http://www.livescience.com/38652-what-is-lake-vostok.html>. Acesso em: 24/11/2015.
- ORSI, Carlos. Negação da mudança climática põe o Brasil em perigo. 20 de setembro de 2019. Revista questão de Ciência. Disponível em <https://revistaquestao.deciencia.com.br/apocalipse-now/2019/09/20/negacao-da-mudanca-climatica-poe-o-brasil-em-perigo>. Acesso em 10 de junho de 2021.
- OUR BREATHING PLANET. Onyx River. Disponível em: <http://www.ourbreathingplanet.com/onyx-river/>. Acesso em: 27/11/2015.
- ONUBR. Pior seca dos últimos 50 anos no nordeste brasileiro confirma estatísticas da ONU sobre escassez. (08/04/2013). Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pior-seca-dos-ultimos-50-anos-no-nordeste-brasileiro-confirma-estatisticas-da-onu-sobre-escassez/>. Acesso em: 16/11/2016.
- PALLADINO, Viviane. Como é a vida dos pesquisadores na Antártida? Revista Super Interessante. 4 jul 2018. Disponível em <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-a-vida-dos-pesquisadores-na-antartida>. Acesso em 27/05/2021
- PAPAI NOEL. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2020. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Papai\\_Noel&oldid=60087939](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Papai_Noel&oldid=60087939)>. Acesso em: 18 abril. 2021.
- PAVID, Katie. When whales walked on four legs. National History Museum. Disponível em: <https://www.nhm.ac.uk/discover/when-whales-walked-on-four-legs.html#:~:text=Early%20ancestors%20of%20the%20ocean%20about%2050%20million%20years%20ago>. Acesso em: 19/04/2021
- PEREIRA, Thiago. Global Voices. As comunidades do Ártico europeu na linha de frente das mudanças climáticas. 2017. Disponível em <<https://pt.globalvoices.org/2017/09/14/as-comunidades-do-artico-europeu-na-linha-de-frente-das-mudancas-climaticas/>>. Acesso em 27 de abril de 2021.
- PEREIRA, Luiz Eduardo Pires; SOUZA, Juliana Silva; COSTA, Erti Schneider. Biguá-de-olhos-azuis. Disponível em: <files.pinguineskuas.webnode.com.br/200000971-a16a5a2646/Pat.pdf>. Acesso em: 04/09/2015.
- PICKRELL, John. Fósseis de penas de dinossauros encontrados pela primeira vez perto do Polo Sul; National Geographic. 2020. Disponível em <https://www.nationalgeographicbrasil.com/historia/2019/11/fosseis-de-penas-de-dinossauros-encontrados-pela-primeira-vez-perto-do-polo-sul>. Acesso em 17 de abril de 2021.
- PIERA, Francyne Elias. 4 não 5 oceanos. Youtube Gelo na Bagagem Dra. Fran. 23 de junho de 2021. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=WSGd9NDmz&t=23s>. Acesso em 01/07/2021.
- PINSKY, Vanessa. Negacionismo climático: o que é, argumentos e consequências. 06 de dezembro de 2019. Blog Fia. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/negacionismo-climatico/>. Acesso em 10/06/2021.
- PIRATININGA, Paulo No rumo das aves migratórias. Superinteressante. <https://super.abril.com.br/ciencia/no-rumo-das-aves-migratorias/>
- PIRES, Marco Túlio. Expedição russa confirma chegada à superfície de lago isolado há milhões de anos na Antártida (2012) Veja Ciência. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/expedicao-russa-chega-a-superficie-de-lago-isolado-ha-milhoes-de-anos-na-antartida/>.
- PIVETTA, Marcos. Um estranho nas geleiras do Sul. Revista Pesquisa Fapesp, 96, 2004.
- PLATT, James. Why Are There No Penguins In The North Pole? Penguins International. 16. jul. 2019. Disponível em: <https://www.penguinsinternational.org/2019/07/16/why-are-there-no-penguins-in-the-north-pole/>. Acesso em: 15/04/2021.
- PROGRAMA AMIGOS DO MAR. Disponível em: <http://programaamigosdomar.weebly.com/consciecirncia-ambiental.html>. Acesso em: 06/09/2015.
- PROGRAMA ANTÁRTICO BRASILEIRO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2021. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Programa\\_Ant%C3%A1rtico\\_Brasileiro&oldid=60846141](https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Programa_Ant%C3%A1rtico_Brasileiro&oldid=60846141)>. Acesso em: 23 abr. 2021.
- RAE, Kara. How Can We Stop Glacier Melting? (2018) Sciencing: making science fun. Disponível em <https://sciencing.com/>. Acesso em 03/04/2021.
- RANGEL, Vicente Marotta. Regulamentação jurídica da Antártica. Câmara dos Deputados. Simpósio O Brasil na Antártica. Brasília: Comissão de Relações Exteriores, 23–26/08/83, 1985.
- REEFQUEST CENTER FOR SHARK RESEARCH. Are There Any Arctic Sharks? Disponível em [http://www.elasmo-research.org/education/topics/d\\_arctic.htm](http://www.elasmo-research.org/education/topics/d_arctic.htm). Acesso em: 12/05/202
- REMILI, Anais. Do whales drink seawater? Whale Scientists. 17. jul. 2020. Disponível em: <https://whalescientists.com/do-whales-drink/>. Acesso em: 19/04/2020.
- Rybczynski, N., Dawson, M. & Tedford, R. A semi-aquatic Arctic mammalian carnivore from the Miocene epoch and origin of Pinnipedia. Nature 458, 1021–1024 (2009).
- RIBEIRO, Ronaldo. Verões no gelo: o cotidiano dos brasileiros que trabalham na Antártida. National Geographic. Disponível em <https://www.nationalgeographicbrasil.com/portfolio/2019/03/veroes-pesquisa-brasil-proantar-antartida-gelo-clima-ciencia-fotografia>. Acesso em 27/05/2021
- RIBEIRO, Wagner. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. Parcerias Estratégias. Brasília: DF, n. 27, dezembro de 2008.
- ROCHA-CAMPOS, Claudia C et al. Plano de ação nacional para conservação dos mamíferos aquáticos: grandes cetáceos e pinípedes. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, 2011.
- ROSA, José Mauro Dalla. Variabilidade da taxa de acumulação de neve no Platô Detroit, Península Antártica. Porto Alegre: UFRGS, 2013 (Dissertação de Mestrado). Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78763/000900199.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20/11/2015.
- ROSA, Kátia K et al. Geomorfologia aplicada à reconstrução e ao monitoramento do impacto das mudanças climáticas em ambientes glaciais. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1. set. 2010.
- RATTON, Carlos. Navio Professor Wladimir Besnard deve virar museu.2021 Diário do litoral. Disponível em <https://www.diariodolitoral.com.br/santos/navio-professor-wladimir-besnard-deve- virar-museu/142327/>. Acesso em 23/04/2021.
- RYBCZYNSKI, N.; DAWSON, M. R. & TEDFORD, R. H. 2009. A semi-aquatic Arctic mammalian carnivore from the Miocene epoch and origin of Pinnipedia. Nature 458: 1021–1024.
- SANTELLI, ADELE. Desequilíbrio dos oceanos é, ao mesmo tempo, causa e efeito da crise climática. National Geographic. 04 de março de 2020. Disponível em <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2020/03/desequilibrio-dos-oceanos-e-ao-mesmo-tempo-causa-e-efeito-da- crise-climatica>. Acesso em 28 de junho de 2020
- SARFATI, G.; SANO, N.N.: O turismo antártico e a ameaça da tragédia dos comuns. Caderno Virtual de Turismo. Rio de Janeiro,

- v. 12, n. 3, p.364–383, dez. 2012. Disponível em file:///C:/Users/ufabc/Downloads/712-2205-1-PB%20(1).pdf. Acesso em 03/05/2021.
- SAUNDERS, W.; LAWRENCE, J. S.; STOREY, J. W. V.; ASHLEY, M. C. B.; KATO, S.; MINNIS, P.; WINKER, D. M.; LIU, G. & KULESA, C. 2009. Where is the best site on Earth? Domes A, B, C and F, and Ridges A and B. *PASP* 121: 976–992.
- SCINNEWS. Eight New Colonies of Emperor Penguins Discovered in Antarctica. (2020). Disponível em <http://www.sci-news.com/biology/eight-new-colonies-emperor-penguins-antarctica-08735.html>. Acesso em: 12/06/2021.
- SEAL CONSERVATION SOCIETY. Crabeater Seal. Disponível em <https://www.pinnipeds.org/seal-information/species-information-pages/the-phocid-seals/crabeater-seal>. Acesso em: 16/04/2021A
- SCOTT, Michael. Antarctica is colder than the Arctic, but it's still losing ice. 19 de março de 2019. NOAA Climate.gov. Disponível em <https://www.climate.gov/news-features/features/antarctica-colder-arctic-it%E2%80%99s-still-losing-ice>. Acesso em 15/05/2021.
- SEGREDO. Fotógrafo fica cara a cara com predador da Antártica, mas o desfecho dessa história é inimaginável. Disponível em: <http://thesecret.tv.br/2014/03/fotografo-fica-cara-cara-com-predador-da-antartida-mas-o-desfecho-dessa-historia-e-inimaginavel/>. Acesso em: 06/09/2015.
- SEYBOTH, E., Groch, K., Dalla Rosa, L. et al. Southern Right Whale (*Eubalaena australis*) Reproductive Success is Influenced by Krill (*Euphausia superba*) Density and Climate. *Sci Rep* 6, 28205 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep28205>
- SILVA, Daniel Neves. "História do Papai Noel"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/natal/historia-papai-noel.htm>. Acesso em 27 de abril de 2021.
- SIMÕES, Jefferson C. Antártica e as Mudanças Globais. São Paulo, Blucher, 2011, v.9, p.169.
- SLATER, T.; LAWRENCE, I. R.; OTOSAKA, I. N.; SHEPHERD, A.; GOURMELEN, N.; JAKOB, L.; TEPES, P.; GILBERT, L. & NIENOW, P. 2021. Review article: Earth's ice imbalance. *The Cryosphere* 15: 233–246.
- SUBTIDAL EPIBIOTA. Disponível em: <https://sites.google.com/site/airving01/subtidalepibiota>. Acesso em: 11/09/2015.
- SUCUARANA, Silveira Monik da. Floresta Amazônica. Info Escola. Disponível em <<https://www.infoescola.com/biomas/floresta-tropical/>><https://www.infoescola.com/biomas/floresta-amazonica/>>. Acesso em 21/04/2021
- SOS AMAZONIA. Contendo o desmatamento indiscriminado (03/10/2013). Disponível em: <http://sosamazonia.org/>. Acesso em: 17/01/2016.
- Tratado da Antártica e Protocolo de Madri. 2016. 2a Edição: Marinha do Brasil.
- UK ANTARCTIC HERITAGE TRUST. Port Lockroy 'Base A', Antarctica: An Introduction. 2014. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=LDbsPC2Kxgo>. Acesso em 20 de junho de 2021.
- UNDER ANTARCTIC ICE EXHIBIT IMAGES. Photographs by Norbert Wu. WED0040. Disponível em: [http://www.norbertwu.com/nwp/misc\\_stuff/uai\\_exhibit/index.html](http://www.norbertwu.com/nwp/misc_stuff/uai_exhibit/index.html). Acesso em: 05/12/2015.
- UOL NOTÍCIAS. Retrospectiva – as 10 maiores tragédias naturais da década. Furacão Katrina. Disponível em: [http://noticias.uol.com.br/album/decada\\_tragedias2\\_album.jhtm#fotoNav=5](http://noticias.uol.com.br/album/decada_tragedias2_album.jhtm#fotoNav=5). Acesso em: 16/01/2016.
- \_\_\_\_\_. Ciclone no sudeste asiático. Disponível em: [http://noticias.uol.com.br/album/decada\\_tragedias2\\_album.jhtm#fotoNav=6](http://noticias.uol.com.br/album/decada_tragedias2_album.jhtm#fotoNav=6). Acesso em: 16/01/2016.
- \_\_\_\_\_. Incêndios florestais atingem a Austrália (08/01/2013). Disponível em: <http://noticias.uol.com.br/album/2013/01/06/incendios-florestais-atingem-a-australia.htm#fotoNav=19>. Acesso em: 16/01/2016.
- TRUZ, Igor. Brasil completa 30 anos de expedições para a Antártida. 2012. Agência USP de notícias. Disponível em <http://www.usp.br/agen/?p=124316>. Acesso em 23/04/2021.
- UFRGS. A Criosfera. <https://www.ufrgs.br/inctcriosfera/Acriosfera.html>
- VARELLA, Mariana. Pulmão. Portal Drauzio Varella. Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/corpo-humano/pulmao/>>. Acesso em 21/04/2021.
- VERGARA, Rodrigo. E se as calotas polares derretessem?. Revista Super Interessante. 17 de outubro de 2017. Disponível em <https://super.abril.com.br/tecnologia/as-calotas-polares-derretessem/>. Acesso em 13 de maio de 2021.
- VERLINDEN, Josef e VAIRO, Carlos Pedro. 1958, Los inicios del turismo antártico. Ushuaia, Museo Marítimo, 2019.
- WWF. Pinguins ameaçados pelas mudanças climáticas. [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/reducao\\_de\\_impactos/2/clima/mudancas\\_climaticas\\_publicacoes/?11500](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos/2/clima/mudancas_climaticas_publicacoes/?11500)
- XAVIER, José. O que é a ciência polar? Revista Sul Informação. 01 de novembro de 2017. Disponível em <https://www.sulinformacao.pt/2017/11/o-que-e-a-ciencia-polar/>. Acesso em 27/05/2021.
- WERNECK, Carolina. Território sem pais e destinado à pesquisa, Antártida atrai cada vez mais turistas. Gazeta do Povo. 2018. Disponível em <https://www.gazetadopovo.com.br/viver-bem/turismo/ja-pensou-em-fazer-turismo-na-antartida/>. Acesso em 03/05/2021
- WHALES & DOLPHINS. Berardius arnuxii Duvernoy, 1851. Disponível em: [http://www.cms.int/reports/small\\_cetaceans/data/b\\_arnuxii/b\\_arnuxii.htm](http://www.cms.int/reports/small_cetaceans/data/b_arnuxii/b_arnuxii.htm). Acesso em: 09/09/2015.
- WILKES, Paul. What happens when magnetic north and true north align? (2019) Phys.org. Disponível em [https://phys.org/news/2019-09-magnetic-north-true-align.html#:~:text=Geographic%20north%20also%20called%20true,vertically%20down%20into%20the%20planet](https://phys.org/news/2019-09-magnetic-north-true-align.html#:~:text=Geographic%20north%20also%20called%20true,vertically%20down%20into%20the%20planet.). Acesso em: 10/05/2021
- WILD LIFE ON THE WEB. Skuas (2009). Disponível em: <http://www.wildlifeontheweb.co.uk/skuas/index2.html>. Acesso em: 04/09/2015.
- WILDSCREEN ARKIVE. Antarctic minke whale (*balaenoptera bonaerensis*). Disponível em: <http://www.arkive.org/antarctic-minke-whale/balaenoptera-bonaerensis/>. Acesso em: 07/09/2015.
- WILLIAMS, T. D. 1995. The penguins: Spheniscidae [S.L.]: Oxford University Press.
- WEEKS BC, Willard DE, Zimova M, Ellis AA, Witynski ML, Hennen M, Winger BM. Shared morphological consequences of global warming in North American migratory birds. *Ecology Letters*. 2020 Feb;23(2):316–25.
- \_\_\_\_\_. Mackerel icefish (*Champscephalus gunnari*). Disponível em: <http://www.arkive.org/mackerel-icefish/champscephalus-gunnari/>. Acesso em: 11/09/2015.
- WEGE, Mia. Counting seals from space. *oceanographic*. Disponível em <https://www.oceanographicmagazine.com/features/crabeater-seals-antarctica/>. Acesso em: 21/05/2021
- WORLD METEOROLOGICAL ASSOCIATION. WMO verifies -69.6°C Greenland temperature as Northern hemisphere record. Disponível em <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-verifies-696c2-b0c-greenland-temperature-northern-hemisphere-record>. Acesso em: 15/05/2021
- YOUTUBE. Maior colapso de gelo já registrado da história tira o fôlego (04/03/2014). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Mt3EZQW2Uas>. Acesso em: 10/10/2015.
- \_\_\_\_\_. Primavera antecipada pelo aquecimento global ameaça aves migratórias. <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2018/09/12/primavera-antecipada-pelo-aquecimento-global-ameaca-aves-migratorias.htm>





# ANTÁRTICA, ÁRTICO

E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

*Antártica, Ártico e Mudanças Climáticas* aborda os aspectos naturais e antrópicos que influenciam o clima global. Será que as mudanças climáticas são irreversíveis? Podemos fazer algo para melhorar as condições do planeta? Este livro pretende aguçar sua curiosidade sobre temas essenciais para compreender as influências das regiões polares no clima e ampliar sua conscientização e vontade de contribuir para frear os impactos das mudanças globais.

ISBN 9786557190197



9 786557 190197



MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



interantar.com  
interantaroficial@gmail.com