

FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS VIVOS EM DOIS AMBIENTES ANTÁRTICOS CONTRASTANTES COMO UM EXEMPLO DA IMPORTÂNCIA DA PROTEÇÃO AMBIENTAL¹

Maria Carolina Hernandez Ribeiro^{1}, Wânia Duleba¹,
Camila Cunha Passos^{1,2}, Rayssa de Almeida Viana¹,
Anderson Targino da Silva Ferreira^{2,3}*

E-mail: mc.hribeiro@gmail.com; wduleba@usp.br;
passosc.camila@gmail.com; rayssa.viana@alumni.usp.br;
andersontsferreira@gmail.com

¹Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo (EACH-USP), Avenida Arlindo Béttio, 1000, Ermelino Matarazzo, 03828-000, São Paulo, SP, Brasil

²Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, Praça do Oceanográfico, 191, Cidade Universitária, 05508-120, São Paulo, SP, Brasil

³Programa de Mestrado em Análise Geoambiental, Universidade de Guarulhos (MAG-UNG), Praça Teresa Cristina, 229, Centro, 07023-070, Guarulhos, SP, Brasil

*Autora correspondente

¹ Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pelo PROANTAR (PROANTAR-CNPq Proc. 55036/2009-7), CAPES e Ministério do Meio Ambiente (Projeto MonitoAntar) e ao Prof. Dr. Antônio Carlos Rocha-Campos (*in memoriam*), à Profa. Dra. Rosalinda C. Montone (responsável pelo MonitorAntar) e ao Comandante e à tripulação do R/V Almirante Maximiano, pelo apoio.

Resumo: O presente estudo teve como objetivo apresentar as associações de foraminíferos vivos (0-0,50 cm) de duas localidades da Península Antártica: uma mais rasa, na Área Antártica Especialmente Gerenciada (ASMA n. 1) na Baía do Almirantado, ao largo da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF); e outra em uma região mais profunda e rica em hidrato de gás, situada na Passagem de Drake. A partir das listas de espécies e índices ecológicos foram feitas análises estatísticas, como *teste-t*, Kruskal-Wallis, Dunnet e de principais componentes, para encontrar semelhanças entre as regiões estudadas, e complementar o Censo da Vida Marinha da Antártica, editado pelo Comitê Científico sobre Pesquisa Antártica (SCAR). *Deuterammmina grisea*, *Epistominella exigua* e *Globocassidulina subglobosa* foram as três espécies mais abundantes, presentes em ambas as áreas, podendo ser consideradas como espécies euribióticas e de fácil adaptação a ambientes instáveis ou impactados. Mesmo sendo diferentes, tanto a Baía do Almirantado, como a Passagem do Drake são ecossistemas antárticos frágeis, com uma fauna particular, e devem ser protegidas de possíveis impactos humanos. E o conhecimento obtido por meio da pesquisa deve ser incentivo para se atingir tal objetivo, bem como subsidiar futuros estudos de biomonitoramento.

Palavras-chave: Foraminíferos bentônicos vivos, Passagem de Drake, Baía do Almirantado, Área Antártica Especialmente Gerenciada, ODS 14.

LIVING BENTHIC FORAMINIFERS IN TWO CONTRASTING ANTARCTIC ENVIRONMENTS AS AN EXAMPLE OF THE IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

Abstract: The present study aimed to present associations of living foraminifera (0-0.50 cm) from two locations in the Antarctic Peninsula: a shallower one, in the Antarctic Specially Managed Area (ASMA No. 1) in Admiralty Bay, off the Antarctic Station Comandante Ferraz (EACF); and another in a deeper region rich in gas hydrate, located in the Drake Passage. From the lists of species and ecological indices, statistical analyses were performed, such as t-test, Kruskal-Wallis, Dunnet, and principal components, to find similarities between the studied regions. and complement the Census of Marine Life in Antarctica, edited by the Scientific Committee on Antarctic Research. *Deuterammmina grisea*, *Epistominella exigua*, and *Globocassidulina subglobosa* were the three most abundant species, present in both areas. They can be considered as eubiotic species and easy to adapt to unstable or impacted environments. Even though they are different, both the Admiralty Bay and the Drake Passage are fragile Antarctic ecosystems with

a particular fauna and must be protected from possible human impacts. And the knowledge obtained through this research should be an incentive to achieve this goal, as well as subsidize future biomonitoring studies.

Keywords: Living benthic foraminifera, Drake Passage, Admiralty Bay, Antarctic Specially Managed Areas, ODS 14.

1. INTRODUÇÃO

A Antártica é um continente de superlativos: é o mais seco e mais frio, com maior incidência de vento da Terra (SANDMEIER; GREESON, 1990), e a região oceânica nutritiva mais rica do planeta. Está isolada geograficamente dos demais continentes há cerca de 34 Ma, devido à abertura das passagens de Drake e da Tasmânia no Oceano Sul (LAWVER; GAHAGAN, 1992). Apesar de ser um assunto controverso (VINCZE *et al.*, 2021), essa abertura é amplamente considerada como uma contribuição fundamental para o isolamento térmico e a glaciação da Antártica.

Por causa dessas características peculiares, a Antártica é responsável por um papel fundamental no balanço global de CO₂ e por regular o clima da Terra, pois o Oceano Austral influencia correntes oceânicas e o clima de todos os outros oceanos, principalmente por meio da circulação oceânica termoalina (BERTOLIN; SCHLOSS, 2009; ROBERTSON *et al.*, 2002).

A Antártica também é importante por concentrar cerca de 70% das reservas de água doce do planeta na forma de plataformas de gelo e geleiras (PERTIERRA *et al.*, 2021). Além disso, as águas austrais são ricas em recursos biológicos e minerais: possuem grandes populações de peixes, krill e outros pescados, bem como grandes reservas de hidrocarbonetos (RÖMER *et al.*, 2014).

Por sua importância geopolítica e econômica, a Antártica sempre foi motivo de reivindicações territoriais, que, segundo Hughes e Grant (2017), culminaram em um intenso estresse político na primeira metade do século XX. Para amainar esse cenário, após o Ano Internacional da Geofísica, em 1957, os Estados Unidos convidaram os países que desenvolviam pesquisas na Antártica para discutir o assunto (TIN *et al.*, 2013). Assim, em 1959, em plena Guerra Fria, o Tratado da Antártica foi assinado por 12 países, designando toda a região apenas para fins pacíficos e científicos (WEHRMANN, 2016). Atualmente, 54 países são signatários do Tratado da Antártica, mas apenas 29 são considerados membros consultivos. Dentre eles está o Brasil, que ratificou o Tratado da Antártica em 1975, mas só começou a realizar suas pesquisas em 1982 e, a partir de 1983, passou a ser membro consultivo.

O Tratado da Antártica foi gradativamente aprimorado com a introdução de diversas normas e convenções internacionais para o uso racional e para a conservação dos recursos naturais, transformando-se no Sistema do Tratado da Antártica (STA). Sob sua égide, importantes convenções foram elaboradas, como a Convenção para Conservação das Focas Antárticas (*Convention for the Conservation of Antarctic Seals* – CCAS, de 1972), a Comissão para a Conservação dos Recursos Vivos Marinhos da Antártica (*Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources* – CCAMRL, de 1982) e o Protocolo de Proteção Ambiental ao Tratado da Antártica (1991).

As atividades iniciais na Antártica, desde seu descobrimento, tiveram apenas fins comerciais, mas essa visão em relação ao continente mudou ao longo das décadas (WEHRMANN, 2016), após 200 anos de exploração dos recursos marinhos vivos (HUGHES; GRANT, 2017). A noção de gestão e conservação como uso racional, de forma a não comprometer a utilização contínua dos recursos biológicos, foi pioneiramente utilizada na CCAMRL (FERREIRA, 2004), bem antes da popularização do termo “desenvolvimento sustentável”, cunhado no Relatório Brundtland “Nosso Futuro Comum” (ONU, 1987).

Apesar da evolução histórica na implementação de políticas exploratórias de recursos antárticos, o cenário decisório está em constante debate e sujeito a mudanças (GRANT, 2005). A partir da década de 1980, o Brasil tornou-se membro ativo nas tomadas de decisões do gerenciamento da Antártica (FERREIRA, 2004; ABDENUR; MARCONDES-NETO 2014). Ademais, esse é o único continente do mundo que possui um protocolo internacional para sua proteção: o Protocolo de Proteção Ambiental ao Tratado da Antártica, que declara a região como um patrimônio natural de reserva comum para a humanidade, dedicada à paz e à ciência (TIN *et al.*, 2013). O Protocolo de Madri, como também é conhecido, inclui particularidades da avaliação de impacto ambiental, como gestão de resíduos, responsabilidade legal por acidentes marítimos, regulamentação relativa às espécies nativas e proibição de entrada de espécies invasoras, e o veto à exploração de seus recursos minerais por 50 anos, até 2048 (VERBITSKY, 2018; WAUCHOPE; SHAW; TERAUDS, 2019).

O Anexo V foi um acréscimo essencial ao Protocolo de Madri, porque diz respeito às Áreas Antárticas Especialmente Protegidas (ASPAs, de *Antarctic Specially Protected Areas*) e às Áreas Antárticas Especialmente Gerenciadas (ASMA, de *Antarctic Specially Managed Areas*). Desde 2002 acredita-se que a adoção dessas áreas específicas seja a melhor alternativa para proteger espécies ameaçadas e em extinção (WATSON *et al.*, 2014). Porém, normalmente, apenas

as espécies “carismáticas” são consideradas nos planos de manejo (WAUCHOPE; SHAW; TERAUDS, 2019), e o mais importante: o ambiente marinho não recebe a mesma atenção que o terrestre, tendo pouca representatividade nas ASPA e Sistemas ASMA (ROURA; STEENHUISEN; BASTMEIJER, 2018). O Brasil e a Polônia foram responsáveis por criar a primeira ASMA na Antártica, localizada na Baía do Almirantado.

Atualmente, podemos relacionar também a questão da já citada sustentabilidade em termos globais de forma conjunta com a Década dos Oceanos (<https://www.oceandecade.org/>) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (<https://sdgs.un.org/goals>), como um lembrete para prestarmos mais atenção ao continente gelado, mais especificamente aos ODS 13 (Ação Climática), 14 (Vida Abaixo da Água) e 15 (Vida na Terra).

Isso porque, apesar de isolada geograficamente e protegida por um abrangente tratado internacional, a Antártica está sofrendo impactos ambientais negativos, notadamente causados por agentes externos, que estão causando retração e/ou colapso de geleiras, desestabilização de hidratos de gás, alteração da composição faunística, perda da biodiversidade, acidificação dos oceanos etc. Isso ocorre porque vários limites planetários estão sendo excedidos (ROCKSTROM *et al.*, 2009), devido à maior necessidade de utilização de recursos naturais e seus serviços ecossistêmicos (DAILY; ELLISON, 2002). E, infelizmente, os impactos antrópicos podem ter efeitos não lineares e causar danos em regiões mais distantes do que a primeira área afetada (MEA, 2005), como a Antártica. Seus componentes naturais (i.e., clima, hidrologia, geologia e biodiversidade), assim como as conexões e interações entre eles, desempenham papel essencial na biogeoquímica do planeta dentro e fora da região (TIN *et al.*, 2013).

No que concerne às mudanças climáticas, estas estão cada vez mais rápidas (WATSON *et al.*, 2012) e são amplificadas pelo aumento da liberação de gases de efeito estufa da atividade humana (e.g., queima de combustível fóssil e pecuária – IPCC, 2021), com 30% mais CO₂ atmosférico em comparação às concentrações pré-revolução industrial. Isto tem causado a perda de biodiversidade global (MOONEY; CROPPER; REID, 2005), afetando também o continente sul e sua fauna (GUTT *et al.*, 2011), principalmente na região da Península Antártica (PA). De fato, de acordo com Wall (2005), diversos estudos apontam que os ecossistemas antárticos (tanto terrestres quanto marinhos) já estão sofrendo impactos sinérgicos, como a acidificação marinha, prejudicial principalmente para organismos com estruturas calcárias (GUINOTTE; FABRY, 2008), mas que afeta toda a cadeia alimentar.

Representando a porção mais setentrional do continente antártico, a PA é considerada uma das três áreas de rápido aquecimento regional recente (RRR, de *recent rapid regional warming areas*). Isso indica um aumento em sua temperatura de 1,0 °C acima da média global nos últimos 50 anos (WELLNER *et al.*, 2019), o que provoca, entre outros problemas, o derretimento das plataformas de gelo (BERTOLIN; SCHLOSS, 2009; GILLE, 2014), impactando negativamente a fauna existente próximo a elas.

As regiões polares atuam como “barômetros” ambientais, ou seja, locais onde os impactos das mudanças climáticas são sentidos primeiro, prevendo seus efeitos em outras regiões do globo (WEHRMANN, 2016). Por causa dessa sensibilidade às mudanças climáticas, a Antártica tem sido usada como modelo em estudos sobre adaptação e sobrevivência de espécies. Como a fauna de ambientes extremos tende a ser altamente especializada, sua capacidade de adaptação aos impactos não acompanha a velocidade acelerada das mudanças climáticas (GUTT *et al.*, 2011; ROCKSTRÖM *et al.*, 2009). Portanto, recomenda-se primeiro focar os estudos nessas localidades a fim de identificar precocemente as mudanças e respostas das espécies, comunidades e ecossistemas que ali vivem (BARNES; PECK, 2008). Por esses motivos, urge a necessidade de levantamentos faunísticos e distribuição batimétrica detalhados de áreas marinhas ainda não mapeadas, bem como a obtenção de dados ecológicos que possam subsidiar a elaboração de mapas biogeográficos e avaliar se a composição faunística está sendo alterada ou não.

Em 2014, como legado do Ano Polar Internacional (2007-2009) e do Censo da Vida Marinha (2000-2010), o Comitê Científico sobre Pesquisa Antártica (*Scientific Committee on Antarctic Research – SCAR*) elaborou o Atlas Biogeográfico do Oceano do Sul (DE BROYER *et al.*, 2014), que compilou dados valiosos do censo da vida marinha antártica e da rede de informação sobre biodiversidade marinha. Nesse trabalho, nota-se o esforço internacional para mapear a biodiversidade marinha antártica, em particular a fauna bentônica. Apesar da robustez dos dados, é possível constatar a quase ausência de dados batimétricos e ecológicos de foraminíferos vivos (GOODAY *et al.*, 2014).

Foraminíferos são organismos unicelulares relativamente abundantes e diversos que representam mais de 50% da meiofauna em regiões de mar profundo (CORNELIUS; GOODAY, 2004; GOLDSTEIN; CORLISS, 1994), contribuindo para a ciclagem do carbono (MOODLEY *et al.*, 2000). Apresentam distribuição em manchas no sedimento, em função de variáveis ambientais, como presença de alimentos e parâmetros físico-químicos (GOLDSTEIN; CORLISS, 1994; LEJZEROWICZ; ESLING; PAWLOWSKI, 2014).

Foraminíferos bentônicos são organismos amplamente utilizados por muitos pesquisadores como bioindicadores ou *proxies* de diferentes cenários, como poluição e impactos antrópicos (TARASOVA, 2006; WOO *et al.*, 1999), devido ao seu curto ciclo de vida, em geral, e alta abundância em sedimentos marinhos (ALVE, 1995). Essas características, aliadas ao fato de que esses organismos registram as condições geoquímicas de seu ambiente em suas carapaças, os tornam uma ferramenta essencial em estudos de monitoramento (SCOTT; MEDIOLI; SCHAFER, 2001; YANKO; KRONFELD; FLEXER, 1994).

Na Antártica há diversos trabalhos que utilizam foraminíferos como *proxies* paleoambientais e paleoclimáticos, que subsidiaram curvas paleoclimáticas (ZACHOS; KUMP, 2005). Há também uma quantidade expressiva de informações sobre foraminíferos recentes, mas baseadas em fauna total, que utilizam dados de foraminíferos mortos e vivos, o que não é adequado para estudos ecológicos que enfoquem mudanças sazonais (MURRAY, 2006). Portanto, constatam-se lacunas na literatura a serem preenchidas em relação à biodiversidade dos foraminíferos antárticos vivos, principalmente em regiões onde as geleiras estão colapsando, ou mesmo em regiões submetidas a emissões de hidratos de gás.

Essa carência de informações prejudica muito o banco de dados sobre espécies que podem ser utilizadas para avaliar quanto a fauna está sendo modificada por mudanças ambientais. Desta forma, o presente estudo tem como objetivo mostrar, por meio de análise de variância não paramétrica e estatística multivariada, a similaridade na composição e abundância de espécies vivas de foraminíferos de duas importantes áreas da região da PA. Uma está localizada dentro da ASMA n. 1, na Baía de Almirantado (BA), próxima à Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), de responsabilidade do governo brasileiro; a outra, em uma área rica em hidrato de gás na Passagem de Drake (PD), nunca estudada. Esses dados poderão subsidiar estudos futuros sobre censo da fauna marinha e biomonitoramento, que são importantes para a tomada de decisão a fim de proteger o meio ambiente antártico e fortalecer os pilares do Sistema do Tratado da Antártica, que é a realização de pesquisas e a proteção do meio ambiente.

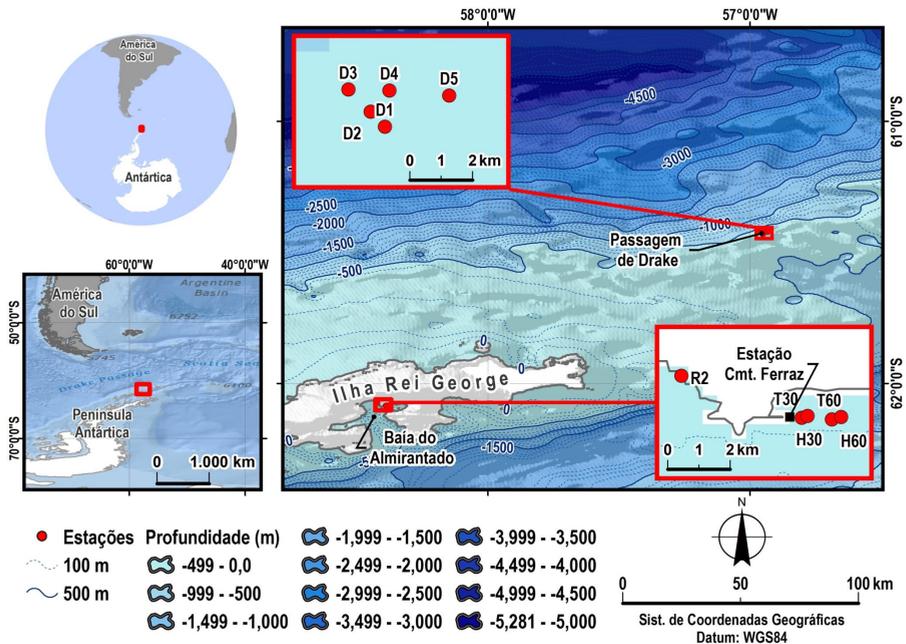
2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

2.1 Área de estudo

O recorte dado para o estudo compreende 5 pontos em cada uma das 2 localidades (Figura 1), com aspectos ambientais distintos, e na região do extremo nordeste da PA; um local mais profundo (> 470 m), entre a PD e o estreito de

Bransfield, e entre as Ilhas Elefantes e a Ilha Rei George (arquipélago das Shetland do Sul); e um local mais raso, na PA, na Baía do Almirantado, localizada na Ilha Rei George (20-60 m de profundidade).

Figura 1 – Mapa da área de estudo, incluindo a Passagem de Drake e a Baía do Almirantado



Na PD, alguns estudos (MARÍN-MORENO; GIUSTINIANI; TINIVELLA, 2015; RÖMER *et al.*, 2014) indicaram que há infiltração de metano. No entanto, a PD representa uma das regiões mais desafiadoras para amostragem de material, devido às condições ambientais, criando um hiato de informações sobre a fauna bentônica local (WALLER; SCANLON; ROBINSON, 2011), especificamente foraminíferos vivos.

A Baía do Almirantado é a principal feição da ASMA n. 1, adotada em 2006, onde a EACF está localizada e próxima a estações de pesquisa, acampamentos e refúgios de outros países (Polônia, Equador, Peru e Estados Unidos) (<http://www.atq.aq/>). Em 12 de janeiro de 1982, foi criado o Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) e, no mesmo ano, já ocorreu a primeira expedição antártica brasileira ao continente. Desde então, foram organizadas Operações Antárticas (denominadas OPERANTAR, ou OP) durante os verões do Hemisfério Sul. Em 1984, foi inaugurada a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), que foi em grande parte destruída pelo incêndio ocorrido em 2012. Como signatário do Protocolo de Madri, o Brasil tem realizado estudos de biomonitoramento na região

afetada e seu entorno para avaliar o impacto ambiental causado (<https://www.mar.mil.br/estacao-antartica/a-estacao.html>). As amostras foram coletadas ao largo da EACF, próximo aos antigos tanques de combustíveis (que foram destruídos pelo incêndio), em profundidades de 20 m a 60 m.

2.2 Coleta de dados e trabalho de laboratório

As amostragens foram realizadas durante duas diferentes expedições da OPERANTAR: em 2013 (OP 31) e 2016 (OP 35). As associações de foraminíferos vivos (biocenose) das camadas superficiais do sedimento (0,05 cm de profundidade) foram coletadas com uma *box core* (regiões de mar profundo) ou Van Veen modificado com abertura na tampa superior (regiões rasas). O material coletado foi fixado a bordo em álcool 70%, corado com rosa de bengala e acondicionado em potes plásticos. No laboratório, o material foi lavado em peneiras de 250 e 63 μm de abertura, em alíquotas de 10 cm^3 , seco em estufa a 40 °C por 24 horas, e posteriormente submetido a procedimento de flotação com tricloroetileno (C_2HCl_3 , densidade de 1,46 g/cm^3). Os organismos secos foram separados em um estereomicroscópio até atingirem o número amostral de 100 exemplares vivos. Quando não foi possível obter a referida quantidade de exemplares de uma alíquota de 10 cm^3 , novas alíquotas de 10 cm^3 foram processadas e triadas sucessivamente até que se atingisse a contagem mínima de 100 exemplares vivos. Posteriormente, estes foram identificados com o máximo de detalhes taxonômicos possível.

2.3 Análises estatísticas

A partir da lista de espécies de foraminíferos nas duas regiões, calculamos as densidades (padronizadas, neste caso, para 100 cm^3), e os índices ecológicos de riqueza (S), diversidade de Simpson (1-D), diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitabilidade (E). Para mais detalhes sobre os índices ecológicos, verificar Magurran e McGill (2011).

Assim, as diferentes variáveis foram analisadas por: (i) Shapiro-Wilk, para testar a normalidade dos dados; (ii) *Teste t* (para dados paramétricos, com transformação logarítmica) para analisar se há diferença significativa entre a densidade, riqueza, diversidade de Simpson e Shannon e dados de equitabilidade (para as regiões da Passagem de Drake e da Baía do Almirantado); (iii) Kruskal-Wallis (para dados não paramétricos, com transformação ranqueada) para analisar se há diferença significativa entre os dados; (iv) Dunnett, para comparações múltiplas com a lista de espécies. Todas as análises foram realizadas com nível de significância de 95% (SOUTO; SOUTO, 2020).

A análise de componentes principais (ACP) foi usada para apontar as associações espaciais das espécies observadas dentro das regiões. A vantagem de se utilizar a ACP se deve ao fato de ela descrever de forma sintética e integrada uma grande quantidade de dados multidimensionais, bem como suas complexas interações (VALENTIN, 2012).

Todas as análises foram realizadas no *software* PAST v. 4.03 (Paleontological Statistics), desenvolvido por Hammer, Harper e Ryan (2001) do Museu de História Natural da Universidade de Oslo (<http://folk.uio.no/ohammer/past/>).

3. RESULTADOS

Apresentamos na Tabela 1 a profundidade dos pontos amostrados e as variáveis (densidade, riqueza de espécies, diversidade de Simpson [1-D] e Shannon-Wiener [H'] e equitabilidade) escolhidas para serem analisadas no estudo.

Tabela 1 – Variáveis dos pontos amostrados na Passagem de Drake e Baía do Almirantado: profundidade, densidade (ind/100 cm³, em que ind = indivíduos), riqueza de espécies, diversidade de Simpson, diversidade de Shannon-Wiener e equitabilidade

Variáveis	<i>Baía do Almirantado</i>					<i>Passagem de Drake</i>				
Estações	H30	H60	T30	T60	R2	D1	D2	D3	D4	D5
Profundidade (m)	32,4	63	30	60,8	21,8	490	492	483	472	486
Densidade (ind/100 cm³)	37	202	62	495	404	1.240	12.060	3.120	2,375	2.785
Riqueza (S)	6	16	10	15	9	29	31	33	36	25
Diversidade de Simpson (1-D)	0,75	0,86	0,79	0,66	0,72	0,93	0,84	0,91	0,77	0,9
Diversidade de Shannon-Wiener (H')	1,5	1,8	2,3	1,6	1,4	3,0	2,52	2,8	2,44	2,71
Equitabilidade (E)	0,86	0,82	0,79	0,58	0,64	0,89	0,73	0,82	0,68	0,84

A diferença entre as duas áreas é mais visível no que diz respeito à densidade e riqueza de espécies. Enquanto a Passagem de Drake apresentou maior densidade (12.060 ind/100 cm³ em D2), a maior densidade da Baía do Almirantado (em T60, com 495 ind/100 cm³) não atingiu nem o menor valor da região da PD.

O teste-t comparou as médias dos dados de densidade, riqueza (S), diversidade de Simpson (1-D), diversidade Shannon-Wiener (H') e equitabilidade (E) para as regiões da Passagem de Drake e da Baía do Almirantado (Tabela 2). Em geral, a análise rejeitou a hipótese nula (H₀) de igualdade entre as médias; ou seja, os

dados apresentam diferenças estatisticamente significativas. Assim, a Tabela 2 também indicou que os maiores valores médios estão na região da PD.

Tabela 2 – *Teste-t* para médias iguais entre as regiões da Passagem de Drake e da Baía do Almirantado. 95% conf. intervalo (paramétrico)

Variáveis	Médias <i>Baía do Almirantado</i>	Médias <i>Passagem de Drake</i>	Diferença entre médias	<i>t</i>	<i>p</i>	Valor <i>t</i> crítico
Dens	2,1934	3,4979	1,3045	4,7511	0,0014	2,306
S	1,0225	1,4853	0,4628	5,6165	0,0005	
1-D	-0,1232	-0,0615	0,0617	2,5293	0,0353	
H'	0,2287	0,4292	0,2005	4,8820	0,0012	
E	-0,1369	-0,1033	0,0336	0,8509	0,4196	

O teste de normalidade Shapiro-Wilk mostrou que as amostras não apresentaram a normalidade de seus dados, com valores de $p < 0,05$. Assim, o teste de Kruskal-Wallis para dados não paramétricos mostrou que existe uma diferença significativa entre pelo menos duas amostras ($H = 119,5$; $p = 1,10E-21$). Portanto, o teste de Dunnett para comparações múltiplas observou que, em geral, existe uma diferença significativa entre as regiões PD e BA. Porém, para a região PD, a estação D3 se mostrou significativamente diferente das demais nas duas áreas. Já para a região BA, as estações T60 e H60 não apresentaram diferenças entre si, nem entre as estações D1, D2 e D5 (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados do teste Dunnett, para espécies coletadas na Baía do Almirantado e Passagem de Drake. Os valores marcados em vermelho claro têm $p < 0,05$, para um nível de significância de 95%

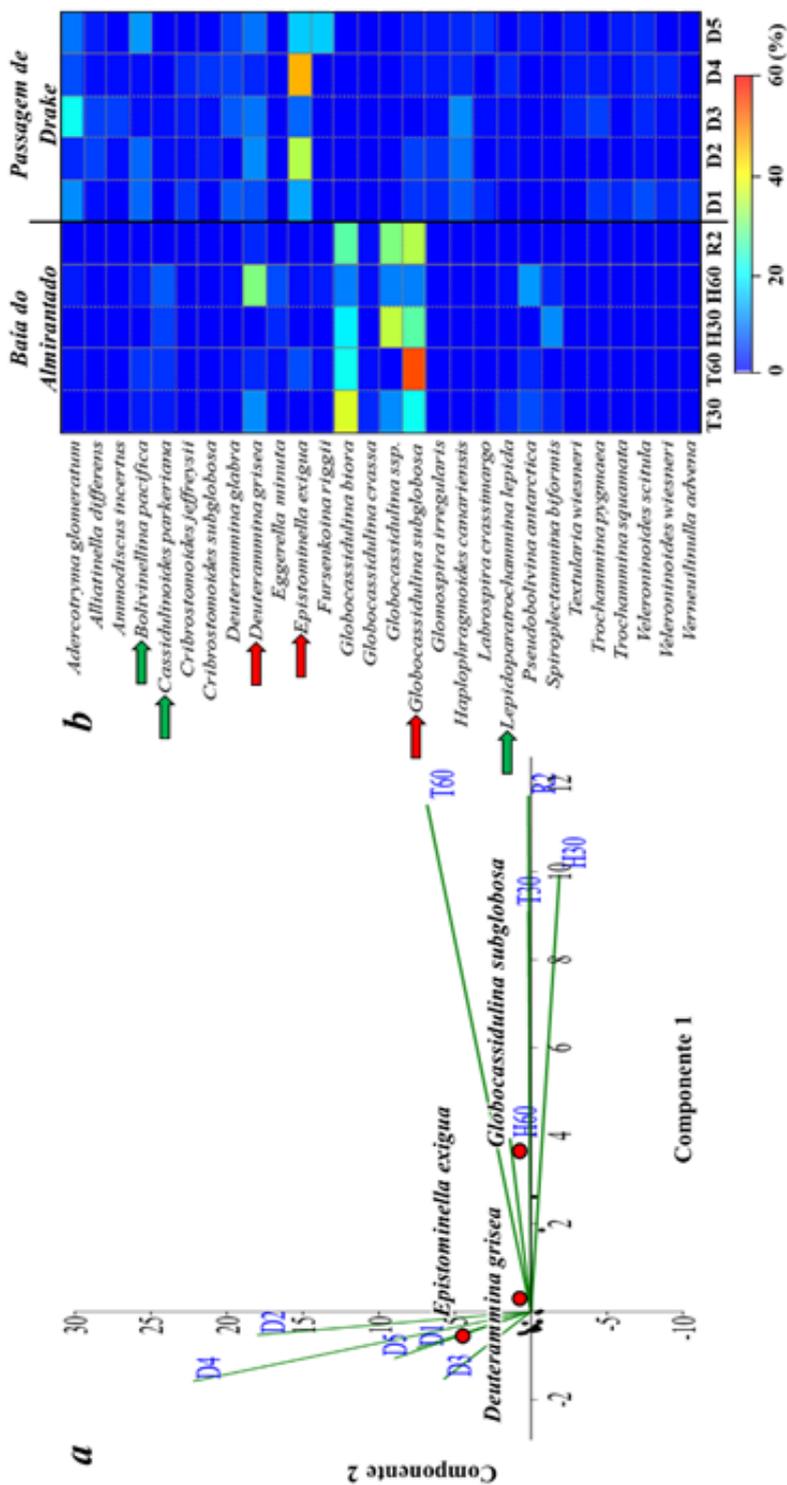
	<i>Baía do Almirantado</i>					<i>Passagem de Drake</i>				
	T30	T60	H30	H60	R2	D1	D2	D3	D4	D5
T30		0,0616	0,0008	0,0826	0,0918	0,0025	0,0002	0,0000	0,0000	0,0111
T60	0,0616		0,0000	0,8898	0,0004	0,2543	0,0733	0,0202	0,0094	0,5067
H30	0,0008	0,0000		0,0000	0,0958	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
H60	0,0826	0,8898	0,0000		0,0006	0,1997	0,0529	0,0136	0,0061	0,4209
R2	0,0918	0,0004	0,0958	0,0006		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
D1	0,0025	0,2543	0,0000	0,1997	0,0000		0,5136	0,2358	0,1440	0,6330
D2	0,0002	0,0733	0,0000	0,0529	0,0000	0,5136		0,5945	0,4192	0,2582
D3	0,0000	0,0202	0,0000	0,0136	0,0000	0,2358	0,5945		0,7829	0,0963
D4	0,0000	0,0094	0,0000	0,0061	0,0000	0,1440	0,4192	0,7829		0,0526
D5	0,0111	0,5067	0,0000	0,4209	0,0000	0,6330	0,2582	0,0963	0,0526	

A ACP foi realizada com espécies com abundância relativa superior a 3% ($n = 28$). Ela mostrou que CP1 e CP2 representam 76% e têm, respectivamente, 52% e 24% da variância total das informações da estação (Figura 2a). A análise destacou as espécies com maiores cargas (autovetores), e que parecem relativamente centralizadas (perto das origens dos Componentes 1 e 2). Nesse contexto, as setas vermelhas na matriz de distribuição da abundância relativa das espécies de foraminíferos apontam as espécies mais abundantes, presentes tanto na região da BA quanto na PD. Em contraste, as setas verdes apontam para as demais espécies presentes nas duas regiões, mas com abundâncias menores (Figura 2b).

Epistominella exigua apresentou ligeira proximidade com as estações na região da PD (Figura 2a), corroborando o que foi observado na Figura 2b, que mostrou que os maiores valores de abundância relativa ocorrem nas estações D4, D2 e D5, e os menores valores, na estação T60 (região BA). Já *Globocassidulina subglobosa* apresentou maior proximidade com as estações na região BA (Figura 2a). Esta espécie teve seus maiores valores de abundância para as estações T60, R2, H30, T30 e H60, assim como os menores valores para as estações D1 e D2 da PD (Figura 2b).

A espécie *Deuterammia grisea* foi a que apresentou maior centralidade para as componentes 1 e 2 (Figura 2a). Isso se deve à melhor distribuição dessa espécie entre as estações das duas regiões. Assim, a estação H60 foi a que apresentou o maior valor de abundância relativa (Figura 2b). É importante notar que os pequenos pontos pretos na Figura 2a são aquelas espécies que não apresentaram valores de abundância significativos e, conseqüentemente, representaram cargas de autovetores baixas.

Figura 2 – (a) Gráfico das principais componentes (componente 1 e componente 2) das estações amostrais e distribuição das espécies de foraminíferos. Os pontos vermelhos indicam as três espécies com maiores cargas (autovetores), e que aparecem com altos valores de abundância relativa de espécies na Baía do Almirantado e na Passagem de Drake; (b) matriz de distribuição da abundância relativa de espécies



Fonte: autores.

4. DISCUSSÃO

As duas regiões analisadas neste estudo possuem características ambientais distintas, sendo uma distante da costa, com profundidades superiores a 470 m (PASSOS, 2019), e a outra numa região mais abrigada, rasa, com estações internacionais de pesquisa e dentro dos limites da ASMA n. 1. Portanto, já era esperada a diferença significativa entre as duas regiões analisadas. Além da diferença batimétrica, que por si só já afeta a disponibilidade de alimentos que chegam ao fundo (GOODAY, 1999), a associação de foraminíferos ainda está sujeita a outros distúrbios em ambientes rasos, como a passagem de tempestades e *icebergs*, e à água doce derretida, que pode tornar essa distribuição irregular suscetível a um ambiente dinâmico (RODRIGUES; DE SANTIS BRAGA; EICHLER, 2015). Porém, mesmo com todas as diferenças, algumas espécies estiveram presentes nas duas regiões, indicando algum tipo de semelhança de *habitat* entre elas.

As três espécies mais frequentes (*Globocassidulina subglobosa*, *Epistominella exigua* e *Deuterammina grisea*) nas duas regiões são todas consideradas oportunistas. O gênero *Globocassidulina* pode ser encontrado em toda a PA (ISHMAN; DOMACK, 1994; LI; YOON; PARK, 2000), e a espécie *G. subglobosa* pode ser observada em diferentes profundidades na BA, tendo sucesso em ambientes que mudam rapidamente porque seu ciclo reprodutivo é curto (RODRIGUES; DE SANTIS BRAGA; EICHLER, 2015).

Epistominella exigua é mais comum e abundante em sedimentos batiais, com comportamento cosmopolita, e geralmente está correlacionada a sedimentos organicamente mais ricos, devido à deposição de fitodetritos (VIOLANTI, 1996). Já a *Deuterammina grisea* parece ter uma distribuição batimétrica batipelágica (entre batial inferior e superior) (SZAREK, 2001). Essas duas espécies estavam entre as dominantes na área da PD. Passos (2019) encontrou alta densidade e riqueza de espécies, em comparação com outras regiões da Antártica. No entanto, essa comparação é muito afetada pela redução do volume de trabalho, visto que essa área é de difícil acesso.

A realidade é que a fauna antártica ainda é pouco estudada, mas já se sabe que ela é muito rica. Caso também seja sensível aos impactos humanos, então ela pode ser um bom sistema de alerta, principalmente em relação às mudanças climáticas (BARNES; PECK, 2008). Devido ao conhecimento e monitoramento limitados, o que pode acontecer na Antártica é que alguns impactos derivados das atividades humanas não são bem descritos, mensurados ou mesmo identificados (TIN *et al.*, 2013). Considerando essas dificuldades, estudos com modelos de

distribuição de espécies podem beneficiar o conhecimento da biodiversidade da Antártica, devido ao viés tendencioso dos levantamentos, e também mostrar outras áreas que precisam de proteção (WAUCHOPE; SHAW; TERAUDS, 2019).

Uma grande ameaça potencial para a Antártica é a possibilidade, em um futuro não tão distante, de governos globais concordarem com a liberação de uso de seus recursos naturais (vivos, minerais ou energéticos) (WALL, 2005). Portanto, sempre há uma inquietação de que essas preocupações ambientais atuais darão espaço ao desenvolvimento econômico focado na exploração dos recursos naturais. Um exemplo disso é a moratória da caça às baleias, discutida pela primeira vez em 1946, assinada em 1982 e que se tornou ativa apenas em 1986 (TIN *et al.*, 2013). Assim, a biodiversidade da Antártica não pode tolerar mais atrasos nessas questões.

O período conhecido como Antropoceno tem esse nome porque aponta para as ações antrópicas e nossa grande responsabilidade em influenciar os processos da Terra, como as mudanças climáticas, que representam hoje a ameaça mais significativa para a humanidade. Assim como outros tipos de problemas ambientais, não existem limites definidos ou respeito às fronteiras territoriais para as mudanças climáticas (WEHRMANN, 2016). Esses impactos também podem ser sentidos em regiões distantes e isoladas como a Antártica. O fato de ASPA e ASMA cobrirem equitativamente *habitats* marinhos e terrestres é problemático, e se reflete em uma distribuição desordenada e insuficiente de áreas especialmente protegidas e gerenciadas (HUGHES; GRANT, 2017).

Até agora, há um total de 72 ASPA e somente 7 ASMA em todo o território antártico (SUMMERSON; TIN, 2018), mas, olhando sob uma perspectiva mais otimista, o orçamento para assuntos antárticos de algumas partes aumentou nos últimos anos e pode contribuir para um aumento no número de ASPA e ASMA no futuro (HUGHES; GRANT, 2017).

A perda da biodiversidade global é irreversível (MOONEY; CROPPER; REID, 2005), e os ambientes marinhos da Antártica estão sofrendo com isso (GUTT *et al.*, 2011; WALL, 2005), especialmente as espécies menos populares (WAUCHOPE; SHAW; TERAUDS, 2019). Focar estudos nos *habitats* extremos, como regiões polares, pode resultar em informações preciosas sobre a resposta da biodiversidade a impactos como as mudanças climáticas (BARNES; PECK, 2008). Portanto, precisamos discutir a importância de considerarmos as mudanças climáticas na Antártica em uma perspectiva mais ampla, mais dinâmica, talvez holística, devido à inter-relação de todos os ecossistemas, e, o mais importante,

avanzando no entendimento sobre a biodiversidade, o funcionamento e os serviços dos ecossistemas na Antártica (TIN *et al.*, 2013).

5. CONCLUSÕES

Embora o estudo envolvesse apenas duas regiões, com cinco amostras cada, de foraminíferos “vivos” recentes, os resultados foram satisfatórios para mostrar a presença de três espécies de foraminíferos oportunistas (*Globocassudulina subglobosa*, *Deuterammia grisea* e *Epistominella exigua*) em ambas as regiões, consideradas euribióticas. Mesmo tratando-se de duas áreas relativamente próximas, mas ambientalmente diferentes, esses dados suplementam dados anteriores sobre a fauna viva de foraminíferos, agregando valor científico ao Atlas Biogeográfico do Oceano do Sul.

Apesar dos possíveis impactos humanos na Antártica, nossa presença é necessária para o avanço científico, para gerar mais conhecimento sobre a fauna local e os processos locais e regionais. Quanto mais pesquisas forem realizadas na região, provavelmente mais resultados corroborarão a importância da proteção da Antártica no mundo. Assim, a pesquisa científica deveria continuar sendo o principal interesse na Antártica. Neste sentido, eventos como o incêndio na EACF são lamentáveis e devem ser evitados a todo custo, demandando o aprimoramento constante de protocolos relacionados ao meio ambiente antártico.

Estamos a menos de 30 anos do fim do Tratado da Antártica – e, portanto, perto de uma nova decisão sobre se a Antártica será explorada (e como). Os cientistas já possuem o conhecimento necessário sobre o “*point of no return*”, o que torna praticamente impossível pensar no futuro da humanidade no planeta sem se preocupar com as mudanças climáticas e a proteção do continente Antártico. Para o Brasil, retomar seu lugar de destaque na discussão antártica representa assumir a liderança na questão ambiental, frente à Década dos Oceanos e os ODS.

Conquistas importantes para a preservação do meio ambiente antártico foram obtidas recentemente, como a redução do “buraco” da camada de ozônio sobre a Antártica, alcançada por meio do Protocolo de Montreal (1987), e a criação do maior parque marinho do mundo, no Mar de Ross, pela CCAMLR em 2016. Entretanto, o número atual de ASPA e ASMA e a área coberta ainda são tímidos quando se considera todo o território antártico. A ASMA n. 1, por exemplo, abrange apenas a área da Baía do Almirantado, mas possui uma ampla gama de valores (i.e. estéticos, ambientais, históricos, educacionais e turísticos) que precisam ser protegidos, além de sua importância científica. Além disso, a recém-inaugurada

estação de pesquisa brasileira é de substancial relevância para o aprimoramento dos estudos nacionais na Antártica.

Retomando o objetivo deste estudo, foi realizada a caracterização de associações de foraminíferos recentes (vivos) de duas regiões antárticas ambientalmente distintas, próximas à Península Antártica. Os dados aqui gerados (lista de espécies e índices ecológicos) podem apoiar, com informações precisas, a compreensão do impacto humano, além de subsidiar os programas de biomonitoramento para tomada de decisões voltadas à conservação do meio ambiente antártico. As espécies encontradas na Baía do Almirantado, por exemplo, estão sendo utilizadas no projeto de biomonitoramento MonitorAntar, cujo objetivo é monitorar os aportes de poluentes na Baía do Almirantado, com ênfase na área da EACF.

Por fim, é importante ressaltar que o monitoramento ambiental das áreas próximas ao local onde são realizadas atividades brasileiras na Antártica é um compromisso firmado pelo país quando da assinatura do Protocolo ao Tratado da Antártica sobre Proteção do Meio Ambiente – e os foraminíferos representam uma excelente ferramenta auxiliar para esse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABDENUR, A. E.; MARCONDES-NETO, D. Rising powers and Antarctica: Brazil's changing interests. **The Polar Journal**, v. 4, n. 1; p. 12-27, 2014.
- ALVE, E. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 25, n. 3, p. 190–203, 1995.
- BARNES, D. K. A.; PECK, L. Vulnerability of Antarctic shelf biodiversity to predicted regional warming. **Climate Research**, v. 37, p. 149–163, 2008.
- BERTOLIN, M. L.; SCHLOSS, I. R. Phytoplankton production after the collapse of the Larsen A Ice Shelf, Antarctica. **Polar Biology**, v. 32, n. 10, p. 1435–1446, 2009.
- CORNELIUS, N.; GOODAY, A. J. ‘Live’ (stained) deep-sea benthic foraminiferans in the western Weddell Sea: Trends in abundance, diversity and taxonomic composition along a depth transect. **Deep Sea Research II: Topical Studies in Oceanography**, v. 51, n. 14-16, p. 1571-1602, 2004.
- DAILY, G.; ELLISON, K. The New Economy of Nature: The Quest To Make Conservation Profitable. **Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press**, v. 43, 1 set. 2002.

DE BROYER, C.; KOUBBI, P.; GRIFFITHS, H. J.; RAYMOND, B.; UDEKEM D'ACÓZ, D' (Eds). **Biogeographic Atlas of the Southern Ocean**. Scientific Committee on Antarctic Research. Cambridge, 2014.

FERREIRA, F. R. G. **O sistema do tratado da Antártica: evolução do regime e seu impacto na política externa brasileira**. Dissertação de Mestrado, Instituto Rio Branco, 2004. 248 p. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=168621>.

GILLE, S. How ice shelves melt. **Science**, v. 346, n. 6214, p. 1180–1181, 2014.

GOLDSTEIN, S. T.; CORLISS, B. H. Deposit feeding in selected deep-sea and shallow-water benthic foraminifera. **Deep-Sea Research Part I**, v. 41, n. 2, p. 229–241, 1994.

GOODAY, A. Biodiversity of foraminifera and other protists in the deep sea: Scales and patterns. **Belgian Journal of Zoology**, v. 129, p. 61–80, 1999.

GOODAY, A. J.; ROTHE, N.; BOWSER, S. S.; PAWLOWSKI, J. Benthic Foraminifera. In: DE BROYER, C.; KOUBBI, P.; GRIFFITHS, H. J.; RAYMOND, B.; UDEKEM D'ACÓZ, D' (Eds). **Biogeographic Atlas of the Southern Ocean**. Scientific Committee on Antarctic Research. Cambridge, p. 74–82, 2014.

GRANT, S. M. The applicability of international conservation instruments to the establishment of marine protected areas in Antarctica. **Ocean and Coastal Management**, v. 48, n. 9–10, p. 782–812, 2005.

GUINOTTE, J. M.; FABRY, V. J. Ocean acidification and its potential effects on marine ecosystems. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1134, p. 320–342, 2008.

GUTT, J. *et al.* Biodiversity change after climate-induced ice-shelf collapse in the Antarctic. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 58, n. 1–2, p. 74–83, 2011.

HAMMER, O.; HARPER, D.; RYAN, P. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, p. 1–9, 2001.

HUGHES, K. A.; GRANT, S. M. The spatial distribution of Antarctica's protected areas: A product of pragmatism, geopolitics or conservation need? **Environmental Science and Policy**, v. 72, p. 41–51, 2017.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L.

CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M.I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T.K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU, and B. ZHOU (eds.)). **AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, 2021 (in press). Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>>.

ISHMAN, S. E.; DOMACK, E. W. Oceanographic controls on benthic foraminifers from the Bellingshausen margin of the Antarctic Peninsula. **Marine Micropaleontology**, v. 24, n. 2, p. 119–155, 1994.

LAWVER, L. A. & GAHAGAN, L. M. The development of paleoseaways around Antarctica. The Antarctic Palaeoenvironment: A perspective on global change. In **American Geophysical Union Antarctic Research Series Vol. 56** (eds Kennett, J. P. & Warnke, D. A.) p. 7–30. Springer, New York, 1992.

LEJZEROWICZ, F.; ESLING, P.; PAWLOWSKI, J. Patchiness of deep-sea benthic Foraminifera across the Southern Ocean: Insights from high-throughput DNA sequencing. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 108, p. 17–26, 2014.

LI, B.; YOON, H.-I.; PARK, B.-K. Foraminiferal assemblages and CaCO₃ dissolution since the last deglaciation in the Maxwell Bay, King George Island, Antarctica. **Marine Geology**, v. 169, n. 1, p. 239–257, 2000.

MAGURRAN, A. E.; MCGILL, B. J. **Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment**. [S.l.]: Oxford University Press, 2011.

MARÍN-MORENO, H.; GIUSTINIANI, M.; TINIVELLA, U. The potential response of the hydrate reservoir in the South Shetland Margin, Antarctic Peninsula, to ocean warming over the 21st century. **Polar Research**, v. 34, p. 27443, 2015.

MEA. Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. 2005. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>>.

MOODLEY, L.; BOSCHER, H. T. S.; MIDDELBURG, J. J.; PEL, R.; HERMAN, P. M. J.; de DECKERE, E.; HEP, C. H. R. Ecological significance of benthic foraminifera: ¹³C Labelling experiments. **Marine Ecology Progress Series**, v. 202, p. 289–295, 2000.

MOONEY, H.; CROPPER, A.; REID, W. Confronting the human dilemma. **Nature**, v. 434, n. 7033, p. 561–562, 2005.

MURRAY, J. W. **Ecology and applications of benthic foraminifera**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006, 440 p.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Report of the World Commission on Environment and Development : note / by the Secretary-General**. [New York] : UN, PP, 1987. Disponível em: <http://digitallibrary.un.org/record/139811/files/A_42_427-AR.pdf>.

PASSOS, C. C. **Ecologia de foraminíferos bentônicos das regiões da Passagem do Drake e Ilha de Marambio, Península Antártica**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100136/tde-25092019-152107/pt-br.php>>.

PERTIERRA, L. R. et al. Ecosystem services in Antarctica: global assessment of the current state, future challenges and managing opportunities. *Ecosystem Services*, v. 49: 101299, 2021.

ROBERTSON, R.; VISBECK, .; GORDON, A. L.; FAHRBACH, E. Long-term temperature trends in the deep waters of the Weddell Sea. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 49, n. 21, p. 4791–4806, 2002.

ROCKSTRÖM, J. *et al.* A safe operation space for humanity. **Nature**, v. 461, n. September, p. 472–475, 2009.

RODRIGUES, A. R.; DE SANTIS BRAGA, E.; EICHLER, B. B. Living foraminifera in the shallow waters of admiralty bay: Distributions and environmental factors. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 45, n. 2, p. 128–145, 2015.

RÖMER, M. *et al.* First evidence of widespread active methane seepage in the Southern Ocean, off the sub-Antarctic island of South Georgia. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 403, p. 166–177, 2014.

ROURA, M. R.; STEENHUISEN, F.; BASTMEIJER, K. The shore is the limit: marine spatial protection in Antarctica under Annex V of the Environmental Protocol to the Antarctic Treaty. **The Polar Journal**, v. 8, n. 2, p. 289–314, 2018.

SANDMEIER, K.; GREESON, L; Getting Antarctica Down Cold! **Journal of Geography**, v. 89, n. 4, p. 170-174, 1990.

SCOTT, D.; MEDIOLI, F.; SCHAFFER, C. **Monitoring in Coastal Environments Using Foraminifera and Thecamoebian Indicators**, 2001.

SOUTO, L. DE S.; SOUTO, E. DE S. **Análise de dados ecológicos**. 1. ed. Brasília: Clube de Autores, 2020.

SUMMERSON, R.; TIN, T. Twenty years of protection of wilderness values in Antarctica. **The Polar Journal**, v. 8, n. 2, p. 265–288, 2018.

SZAREK, R. **Biodiversity and biogeography of recent benthic foraminiferal assemblages in the south-western South China Sea (Sunda Shelf)**. Tese de Doutorado, Universidade Christian Albrechts, Kiel, 2001. Disponível em: <https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00000537/d537.pdf>.

TARASOVA, T. S. Environmental impacts on the benthic foraminiferal fauna in nearshore ecosystems. **Russian Journal of Marine Biology**, v. 32, n. Suppl. 1, 2006.

TIN, T.; LAMERS, M. A. J.; LIGGETT, D.; MAHER, P. T.; HUGHES, K. A. **Setting the Scene: Human Activities, Environmental Impacts and Governance Arrangements in Antarctica**. In: TIN et al. *Antarctic Futures*, pp. 1-24, 2013.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012.

VERBITSKY, J. Ecosystem services and Antarctica: The time has come? **Ecosystem Services**, v. 29, p. 381–394, 2018.

VINCZE, M., BOZÓKI, T., HEREIN, M. *et al.* The Drake Passage opening from an experimental fluid dynamics point of view. **Science Reports** 11, 19951, 2021.

VIOLANTI, D. Taxonomy and distribution of recent benthic foraminifers from Terra Nov Bay (Ross Sea, Antarctica), Oceanographic Campaign 1987/1988. **Palaeontographia Italica**, v. 83, p. 25-71, 1996.

WALL, D. H. Biodiversity and ecosystem functioning in terrestrial habitats of Antarctica. **Antarctic Science**, v. 17, n. 4, p. 523–531, 2005.

WALLER, R. G.; SCANLON, K. M.; ROBINSON, L. F. Cold-water coral distributions in the drake passage area from towed camera observations - Initial interpretations. **PLoS ONE**, v. 6, n. 1, 2011.

WATSON, J. E. M. *et al.* The performance and potential of protected areas. **Nature**, v. 515, n. 7525, p. 67–73, 2014.

WATSON, S.-A. *et al.* Marine invertebrate skeleton size varies with latitude, temperature and carbonate saturation: Implications for global change and ocean acidification. **Global Change Biology**, v. 18, p. 3026–3038, 2012.

WAUCHOPE, H. S.; SHAW, J. D.; TERAUDS, A. A snapshot of biodiversity protection in Antarctica. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, p. 1–6, 2019.

WEHRMANN, D. The Polar Regions as “barometers” in the Anthropocene: towards a new significance of non-state actors in international cooperation? **The Polar Journal**, v. 6, n. 2, p. 379–397, 2016.

WELLNER, J. S. *et al.* The Larsen Ice Shelf System, Antarctica (Larissa): Polar systems bound together, changing fast. **GSA Today**, v. 29, n. 8, 2019.

WOO, H. J.; KIM, H-Y.; JEONG, K. S.; CHUN, J. H.; KIM, S. E.; CHU, Y. S. Response of Benthic Foraminifera to Sedimentary Pollution in Masan Bay, Korea. **The Sea**, v. 4, n. 2, p. 144-154, 1999.

YANKO, V.; KRONFELD, J.; FLEXER, A. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 24, n.1, p. 1–17, 1994.

ZACHOS, J.C.; KUMP, L. R. Carbon cycle feedbacks and the initiation of Antarctic glaciation in the earliest Oligocene. **Global and Planetary Change** 47 (2005) 51–66, 2005.