



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Oceanografia

Raquel Avelina da Conceição dos Santos

**Variabilidade do carbono orgânico dissolvido no estreito de Bransfield,  
Norte da Península Antártica, entre os anos de 2015 e 2016**

Rio de Janeiro

2020

Raquel Avelina da Conceição dos Santos

**Variabilidade do carbono orgânico dissolvido no estreito de Bransfield, Norte da  
Península Antártica, entre os anos de 2015 e 2016**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Dinâmica, ciclicidade e modelagem de processos marinhos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Leticia Cotrim da Cunha

Rio de Janeiro

2020

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

S237 Santos, Raquel Avelina da Conceição dos.  
Variabilidade do carbono orgânico dissolvido no estreito de Bransfield,  
Norte da Península Antártica, entre os anos de 2015 e 2016 / Raquel  
Avelina da Conceição dos Santos. – 2020.  
96 f.: il.

Orientadora: Letícia Cotrim da Cunha.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Faculdade de Oceanografia.

1. Oceanografia química – Antártica, Península – Teses. 2. Massas de  
água – Antártica, Península – Teses. 3. Mudanças climáticas – Antártica,  
Península – Teses. 4. Carbono – Teses. 5. Matéria orgânica – Teses. 6.  
Compostos orgânicos – Teses. I. Cunha, Letícia Cotrim da. II.  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Oceanografia. III.  
Título.

CDU 551.464.7(99)

Bibliotecária responsável: Taciane Ferreira da Silva / CRB-7: 6337

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta  
dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Raquel Avelina da Conceição dos Santos

**Variabilidade do carbono orgânico dissolvido no estreito de Bransfield, Norte da  
Península Antártica, entre os anos de 2015 e 2016**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Dinâmica, ciclicidade e modelagem de processos marinhos.

Aprovada em 02 de março de 2020.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Leticia Cotrim da Cunha

Faculdade de Oceanografia – UERJ

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Cássia de Oliveira Farias

Faculdade de Oceanografia – UERJ

---

Prof. Dr. Rodrigo Kerr

Universidade Federal do Rio Grande

---

Prof. Dr. Humberto Marotta

Universidade Federal Fluminense

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Luana Queiroz Pinho

Faculdade de Oceanografia – UERJ

Rio de Janeiro

2020

## **DEDICATÓRIA**

Aos que amam o mar.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Leticia Cotrim da Cunha, pela orientação, confiança, comprometimento, amizade e por ter me proporcionado a incrível oportunidade de trabalhar na Antártica.

Aos professores Cássia de Oliveira Farias, Claudia Hamacher, Rodrigo Kerr e Mauricio Magalhães Mata por todo o auxílio prestado durante a realização do Mestrado.

Ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPG-OCN UERJ), por todos os ensinamentos ao longo do Mestrado.

Aos colegas do LaGOM/LABOQUI UERJ, pela troca de experiências e todo suporte dado para a construção da dissertação: Ricardo Keim, Leandro Amorim, Michelle Araújo, Jessica Nogueira, Carlos Musetti, Thiago Franklin, Helen Soares (*in memoriam*), Raquel Vidal, Bruna Paixão, Ana Beatriz Ramos, Diana Rocco, Thais Erbas e Wendell Barbosa.

À todos os integrantes das equipes do Grupo de Oceanografia de Altas Latitudes e do Laboratório de Estudos dos Oceanos e Clima (FURG), que participaram dos embarques do projeto NAUTILUS.

Aos colegas de embarque, Carlos Fujita, Iole Orselli, Mariah Borges, Jannine Avila, Thiago Monteiro, Juan Camilo Torres, Ciro Liutti, Ana Carolina Luzardi, Julia Mansur e Cintia Albuquerque, por me ajudarem a compreender como é fazer ciência na Antártica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pela bolsa de estudos, Código de Financiamento 001 e nº 88882.450351/2019-01.

Às amigas, Bruna Paixão, Raquel Neves e Evelin Dutra e a todos os colegas de pós-graduação, por terem feito parte dessa jornada.

Agradeço, imensamente, aos meus pais, Edenir e Rosangela e meu irmão Rafael pelo amor, cuidado e dedicação dados todos esses anos e ao apoio incondicional à minha escolha de me tornar uma Oceanógrafa.

À Deus, aos guias e espíritos de luz, pela proteção e inspiração. Muito Obrigada!

In nature nothing exists alone

*Rachel Carson*

## RESUMO

SANTOS, Raquel Avelina da Conceição dos. *Variabilidade do carbono orgânico dissolvido no estreito de Bransfield, Norte da Península Antártica, entre os anos de 2015 e 2016*. 2020. 96 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

O reservatório marinho de carbono orgânico dissolvido (COD) é equivalente ao reservatório de carbono atmosférico e representa o maior estoque reduzido de carbono no oceano. No entanto, o papel do COD no ciclo global do carbono não é totalmente compreendido. Este estudo analisou a distribuição de COD na coluna de água do estreito de Bransfield, Norte da Península Antártica, em fevereiro de 2015 e 2016. Os dados foram coletados durante dois cruzeiros oceanográficos de verão do projeto NAUTILUS conduzidos pelo Grupo Brasileiro de Oceanografia de Altas Latitudes. As amostras de COD foram determinadas através do método “carbono orgânico não purgável” e os resultados foram correlacionados com dados hidrográficos como, temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido. As concentrações de COD variaram de 40,70 a 122,82  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  em 2015 e 33,12 a 112,20  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  em 2016. As análises mostraram que a distribuição vertical de COD no estreito de Bransfield pode ser controlada por uma combinação de estratificação vertical da coluna de água, exportação vertical de matéria orgânica e atividade biológica na camada superior de mistura, durante o verão. As diferenças interanuais significativas observadas entre as concentrações de COD e a maioria dos parâmetros físico-químicos podem estar relacionadas aos modos climáticos El Niño - Oscilação Sul (ENSO) e *Southern Annular Mode* (SAM). As maiores concentrações de COD, observadas em fevereiro de 2015, foram associadas à uma camada de água superficial quente e estratificada. Os modos climáticos ENSO e SAM apresentaram intensidade positiva e fraca em 2015, favorecendo intrusões de águas oriundas da Corrente Circumpolar Antártica. Em contraste, a campanha de fevereiro de 2016 foi caracterizada por eventos de ENSO e SAM positivos e de intensidade recorde. A intensificação do Giro de Weddell induzida por esses modos climáticos, promoveu a advecção de águas frias, mais oxigenadas e recentemente formadas da plataforma para o estreito de Bransfield, o que pode ter contribuído para as menores concentrações de COD na coluna de água. Este estudo contribui para uma melhor compreensão do papel do COD no ciclo global do carbono em uma região de complexa circulação e mistura oceânica e sensível às mudanças climáticas globais.

Palavras-chave: Ciclo do Carbono. Matéria Orgânica. Massa de Água Antártica. Oceano Austral. Modos Climáticos.

## ABSTRACT

SANTOS, Raquel Avelina da Conceição dos. *Dissolved organic carbon variability in the Bransfield Strait, Northern Antarctic Peninsula, between 2015 and 2016*. 2020. 96 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

The marine reservoir of dissolved organic carbon (DOC) is equivalent to the atmospheric carbon reservoir and represents the largest reduced carbon stock in the ocean. However, the role of DOC in the global carbon cycle is not fully understood. This study analyzed the distribution of DOC in the water column of the Bransfield Strait, Northern Antarctic Peninsula, in February 2015 and 2016. Data were collected during two summer oceanographic cruises of the NAUTILUS project conducted by the Brazilian High Latitude Oceanography Group. The DOC samples were determined using the “non-purgable organic carbon” method and the results were correlated with hydrographic data such as temperature, salinity and dissolved oxygen. Concentrations of DOC ranged from 40.70 to 122.82  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  in 2015 and from 33.12 to 112.20  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  in 2016. The analyzes showed that the vertical distribution of DOC in the Bransfield Strait can be controlled by a combination of vertical stratification of the water column, vertical export of organic matter and biological activity in the upper mixing layer during the summer. The significant interannual differences observed between DOC concentrations and most of the physicochemical parameters can be related to the El Niño - South Oscillation (ENSO) and Southern Annular Mode (SAM) climate modes. The highest concentrations of DOC, observed in February 2015, were associated with a layer of warm and stratified surface water. The ENSO and SAM climate modes showed positive and weak intensity in 2015, favoring water intrusions from the Antarctic Circumpolar Current. In contrast, the February 2016 campaign was characterized by positive ENSO and SAM events of record intensity. The intensification of the Weddell Gyre induced by these climatic modes, promoted the advection of cold waters, more oxygenated and recently formed from the shelf to the Bransfield Strait, which may have contributed to the lower concentrations of DOC in the water column. This study contributes to a better understanding of the role of DOC in the global carbon cycle in a region of complex circulation and oceanic mix and sensitive to global climate change.

Keywords: Carbon Cycle. Organic Matter. Antarctic Water Masses. Southern Ocean. Climate Modes.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa dos setores Atlântico e Pacífico do oceano Austral, com a região do estreito de Bransfield em destaque.....	18
Figura 2 –	Quadro esquemático do sistema atmosfera, oceano e fundo marinho, e a dinâmica do dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	19
Figura 3 –	Modelo conceitual da abundância relativa de luz e nutrientes na superfície do mar e a mudança sazonal relativa na produtividade primária nas regiões polar, temperada e tropical.....	21
Figura 4 –	Principais reservatórios globais e respectivos fluxos de carbono.....	24
Figura 5 –	Modelo conceitual do reservatório de carbono orgânico dissolvido (COD) para as suas frações lábil, semi-lábil e refratária, no oceano aberto.....	27
Figura 6 –	Modelo de Diagrama de dispersão T-S.....	30
Figura 7 –	Mapa de localização do estreito de Bransfield e das estações oceanográficas amostradas durante os cruzeiros NAUTILUS.....	32
Figura 8 –	Modelos esquemáticos do sistema oceano-atmosfera para o modo climático El Niño – Oscilação do Sul (a) La Niña e (b) El Niño.....	34
Figura 9 –	Modelos esquemáticos do sistema oceano-atmosfera para o modo climático Southern Annular Mode (a) positivo e (b) negativo.....	35
Figura 10 –	Temperatura da superfície do mar e salinidade da superfície do mar versus porcentagem da água de degelo (% MW), no estreito de Bransfield, para as campanhas de fevereiro de 2015 e 2016.....	49
Figura 11 –	Perfis verticais de temperatura potencial (°C) no estreito de Bransfield...	50
Figura 12 –	Perfis verticais de oxigênio dissolvido (μmol kg <sup>-1</sup> ) no estreito de Bransfield.....	51
Figura 13 –	Mapas de concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) para o estreito de Bransfield.....	54
Figura 14 –	Seções verticais de carbono orgânico dissolvido (COD) para o estreito de Bransfield.....	55

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Diagramas de dispersão T-S para as estações oceanográficas do estreito de Bransfield, para as campanhas de fevereiro de 2015 e 2016.....	48
Gráfico 2 – Diagramas de dispersão T-S para as estações oceanográficas do estreito de Bransfield, para as campanhas de fevereiro de 2015 e 2016.....	52
Gráfico 3 – Análise de Componentes Principais (PCA) para as campanhas de fevereiro de (a) 2015 e (b) 2016.....	57
Gráfico 4 – Diagrama de dispersão de carbono orgânico dissolvido (COD; $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) versus a utilização aparente de oxigênio (AOU; $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) para o conjunto de dados de fevereiro de 2015 e 2016.....	58
Gráfico 5 – Médias consecutivas de três meses para o Índice Oceânico Niño (ONI) e Índice <i>Southern Annular Mode</i> (SAM) entre o final de 2014 e o início de 2016.....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Razões atômicas dos principais elementos presentes no plâncton.....	26
Tabela 2 –	Águas <i>Tipo</i> de fontes e respectivos intervalos de temperatura potencial ( $\theta$ ), salinidade e oxigênio dissolvido (OD).....	37
Tabela 3 –	Valores mínimos, máximos e medianas das profundidades amostrais e dos principais parâmetros físico-químicos coletados durante as campanhas de fevereiro de 2015 e 2016 e o resultado do teste não-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (Teste U).....	46
Tabela 4 –	Concentrações mínimas, máximas e medianas de COD (em $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) nas camadas da coluna de água do estreito de Bransfield durante as campanhas de fevereiro de 2015 e 2016 e o resultado do teste não-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (Teste U).....	53
Tabela 5 –	Comparação das concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) no oceano Austral.....	60
Tabela 6 –	Metadados para a campanha de fevereiro de 2015 (FEV-15): data, estação oceanográfica (EO), longitude (LON), latitude (LAT), profundidades local (Prof. Local) e de coleta (Prof. Coleta). Resultados para as variáveis: temperatura potencial ( $\theta$ ) em $^{\circ}\text{C}$ ; salinidade (S); densidade potencial ( $\sigma_{\theta}$ ) em $\text{kg m}^{-3}$ ; estabilidade da coluna d'água (E) em $10^{-6} \text{ rad}^2 \text{ m}^{-1}$ ; oxigênio dissolvido (OD) em ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ); carbono orgânico dissolvido (COD) em $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ; porcentagem de água de degelo (%MW) e utilização aparente do oxigênio em profundidades isoladas da atmosfera ( $\text{AOU}_{\text{Prof. } > 150\text{m}}$ ) em $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , para as camadas de água superficial quente (ASQ), água superficial fria (ASF) e águas das camadas intermediária (INT) e profunda (PROF).....	75
Tabela 7 –	Metadados para a campanha de fevereiro de 2016 (FEV-16): data, estação oceanográfica (EO), longitude (LON), latitude (LAT), profundidades local (Prof. Local) e de coleta (Prof. Coleta). Resultados para as variáveis: temperatura potencial ( $\theta$ ) em $^{\circ}\text{C}$ ; salinidade (S); densidade potencial ( $\sigma_{\theta}$ ) em $\text{kg m}^{-3}$ ; estabilidade da coluna d'água (E) em $10^{-6} \text{ rad}^2 \text{ m}^{-1}$ ; oxigênio dissolvido (OD) em ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ); carbono	

	orgânico dissolvido (COD) em $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ; porcentagem de água de degelo (%MW) e utilização aparente do oxigênio em profundidades isoladas da atmosfera ( $\text{AOU}_{\text{Prof.} > 150\text{m}}$ ) em $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , para as camadas de água superficial quente (ASQ), água superficial fria (ASF) e águas das camadas intermediária (INT) e profunda (PROF).....	83
Tabela 8 –	Matrizes de resultado do coeficiente de correlação de Spearman para a campanha de fevereiro de 2015. Os valores correspondem ao resultado da correlação. Os valores em vermelho são correlações não significativas, com valor de $p \geq 0,05$ , e os outros valores em preto são correlações significativas, com valor de $p < 0,05$ . Matrizes preparadas com o software Past (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001).....	93
Tabela 9 –	Matrizes de resultado do coeficiente de correlação de Spearman para a campanha de fevereiro de 2016. Os valores correspondem ao resultado da correlação. Os valores em negrito são correlações não significativas, com valor de $p \geq 0,05$ , e os outros valores em preto são correlações significativas, com valor de $p < 0,05$ . Matrizes preparadas com o software <i>Past</i> (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001).....	94
Tabela 10 –	Carga fatorial (coeficientes de correlação) das variáveis ambientais da campanha de fevereiro de 2015 estimada por análise de componentes principais (PCA). Matrizes preparadas com o software <i>Past</i> (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001).....	95
Tabela 11 –	Carga fatorial (coeficientes de correlação) das variáveis ambientais da campanha de fevereiro de 2016 estimada por análise de componentes principais (PCA). Matrizes preparadas com o software <i>Past</i> (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001).....	96

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOU	<i>Apparent Oxygen Utilization</i>
ASF	Água Superficial Fria
ASQ	Água Superficial Quente
CDW	<i>Circumpolar Deep Water</i>
COD	Carbono Orgânico Dissolvido
COP	Carbono Orgânico Particulado
CTD	<i>Conductivity, Temperature and Depth</i>
EB	Estreito de Bransfield
ENSO	El Niño – Oscilação do Sul
FAOC	Faculdade de Oceanografia
FEV-15	Fevereiro de 2015
FEV-16	Fevereiro de 2016
GOAL	Grupo de Oceanografia de Altas Latitudes
HSSW	<i>High Salinity Shelf Water</i>
IO/FURG	Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande
IO/USP	Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo
LABOQUI	Laboratório de Oceanografia Química
LAGOM	Laboratório de Geoquímica Orgânica Marinha
LEOC	Laboratório de Estudos do Oceano e do Clima
LCDW	<i>Lower Circumpolar Deep Water</i>
LSSW	<i>Low Salinity Shelf Water</i>
MPS	Material Particulado em Suspensão
MWDW	<i>Modified Warm Deep Water</i>
NAUTILUS	Novas tecnologias autônomas na investigação e monitoramento das transformações da Água de Fundo Antártica no mar de Weddell e Península Antártica: uma contribuição para o estudo de suas implicações à circulação oceânica e ao clima
NPA	Norte da Península Antártica

NPo	Navio Polar
NPOC	<i>Non-Purgable Organic Carbon</i>
O	Oeste
OD	Oxigênio Dissolvido
OMP	<i>Optimum Multiparameter Analysis</i>
OPERANTAR	Operação Antártica
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
PC	<i>Principal Component</i>
PROANTAR	Programa Antártico Brasileiro
S	Sul
SAM	<i>Southern Annular Mode</i>
SBE	<i>Sea Bird Electronics Inc</i>
SSM	Salinidade da superfície do mar
TSM	Temperatura da superfície do mar
UCDW	<i>Upper Circumpolar Deep Water</i>
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UHP	<i>Ultra High Purity</i>
UMAA/UFRJ	Unidade Multiusuário de Análises Ambientais da Universidade Federal do Rio de Janeiro
UML	<i>Upper mixed layer</i>
WDW	<i>Warm Deep Water</i>
WW	<i>Winter Water</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
e.g.	Por exemplo
Pg C	Petagrama de Carbono
%	Porcentagem
μM	Micromolar
>	Maior que
m	Metro
~	Aproximadamente
=	Igualdade
[OD] <sub>Sat</sub>	Concentração de equilíbrio atmosférico normal
-	Subtração
[OD] <sub>in situ</sub>	Concentração de oxigênio dissolvido <i>in situ</i>
μmol kg <sup>-1</sup>	Micromol por quilograma
T-S	Temperatura-Salinidade
km	Quilômetro
Ma	Milhões de anos
km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
<	Menor que
°C	Graus Celcius
°	Grau
S	Sul
W	Oeste
cm s <sup>-1</sup>	Centímetro por segundo
Pa	Pascal
Sv	Sverdrup
+	Adição
®	Marca Registrada
±	Mais ou menos

L	Litro
mm	Milímetro
$\mu\text{m}$	Micrometro
mL	Mililitro
HCl	Ácido Clorídrico
HNO <sub>3</sub>	Ácido Nítrico
$\mu\text{L}$	Microlitro
$r^2$	Coefficiente de determinação
E	Estabilidade da Coluna de água
$\text{rad}^2 \text{m}^{-1}$	Radianos ao quadrado por metro
<i>N</i>	Frequência de Bunt-Väisälä
$\text{rad s}^{-1}$	Radianos por segundo
<i>g</i>	Gravidade
$\text{m s}^{-2}$	Metro por segundo ao quadrado
$\rho$	Densidade da água do mar
$\sigma$	Anomalia de Densidade
$\text{kg m}^{-3}$	Quilograma por metro cúbico
<i>z</i>	Profundidade
<i>rS</i>	Coefficiente de Correlação
$\theta$	Temperatura potencial
i.e.	Ou seja
$\leq$	Menor ou igual
$\geq$	Maior ou igual
$\sigma_\theta$	Anomalia de densidade potencial
$\gamma^n$	Densidade Neutra
%MW	Porcentagem de água de degelo

## SUMÁRIO

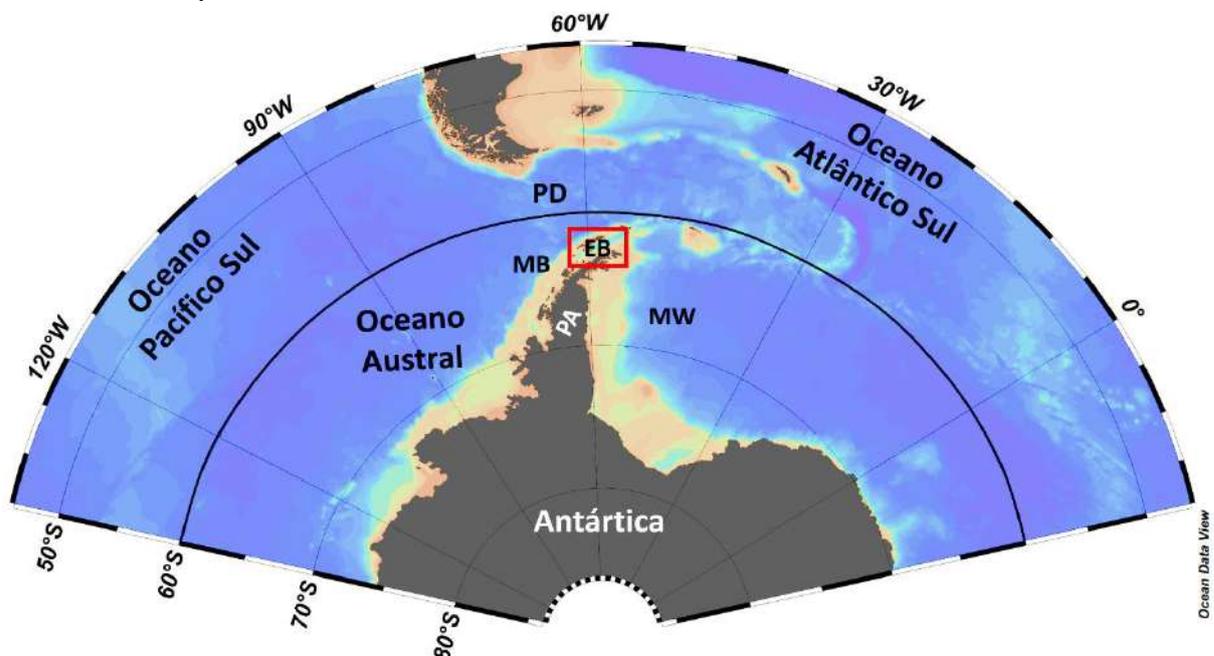
	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	18
1	<b>OBJETIVOS</b> .....	23
1.1	<b>Geral</b> .....	23
1.2	<b>Específicos</b> .....	23
2	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	24
2.1	<b>Ciclo global do carbono</b> .....	24
2.1.1	<u>Bomba biológica oceânica</u> .....	25
2.1.2	<u>Carbono orgânico</u> .....	26
2.1.3	<u>Degradação da matéria orgânica</u> .....	28
2.2	<b>Massas de água</b> .....	29
3	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	31
3.1	<b>Características oceanográficas</b> .....	35
4	<b>METODOLOGIA</b> .....	39
4.1	<b>Estratégia de amostragem</b> .....	39
4.2	<b>Análises amostrais</b> .....	41
4.2.1	<u>Carbono orgânico dissolvido</u> .....	41
4.2.2	<u>Oxigênio dissolvido</u> .....	42
4.3	<b>Medições de parâmetros físicos</b> .....	43
4.4	<b>Análise estatística</b> .....	44
5	<b>RESULTADOS</b> .....	46
5.1	<b>Condições oceanográficas entre os anos de estudo</b> .....	46
5.2	<b>Concentrações de carbono orgânico dissolvido</b> .....	52
5.2.1	<u>Controles físico-químicos da variabilidade do COD</u> .....	55
6	<b>DISCUSSÃO</b> .....	59
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	66
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67
	<b>APÊNDICE A</b> – Resultados completos da campanha de fevereiro de 2015....	75
	<b>APÊNDICE B</b> – Resultados completos da campanha de fevereiro de 2016....	83
	<b>APÊNDICE C</b> – Resultados estatísticos da campanha de fevereiro de 2015...	93

<b>APÊNDICE D</b> – Resultados estatísticos da campanha de fevereiro de 2016...	94
<b>APÊNDICE E</b> – Resultados da análise das componentes principais da campanha de fevereiro de 2015.....	95
<b>APÊNDICE F</b> – Resultados da análise das componentes principais da campanha de fevereiro de 2016.....	96

## INTRODUÇÃO

A Antártica e o oceano Austral (Figura 1) são regiões remotas e de difícil acesso do globo. Apesar desta característica, estão diretamente relacionados com as condições climáticas, meteorológicas e oceanográficas do planeta e, de forma mais sensível, do Hemisfério Sul (KING; TURNER, 2007; TURNER et al., 2005). O estreito de Bransfield (EB), localizado ao Norte da Península Antártica (NPA), caracteriza-se por um complexo padrão de circulação oceânica, envolvendo águas do mar de Weddell, do mar de Bellingshausen e da passagem de Drake (Figura 1; GARCÍA et al., 2002; KERR et al., 2018a; NILLER; AMOS; HU, 1991; SANGRÀ et al., 2011). As complexas interações entre processos oceânicos, atmosféricos e de alguns componentes da criosfera induzem à mistura de águas superficiais oceânicas e da plataforma continental, atuando de maneira essencial na ventilação das camadas oceânicas profundas e nos ciclos biogeoquímicos marinhos (CASPEL; HELLMER; MATA, 2018; MARSHALL; SPEER, 2012).

Figura 1 – Mapa dos setores Atlântico e Pacífico do oceano Austral, com a região do estreito de Bransfield em destaque.

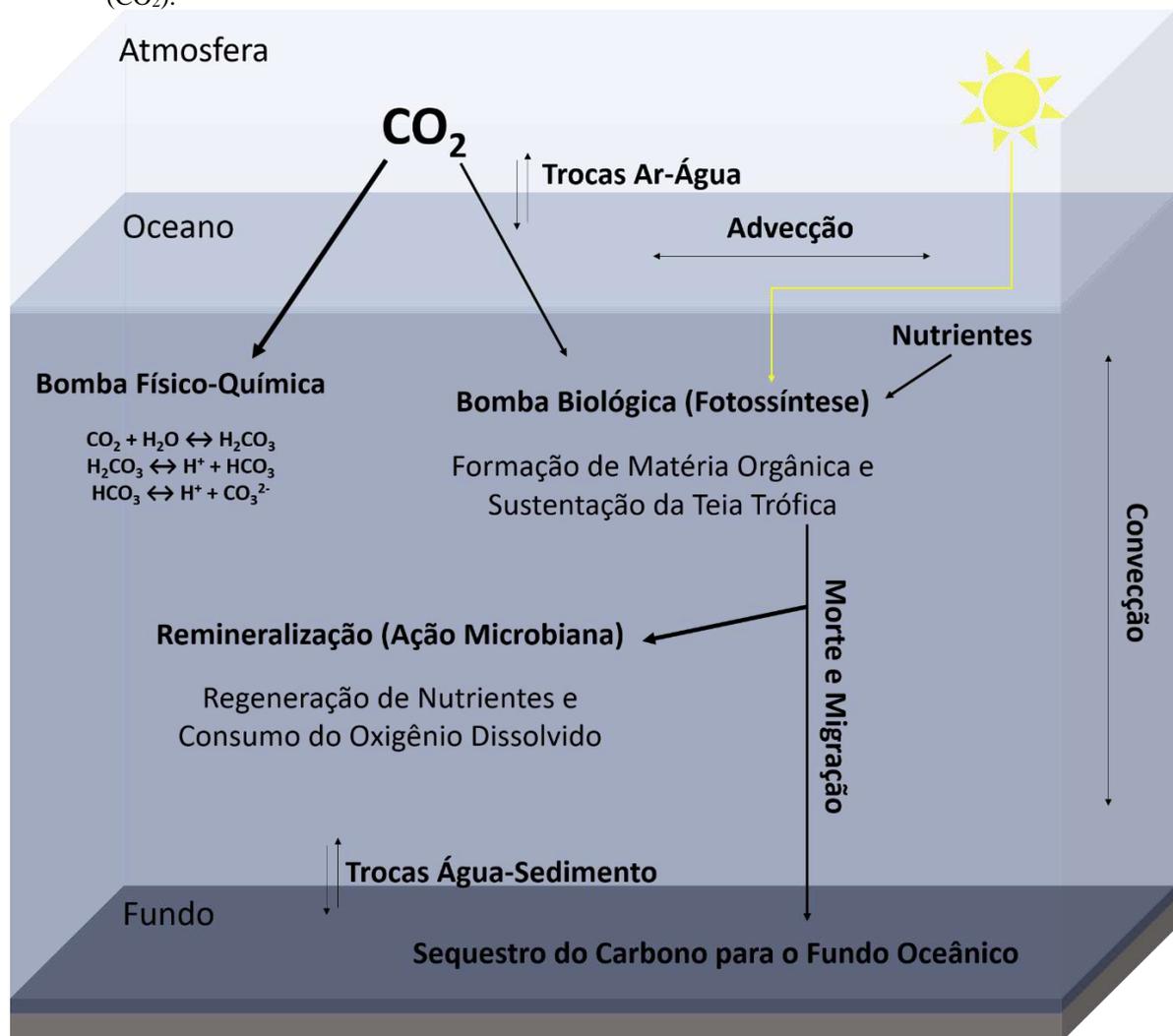


Legenda: As siglas correspondem à: passagem de Drake (PD); estreito de Bransfield (EB); mar de Bellingshausen (MB); mar de Weddell (MW) e; Península Antártica (PA).

Fonte: Figura preparada com o software *Ocean Data View* (SCHLITZER, 2019). A autora, 2019.

Nas últimas décadas, o aumento das concentrações de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico e as mudanças climáticas globais têm incentivado os estudos relativos ao ciclo global do carbono nos ecossistemas aquáticos (Figura 2; e.g. BEHRENFELD et al., 2006; BRIERLEY; KINGSFORD, 2009; DONEY, 2006; HUTCHINS; MULHOLLAND; FU, 2011). Os oceanos regulam as concentrações de  $\text{CO}_2$  na atmosfera, tendo forte influência sobre o balanço de calor da Terra (HEINZE, 2014). Além disso, os oceanos são caracterizados como grandes reservatórios de carbono e funcionam, a médio e longo prazo, como o sumidouro mais importante para o  $\text{CO}_2$  antropogênico (RAVEN; FALKOWSKI, 1999; SIEGENTHALER; SARMIENTO, 1993).

Figura 2 – Quadro esquemático do sistema atmosfera, oceano e fundo marinho, e a dinâmica do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).



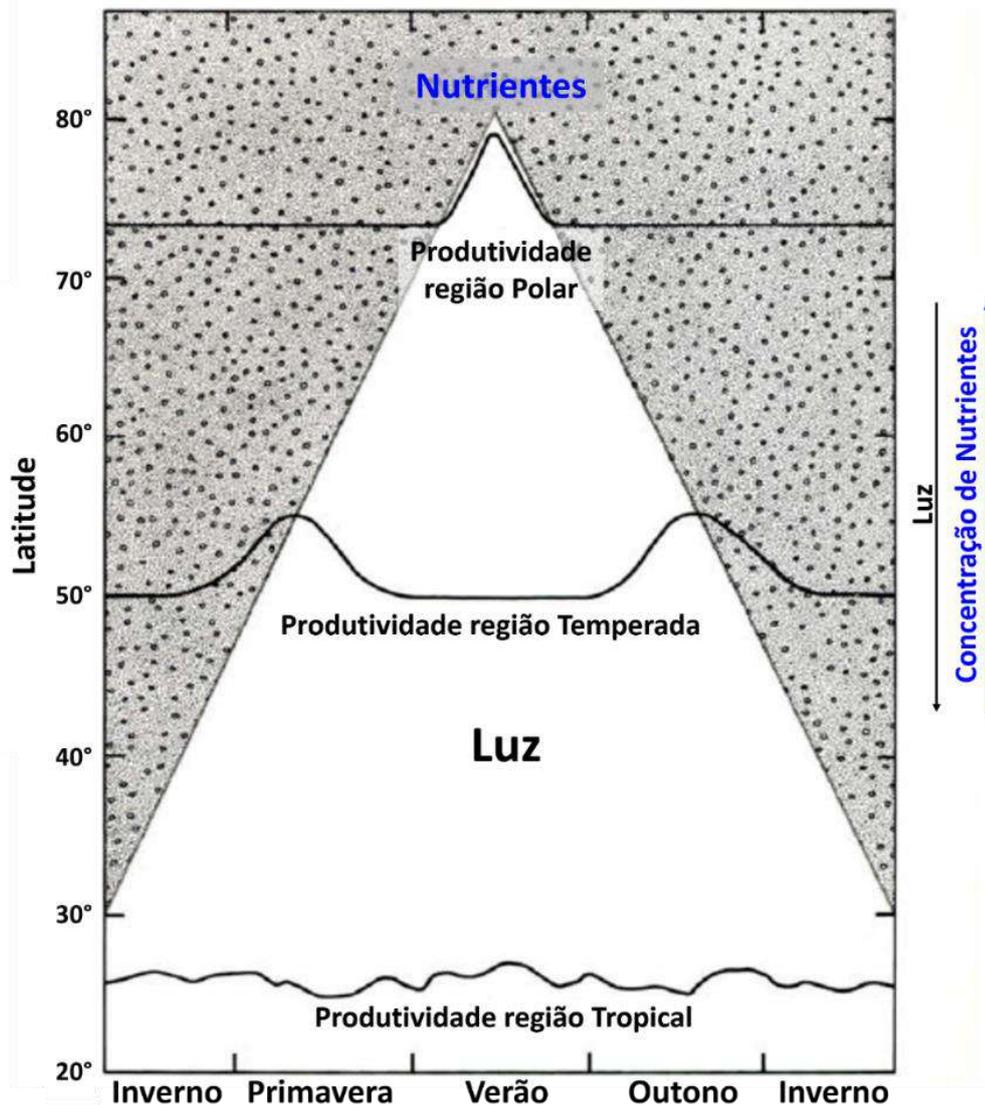
Fonte: Baseado em Libes (2009). A autora (2019).

Considerando o sistema atmosfera, oceano e fundo marinho (Figura 2), a principal entrada do  $\text{CO}_2$  nos oceanos ocorre através da bomba físico-química (LIBES, 2009). Por outro

lado, a bomba biológica oceânica absorve uma fração importante do CO<sub>2</sub> da atmosfera, através da fotossíntese, para formar a biomassa fitoplanctônica (DUCKLOW et al., 1995). A morte do fitoplâncton e dos demais organismos da teia trófica pode contribuir para o sequestro do carbono para além da camada superficial de mistura dos oceanos, podendo atingir até o fundo oceânico e, dessa forma, sedimentar a matéria orgânica (MARINOV et al., 2008; MARINOV 2013). Ao longo da coluna d'água, parte da matéria orgânica é remineralizada pela ação microbiana, causando a regeneração de nutrientes e o consumo do oxigênio dissolvido (EMERSON; HEDGES, 2008; PAN et al., 2014).

Nas regiões polares (Figura 3), o pico de produção primária ocorre no verão, quando as condições de luz e a disponibilidade de nutrientes permitem o desenvolvimento dos organismos fitoplanctônicos (LALLI; PARSONS, 1997; SAKSHAUG; HOLM-HANSEN, 1992). Próximo ao NPA, é possível observar tanto regiões oligotróficas quanto regiões muito produtivas (KARL; TILBROOK; TIEN, 1991). Conforme descrito por Knox (2006), os valores mais baixos das taxas de produção primária são relatados na passagem de Drake e no mar de Bellingshausen (Figura 1). Por outro lado, Castro et al. (2002) comentam sobre a importância da formação de frentes na acumulação do fitoplâncton e da matéria orgânica nas águas oceânicas do oceano Austral, tipicamente oligotróficas.

Figura 3 – Modelo conceitual da abundância relativa de luz e nutrientes na superfície do mar e a mudança sazonal relativa na produtividade primária nas regiões polar, temperada e tropical.



Legenda: A área branca e a seta preta correspondem à abundância relativa luz. A área cinza pontilhada e a seta azul correspondem à disponibilidade de nutrientes. As linhas pretas representam a intensidade da produtividade primária.

Fonte: Adaptado de Lalli; Parsons (1997).

A produção de carbono orgânico acompanha a produção primária na superfície do mar (DOVAL et al., 2002). O carbono orgânico pode estar fracionado em carbono orgânico particulado (COP) ou carbono orgânico dissolvido (COD), sendo a fração dissolvida a mais abundante nos oceanos (DUCKLOW et al., 1995). O reservatório oceânico de COD é equivalente ao reservatório de CO<sub>2</sub> atmosférico, com volume aproximado de 700 Pg C (petagramas<sup>1</sup> de carbono; BIF; HANSELL, 2019; FRIEDLINGSTEIN et al., 2019; HANSELL et al., 2009). Nesse contexto, compreender o papel do COD no ciclo do carbono é de suma

<sup>1</sup> 1 Pg = 10<sup>15</sup> g

importância, principalmente, em uma região de complexa circulação, como o oceano Austral (BERCOVICI; HANSELL, 2016). As questões relacionadas ao ciclo do carbono e o papel dos reservatórios de COD nos oceanos serão exploradas no capítulo 2, neste documento.

As propriedades físico-químicas (temperatura potencial, salinidade, densidade e oxigênio dissolvido) das diferentes massas de água do EB afetam a distribuição, a biomassa e a composição de espécies das assembleias fitoplanctônicas (KANG; LEE, 1995; KARL; TILBROOK; TIEN, 1991; MENDES et al., 2018). Dessa forma, processos biológicos e físicos podem ser responsáveis pela remoção de COD de águas superficiais. A mistura vertical é um mecanismo importante para a exportação de COD em regiões que experimentam acumulação de matéria orgânica e subsequente mistura convectiva profunda (DA CUNHA et al., 2018; DOVAL et al., 2002; HANSELL; CARLSON; SUZUKI, 2002).

A presente dissertação está inserida no projeto “Novas tecnologias autônomas na investigação e monitoramento das transformações da Água de Fundo Antártica no mar de Weddell e Península Antártica: uma contribuição para o estudo de suas implicações à circulação oceânica e ao clima” (NAUTILUS). O projeto corresponde à pesquisa científica integrada no oceano Austral, realizadas entre os anos de 2015 e 2019, coordenados pelo Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (IO/FURG) e com participação da Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (FAOC/UERJ) e Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO/USP).

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 Geral**

O objetivo geral deste trabalho é estudar a variabilidade do carbono orgânico dissolvido (COD) no estreito de Bransfield, Norte da Península Antártica entre os anos de 2015 e 2016.

### **1.2 Específicos**

A fim de atender o objetivo principal, este estudo tem ainda como objetivos específicos:

- a) Comparar as concentrações de COD observadas neste estudo com resultados encontrados historicamente no oceano Austral;
- b) Investigar os fatores físicos e biogeoquímicos controladores das distribuições de COD no EB;

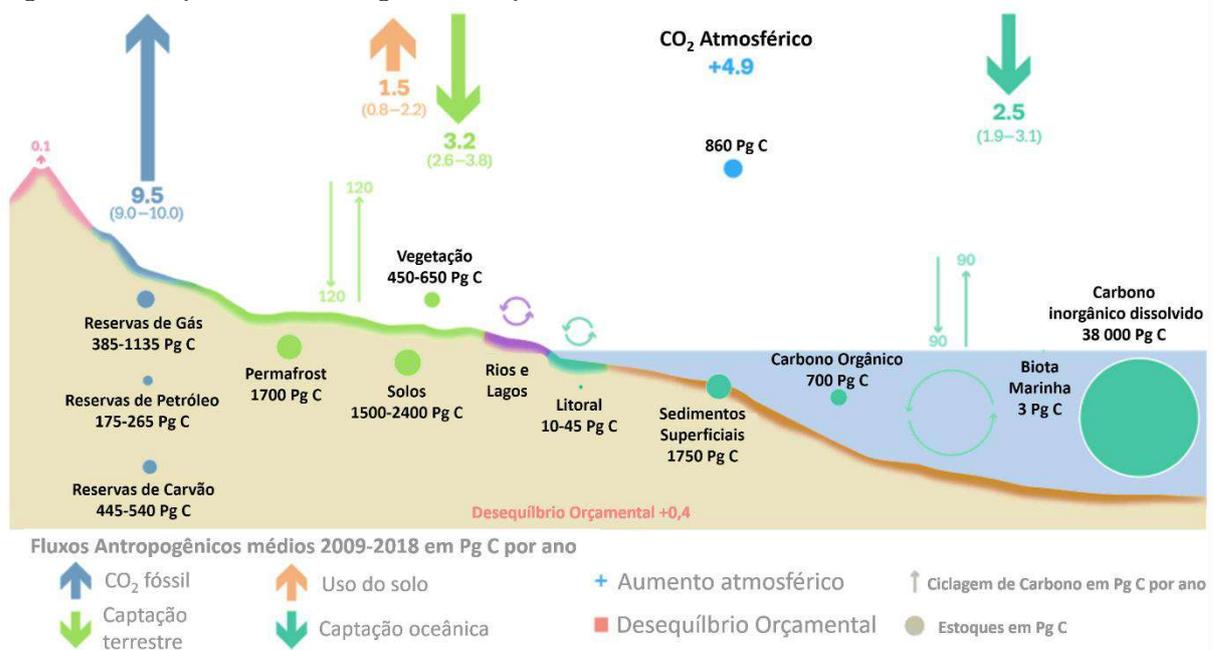
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão conceituados os assuntos e as ferramentas relevantes para a investigação proposta neste estudo.

### 2.1 Ciclo global do carbono

Conforme descrito por Emerson e Hedges (2008), o ciclo global do carbono envolve todas as reações das frações inorgânicas e orgânicas do carbono e as trocas que ocorrem entre a atmosfera, o oceano e o sedimento (Figura 2). Os oceanos são especialmente importantes no ciclo do carbono, uma vez que contêm cerca de 60 vezes mais carbono que a atmosfera (RIEBESSELL; KORTZINGER; OSCHLIES, 2009). Segundo (FRIEDLINGSTEIN et al., 2019; LE QUÉRÉ et al., 2018), os fluxos de CO<sub>2</sub> entre essas duas interfaces correspondem a, aproximadamente, 90 Pg C por ano (Figura 4).

Figura 4 – Principais reservatórios globais e respectivos fluxos de carbono.



Fonte: Adaptado de Friedlingstein et al. (2019).

Estudos do final do século XX apontaram que após o início da Revolução Industrial (séculos XVIII e XIX) houve um aumento no fluxo líquido de CO<sub>2</sub> da atmosfera para os oceanos, equivalente a, aproximadamente, 2 Pg C por ano (e.g. RAVEN; FALKOWSKI, 1999). Estudos recentes, considerando dados coletados entre os anos de 2009 e 2018, indicaram fluxos em torno de 2,5 Pg C por ano (Figura 4; FRIEDLINGSTEIN et al., 2019). A fração do carbono que chega ao fundo marinho e se acumula no sedimento, pode fornecer uma série cronológica das composições e produção de carbono ao longo do tempo geológico (LIBES, 2009). O reservatório de carbono nos sedimentos superficiais equivale a 1.750 Pg C (Figura 4; FRIEDLINGSTEIN et al., 2019; LE QUÉRÉ et al., 2018).

Entre o oceano superior e o oceano profundo, os fluxos de carbono são frequentemente descritos através da bomba físico-química e da bomba biológica (Figura 2; HEINZE, 2014; RAVEN; FALKOWSKI, 1999). Apesar dos reservatórios de carbono inorgânico dissolvido correspondem a 38.000 Pg C (Figura 4; FRIEDLINGSTEIN et al., 2019; LE QUÉRÉ et al., 2018), a relevância do reservatório oceânico de COD não pode ser subestimada. Atualmente, os estoques de COD nos oceanos globais ( $662 \pm 32$  Pg C; HANSELL et al., 2009) podem ser considerados equivalentes ao reservatório de CO<sub>2</sub> atmosférico (Figura 4; BIF; HANSELL, 2019; FRIEDLINGSTEIN et al., 2019).

### 2.1.1 Bomba biológica oceânica

O fitoplâncton marinho é responsável por manter as concentrações do CO<sub>2</sub> mais baixas na zona eufótica dos oceanos enquanto forma matéria orgânica, durante a fotossíntese (Figura 2; MARINOV et al., 2008; MARINOV, 2013). A bomba biológica oceânica é baseada em fluxos de matéria orgânica da superfície do oceano até o fundo (DUCKLOW et al., 1995; HANSELL et al., 2009). Essa exportação de carbono orgânico é resultante dos processos de produção e consumo dentro das teias tróficas, a partir da morte e migração dos organismos (DUCKLOW, H W et al., 1995; LALLI; PARSONS, 1997), conforme demonstrado na Figura 2. Segundo Friedlingstein et al. (2019) e Le Quéré et al. (2018), os estoques oceânicos de carbono associados à biota marinha equivalem a 3 Pg C (Figura 4).

A eficiência do transporte e armazenamento de carbono removido das águas superficiais depende da produção líquida do sistema (CALLEJA; AL-OTAIBI; MORÁN, 2019). Conforme descrito por Lalli e Parsons (1997) o fitoplâncton é a base a teia alimentar marinha e está

presente em toda a zona eufótica de todos os mares, incluindo sob o gelo em áreas polares. A disponibilidade de luz e de nutrientes na zona eufótica e a profundidade da camada de mistura são os principais fatores que controlam a produção fitoplanctônica em diferentes latitudes e estações do ano e, conseqüentemente, afetam os demais organismos da teia alimentar.

Através da razão de Redfield (REDFIELD; KETCHUM; RICHARDS, 1963) é representada a proporção molar média de carbono, nitrogênio e fósforo na qual são utilizados durante o metabolismo marinho, respectivamente, 106:16:1. As proporções nas quais os elementos da água do mar entram no ciclo biogeoquímico são determinadas pela composição elementar da biomassa, uma vez que o plâncton compreende a maior parte da biomassa marinha. As proporções são indicadas na Tabela 1, a partir de análise de amostras de fitoplâncton e zooplâncton (REDFIELD; KETCHUM; RICHARDS, 1963).

Tabela 1 – As razões atômicas dos principais elementos presentes no plâncton.

	C	N	P
<b>Fitoplâncton</b>	108	15,5	1
<b>Zooplâncton</b>	103	16,5	1
<b>Média</b>	106	16	1

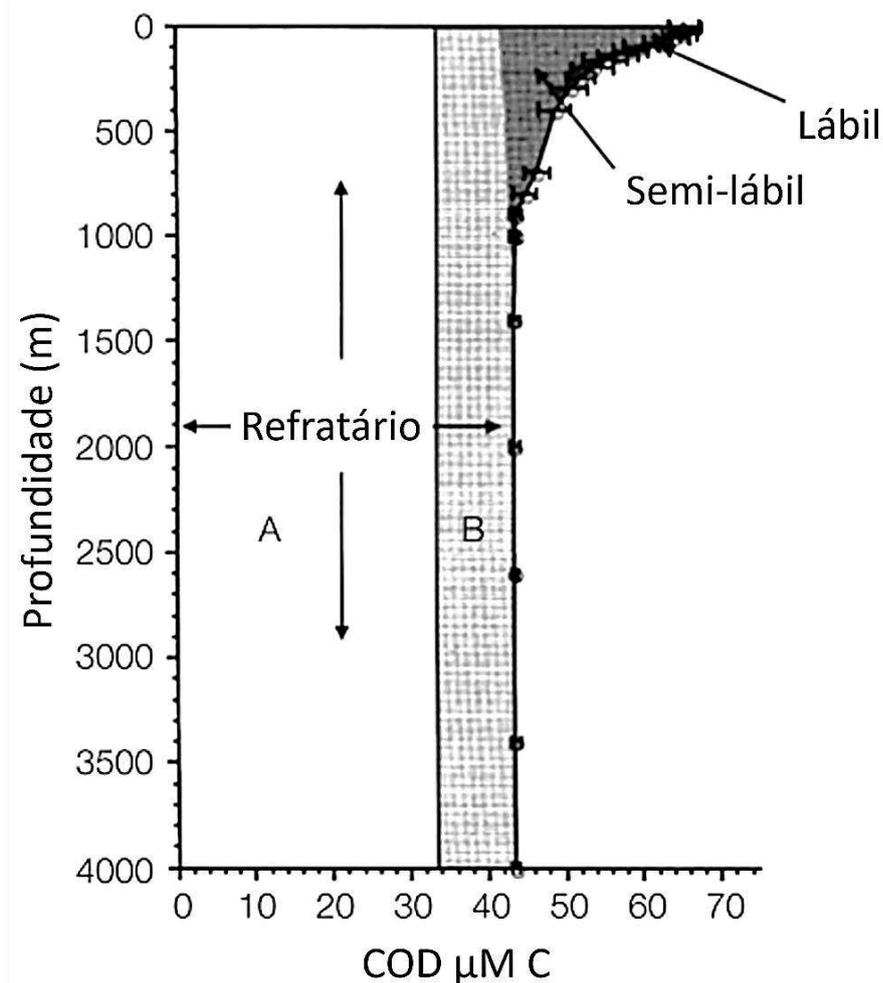
Legenda: As siglas correspondem a: Carbono (C); nitrogênio (N) e; fósforo (P).  
Fonte: Adaptado de Redfield; Ketchum; Richards (1963).

### 2.1.2 Carbono orgânico

A porção orgânica de carbono nos oceanos corresponde a 700 Pg C, equivalente a, aproximadamente 2 % do carbono total disponível no meio marinho (FRIEDLINGSTEIN et al., 2019; LE QUÉRÉ et al., 2018; LIBES, 2009). O carbono orgânico total pode ser fracionado em carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico dissolvido (COD) (DUCKLOW, H.; STEINBERG; BUESSELER, 2001; DUCKLOW, H W et al., 1995). A maior parte da sedimentação do COP (95 %) ocorre na margem continental enquanto a taxa de exportação das águas superficiais para o oceano profundo depende da produtividade biológica e do grau em que o COP detrítico pode ser exportado abaixo da termoclina (LIBES, 2009).

O COD representa o maior reservatório de carbono orgânico nos oceanos (HANSELL *et al.*, 2009; LE QUÉRE *et al.*, 2018). Essa fração orgânica tem origem em processos biológicos *in situ*, incluindo exsudação e excreção do plâncton e lise celular (PAN *et al.*, 2014). O COD é formado por frações lábeis, semi-lábeis e refratárias (Figura 5), de uma infinidade de moléculas que variam de pequenos compostos, como a glicose, a polímeros muito grandes, que se tornam cada vez mais resistentes à ruptura fotoquímica e/ou microbiana (CARLSON, 2002; LIBES, 2009; PAN *et al.*, 2014).

Figura 5 – Modelo conceitual do reservatório de carbono orgânico dissolvido (COD) para as suas frações lábil, semi-lábil e refratária, no oceano aberto.



Legenda: As setas pretas indicam os reservatórios de COD lábil (área preta), semi-lável (área cinza escuro) e refratário (áreas branca e cinza claro). O reservatório refratário é dividido em: (A) COD refratário com tempo de residência maior que o tempo da circulação termohalina (milénar) e; (B) COD refratário com tempo de residência equivalente ao tempo da circulação termohalina (secular). As concentrações de COD são expressas em micromolar de carbono ( $\mu\text{M C}$ ). As profundidades são representadas em escala à esquerda.

Fonte: Adaptado de Carlson (2002).

A exportação global do COD da superfície para camadas oceânicas mais profundas é estimada em, aproximadamente, 20 % (CALLEJA; AL-OTAIBI; MORÁN, 2019). Essa

exportação depende, principalmente, da mistura convectiva superficial e de fluxos difusivos ao longo da coluna d'água (CALLEJA; AL-OTAIBI; MORÁN, 2019; HANSELL *et al.*, 2009; HANSELL; CARLSON; SUZUKI, 2002). O tempo de ciclagem do COD nos oceanos pode variar numa escala de tempo de minutos a dias para as frações lábeis, de semanas a anos para as frações semi-lábeis ou por décadas a milênios para o COD refratário (CARLSON, 2002; DUCKLOW *et al.*, 1995). Segundo Carlson (2002), o reservatório das frações refratárias do COD (Figura 5) é melhor representado pelos estoques de águas profundas (> 1.000 m), com uma idade superior a 1.000 anos. Como a idade média do COD refratário profundo já foi datada como sendo muito maior do que a escala de tempo da circulação termohalina (~ 1.000 anos), a fração pode ser reintroduzida nas águas superficiais à medida que segue o caminho da circulação oceânica.

### 2.1.3 Degradação da matéria orgânica

O processo de transformar materiais orgânicos de volta à formas inorgânicas é denominado como remineralização (Figura 2) e, ocorre em toda a coluna de água (EMERSON; HEDGES, 2008; LIBES, 2009). Todos os elementos incorporados aos materiais orgânicos são reciclados, em diferentes escalas de tempo. As frações lábeis são as mais rapidamente degradadas, na zona eufótica, enquanto frações semi-lábeis e refratárias são degradadas mais lentamente, tendendo a permanecer na coluna d'água ou se acumular no fundo do mar (CARLSON, 2002; PAN *et al.*, 2014; REINTHALER *et al.*, 2013).

A remineralização das partículas biogênicas impulsionam a respiração no interior do oceano, através do consumo do oxigênio dissolvido (Figura 2; DUTEIL *et al.*, 2013). Para inferir esta respiração, é amplamente utilizado na literatura conceito de utilização aparente do oxigênio (AOU – *apparent oxygen utilization*; ITO; FOLLOWS; BOYLE, 2004). A AOU (Equação 1) é definida por Libes (2009) como a diferença de concentração de oxigênio dissolvido entre a amostra de águas profundas e sua concentração de equilíbrio atmosférico normal, ou seja, 100 % de saturação. A AOU é uma medida da quantidade de oxigênio dissolvido consumida através da respiração da matéria orgânica, uma vez que uma massa de água não teve mais contato com a atmosfera após sua formação. O deficit de oxigênio dissolvido, devido à respiração da matéria orgânica em uma amostra de água, pode ser estimada

conhecendo a temperatura, a salinidade e as concentrações de oxigênio dissolvido *in situ* (Equação 1; EMERSON; HEDGES, 2008).

$$AOU = [OD]_{Sat} - [OD]_{in\ situ}, \quad (1)$$

Onde,

AOU = Utilização Aparente do Oxigênio ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ );

$[OD]_{Sat}$  = Concentração teórica de oxigênio em equilíbrio atmosférico normal ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ );

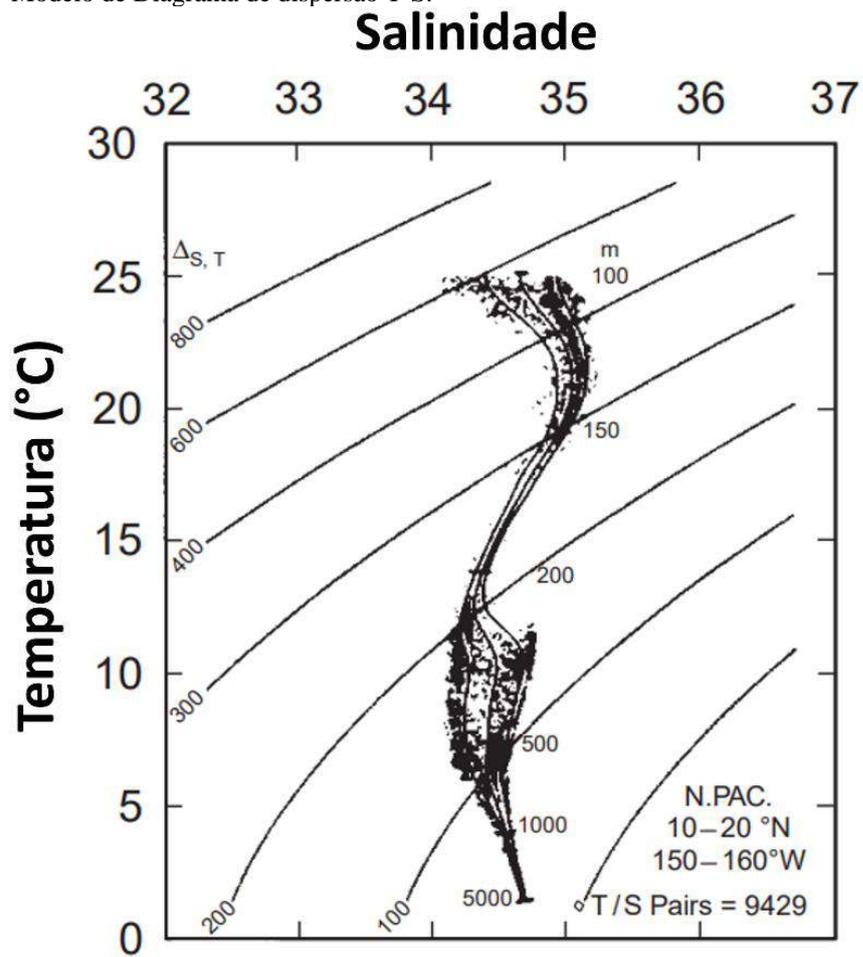
$[OD]_{in\ situ}$  = Concentração do oxigênio dissolvido medida *in situ* ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ );

## 2.2 Massas de água

Uma massa de água é composta por parcelas de água com uma história de formação comum (LIBES, 2009; POND; PICKARD, 1983). Segundo Libes (2009), as variações termohalinas, as quais distinguem uma massa d'água das outras, se devem aos processos responsáveis pela formação da parcela, como, por exemplo, resfriamento, evaporação e formação de gelo marinho. A distribuição dos pares de temperatura e salinidade nos oceanos, junto com a pressão da coluna d'água, definem as densidades das massas de água. Através do estudo da distribuição das propriedades temperatura, salinidade e densidade da água do mar, é possível distinguir e caracterizar massas de água e compreender os movimentos do oceano em resposta às forças que agem sobre ele (POND; PICKARD, 1983).

A mistura de massas de água é fundamental para compreensão da dinâmica dos ciclos biogeoquímicos marinhos. Os movimentos advectivos e convectivos (Figura 2) podem ocorrer através de processos turbulentos e moleculares e são importantes para o transporte e exportação de carbono na coluna d'água (GUO; SANTSCHI; WARNKEN, 1995). Existem diversos métodos para estudar como diferentes massas de água se misturam, entretanto, o modelo clássico mais utilizado na oceanografia é a plotagem dos tipos de água em um diagrama de temperatura-salinidade (T-S; BOWERS et al., 2013).

Figura 6 – Modelo de Diagrama de dispersão T-S.

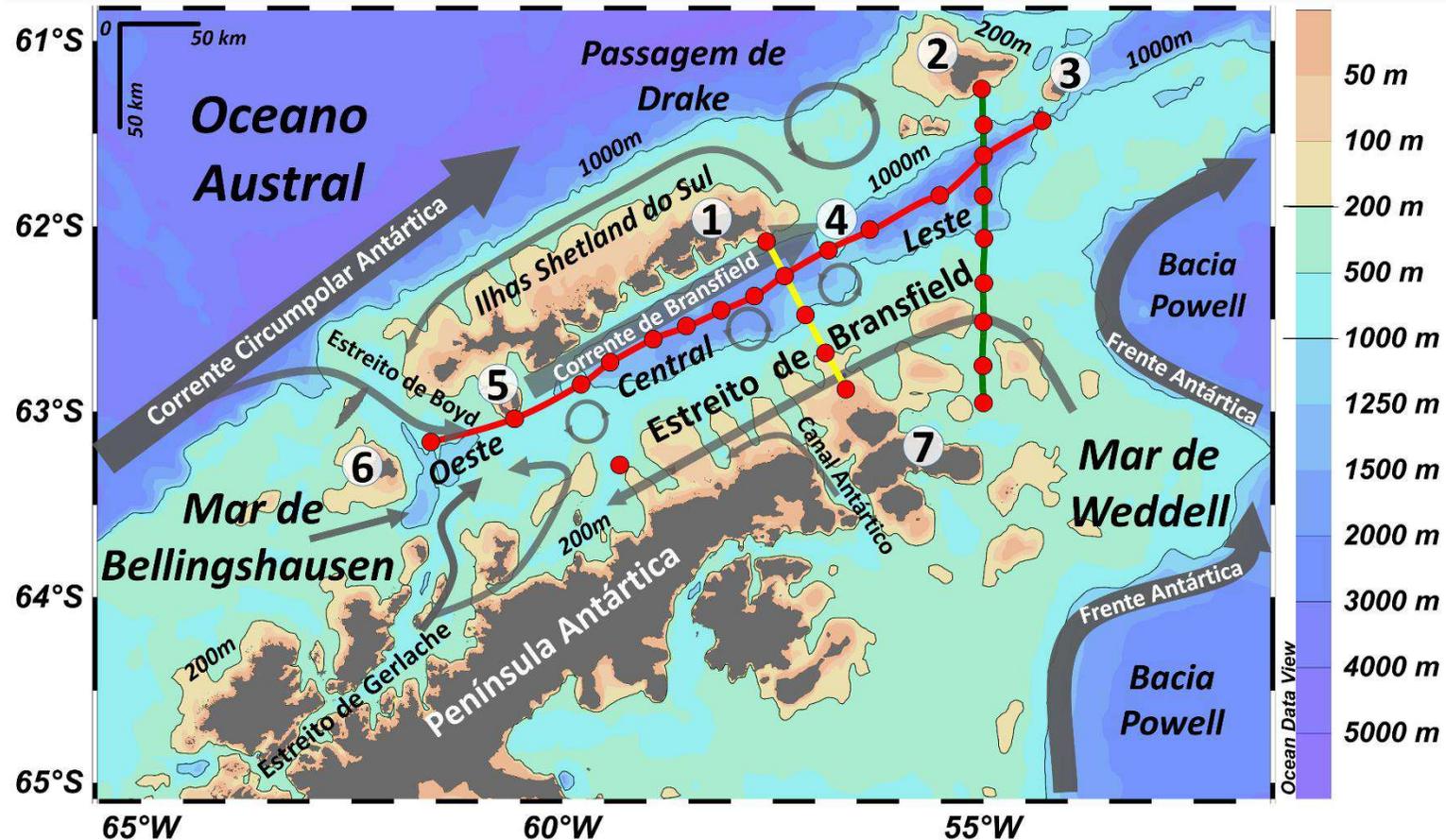


Legenda: As siglas correspondem a: oceano Pacífico Norte (N.PAC); temperatura (T) e; salinidade (S).  
Fonte: Adaptado de Emery (2003).

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O EB (Figura 7) é caracterizado geologicamente como uma bacia marginal entre o inativo Arco das Ilhas Shetland do Sul, no noroeste, e a Península Antártica, no sudeste, estendendo-se por cerca de 500 km desde a Ilha Low no sudoeste até Ilha Clarence no nordeste e com largura de 100 km (DUARTE, 2006; HUNEKE; HUHN; SCHRÖEDER, 2016; PETERSEN et al., 2004). Sua evolução tectônica é datada de 190 Ma, devido a subducção da litosfera oceânica da Placa Drake sob a Placa Antártica (PETERSEN et al., 2004). Com uma área total de 50.000 km<sup>2</sup>, o EB é dividido em três sub-bacias: leste, central e oeste, as quais são delimitadas pelas plataformas relativamente rasas (profundidades < 1.000 m), das Ilhas vulcânicas Deception e Bridgeman (CASPEL; HELLMER; MATA, 2018; GARCÍA et al., 2002).

Figura 7 – Mapa de localização do estreito de Bransfield e das estações oceanográficas amostradas durante os cruzeiros NAUTILUS.



Legenda: Os pontos vermelhos correspondem às estações oceanográficas. As linhas sólidas correspondem às seções Bransfield Central (vermelho), Ilha Rei George (amarela) e Ilha Elefante (verde). Os números correspondem às Ilhas: Rei George (1); Elefante (2); Clarence (3); Bridgeman (4); Deception (5); Low (6) e; Joinville (7). As setas cinzas indicam a trajetória das águas oriundas do mar de Weddell, do mar de Bellingshausen, da passagem de Drake e do estreito de Gerlache. Os círculos cinzas correspondem ao sistema vórtices anticiclônicos. As escalas gráficas para as componentes zonal e meridional do mapa são apresentadas na parte superior esquerda. A batimetria é representada em escala de cores à direita.

Fonte: Baseado em Dotto et al. (2016); Petersen et al., (2004); Sangrà et al., (2011, 2017). A autora (2020).

Conforme descrito por Fabrés et al. (2000), o EB fica totalmente coberto pelo gelo marinho de julho até meados de outubro, quando o aquecimento da primavera começa a dominar na região. Entre os meses de dezembro e abril o estreito é, normalmente, livre de gelo, o que possibilita a navegação e as diversas pesquisas científicas realizadas no local (DUARTE, 2006). Durante os meses de maio e junho, o gelo marinho volta a se formar, a partir da margem da Península Antártica e avançando, gradualmente, para norte (Figura 5; FABRÉS et al., 2000).

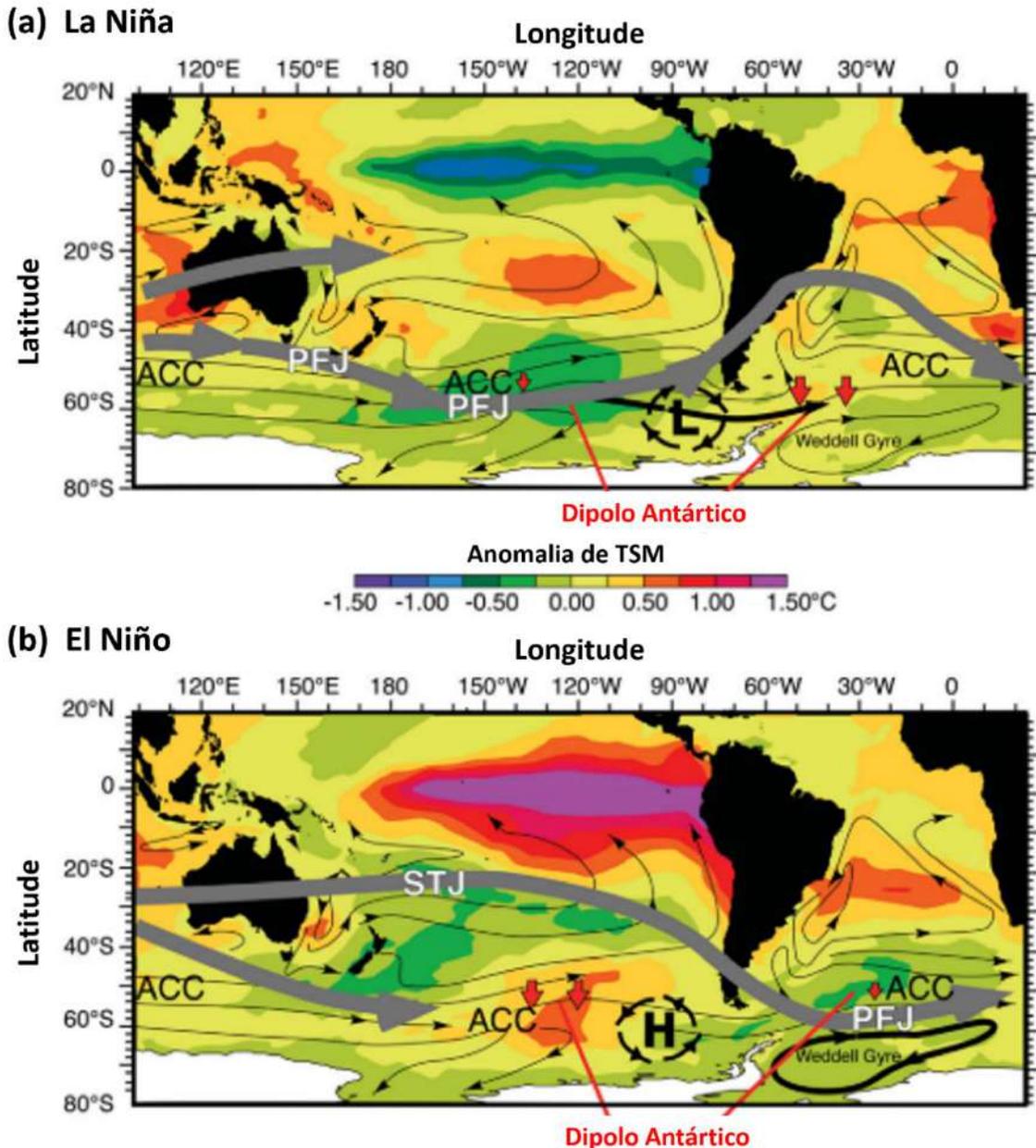
O NPA (Figura 7) é considerado como uma região bastante sensível às mudanças climáticas (FABRÉS et al., 2000; HUNEKE; HUH; SCHRÖEDER, 2016). Entre os anos de 1955 e 2004, passou por um aquecimento significativo, com um aumento de 3 °C da temperatura do ar e de, aproximadamente, 1 °C da temperatura da superfície do mar (TSM; MOFFAT; MEREDITH, 2018). O estudo apresentado por Cook; Vaughan (2010), mostrou que, em 50 anos, as plataformas de gelo ao redor da Península Antártica recuaram em uma área de 28.000 km<sup>2</sup>, aproximadamente. Por outro lado, Cook et al. (2016) indicaram que as geleiras ao redor do EB não enfrentaram um recuo significativo, entre os anos de 1945 e 2009. Segundo os autores, isso se deve ao fato de o EB receber influência das águas frias do mar de Weddell, enquanto as demais áreas da Península Antártica são dominadas pela Água Circumpolar Profunda (*Circumpolar Deep Water* – CDW), relativamente, mais quente. Dessa forma, apesar das mudanças climáticas induzirem o aquecimento oceânico e o recuo das geleiras ao redor do NPA, as águas da região do EB ainda se mantêm frias o suficiente para frear a ocorrência do fenômeno (COOK et al., 2016).

Os modos climáticos de larga escala El Niño – Oscilação do Sul (ENSO) e o *Southern Annular Mode* (SAM) afetam de forma significativa o oceano Austral e, em particular, o NPA. Diversos autores (e.g. DOTTO et al., 2016; LA et al., 2019; RUIZ BARLETT et al., 2018) comentam que as teleconexões entre o ENSO e o SAM, e suas respectivas variabilidades temporais, são responsáveis por controlar os padrões de distribuição de ventos, precipitação, correntes marinhas, extensão e derretimento de gelo marinho e continental.

O ENSO é caracterizado por flutuações em larga escala da pressão atmosférica e da temperatura da superfície do mar no Pacífico Equatorial, possuindo uma fase positiva, chamada El Niño e uma fase negativa, denominada La Niña (TRENBERTH, 1997). Durante as fases El Niño, o EB tende a apresentar águas superficiais relativamente mais densas e com temperaturas mais baixas (RUIZ BARLETT et al., 2018). Segundo Loeb et al. (2010, 2009; Figura 8), essas características ocorrem devido a mudanças na porcentagem de águas que entram no EB, uma vez que durante o El Niño o Giro de Weddell é intensificado enquanto a Corrente Circumpolar Antártica é reduzida. Nas fases de La Niña, por outro lado, ocorre o processo oposto, uma vez

que o Giro de Weddell é enfraquecido a Corrente Circumpolar Antártica é intensificada. Sendo assim em anos de El Niño o EB recebe maior entrada de águas do mar de Weddell, enquanto em anos de La Niña, maior entrada de águas do mar de Bellingshausen.

Figura 8 – Modelos esquemáticos do sistema oceano-atmosfera para o modo climático El Niño – Oscilação do Sul (a) La Niña e (b) El Niño.



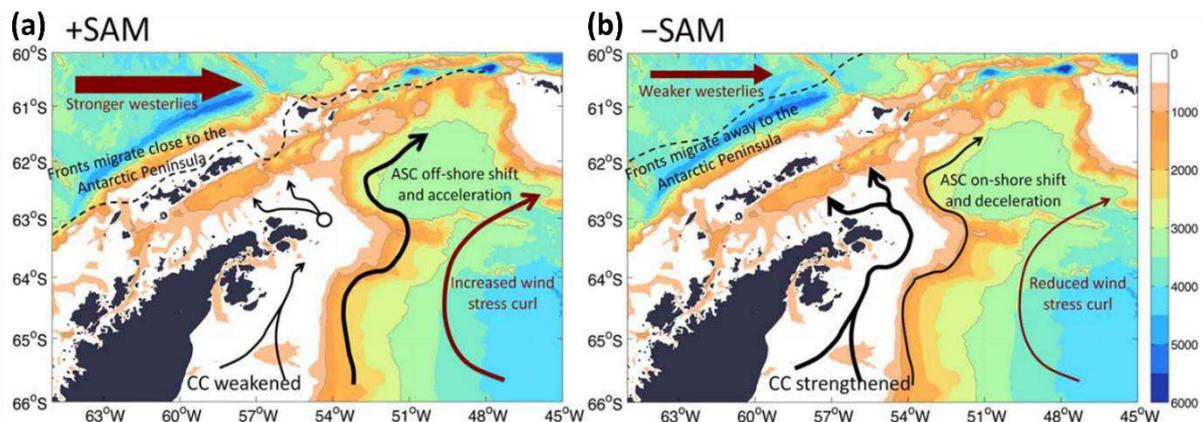
Legenda: As siglas correspondem a: Corrente Circumpolar Antártica (ACC); Jatos frontais polares (PFJ); Jatos Subtropicais (STJ); Sistema de baixa pressão atmosférica (L) e; Sistema de alta pressão atmosférica (H). A escala de cores representa anomalia de Temperatura da superfície do mar (TSM).

Fonte: Adaptado de Loeb et al. (2010).

O SAM é definido como uma variabilidade interanual decadal da diferença de pressão atmosférica no nível médio do mar entre 40° S e 65° S, o que influencia a intensidade dos ventos do oeste (MARSHALL, G. J., 2003). Durante as fases positivas do SAM, a comunicação entre

o mar de Weddell e o EB é reduzida, levando a menos massas de água fria e salgada atingindo os estratos intermediários profundos do EB. Já na fases negativas do SAM, a comunicação entre o mar de Weddell e o EB é intensificada, o que possibilita que mais massas de água fria e salgada atingindo os estratos intermediários profundos (DOTTO et al., 2016; RUIZ BARLETT; PIOLA; et al., 2018).

Figura 9 – Modelos esquemáticos do sistema oceano-atmosfera para o modo climático *Southern Annular Mode* (a) positivo e (b) negativo.



Legenda: As setas marrons representam a intensidade e sentido dos ventos. As setas pretas correspondem à intensidade e sentido da circulação oceânica. A linha preta tracejada indica a posição das frentes hidrográficas. A batimetria é representada em escala de cores.

Fonte: Extraído de Dotto et al. (2016).

### 3.1 Características oceanográficas

Do ponto de vista oceanográfico, o EB é um mar semifechado, que possui uma dinâmica de circulação complexa (DOTTO et al., 2016; GARCÍA et al., 2002; HUNEKE; HUH; SCHRÖEDER, 2016; SANGRÀ et al., 2011). A circulação dentro do EB é reflexo das influências da Corrente Circumpolar Antártica e das correntes que transportam águas da passagem de Drake, que chegam pelo norte, dos afluxos do mar de Bellingshausen e do estreito de Gerlache, por oeste, dos afluxos do mar de Weddell, por leste (Figura 5; DOTTO et al., 2016; GARCÍA et al., 2002; MOFFAT; MEREDITH, 2018; SANGRÀ et al., 2011; ZHOU; NILER; HU, 2002).

O encontro das águas relativamente quentes e estratificadas do mar de Bellingshausen com as águas relativamente frias salinas e homogêneas do mar de Weddell induzem à formação de frentes hidrográficas, que cruzam todo o EB (GARCÍA et al., 2002; SANGRÀ et al., 2011).

Conforme descrito por Sangrà et al. (2011), a Frente da Península está posicionada próximo à Península Antártica, da superfície até, aproximadamente, 100 m de profundidade. Já a Frente de Bransfield, posicionada em subsuperfície, próxima à margem continental sul das ilhas Shetland do Sul, está ligada ao jato baroclínico denominado como Corrente de Bransfield (Figura 5; ZHOU et al., 2006; ZHOU; NIILER; HU, 2002). Os campos de velocidade e densidade da Corrente de Bransfield são responsáveis por satisfazerem ao equilíbrio geostrófico e dão origem à Frente de Bransfield (SANGRÀ et al., 2017).

A Corrente de Bransfield é dirigida do sudoeste para o nordeste, ao longo do talude sul das Ilhas Shetland do Sul (Figura 7). Esta corrente foi caracterizada como uma corrente larga e lenta, com uma largura de 50 a 100 km e uma velocidade máxima de  $8 \text{ cm s}^{-1}$  (ZHOU et al., 2006). O fluxo geostrófico possui um transporte relativo, a uma pressão de  $5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ , estimado em  $1 \text{ Sv}$  (Sverdrup)<sup>2</sup> (LOPEZ et al., 1999). Entre as frentes de Bransfield e da Península, existe ainda um sistema de mesoescala de vórtices anticiclônicos (Figura 5; SANGRÀ et al., 2017). SANGRÀ et al. (2011) identificaram que as estruturas possuem um raio de 10 km e se estendem da superfície até 300 m, aproximadamente. Zhou; Niiler; Hu (2002) comentaram, ainda, sobre a presença de vórtices ciclônicos no EB, os quais são importantes para trazer águas frias e ricas e nutrientes para a zona eufótica. A Corrente de Bransfield, os jatos e os vórtices de mesoescala desempenham um papel importante no transporte e retenção de nutrientes e metais na zona eufótica e na distribuição da biota no EB (ZHOU et al., 2006).

A porção superficial do EB (entre 0 m e 200 m) pode apresentar águas com temperaturas em torno de  $-1,2 \text{ °C}$  e  $2,4 \text{ °C}$  (DUARTE, 2006). As águas oriundas do mar de Bellingshausen são as que possuem as maiores temperaturas e ocupam, principalmente, a porção norte do EB (SANGRÀ et al., 2011, 2017). As águas com origem no mar de Weddell são caracterizadas por suas baixas temperaturas (valores negativos). A entrada dessas águas no EB ocorre através do Canal Antártico e a leste da Ilha Joinville (Figura 5; DOTTO et al., 2016; SANGRÀ et al., 2011, 2017). Em superfície, águas com origem no mar de Weddell costumam ocupar a porção sul do EB, próximo à Península Antártica (HUNEKE; HUHN; SCHRÖEDER, 2016; SANGRÀ et al., 2011; ZHOU; NIILER; HU, 2002). O EB também recebe uma considerável quantidade de águas oriundas do derretimento das geleiras da Península Antártica e das Ilhas Shetland do Sul, as quais podem se misturar tanto com as águas originárias de Bellingshausen quanto de Weddell (MOFFAT; MEREDITH, 2018).

---

<sup>2</sup>  $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3$

Através da Análise Otimizada com Parâmetros Múltiplos (*Optimum Multiparameter Analysis* – OMP; TOMCZAK, 1999), associada a uma análise hidrográfica clássica (diagrama T-S), Duarte (2006) realizou a separação das contribuições percentuais das Águas *Tipo* de fontes que participam da formação das águas das três bacias que compõe o EB. A OMP resolve um sistema de equações lineares e quantifica as porcentagens relativas de uma mistura de massas de água (KERR; DOTTO; et al., 2018). A OMP possibilitou uma análise mais refinada das águas presentes do EB, com profundidades > 200 m, oriundas do mar de Bellingshausen, do mar de Weddell e da passagem de Drake (DUARTE, 2006).

O estudo investigou as contribuições percentuais das massas de água no EB, para os anos de 2003 e 2004: Água de Inverno (*Winter Water* – WW); Água de Plataforma de Alta Salinidade (*High Salinity Shelf Water* – HSSW); Água de Plataforma de Baixa Salinidade (*Low Salinity Shelf Water* – LSSW); Água Cálida Profunda (*Warm Deep Water* – WDW); Água Cálida Profunda Modificada (*Modified Warm Deep Water* – MWDW) e; a CDW, que ainda pode ser subdividida em Água Circumpolar Profunda Superior (*Upper Circumpolar Deep Water* – UCDW) e Água Circumpolar Profunda Inferior (*Lower Circumpolar Deep Water* – LCDW) (DUARTE, 2006). A Tabela 2 apresenta os limites termohalinos e de oxigênio dissolvido de cada massa d'água.

Tabela 2 – Águas *Tipo* de fontes e respectivos intervalos de temperatura potencial ( $\theta$ ), salinidade e oxigênio dissolvido (OD).

<b>Massa de Água</b>	<b>Temperatura Potencial <math>\theta</math> (°C)</b>	<b>Salinidade</b>	<b>Oxigênio Dissolvido (<math>\mu\text{M}</math>)</b>
WW	$-1,88 < \theta < -1,70$	$34,30 < S < 34,44$	$294 < OD < 308$
HSSW	$-1,88 < \theta < -1,70$	$34,56 < S < 34,84$	$308 < OD < 326$
LSSW	$-1,88 < \theta < -1,70$	$34,30 < S < 34,40$	$321 < OD < 330$
WDW	$0,00 < \theta < 1,00$	$34,60 < S < 34,75$	$192 < OD < 219$
MWDW	$-1,20 < \theta < 0,20$	$34,45 < S < 34,64$	$230 < OD < 279$
CDW	$0,20 < \theta < 1,70$	$34,50 < S < 34,8$	$191 < OD < 220$

Legenda: As siglas correspondem a: Água de Inverno (WW); Água de Plataforma de Alta Salinidade (HSSW); Água de Plataforma de Baixa Salinidade (LSSW); Água Cálida Profunda (WDW); Água Cálida Profunda Modificada (MWDW) e; a Água Circumpolar Profunda (CDW).

Fonte: Adaptado de Duarte (2006).

Conforme descrito por Duarte (2006), a WW é uma água superficial associada à formação do gelo marinho no inverno, a qual, pode contribuir para a composição das camadas intermediárias do EB (entre 200 m e 400 m). A LSSW é uma massa de água formada nas plataformas leste do mar de Weddell e possui índices termohalinos muito parecidos com a WW (Tabela 2). A HSSW é uma água de alta salinidade formada durante o processo de congelamento das águas de plataforma do mar de Weddell, apresentando contribuição para a formação das águas profundas (> 1.000 m) e de fundo do EB (DOTTO et al., 2016; RUIZ BARLETT; PIOLA; et al., 2018).

Enquanto a UCDW é a porção da CDW de origem indo-pacífica, a LCDW é formada quando a Água Profunda do Atlântico Norte (*North Atlantic Deep Water* – NADW) entra no setor atlântico da Corrente Circumpolar Antártica. A LCDW, por sua vez, ao entrar no giro ciclônico do mar de Weddell, forma a WDW. A MWDW é uma massa de água formada pela mistura entre WDW e WW (KERR, 2006). No estudo de Duarte (2006), a MWDW foi identificada como a maior contribuição percentual dentro do EB. Com origem no mar de Weddell, a MWDW entra no EB através dos canais de ligação à Bacia Powell (Figura 7).

Diversos autores (e.g. GARCÍA et al., 2002; RUIZ BARLETT et al., 2018; SANGRÀ et al., 2011, 2017; ZHOU; NIILER; HU, 2002) relatam que a CDW presente no mar de Bellingshausen e na passagem de Drake é uma das massas de água que chegam às camadas superficiais do EB, mesmo que esta tenha passado por processos de modificação durante o seu trajeto. A ressurgência da LCDW, próximo ao continente antártico, e sua mistura com águas frias e menos salinas da plataforma continental é responsável por essa modificação (RUIZ BARLETT et al., 2018). A CDW modificada (mCDW; MEREDITH, 2018; RUIZ BARLETT et al., 2018) pode entrar no EB através dos canais entre as ilhas Low, Rei George e Elefante (Figura 5; LOPEZ et al., 1999; ZHOU et al., 2006). A mCDW pode ser definida com uma temperatura potencial entre 0 °C e 1,5 °C e salinidade entre 34,5 e 34,72 e baixos níveis de oxigênio (SANGRÀ et al., 2011).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Estratégia de amostragem

Os dados hidrográficos e biogeoquímicos utilizados para o estudo da variabilidade do COD no EB, foram coletados durante o projeto NAUTILUS, coordenado pelo Grupo de Oceanografia de Altas Latitudes (GOAL/FURG). As comissões oceanográficas do projeto NAUTILUS ocorreram durante as Operações Antárticas (OPERANTAR) do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), entre os anos de 2015 e 2019, verão no Hemisfério Sul. Para o presente trabalho, são utilizados os dados dos cruzeiros NAUTILUS I e NAUTILUS II, coletados na região do EB entre os dias de 08 e 14 de fevereiro de 2015 (FEV-15) e entre 18 e 24 de fevereiro de 2016 (FEV-16), respectivamente. A data de realização de cada estação oceanográfica para os dois anos de estudo, suas coordenadas geográficas e a profundidade local são apresentados nos Apêndices A e B, respectivamente, para 2015 e 2016.

Ao longo da área marítima de latitudes 61,0°-64,5° S e longitudes 52,5°-60,0° O, no EB, foram coletadas amostras em 27 estações oceanográficas (Figura 7). A bordo do Navio Polar (NPo) Almirante Maximiano, da Marinha do Brasil, foi utilizado o conjunto CTD-Rosetta (*Conductivity, Temperature and Depth*) da marca *Sea Bird Electronics Inc* (SBE), modelo CTD/Carrousel 911+system®. A acurácia dos sensores de temperatura e salinidade foram menores que  $\pm 0,002$  °C e  $\pm 0,003$ , respectivamente (KERR et al., 2018b; LENCINA-AVILA et al., 2018). Oxímetros foram acoplados ao CTD, para a determinação das concentrações do oxigênio dissolvido na água do mar. Os sensores de oxigênio dissolvido foram calibrados, a bordo, por meio do método de Winkler (GRASSHOFF; KREMLING; EHRHARDT, 1999). Os detalhes sobre a análise do oxigênio dissolvido são descritos no tópico 5.2.2, neste documento. Um fluorímetro (*WetLabs® profiling fluoromete*) também foi usado para medir a fluorescência *in vivo* em todas as estações oceanográficas. A intensidade da fluorescência da água foi traduzida em concentrações de clorofila a (DA CUNHA et al., 2018).

O processamento dos dados do CTD para os cruzeiros NAUTILUS I e II foram realizados a bordo pela equipe do Laboratório de Estudo dos Oceanos e Clima (LEOC/FURG). Todos os dados dos sensores foram mediados em um intervalo de 1 m de profundidade. Após o processamento, os dados do CTD ficaram disponíveis para serem representados no Software *Ocean Data View* (SCHLITZER, 2020).

Amostras discretas de água do mar foram coletadas para as análises biogeoquímicas, com o auxílio de 24 garrafas de Niskin de 5 L. Todos os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados são apresentados nos Apêndices A e B. As profundidades de coleta foram selecionadas a cada estação oceanográfica, a partir da visualização dos perfis do CTD, no computador de bordo. As amostras de água, para a análise do carbono orgânico, foram divididas em amostras filtradas e não-filtradas. A filtração teve como objetivo separar o material particulado em suspensão (MPS) das amostras de água da camada superficial de mistura, para posterior análise do MPS, em laboratório. A escolha das amostras que foram filtradas foi realizada considerando, inicialmente: (i) a camada subsuperficial da coluna d'água (aproximadamente 5 m); (ii) a profundidade do máximo de fluorescência, determinada a partir dos dados do fluorímetro acoplado ao CTD; e (iii) a base da camada de mistura, determinada pelos perfis de temperatura e salinidade obtidos pelo CTD (DA CUNHA et al., 2018). Segundo Libes (2009), essas são consideradas as regiões na coluna d'água, com as maiores concentrações de MPS.

As amostras de COD, obtidas nessas profundidades, foram filtradas utilizando sistema de filtração da marca NALGENE, sob baixa pressão de vácuo, e filtros de fibra de vidro com 47 mm de diâmetro e 0,7  $\mu\text{m}$  de porosidade, previamente calcinados através de aquecimento em mufla, à 450 °C por 4 horas (DICKSON; SABINE; CHRISTIAN, 2007). Abaixo da camada de mistura prevalecem baixas concentrações de COP e COD, correspondentes ao carbono orgânico refratário e uma pequena fração semi-lábil (DICKSON; SABINE; CHRISTIAN, 2007; DOVAL et al., 2002), e para evitar quaisquer fontes de contaminação das amostras, não foi realizada a filtração das mesmas. Para fins práticos, os resultados de carbono orgânico obtidos em amostras de água serão denominados COD, como em Carlson et al. (2000) durante o trabalho no mar de Ross, oceano Austral.

Conforme a metodologia descrita por (DICKSON; SABINE; CHRISTIAN, 2007), as amostras de COD, foram armazenadas em garrafas de polietileno de alta densidade (HDPE) de 60 mL, previamente lavadas com detergente neutro (Extran 10 %), descontaminadas com solução de ácido clorídrico (HCl) 10 % e rinçadas com água deionizada (Milli-Q), ou em frascos de vidro âmbar, também de 60 mL, previamente lavados com detergente neutro (Extran 10 %), descontaminados com solução de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) 10 %, rinçadas com água deionizada (Milli-Q) e calcinados através de aquecimento em mufla, à 450 °C por 4 horas. Antes da coleta a bordo, os frascos foram rinçados com a própria amostra de água do mar. Após a coleta, os frascos, preenchidos com as amostras de água, foram mantidos congelados (-20 °C) durante todo período no navio, transporte e armazenamento nos Laboratórios de Geoquímica Orgânica

marinha e de Oceanografia Química (LAGOM/LABOQUI) da UERJ, até o momento de realização das análises.

## 4.2 Análises amostrais

### 4.2.1 Carbono orgânico dissolvido

No LAGOM/LABOQUI da UERJ, as amostras de COD foram analisadas utilizando o analisador *TOC L® Series* Shimadzu (DA CUNHA et al., 2018; DICKSON; SABINE; CHRISTIAN, 2007). Todos os procedimentos de análise seguiram a metodologia descrita por Dickson; Sabine; Christian (2007). Após o descongelamento das amostras, a determinação seguiu o princípio de análise de carbono orgânico não-purgável (NPOC). Durante o processo, as amostras foram acidificadas com ácido fosfórico a 25 % e purgadas com gás oxigênio (O<sub>2</sub>) de grau científico (*Ultra High Purity – UHP 99,995 %*), garantindo que todo o carbono inorgânico fosse perdido como CO<sub>2</sub>. O analisador *TOC L®*, utiliza técnica de combustão catalítica de alta temperatura (680 °C), sendo seu sistema equipado com um tubo de quartzo de combustão, preenchido com um catalisador de alta sensibilidade e, usando o O<sub>2</sub> de grau científico como transportador. Os compostos de carbono orgânico não-purgável são queimados e convertidos em CO<sub>2</sub>, o qual, é detectado por um sensor infravermelho não dispersivo.

Conforme descrito por da Cunha et al. (2018), foram realizadas de três a cinco injeções de 60 µL por amostra, sendo o coeficiente de variação aceitável < 1 %. O dispositivo foi padronizado com 6 soluções de hidrogeno ftalato de potássio (KHP) em água Milli-Q® de baixo teor de carbono (7,7 µmol COD kg<sup>-1</sup>), em uma faixa de concentração de 8 para 333 µmol COD kg<sup>-1</sup>. O branco do instrumento foi verificado a partir da medição das concentrações de COD em água Milli-Q® de baixo teor de carbono. O limite de quantificação do instrumento, no valor de 10 µmol COD kg<sup>-1</sup>, foi calculado a partir da multiplicação do ruído (desvio padrão da área do pico do instrumento branco dividido pela inclinação da curva de calibração) por dez. A concentração de COD nas amostras foi calculada automaticamente pelo sistema do instrumento. Para o cálculo, foi usada a área do pico em branco do instrumento subtraído da área média do pico da amostra, dividido pela inclinação da curva padrão do ftalato ( $r^2 = 0,998$ ). Antes do início das análises e entre cada conjunto de cinco análises de COD, o sistema era lavado com a injeção

de água Milli-Q® de baixo teor de carbono até a linha de base estar estável. A precisão era verificada usando uma solução padrão de KHP (DA CUNHA et al., 2018).

Para uma melhor compreensão da distribuição das concentrações de COD no EB, a coluna d'água foi dividida em camadas superficial, intermediária e profunda. As três camadas foram estimadas de acordo com Sangrà et al. (2011) e os valores de densidade neutra ( $\gamma^n$ ; JACKETT; MCDUGALL, 1997; RUIZ BARLETT et al., 2018). A camada superficial consiste nos primeiros 250 m da coluna de água e  $\gamma^n < 27,95 \text{ kg m}^{-3}$ ; a camada intermediária é colocada entre 250 e 750 m de profundidade e  $\gamma^n$  variando de 27,95 a 28,30  $\text{kg m}^{-3}$ ; e a camada profunda de 750 m de profundidade até o fundo e  $\gamma^n \geq 28,30 \text{ kg m}^{-3}$ .

#### 4.2.2 Oxigênio dissolvido

Para a correção dos dados de oxigênio dissolvido obtidos pelo sensor de oxigênio, utilizou-se o Método de Winkler (GRASSHOFF; KREMLING; EHRHARDT, 1999), uma titulação química da água do mar. O método químico, proposto por Winkler em 1888 e ajustado ao longo dos anos, é uma determinação indireta da real concentração de oxigênio no meio aquoso. Todos os procedimentos para a preparação dos reagentes, reações químicas envolvidas, controle de qualidade, análise do oxigênio dissolvido e respectivos cálculos, seguiram a metodologia descrita por Grasshoff; Kremling; Ehrhardt (1999).

As amostras de oxigênio dissolvido foram as primeiras a serem retiradas da garrafa de coleta, para evitar a expulsão dos gases devido ao aumento de temperatura. A transferência da amostra foi realizada com o auxílio de uma mangueira de borracha, para evitar a formação de bolhas, para um frasco de vidro de borossilicato. Após a introdução dos reagentes sulfato de manganês (R1) e iodeto alcalino de potássio (R2), as amostras de oxigênio foram analisadas a bordo, em um intervalo de espera mínimo de 30 minutos e máximo de 12 horas. Após o tempo de espera, foi colocada a solução de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 50 % e a quantidade de iodo formado durante a reação, que é equivalente a quantidade de oxigênio molecular dissolvido na amostra, foi titulada com tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), usando como indicador uma suspensão de amido (MANZOLLI; PORTZ; PAIVA, 2011).

Os dados do sensor de oxigênio dissolvido foram calibrados com os resultados da titulação química do Método de Winkler, em um gráfico de regressão linear no programa

*Microsoft Excel*. A equação da reta e o valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ), para os anos de 2015 e 2016, foram, respectivamente:

$$[OD_{Winkler\ 2015}] = 0,7315 [OD_{CTD\ 2015}] + 0,2142; r^2 = 0,99 \quad (2)$$

$$[OD_{Winkler\ 2016}] = 0,9608 [OD_{CTD\ 2016}] - 0,7295; r^2 = 0,94 \quad (3)$$

Onde,

$OD_{Winkler}$  = concentração de oxigênio dissolvido do Método de Winkler ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ );

$OD_{CTD}$  = concentração de oxigênio dissolvido do CTD ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ );

$r^2$  = coeficiente de determinação

Uma vez os dados de oxigênio recolhidos, foi calculada a AOU (equação 1) para profundidades isoladas da atmosfera (profundidade > 150 m).

### 4.3 Medições de parâmetros físicos

As profundidades da camada superficial de mistura (*Upper mixed layer* – UML) foram estimadas, considerado um desvio na diferença de densidade  $\left(\frac{d\rho}{dz}\right)$ , um limiar de anomalia de densidade  $\sigma > 0,03 \text{ kg m}^{-3}$  em, aproximadamente, 10 m de profundidade (DE BOYER MONTÉGUT et al., 2004). A estabilidade da coluna de água (parâmetro E) foi estimada usando variações de densidade vertical, em função da flutuabilidade ou da frequência de Brunt-Väisälä (N) que é determinada por:

$$E = \frac{N^2}{g} = \frac{\left[\left(\frac{g}{\rho}\right) \times \left(\frac{d\rho}{dz}\right)\right]^2}{g} \quad (3)$$

Onde,

E = estabilidade da coluna d'água ( $10^{-6} \text{ rad}^2 \text{ m}^{-1}$ );

N = frequência de Brunt-Väisälä ( $\text{rad s}^{-1}$ );

g = gravidade ( $\text{m s}^{-2}$ );

$\rho$  = densidade da água do mar ( $\text{kg m}^{-3}$ );

z = profundidade (m);

Para avaliar os efeitos da entrada de água doce no EB, foi estimada a porcentagem de água de degelo (% MW), como:

$$\%MW = \left(1 - \frac{S_{sup}-6}{S_{fundo}-6}\right) \times 100 \quad (4)$$

Onde,

% MW = porcentagem de água de degelo (%);

$S_{sup}$  = salinidade da água do mar medida na superfície;

$S_{fundo}$  = salinidade no fundo;

Como descrito por Ackley; Buck; Taguchi (1979), assumiu-se que o valor médio da salinidade do gelo marinho é igual a 6. A equação, acima, é amplamente utilizada na região do estudo, como nos trabalhos de Costa et al. (2020), Lima et al. (2019) e Mendes et al. (2018).

#### 4.4 Análise estatística

Uma vez, todos os dados de interesse recolhidos, foi realizada uma análise estatística dos mesmos, através do programa *Paleontological Statistics* – PAST (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001), versão 3.25 de 2019. A primeira etapa das análises estatísticas foi a verificação da normalidade dos dados obtidos, aplicando-se o teste estatístico de Shapiro-Wilk (W). De acordo com TORMAN; COSTER; RIBOLDI (2012), o teste W é, aparentemente, o melhor teste de aderência à normalidade. Além disso, possui nível de confiança de 95 % e, baseia-se na correlação dos valores dos dados e dos valores normais correspondentes teóricos. A distribuição é considerada normal quando o p-valor > 0,05. As variáveis das campanhas FEV-15 e FEV-16, entretanto, apresentaram p-valor < 0,05, o que indicou uma distribuição do tipo não-normal. Dessa forma, foi adotada para este trabalho a estatística não paramétrica.

A mediana foi utilizada como medida de tendência central. Para comparar os conjuntos de dados de 2015 e 2016, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (teste U). O teste é apropriado para averiguar se são iguais as medianas de duas populações contínuas e independentes. Assim, o p-valor < 0,05, indica diferença entre populações (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001). O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (teste H), foi

utilizado para comparar as medianas das concentrações de COD nas diferentes massas de água do EB, para cada ano de estudo, individualmente. No teste H, o p-valor  $< 0,05$  indica diferenças significativas entre as concentrações de COD nas camadas de água presentes no estreito, em cada ano de estudo (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001).

As associações entre as variáveis foram testadas através da correlação de postos de Spearman, avaliando-se o coeficiente de correlação (rS). Quanto mais próximo de 1 ou  $-1$ , mais forte foi a associação linear entre as duas variáveis, o valor positivo indica uma forte relação direta, e o valor negativo indica uma forte relação inversa (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001). As correlações significativas, apresentaram p-valor  $< 0,05$ , enquanto as correlações não significativas um p-valor  $\geq 0,05$  (Apêndices C e D).

Por fim, uma análise das componentes principais (PCA – *Principal Component Analysis*) foi realizada para testar a correlação dos constituintes depois de serem normalizados. A PCA é uma técnica estatística multivariada usada para redução de dados e para decifrar padrões dentro de grandes conjuntos de dados. Com a PCA, uma grande matriz de dados é reduzida para duas menores, que consistem em pontuações e carregamentos de componentes principais (PC). As cargas de PC são autovetores da matriz de correlação ou covariância, dependendo do que é usado para a análise. As pontuações de PC contêm informações sobre todas as variáveis combinadas em um único número, com as cargas indicando a contribuição relativa de cada variável para essa pontuação. As PCs são calculadas de modo a levarem em conta as correlações presentes nos dados originais, mas não são correlacionados (ortogonais) entre si. O primeiro componente explica a maior variação entre os dados originais e cada componente subsequente explica progressivamente menos (FARNHAM et al., 2003). Todas as variáveis foram log-transformadas antes da análise, a fim de reduzir a influência das diferentes escalas nos conjuntos de variáveis. As variáveis ambientais incluíram temperatura potencial, salinidade, densidade potencial, COD, oxigênio dissolvido, estabilidade, porcentagem de água de degelo e AOU. As cargas fatoriais (coeficientes de correlação) estimadas para cada variável ambiental durante a PCA estão disponíveis nos Apêndices E e F.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Condições oceanográficas entre os anos de estudo

Estatisticamente (Tabela 3), todos os parâmetros físico-químicos analisados durante as campanhas FEV-15 e FEV-16, com exceção da salinidade e da AOU, em profundidades isoladas da atmosfera (AOU com profundidade > 150 m), apresentaram diferenças significativas (teste U; p-valor < 0,05) entre si. Através do diagrama de dispersão T-S (Gráfico 1), foi possível identificar duas camadas diferentes de água superficial (profundidades < 250 m). A primeira, denominada água superficial quente (Gráfico 1), apresentou temperatura potencial > 0,0 °C e salinidade < 34,4. Durante a campanha FEV-15, as águas superficiais quentes apresentaram temperaturas potenciais > 1,0 °C, por outro lado, durante FEV-16 as temperaturas máximas não excederam 1,0 °C (Gráfico 1). A segunda camada, denominada água superficial fria (Gráfico 1), apresentou valores de temperatura negativos e salinidade < 34,4. Ambas as camadas superficiais apresentaram altas concentrações de oxigênio dissolvido (> 275  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ; Gráfico 1). A intrusão da mCDW (MOFFAT; MEREDITH, 2018; RUIZ BARLETT et al., 2018) foi identificada a partir do mínimo de oxigênio dissolvido (concentrações < 225  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ; Gráfico 1) nos dois anos de estudo. Nas águas profundas e de fundo da bacia central do EB (Figura 7), foram observadas concentrações de oxigênio dissolvido > 260  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , indicando a influência da HSSW (Gráfico 1; DUARTE, 2006).

Tabela 3 – Valores mínimos, máximos e medianas das profundidades amostrais e dos principais parâmetros físico-químicos coletados durante as campanhas de fevereiro de 2015 e 2016 e o resultado do teste não-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (Teste U). (Continua)

Parâmetro	N	Mínimo	Máximo	Mediana	Teste U p-valor
Profundidade de Amostragem (m)	207 (270)	5 (5)	2193 (2187)	-- --	--
Temperatura Potencial $\theta$ (°C)	207 (270)	-1,67 (-1,76)	2,19 (1,00)	-0,54 (-0,72)	0,02
Salinidade	207 (270)	33,73 (33,83)	34,60 (34,61)	34,38 (34,43)	0,09

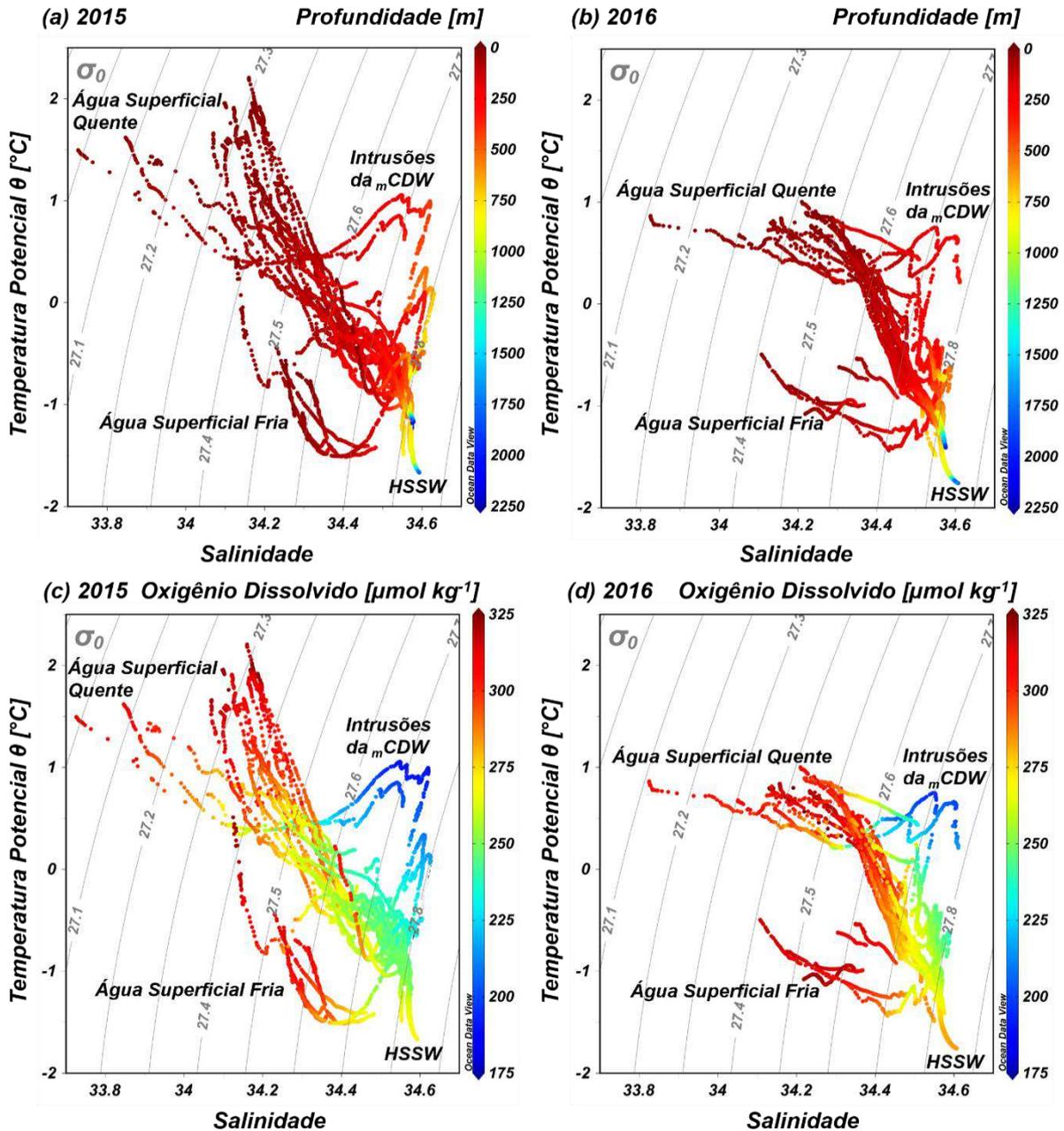
Tabela 3 – Valores mínimos, máximos e medianas das profundidades amostrais e dos principais parâmetros físico-químicos coletados durante as campanhas de fevereiro de 2015 e 2016 e o resultado do teste não-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (Teste U). (Conclusão)

<b>Parâmetro</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Teste U p-valor</b>
Densidade Potencial $\sigma_\theta$ ( $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ )	207 (270)	26,99 (27,11)	27,86 (27,87)	27,64 (27,66)	<i>0,04</i>
Estabilidade ( $10^{-6} \text{rad}^2 \text{m}^{-1}$ )	188 (258)	0,01 (0,00)	7,90 (5,44)	0,67 (0,36)	<i>0,02</i>
Oxigênio Dissolvido ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ )	205 (270)	199,87 (195,09)	323,88 (332,78)	270,10 (284,47)	<i>0,0002</i>
AOU Prof. > 150m ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ )	98 (138)	12,94 (12,50)	125,78 (135,00)	97,72 (86,19)	<i>0,15</i>

Legenda: Os valores para campanha FEV-16 estão indicados entre parênteses. A sigla AOU significa utilização aparente do oxigênio. Os valores em *itálico* indicam diferença entre os conjuntos de dados ( $p < 0,05$ ).

Fonte: A autora (2020).

Gráfico 1 – Diagramas de dispersão T-S para as estações oceanográficas do estreito de Bransfield, para as campanhas de fevereiro de 2015 e 2016.



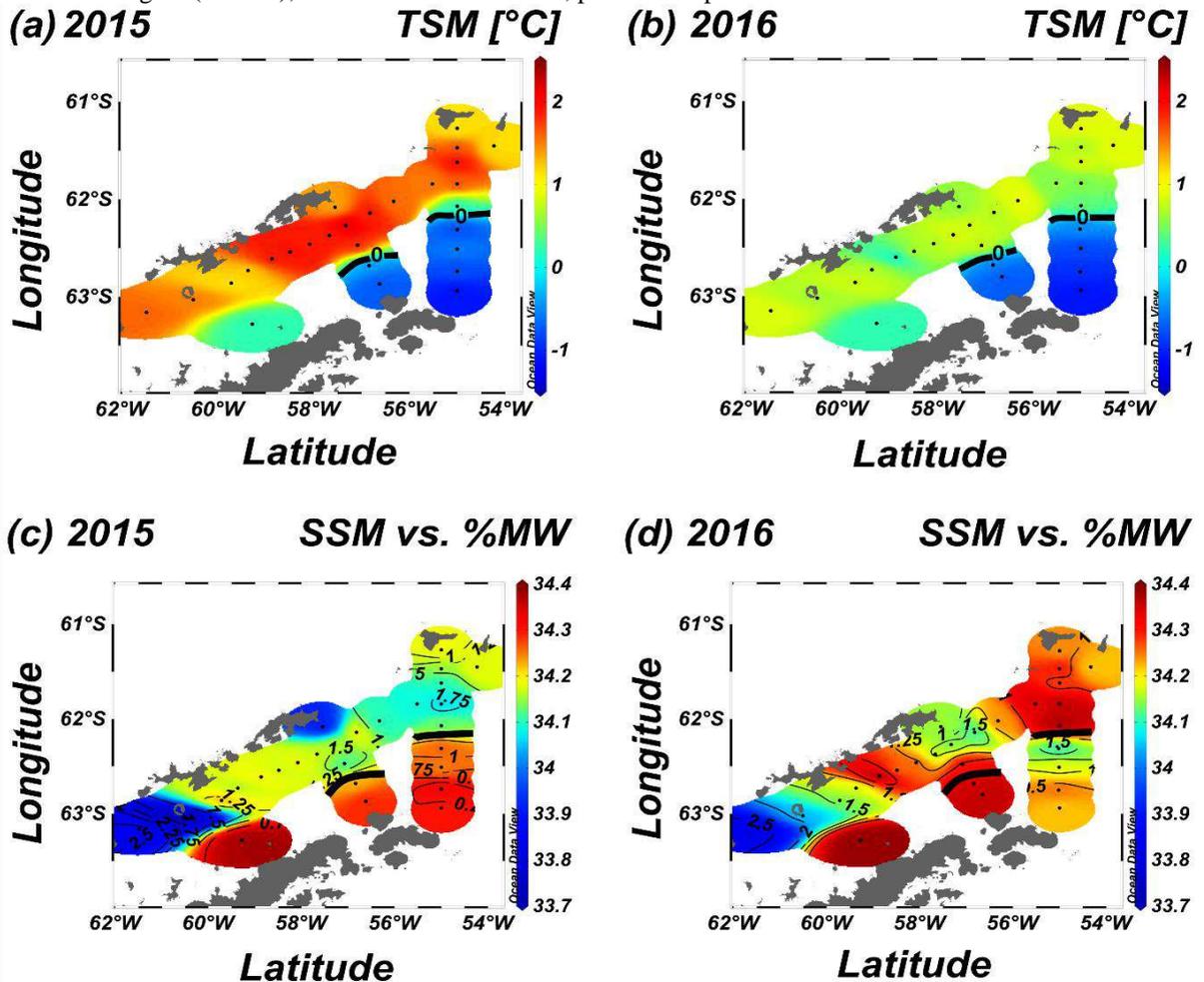
Legenda: As siglas correspondem a: Água Circumpolar Profunda modificada (mCDW) e Água de Plataforma de Alta Salinidade (HSSW). As barras coloridas correspondem à profundidade em m (a, b) e às concentrações de oxigênio dissolvido, em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  (c, d).

Fonte: A autora (2020).

Nos dois anos de estudo, a posição das frentes da Península e Bransfield foram melhor representadas pela isoterma de 0 °C. A TSM (Figuras 10a; 10b) indicou que a Frente da Península separava as águas quentes influenciadas pelo mar de Bellingshausen (porção norte do EB), das águas frias influenciadas pelo mar de Weddell (porção sul). Valores mais baixos de salinidade da superfície do mar (SSM; Figuras 10c; 10d) foram associados a uma porcentagem mais alta da %MW perto do mar de Bellingshausen e da ilha Rei George (Figura

7). A condição oposta ocorreu em regiões onde a SSM era maior, por exemplo, na porção sul do EB (Figuras 10c; 10d). A distribuição da SSM indicou uma salinidade relativamente menor em FEV-15, enquanto os maiores valores foram em FEV-16.

Figura 10 – Temperatura da superfície do mar e salinidade da superfície do mar versus porcentagem da água de degelo (% MW), no estreito de Bransfield, para as campanhas fevereiro 2015 e 2016.

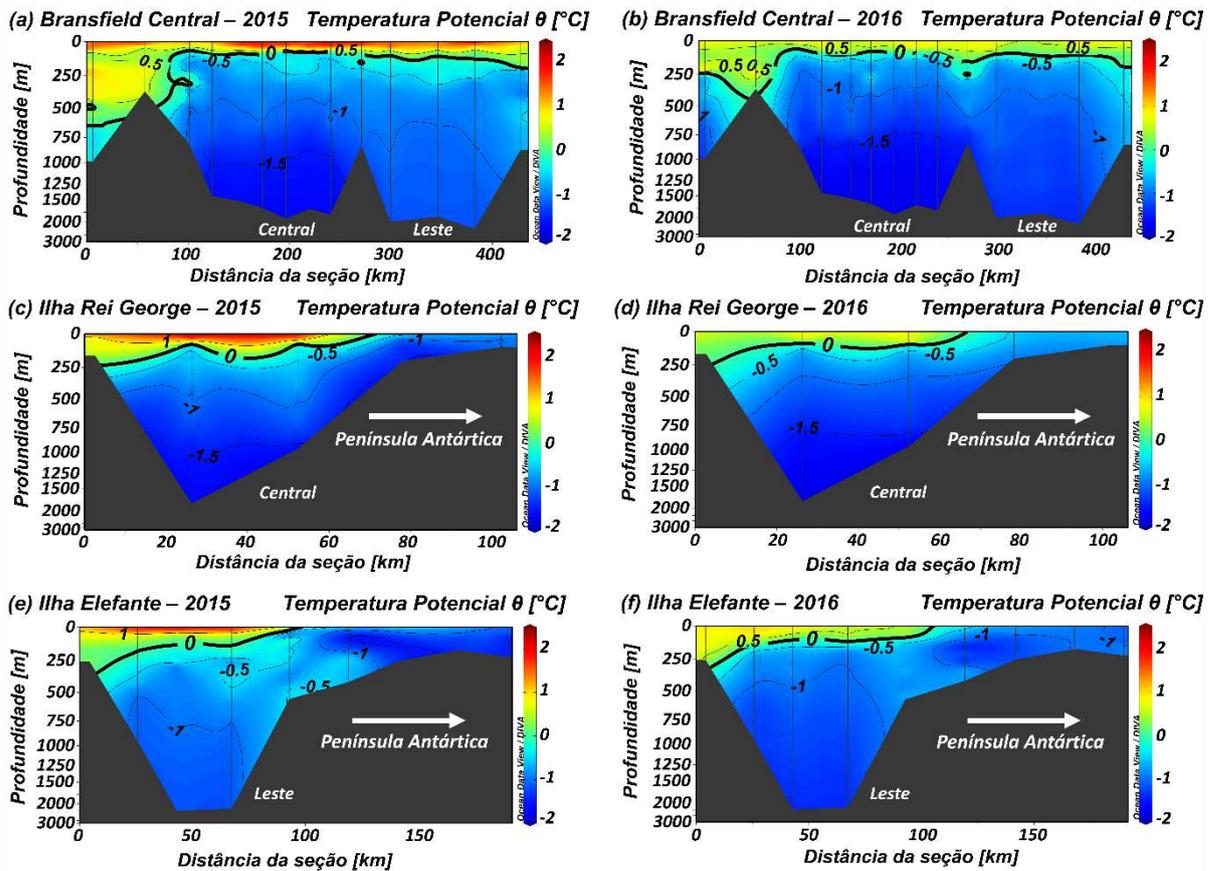


Legenda: As siglas e as escalas de cores correspondem, respectivamente, à: temperatura da superfície do mar (TSM) em °C para as campanhas de 2015 (a) e 2016 (b) e; salinidade da superfície do mar (SSM) para 2015 (c) e 2016 (d). As isolinhas finas pretas indicam a porcentagem de água de degelo (% MW). A linha grossa preta indica a posição da Frente da Península (isoterma de 0 °C). Os pontos pretos correspondem às estações de amostragem.

Fonte: A autora (2020).

Os perfis verticais de temperatura potencial, na seção Bransfield Central (Figuras 11a; 11b), mostraram águas quentes sobrepostas às águas frias. Por outro lado, as seções perpendiculares ao EB (Figura 7), Ilha Rei George (Figuras 11c; 11d) e Ilha Elefante (Figuras 11e; 11f), indicaram, claramente, as frentes da Península e Bransfield (isoterma de 0 °C) posicionadas, respectivamente, na superfície e em 250 m de profundidade, aproximadamente.

Figura 11 – Perfis verticais de temperatura potencial ( $^{\circ}\text{C}$ ) no estreito de Bransfield.

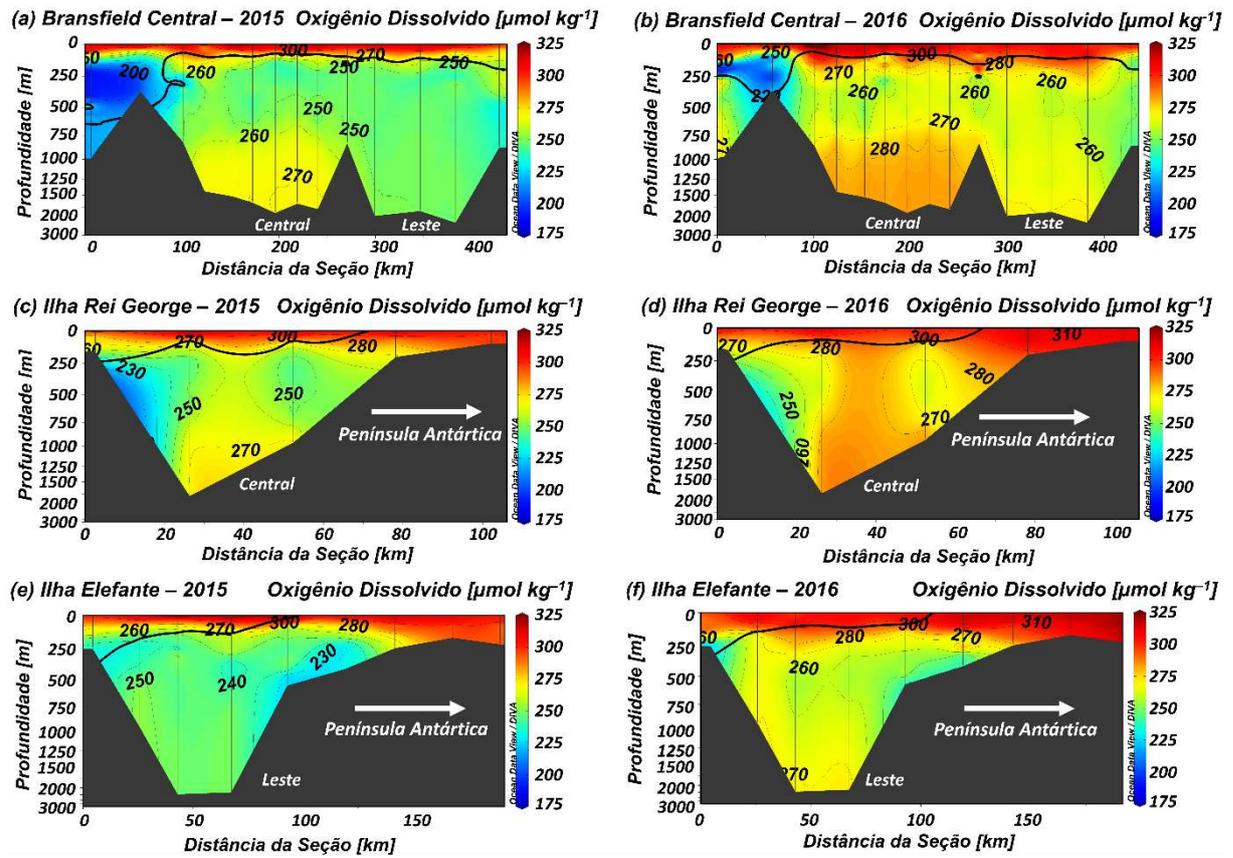


Legenda: As seções correspondem à: Bransfield Central (a, b); Ilha Rei George (c, d) e; (e, f) Ilha Elefante, respectivamente. As linhas grossas pretas marcam a isoterma de  $0^{\circ}\text{C}$ . A seta branca indica a direção da Península Antártica. As localizações das bacias central e leste também são indicadas.

Fonte: A autora (2020).

Os perfis verticais de oxigênio dissolvido da seção Bransfield Central (Figuras 12a; 12b) indicaram a posição da mCDW no EB, entre as estações oceanográficas mais próximas ao estreito de Boyd (Figura 7), onde ocorreu o mínimo de oxigênio dissolvido. Também foi possível observar baixas concentrações de oxigênio dissolvido próximo às quebras de plataforma continental e talude nas seções das Ilhas Rei George (Figuras 12c; 12d) e Elefante (Figuras 12e; 12f). Os perfis verticais de temperatura potencial (Figuras 11a; 11b) e oxigênio dissolvido (Figuras 12g; 12h) da seção Bransfield Central também indicaram que as águas profundas ( $> 1.000\text{ m}$ ) da bacia central do EB eram mais frias ( $\theta < -1,5^{\circ}\text{C}$ ) e oxigenadas do que as águas profundas da bacia oriental.

Figura 12 – Perfis verticais de oxigênio dissolvido ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) no estreito de Bransfield.

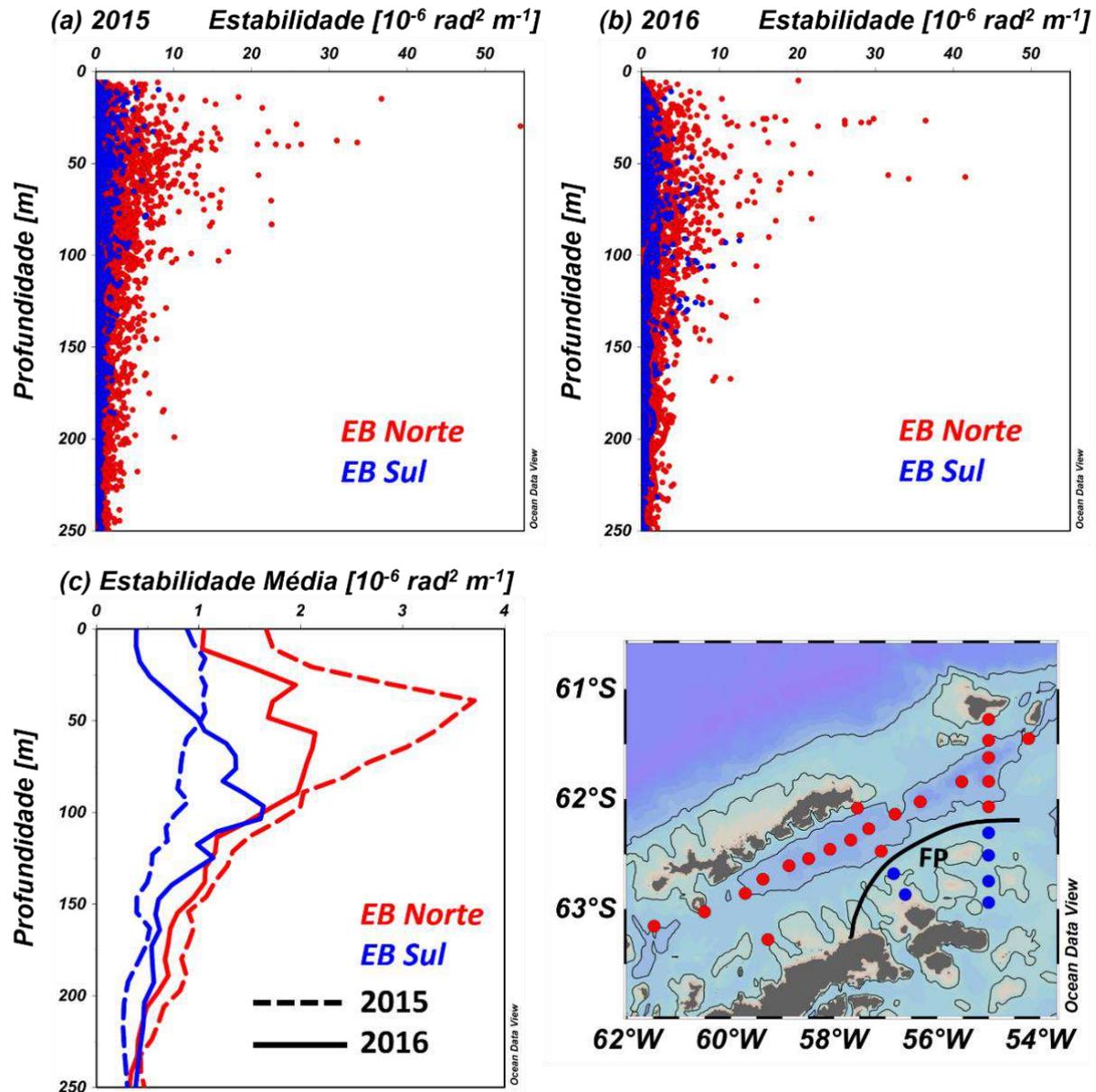


Legenda: As seções correspondem à: Bransfield Central (a, b); Ilha Rei George (c, d) e; (e, f) Ilha Elefante, respectivamente. As linhas grossas pretas marcam a posição das Frentes da Península e de Bransfield (isoterma de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). A seta branca indica a direção da Península Antártica. As localizações das bacias central e leste também são indicadas.

Fonte: A autora (2020).

Os perfis de estabilidade (Gráfico 2) indicaram a estratificação das águas quentes oriundas do mar de Bellingshausen. As estações oceanográficas localizadas ao norte da Frente da Península (Gráfico 2) apresentaram uma camada superior de mistura rasa (profundidade  $< 20\text{ m}$ ), seguida de uma picnoclina (identificada pelo aumento no valor de estabilidade da coluna d'água). Por outro lado, as estações oceanográficas ao sul da Frente da Península, influenciadas pelas águas frias originárias do mar de Weddell, apresentaram uma coluna de água mais homogênea. Os baixos valores de estabilidade (médias  $< 2,0 \cdot 10^{-6}\text{ rad}^2\text{ m}^{-1}$ ; Gráfico 2) dificultaram a identificação da picnoclina.

Gráfico 2 – Diagrama de dispersão de estabilidade da coluna de água versus profundidade no estreito de Bransfield nos anos de (a) 2015 e (b) 2016 e (c) perfil vertical de estabilidade média.



Legenda: A cor vermelha corresponde aos dados localizados na porção norte do EB e a cor azul aos dados ao sul do EB, separados pela Frente da Península (FP; mapa). As linhas tracejadas e sólidas (c) indicam a estabilidade média durante a campanhas FEV-15 e FEV-16, respectivamente.

Fonte: Fonte: A autora (2020).

## 5.2 Concentrações de carbono orgânico dissolvido

Durante o estudo, foi possível identificar que as concentrações de COD apresentaram diferenças interanuais significativas (teste U; valor de  $p < 0,05$ ; Tabela 4). Através do Teste H, foi possível observar que as camadas verticais de água (i.e., camadas de águas superficiais

quentes e frias e as camadas intermediária e profunda) apresentaram diferenças significativas ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) entre si, tanto em FEV-15 quanto em FEV-16.

Tabela 4 – Concentrações mínimas, máximas e medianas de COD (em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) nas camadas da coluna de água do estreito de Bransfield durante as campanhas de fevereiro de 2015 e 2016 e o resultado do teste não-paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon (Teste U).

COD ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ )	N	Mínimo	Máximo	Mediana	Teste U p-valor
ASQ $0 \text{ m} \leq \text{Depth} < 250\text{m}$	70 (74)	43.03 (33.12)	93.33 (95.65)	53.34 (48.17)	<i>0.0001</i>
ASF $0 \text{ m} \leq \text{Depth} < 250\text{m}$	42 (48)	42.10 (33.17)	67.85 (55.20)	49.25 (44.87)	<i>0.0001</i>
INT $250 \text{ m} \leq \text{Depth} < 750\text{m}$	43 (40)	40.70 (33.39)	122.82 (112.20)	46.84 (44.44)	<i>0.0002</i>
PROF $\text{Depth} \geq 750\text{m}$	43 (51)	42.55 (35.70)	75.54 (78.93)	48.12 (44.02)	<i>0.0001</i>
<b>Todos os dados</b>	198 (213)	40.70 (33.12)	122.82 (112.20)	49.97 (45.37)	<i>0.0001</i>

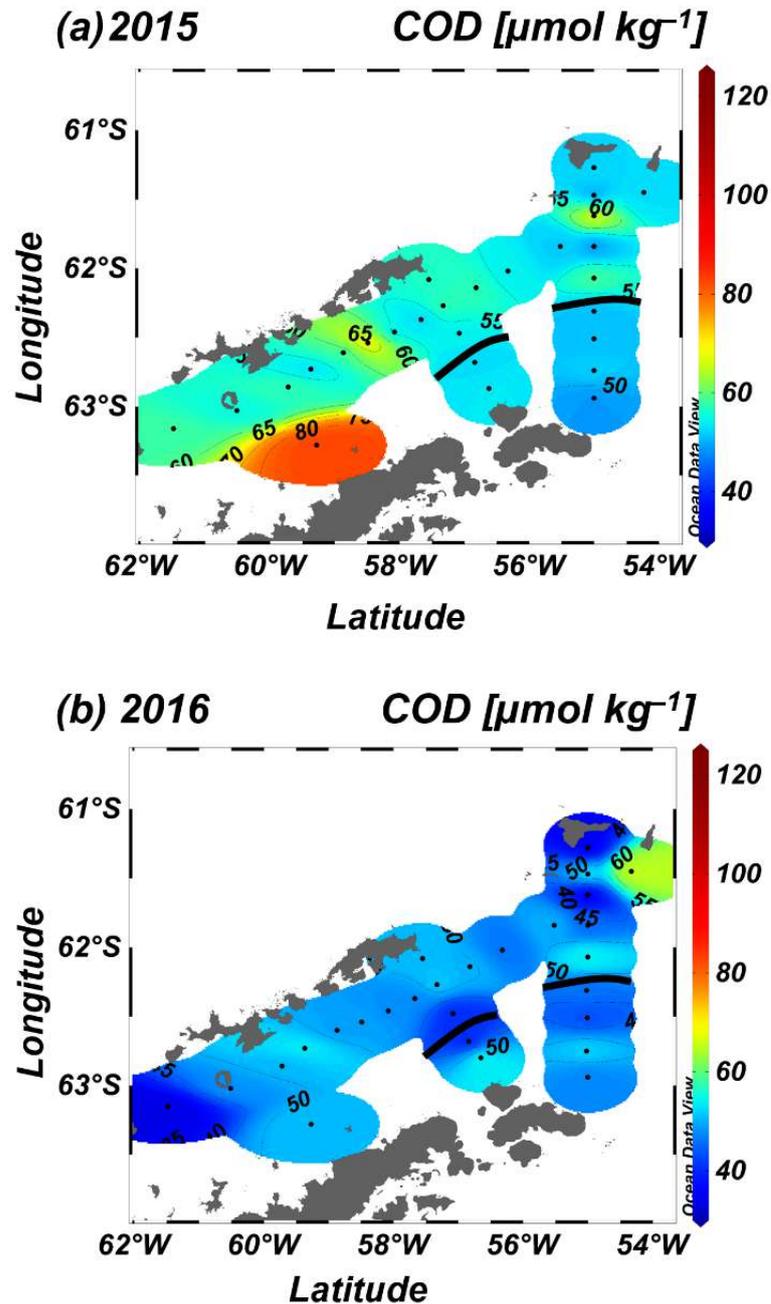
Legenda: Os valores para campanha FEV-16 estão indicados entre parênteses. As siglas correspondem a: Água superficial quente (ASQ); Água Superficial Fria (ASF), água intermediária (INT) e; água profunda (PROF). Os valores em itálico indicam diferença entre os conjuntos de dados (valor de  $p < 0,05$ ).

Fonte: A autora (2020).

Na superfície e ao longo de toda a coluna de água do EB, as maiores concentrações de COD foram observadas em 2015 (Tabela 5; Figuras 13 e 14). As maiores concentrações de COD na superfície (Figuras 13a; 13b) ocorreram em estações oceanográficas próximas porções terrestres (Figura 7), como a Península Antártica em FEV-15 e a Ilha Clarence em FEV-16. Nos dois anos de estudo, água superficial quente apresentou as concentrações de COD com as medianas mais altas, respectivamente,  $53,34 \mu\text{mol kg}^{-1}$  em FEV-15 e  $48,17 \mu\text{mol kg}^{-1}$  em FEV-16 (Tabela 5). As concentrações máximas de COD para FEV-15 e FEV-16, respectivamente,  $122,82 \mu\text{mol kg}^{-1}$  e  $112,20 \mu\text{mol kg}^{-1}$ , foram identificadas nas camadas intermediárias do EB, entre 250 m e 750 m (Figura 14). Nos dois anos de estudo, as camadas profundas do EB apresentaram as menores concentrações de COD, com medianas variando de  $48,12 \mu\text{mol kg}^{-1}$  e  $44,02 \mu\text{mol kg}^{-1}$  para os anos de 2015 e 2016, respectivamente (Tabela 5). Nas seções verticais Bransfield Central, Ilha Rei George e Ilha Elefante (Figura 14), foram

observadas concentrações de COD  $< 45 \mu\text{mol kg}^{-1}$  na água superficial fria e nas camadas intermediária e profunda do EB. Vale ressaltar que as menores concentrações de COD foram encontradas nas camadas intermediária e profunda do EB, durante a campanha FEV-16.

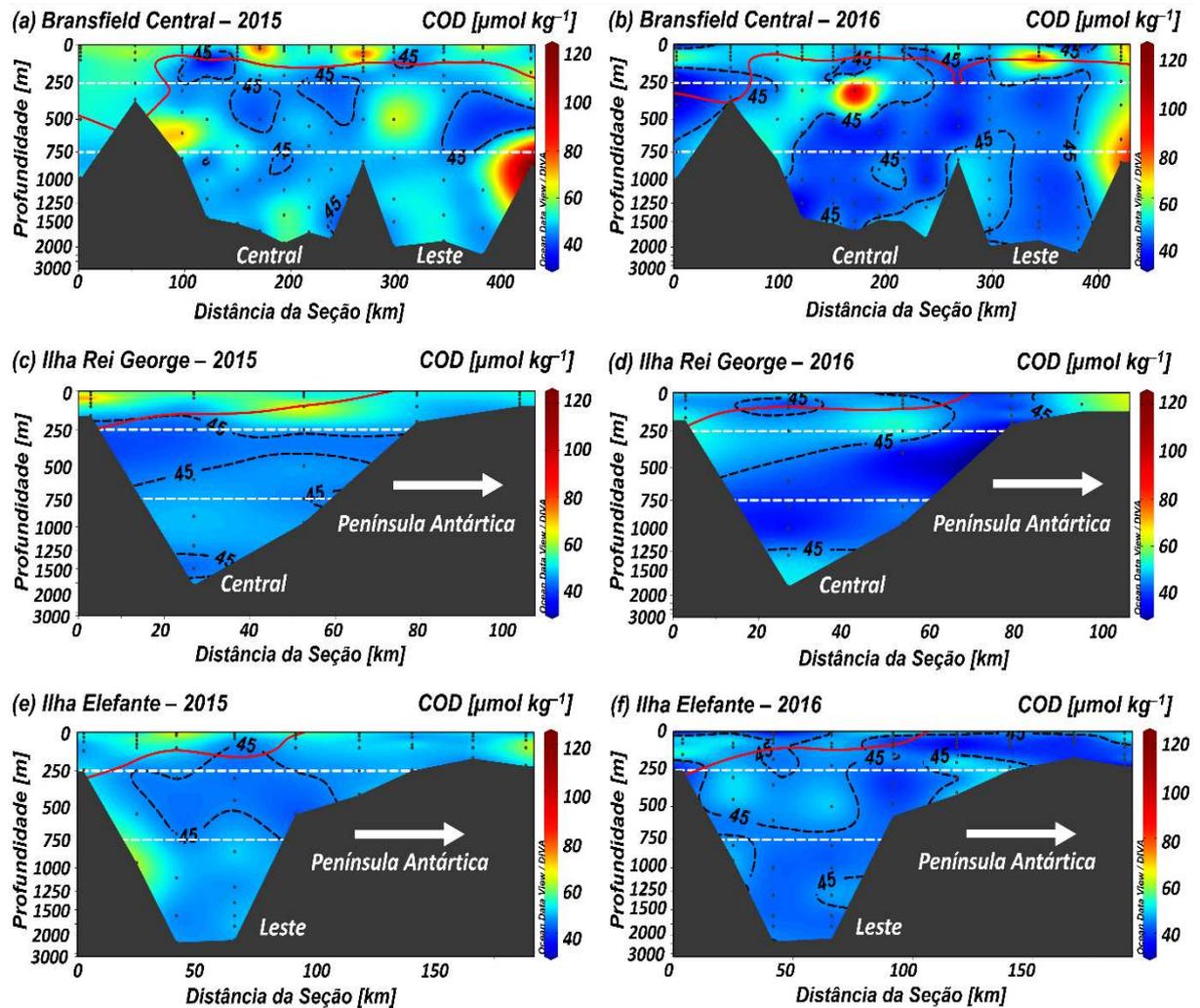
Figura 13 – Mapas de concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD) para o estreito de Bransfield.



Legenda: A escala de cores representa as concentrações de COD, em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  em (a) 2015 e (b) 2016. As linhas grossas pretas marcam a posição das Frentes da Península (isoterma de  $0^\circ\text{C}$ ). Pontos pretos correspondem às estações de amostragem.

Fonte: A autora (2020).

Figura 14 – Seções verticais de carbono orgânico dissolvido (COD) para o estreito de Bransfield.



Legenda: A escala de cores representa as concentrações de COD, em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , nas seções: Bransfield Central (a, b); Ilha Rei George (c, d) e; Ilha Elefante (e, f), respectivamente. As linhas tracejadas pretas marcam a isolinha de  $45 \mu\text{mol kg}^{-1}$ . As linhas tracejadas brancas marcam as isóbatas de 250 m e 750 m. As linhas sólidas vermelhas marcam a posição das Frentes de Bransfield e da Península (isoterma de  $0^\circ\text{C}$ ). As estações de amostragem são mostradas como pontos cinza.

Fonte: A autora (2020).

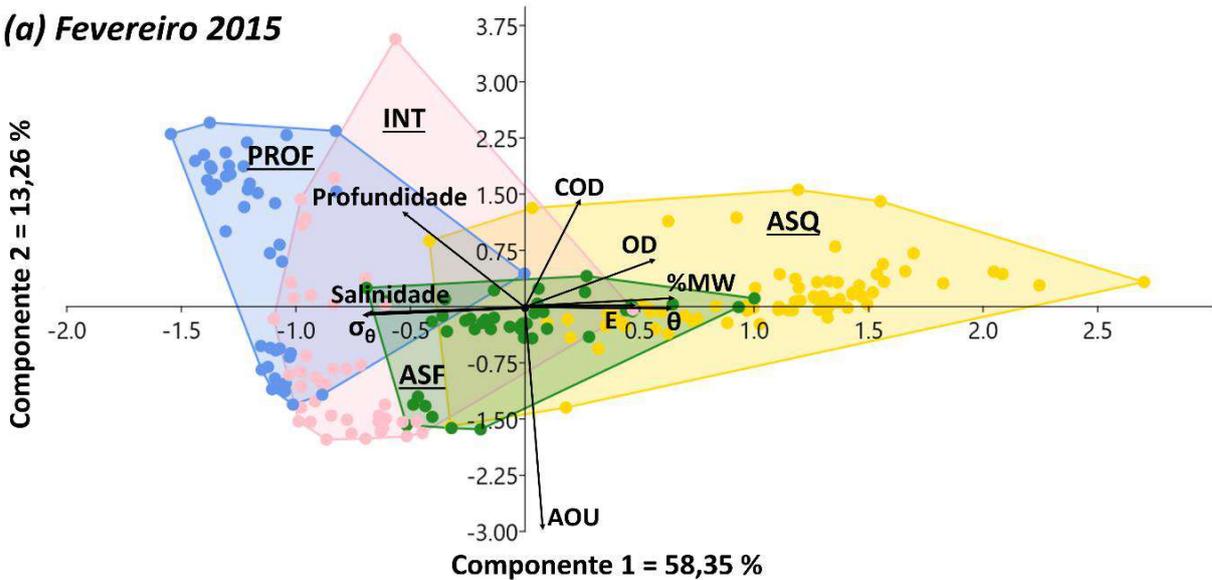
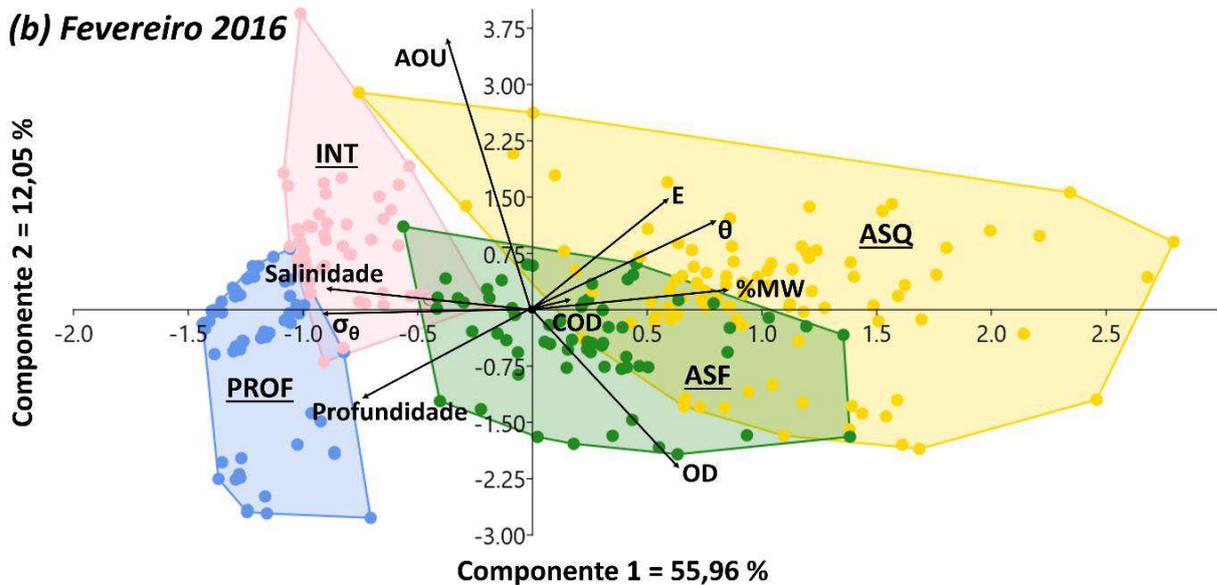
### 5.2.1 Controles físico-químicos da variabilidade do COD

A correlação não paramétrica de Spearman ( $r_s$ ; APÊNDICES C e D) indicou que, durante as campanhas FEV-15 e FEV-16 o COD mostrou uma correlação direta significativa com a temperatura potencial e a porcentagem de água de degelo. Por outro lado, nos dois anos de estudo, o COD mostrou uma correlação inversa com a profundidade, salinidade e densidade potencial da água do mar. Ao comparar as campanhas FEV-15 e FEV-16, ficou claro, no entanto, que as correlações do COD com os parâmetros acima mencionados eram muito mais

fortes durante FEV-15 do que em FEV-16. Além disso, em FEV-15, o COD teve uma correlação direta com a estabilidade da coluna de água e o do oxigênio dissolvido, enquanto não teve correlação com a AOU. Durante a campanha FEV-16, o COD teve uma correlação inversa com a AOU e não se correlacionou com a estabilidade da coluna de água e o oxigênio dissolvido.

A primeira e a segunda componentes da PCA (Gráfico 3) explicaram, respectivamente, 58,35% e 13,26% da variação em FEV-15 e 55,96% e 12,05% em FEV-16. Os resultados da PCA para as duas campanhas NAUTILUS indicaram que a componente 1 descreveu a estrutura vertical da coluna de água, uma vez que agrupou o COD, a temperatura potencial, a estabilidade, a porcentagem de água de fusão e o oxigênio dissolvido no setor positivo da componente 1, associado, principalmente, às águas superficiais quentes e frias. Por outro lado, a salinidade, a profundidade e a densidade potencial foram agrupadas na porção negativa da componente 1, associadas, principalmente, às massas de água das camadas intermediária e profunda. A exceção ocorreu com a AOU, que estava na parte positiva do componente 1 em FEV-15 e negativa em FEV-16.

Gráfico 3 – Análise de Componentes Principais (PCA) para as campanhas de fevereiro de 2015 (a) e 2016 (b).

**(a) Fevereiro 2015****(b) Fevereiro 2016**

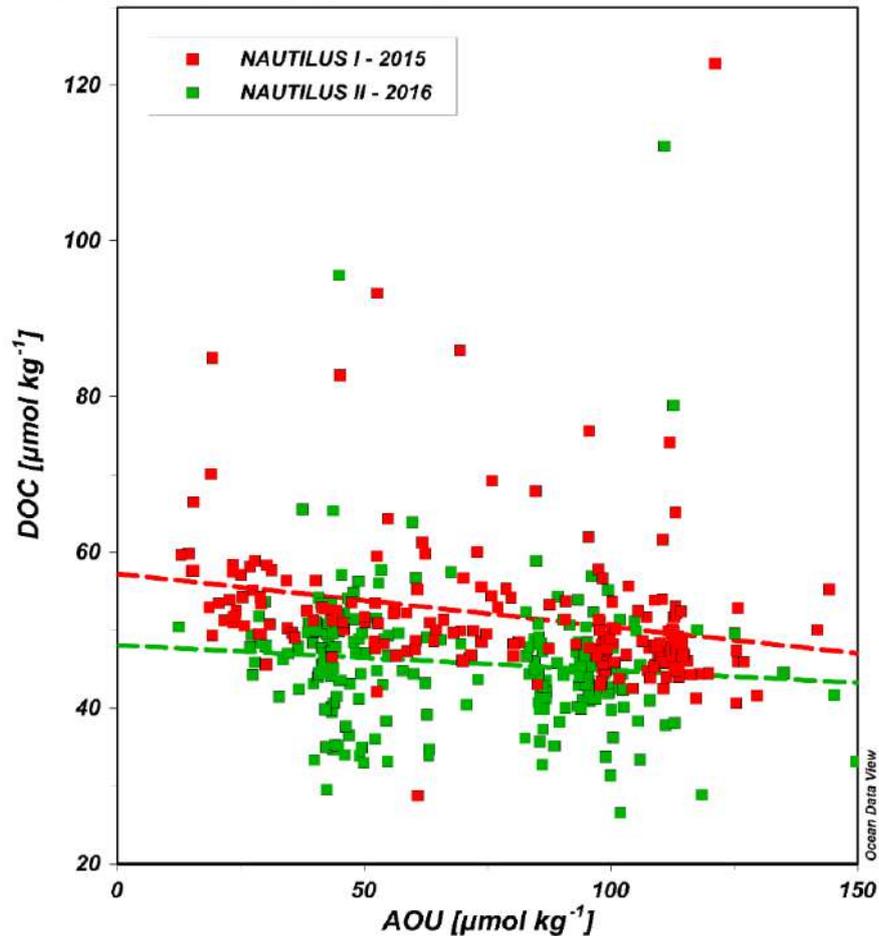
Legenda: Os círculos amarelos, verdes, rosas e azuis representam, respectivamente, amostras coletadas na água superficial quente (ASQ), água superficial fria (ASF), água da camada intermediária (INT) e água da camada profunda (PROF). As setas representam o gradiente ambiental: temperatura potencial ( $\theta$ ), estabilidade da coluna d'água (E), carbono inorgânico dissolvido (COD), oxigênio dissolvido (OD), porcentagem de água de degelo (%MW), utilização aparente de oxigênio (AOU), salinidade, densidade potencial ( $\sigma_\theta$ ) e profundidade. A seta aponta para a direção da mudança mais rápida no ambiente (direção do gradiente) e seu comprimento é proporcional à correlação entre a ordenação e a variável ambiental (força do gradiente).

Fonte: Figura preparada com o software *Paleontological Statistics – Past* (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001). A autora (2020).

Para entender o processo de degradação do COD pela alça microbiana no EB, a AOU foi estimada em profundidades isoladas da atmosfera (profundidades > 150 m; Tabela 1). Comparando as inclinações das duas regressões lineares de COD versus AOU (-0,07 em 2015 e -0,03 em 2016; Gráfico 4), com a razão Redfield  $\Delta C$ :  $-\Delta O_2$  (106C:  $-138O_2$ ), o qual equivale

à  $-0,77$  (REDFIELD; KETCHUM; RICHARDS, 1963), ficou evidente que o COD teve um pequeno papel no consumo de oxigênio dissolvido. A regeneração de COD representou 9% e 3% do consumo de oxigênio em FEV-15 e FEV-16, respectivamente.

Gráfico 4 – Diagrama de dispersão de carbono orgânico dissolvido (COD;  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) versus a utilização aparente de oxigênio (AOU;  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ) para o conjunto de dados fevereiro 2015 e 2016.



Legenda: Os quadrados vermelhos (verdes) correspondem à 2015 (2016). A linha vermelha (verde) tracejada é a curva dos mínimos quadrados para a regressão COD vs. AOU para os dados de 2015 (2016):  $\text{COD} (\mu\text{mol kg}^{-1}) = -0,07 * \text{AOU} + 57,26$ ,  $r^2 = 0,06$ , para 2015; e  $\text{COD} (\mu\text{mol kg}^{-1}) = -0,03 * \text{AOU} + 48,09$ ,  $r^2 = 0,01$ , para 2016.

Fonte: A autora (2020).

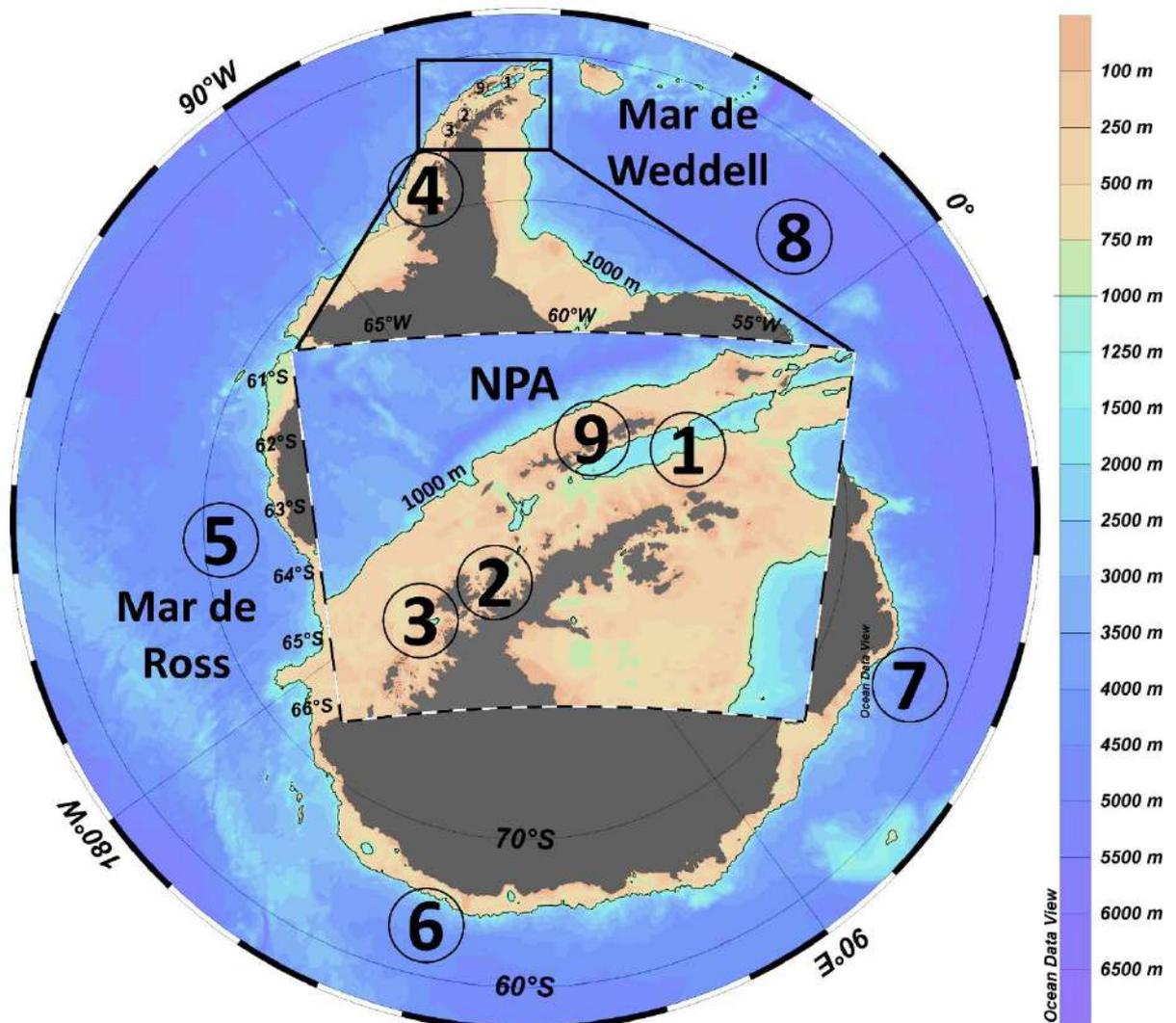
## 6 DISCUSSÃO

As concentrações de COD no EB ( $33,12 \mu\text{mol kg}^{-1}$  –  $122,82 \mu\text{mol kg}^{-1}$ ), durante a realização das campanhas de fevereiro de 2015 e 2016, estavam dentro da faixa normalmente encontrada no oceano Austral ( $33 \mu\text{mol kg}^{-1}$  –  $195 \mu\text{mol kg}^{-1}$ ), de acordo com a literatura disponível na tabela 5. A literatura do oceano Austral descreve as concentrações de COD, nas águas superficiais,  $> 45 \mu\text{mol kg}^{-1}$ , enquanto valores os mais baixos e quase constantes de, aproximadamente,  $42 \mu\text{mol kg}^{-1}$  são encontrados para as águas intermediárias e profundas (DA CUNHA et al., 2018). Abaixo da camada superior de mistura, as concentrações de COD  $> 45,0 \mu\text{mol kg}^{-1}$  podem ser associadas à exportação de matéria orgânica das camadas superficiais para as camadas intermediárias (BERCOVICI; HANSELL, 2016). No estudo de Doval et al. (2002), o COD foi descrito como a principal forma de carbono orgânico exportado para as camadas oceânicas profundas no NPA. No mar de Ross (Tabela 5), as exportações de COD para as águas profundas foram estimadas em, aproximadamente,  $4,0 \pm 0,6 \text{ Tg ano}^{-1}$  (BERCOVICI et al., 2017). Abaixo de 400 m, as concentrações de COD, geralmente, apresentam distribuições constantes e típicas de carbono orgânico recalcitrante ( $44 \pm 4 \mu\text{mol kg}^{-1}$ ; DOVAL et al., 2002). da Cunha et al. (2018) observaram uma distribuição semelhante às concentrações apresentadas por Doval et al. (2002) no estreito de Gerlache. A influência da HSSW (Gráfico 1) pode justificar as concentrações de COD relativamente altas na camada profunda do EB, da mesma forma que foi observado por Bercovici et al. (2017) no mar de Ross.

Tabela 5 – Comparação das concentrações de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) no oceano Austral. (Continua)

<b>N° Ref.</b>	<b>Região do oceano Austral</b>	<b>Temporada</b>	<b>Ano da Pesquisa</b>	<b>Concentrações de COD</b>	<b>Referência</b>
<b>1</b>	Estreito de Bransfield*	Fim do Verão (FEV)	2015 2016	28.7 – 122.8 26.6 – 112.2	Este Estudo
<b>1</b>	Estreito de Bransfield*	Fim do Verão (FEV)	2005 e 2009	43.8 – 64.3 (águas superf.)	Ruiz-Halpern et al. (2014)
<b>1 &amp; 2</b>	Estreitos de Bransfield & Gerlache*	Verão (DEZ)	1995	36.0 – 126.6	Doval et al. (2002)
<b>2</b>	Estreito de Gerlache*	Fim do Verão (FEV)	2015 2016	36.1 – 76.6 32.6 – 66.7	da Cunha et al. (2018)
<b>3</b>	PAW** (Pal-LTER)	Série Temporal (JAN)	1993 – 2004	43.8 – 48.7	Ducklow et al. (2007)
<b>4</b>	Baía Marguerite, WAP** (Rothera Série Temporal)	Todas as Estações do ano (Prof. 15m)	1999 – 2006	38.9 – 194.9	Clarke et al. (2008)
<b>4</b>	Mar de Ross 165° L – 170° O	Todas as Estações do ano	1994 – 1997	44.8 – 53.5	Carlson et al. (2000)
<b>5</b>	Mar de Ross 165° L – 170° O	Final do Verão (FEV – MAR)	2011 e 2013	45.1 – 55.9 (águas profundas)	Bercovici et al. (2017)
<b>6</b>	Setor Australiano, ao longo de 140° L	Verão (JAN)	1995	37.5 – 53.8	Ogawa et al. (1999)
<b>7</b>	Setor Indiano ao longo de 62° L	Verão (JAN – MAR)	1994	50.1 – 61.6	Wiebinga e De Baar (1998)
<b>8</b>	Setor Atlântico, ao longo de 6° O	Primavera (OUT – NOV)	1993	37.0 – 50.6	Kähler et al. (1997)
<b>9</b>	Ilhas Shetland do Sul – NPA*	Inverno (AGO)	2012	34.1 – 56.5	Shen et al. (2017)

Tabela 5 – Comparação das concentrações de Carbono Orgânico Dissolvido (COD) no oceano Austral. (Conclusão)



Legenda: O número de referência (N° Ref.) corresponde ao setor do oceano Austral marcado no mapa na última linha da tabela. As concentrações de COD de todos os estudos foi relatada aqui em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , para fins de comparação. Os meses do ano aparecem abreviados.

Nota: \* NAP – Norte da Península Antártica;

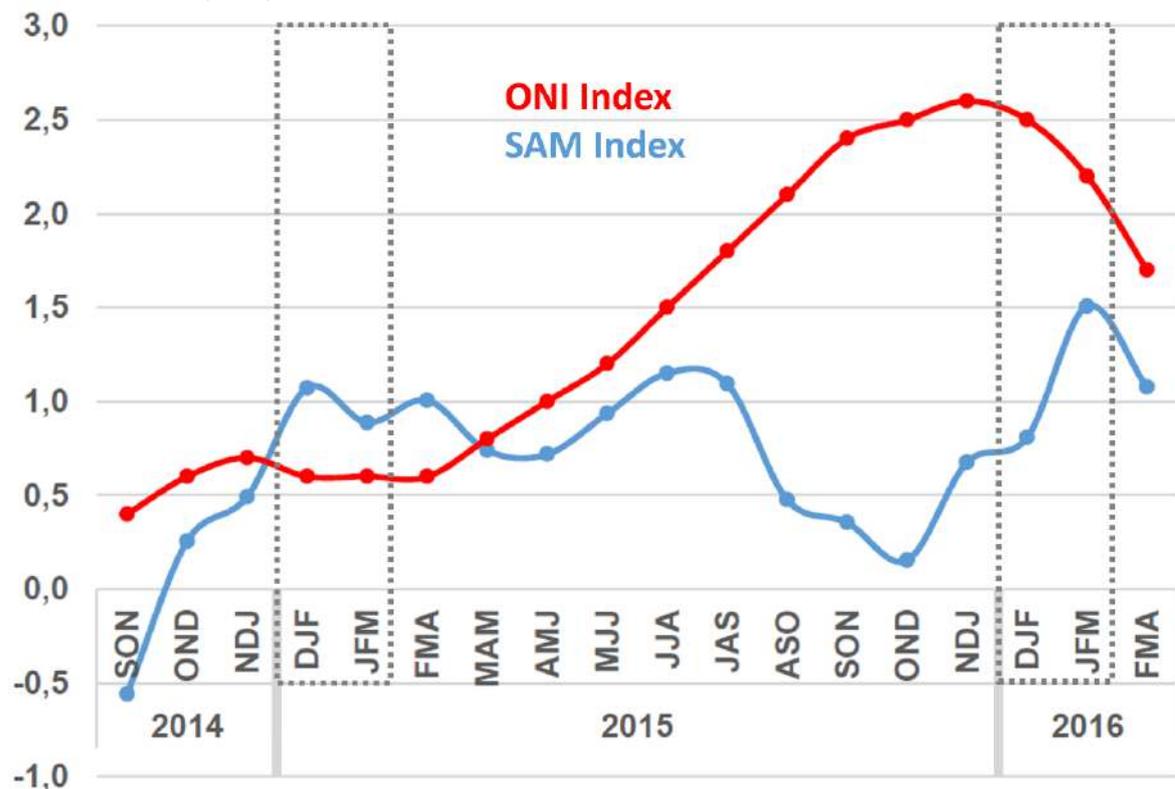
\*\* PAW - Península Antártica Ocidental.

Fonte: A autora (2020).

Com relação às diferenças significativas, entre as concentrações de COD, encontradas em durante o estudo, para as campanhas FEV-15 e FEV-16, da Cunha et al. (2018) também observaram diferenças significativas entre as concentrações de COD do estreito de Gerlache nos mesmos períodos do nosso estudo. Da mesma forma que observado no EB, as diferenças nas concentrações de COD no estreito de Gerlache foram associadas à diferentes condições hidrográficas entre os dois anos de estudo (DA CUNHA et al., 2018). Apesar da proximidade, é importante destacar que o EB possui uma área maior e uma circulação mais complexa que o estreito de Gerlache.

A variabilidade nas condições oceanográficas do NPA pode estar ligada aos fenômenos climáticos de larga escala ENSO e SAM (CLEM et al., 2016; LOEB et al., 2009). Os verões austrais de 2015 e 2016 (Gráfico 5) foram classificados pela influência da fase positiva do ENSO (El Niño; HU; FEDOROV, 2017). Especificamente, o verão de 2016 foi influenciado pelo El Niño 2015-2016 com força recorde (Gráfico 5; JACOX et al., 2016). Além da fase positiva do ENSO, o verão austral de 2016 também foi influenciado por uma fase positiva e de forte intensidade do SAM (Gráfico 5; VERA; OSMAN, 2018). Vera e Osman (2018) sugeriram que a combinação dos dois modos climáticos resultou em anomalias negativas de temperatura do ar na superfície do mar na Península Antártica, o que podem estar associadas à uma TSM significativamente menor durante a campanha FEV-16, quando comparado a FEV-15, tanto no EB como no estreito de Gerlache (DA CUNHA et al., 2018).

Gráfico 5 – Médias consecutivas de três meses para o Índice Oceânico Niño (ONI) e Índice do *Southern Annular Mode* (SAM) entre o final de 2014 e o início de 2016.



Legenda: A linha e pontos vermelhos correspondem ao índice ONI e a linha e pontos azuis ao índice SAM. Os retângulos tracejados indicam o período de verão onde o estudo foi realizado.

Fonte: Índices ONI disponíveis no Centro de Previsão Climática (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>). Índices SAM disponíveis no *British Antarctic Survey* (<http://www.nerc-bas.ac.uk/icd/gjma/sam.html>). A autora (2020).

A estrutura termohalina do EB foi resultado de uma mistura complexa entre as massas de água dos mares de Bellingshausen e Weddell, além do derretimento do gelo e as intrusões da porção sul da passagem de Drake (DOTTO et al., 2016; RUIZ BARLETT et al., 2018;

SANGRÀ et al., 2011, 2017). Os eventos de El Niño e SAM positivo em FEV-15, ambos de fraca intensidade, foram associados à entrada no EB de águas transportadas pela Corrente Circumpolar Antártica, misturadas com as águas do mar de Bellingshausen. Um sinal claro dessa intrusão foi a presença de mCDW no EB durante o ano de 2015. Por outro lado, durante a campanha FEV-16, quando ocorreu a maior intensidade da fase positiva dos dois modos climáticos, foi possível detectar a intrusão de águas mais frias e mais oxigenadas no EB, provavelmente, oriundas do mar de Weddell. Além disso, vários autores descrevem esses dois modos climáticos como responsáveis pela intensificação do giro de Weddell, o que pode ajudar na intrusão dessas águas relativamente frias e oxigenadas em direção ao EB (e.g. LOEB et al., 2009; RUIZ BARLETT et al., 2018).

Confirmando o que foi amplamente descrito na literatura (e.g. GARCÍA et al., 2002; HUNEKE; HUH; SCHRÖEDER, 2016; SANGRÀ et al., 2011), a temperatura potencial indicou que as frentes da Península e de Bransfield separaram as águas quentes e estratificadas, influenciadas pelo mar de Bellingshausen (porção norte do EB) das águas frias e relativamente homogêneas, influenciadas pelo mar de Weddell (porção sul). Enquanto a estratificação da coluna d'água em FEV-15 foi associada às maiores concentrações de COD na camada de água superficial quente, a ocorrência dos intensos eventos de El Niño e SAM positivo em FEV-16 podem ter induzido a entrada de águas mais frias, densas e salinas no EB. Essas águas, por sua vez, estão associadas a concentrações mais baixas de COD, como observado na camada superficial fria e nas camadas intermediárias e profundas no EB e em Gerlache (DA CUNHA et al., 2018; DOVAL et al., 2002).

Durante a campanha FEV-15, quando o El Niño e a fase positiva do SAM apresentaram intensidades mais fracas (CLEM et al., 2016; HU; FEDOROV, 2017), a oxigenação da coluna d'água pode ter derivado da produção primária na camada subsuperficial. Por outro lado, em FEV-16, quando os dois modos climáticos apresentaram forte intensidade (JACOX et al., 2016; VERA; OSMAN, 2018), a maior turbulência, causada pela ação dos ventos, pode ter sido o principal fator de oxigenação e de mistura da coluna de água. O efeito da turbulência poderia justificar a falta de correlação entre o COD, o oxigênio dissolvido e a estabilidade em FEV-16. Estudos como os realizados por Bown et al. (2018) e Brearley et al. (2017), na Península Antártica Ocidental, reforçam a importância da ação dos ventos para controlar a estratificação e a mistura turbulenta da coluna d'água e as possíveis implicações dessa dinâmica para os principais ciclos biogeoquímicos marinhos.

O COD mostrou uma correlação significativa e inversa com a profundidade, a salinidade e a anomalia da densidade potencial, nos dois anos de estudo. Assim como ocorreu com a

temperatura potencial, as correlações foram mais fortes em 2015 e mais fracas em 2016. Na superfície, as baixas salinidades e densidades encontradas no EB podem estar associadas tanto à intrusão das águas quentes e estratificadas do mar de Bellingshausen (SANGRÀ et al., 2011, 2017) quanto ao derretimento sazonal do gelo marinho (THOMAS et al., 2001). De acordo com Thomas et al. (2001), as concentrações de COD no oceano Austral, associadas aos núcleos de gelo derretido, foram cerca de 30 vezes maiores do que nas águas superficiais, sem influência de degelo, ao redor do continente antártico. O aumento das águas de degelo afeta a circulação oceânica, a estabilidade da coluna de água e a estrutura biogeoquímica do EB e das áreas adjacentes (DA CUNHA et al., 2018; MENDES et al., 2013, 2018; SAKSHAUG; HOLM-HANSEN, 1992).

O acúmulo de COD na água influenciada pelo mar de Bellingshausen (i.e., água superficial quente) está, provavelmente, associado à matéria orgânica planctônica disponível na zona eufótica. Além disso, a estratificação da coluna de água no verão também pode promover o acúmulo de COD nessa camada de água mais quente (DA CUNHA et al., 2018; DOVAL et al., 2002). O EB é considerado como uma região de alta produtividade primária, importante para a manutenção de vários grupos zooplânctônicos, principalmente o krill antártico (*Euphausia superba*), peixes, aves marinhas e mamíferos marinhos (REISS et al., 2017; ZHOU et al., 2006). Segundo Kang; Lee (1995), as distribuições de espécies fitoplanctônicas no EB refletiam as condições físicas da coluna d'água superior, particularmente o perfil de estabilidade vertical da coluna d'água. Um padrão semelhante também foi observado em estudos recentes de Costa et al. (2020), Lima et al. (2019) e Mendes et al. (2013, 2018) no EB e em regiões adjacentes (i.e. estreito de Gerlache e Baía do Almirantado, Ilhas Shetland do Sul; Figura 7).

Ruiz-Halpern *et al.* (2011) descreveram que a combinação de fitoplâncton e krill pode produzir grandes quantidades de COD na região da Península Antártica. No entanto, mudanças ambientais na cobertura de gelo marinho podem afetar significativamente essa produção (LA *et al.*, 2019; RUIZ-HALPERN *et al.*, 2011). Os novos estudos precisarão levar em consideração os efeitos dos modos climáticos nos ciclos biogeoquímicos marinhos, uma vez que o sucesso da produção primária e secundária no estreito de Bransfield depende da força da Corrente Circumpolar Antártica e da circulação do Giro de Weddell, promovendo a mistura de diferentes massas de água, bem como das mudanças na estratificação da coluna de água (LA et al., 2019; LOEB et al., 2009; MENDES et al., 2013).

Devido à forte estratificação da coluna d'água durante a campanha de FEV-15, a matéria orgânica lábil (COP e COD), provavelmente, foi degradada na camada superficial da coluna d'água (DA CUNHA et al., 2018). Este processo poderia explicar a falta de correlação entre

COD e AOU (profundidades > 150 m). Na campanha de FEV-16, a maior mistura de massas de água na área estudada pode ter induzido a maior exportação de carbono orgânico para camadas oceânicas isoladas da atmosfera e a correlação inversa entre COD e AOU (COSTA et al., 2020; DA CUNHA et al., 2018; HANSELL et al., 2009; PAN et al., 2014). Costa *et al.* (2020) descreveu que o forte El Niño em FEV-16 pode ter permitido as condições para uma intensa floração de diatomáceas (*Odontella weissflogii*), o que possibilitou uma absorção de, aproximadamente,  $-60 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  de carbono. Por outro lado, o forte El Niño e o SAM positivo em FEV-16 podem ter afetado a produção de matéria orgânica com baixas concentrações de COD lábil. A regeneração do COD representou menos de 10% do consumo de oxigênio no EB nos dois anos de estudo, com a menor porcentagem em FEV-16. Esses resultados corroboram os valores já relatados na literatura para o estreito de Gerlache (DA CUNHA et al., 2018; DOVAL et al., 2002) e no setor Índico do oceano Austral (WIEBINGA; DE BAAR, 1998). Esses autores sugerem que a matéria orgânica abaixo da camada de mistura é recalcitrante à respiração heterotrófica.

Além disso, estudos como Ruiz-Halpern et al., (2011) e Signori et al. (2014, 2018) descreveram que a composição da comunidade microbiana no NPA pode ser sensível tanto às variáveis ambientais quanto à composição da matéria orgânica, afetando diretamente o processo de degradação da matéria orgânica. Isso reforça a importância de considerar o papel dos modos climáticos nos estudos da bomba biológica oceânica, especialmente considerando que as mudanças na biogeoquímica do oceano Austral, mediadas pelo clima em um futuro próximo provavelmente, impactarão a produção primária, a troca de  $\text{CO}_2$  na interface ar-mar e o funcionamento do ecossistema, como um todo (HENLEY et al., 2020; ITO et al., 2018).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, foi investigada a distribuição do COD e as propriedades físico-químicas da água do mar, ao longo do estreito de Bransfield, durante o final dos verões austrais de 2015 e 2016. Os resultados aqui relatados e também publicados em Avelina *et al.* (2020), sugerem que a distribuição vertical do COD pode ser controlada por uma combinação de processos, como: (i) a estratificação vertical da coluna de água; (ii) a exportação vertical e degradação da matéria orgânica e; (iii) a intensidade da atividade biológica na camada superior de mistura. A variabilidade interanual significativa das concentrações de COD foi relacionada, principalmente, à variabilidade nas condições oceanográficas impulsionadas pelos modos climáticos ENOS e SAM. O verão de 2015 teve a maior concentração de COD, associada a uma camada de água quente superficial, devido à maior estratificação da coluna d'água. Naquele ano, os índices ENSO e SAM foram positivos e de fraca intensidade, favorecendo as condições de intrusões de massa de água da Corrente Circumpolar Antártica em direção à bacia do estreito de Bransfield. Por outro lado, o verão de 2016 foi marcado por um El Niño de forte intensidade e SAM positivos. Nessa situação, a intensificação associada ao Giro de Weddell induziu a entrada de águas frias, mais oxigenadas e homogêneas da plataforma no estreito de Bransfield, o que pode ter contribuído para a menor concentração de COD observada. Finalmente, este estudo contribui para uma melhor compreensão do papel do COD no ciclo global do carbono em um ambiente de transição de circulação oceânica complexa e sensível às mudanças climáticas globais.

## REFERÊNCIAS

- ACKLEY, S. F.; BUCK, K. R.; TAGUCHI, S. Standing crop of algae in the sea ice of the Weddell Sea region. **Deep Sea Research Part A, Oceanographic Research Papers**, v. 26, n. 3, p. 269–281, 1979.
- AVELINA, R. et al. Contrasting dissolved organic carbon concentrations in the Bransfield Strait, Northern Antarctic Peninsula: insights into ENSO and SAM effects. **Journal of Marine Systems**, v. 212, n. October, 2020.
- BEHRENFELD, M. J. et al. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. **Nature**, v. 444, n. 7120, p. 752–755, 2006.
- BERCOVICI, S. K. et al. Dissolved organic carbon in the Ross Sea: Deep enrichment and export. **Limnology and Oceanography**, v. 62, n. 6, p. 2593–2603, 2017.
- BERCOVICI, S. K.; HANSELL, D. A. Dissolved organic carbon in the deep Southern Ocean: Local versus distant controls. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 30, p. 350–360, 2016.
- BIF, M. B.; HANSELL, D. A. Seasonality of dissolved organic carbon in the upper Northeast Pacific Ocean. **Global Biogeochemical Cycles**, p. 2018GB006152, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2018GB006152>>.
- BOWERS, D. G. et al. Water masses, mixing, and the flow of dissolved organic carbon through the Irish Sea. **Continental Shelf Research**, v. 58, p. 12–20, 2013.
- BOWN, J. et al. Evidences of strong sources of DFe and DMn in Ryder Bay, Western Antarctic Peninsula. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 376, n. 2122, 2018.
- BREARLEY, J. A. et al. Controls on turbulent mixing on the West Antarctic Peninsula shelf. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 139, n. xxxx, p. 18–30, 2017.
- BRIERLEY, A. S.; KINGSFORD, M. J. Impacts of Climate Change on Marine Organisms and Ecosystems. **Current Biology**, v. 19, n. 14, p. 602–614, 2009.
- CALLEJA, M. L.; AL-OTAIBI, N.; MORÁN, X. A. G. Dissolved organic carbon contribution to oxygen respiration in the central Red sea. **Scientific Reports**, v. 9, p. 1–12, 2019. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41598-019-40753-w>>.
- CARLSON, C. A. Production and Removal Processes. In: HANSELL, D. A.; CARLSON, C. A. (Org.). **Biogeochem. Mar. Dissolved Org. Matter**. London: Academic Press, 2002. p. 91–151.
- \_\_\_\_\_. Stocks and dynamics of dissolved and particulate organic matter in the Southern Ross Sea, Antarctica. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 47, n. 15–16, p. 3201–3225, 2000.

- CASPEL, M. Van; HELLMER, H. H.; MATA, M. M. On the ventilation of Bransfield Strait deep basins. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 149, p. 25–30, 2018.
- CASTRO, C. G. et al. Nutrient utilisation and chlorophyll distribution in the Atlantic sector of the Southern Ocean during Austral summer 1995 – 96. **Deep-Sea Research Part II**, v. 49, p. 623–641, 2002.
- CLARKE, A. et al. Seasonal and interannual variability in temperature, chlorophyll and macronutrients in northern Marguerite Bay, Antarctica. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 55, n. 18–19, p. 1988–2006, 2008.
- CLEM, K. R. et al. The relative influence of ENSO and SAM on Antarctic Peninsula climate. **Journal of Geophysical Research : Atmospheres**, v. 121, p. 9324–9341, 2016.
- COOK, A. J. et al. Ocean forcing of glacier retreat in the western Antarctic Peninsula. **Science**, v. 353, n. 6296, p. 283–286, 2016.
- COOK, A. J.; VAUGHAN, D. G. Overview of areal changes of the ice shelves on the Antarctic Peninsula over the past 50 years. **The Cryosphere**, v. 4, n. 1, p. 77–98, 2010.
- COSTA, R. R. et al. Dynamics of an intense diatom bloom in the Northern Antarctic Peninsula, February 2016. **Limnology and Oceanography**, p. 1–20, 2020.
- DA CUNHA, L. C. et al. Contrasting end-summer distribution of organic carbon along the Gerlache Strait, Northern Antarctic Peninsula: Bio-physical interactions. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 149, n. March, p. 206–217, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2018.03.003>>.
- DE BOYER MONTÉGUT, C. et al. Mixed layer depth over the global ocean: An examination of profile data and a profile-based climatology. **Journal of Geophysical Research C: Oceans**, v. 109, n. 12, p. 1–20, 2004.
- DICKSON, A. G.; SABINE, C. L.; CHRISTIAN, R. J. **Guide to best practices for ocean CO<sub>2</sub> measurements**. [S.l: s.n.], 2007. v. 3.
- DONEY, S. C. Plankton in a warmer world. **Nature**, v. 444, n. 7120, p. 695–696, 2006.
- DOTTO, T. S. et al. Multidecadal freshening and lightening in the deep waters of the Bransfield Strait, Antarctica. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 121, p. 1–16, 2016.
- DOVAL, M. D. et al. Dissolved organic carbon distributions in the Bransfield and Gerlache Straits, Antarctica. **Deep-Sea Research Part II**, v. 49, p. 663–674, 2002.
- DUARTE, V. S. **Estrutura e variabilidade interanual das massas de água no Estreito de Bransfield (Antártica) durante os verões austrais de 2003 e 2004**. 2006. 129 f. Universidade do Estado do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/10090>>.

- DUCKLOW, H.; STEINBERG, D.; BUESSELER, K. Upper Ocean Carbon Export and the Biological Pump. **Oceanography**, v. 14, n. 4, p. 50–58, 2001. Disponível em: <<https://tos.org/oceanography/article/upper-ocean-carbon-export-and-the-biological-pump>>.
- DUCKLOW, H W et al. Dissolved organic carbon as a component of the biological pump in the North Atlantic Ocean. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 348, n. 1324, p. 161–167, 1995.
- DUCKLOW, Hugh W. et al. Marine pelagic ecosystems: The West Antarctic Peninsula. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1477, p. 67–94, 2007.
- DUTEIL, O. et al. A novel estimate of ocean oxygen utilisation points to a reduced rate of respiration in the ocean interior. **Biogeosciences**, v. 10, p. 7723–7738, 2013.
- EMERSON, S. R.; HEDGES, J. I. **Chemical Oceanography and the Marine Carbon Cycle**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. Disponível em: <[www.cambridge.org/9780521833134](http://www.cambridge.org/9780521833134)>.
- EMERY, W. J. Water Types and Water Masses. **Ocean Circulation**, p. 1556–1567, 2003.
- FABRÉS, J. et al. Bransfield Basin fine-grained sediments : late-Holocene sedimentary processes and Antarctic oceanographic conditions. **The Holocene**, v. 10, n. 6, p. 703–718, 2000.
- FARNHAM, I. M. et al. Factor analytical approaches for evaluating groundwater trace element chemistry data. **Analytica Chimica Acta**, v. 490, n. 1–2, p. 123–138, 2003.
- FRIEDLINGSTEIN, P. et al. Global Carbon Budget 2019. p. 1783–1838, 2019.
- GARCÍA, M. A. et al. Water masses and distribution of physico-chemical properties in the Western Bransfield Strait and Gerlache Strait during Austral summer 1995/96. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 49, n. 4–5, p. 585–602, 2002.
- GRASSHOFF, K.; KREMLING, K.; EHRHARDT, M. **Methods of Seawater Analysis**. 3 ed. Weinheim: Verlag Chemie, 1999.
- GUO, L.; SANTSCHI, P. H.; WARNKEN, K. W. Dynamics of dissolved carbon (DOC) in oceanic environments. **Limnology and Oceanography**, v. 40, n. 8, p. 1392–1403, 1995.
- HAMMER, Ø.; HAPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://folk.uio.no/ohammer/past>>. , 2001
- HANSELL, D. et al. Dissolved Organic Matter in the Ocean: A Controversy Stimulates New Insights. **Oceanography**, v. 22, n. 4, p. 202–211, 2009. Disponível em: <<https://tos.org/oceanography/article/dissolved-organic-matter-in-the-ocean-a-controversy-stimulates-new-insights>>.

- HANSELL, D. A.; CARLSON, C. A.; SUZUKI, Y. Dissolved organic carbon export with North Pacific Intermediate Water formation. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 16, n. 1, p. 7-17-8, 2002.
- HEINZE, C. The role of the ocean carbon cycle in climate change. **European Review**, v. 22, n. 1, p. 97-105, 2014.
- HENLEY, S. F. et al. **Changing Biogeochemistry of the Southern Ocean and Its Ecosystem Implications**. [S.l: s.n.], 2020. v. 7.
- HU, S.; FEDOROV, A. V. The extreme El Niño of 2015–2016 and the end of global warming hiatus. **Geophys. Res. Lett.**, v. 44, p. 3816–3824, 2017.
- HUNEKE, W. G. C.; HUHNS, O.; SCHRÖEDER, M. Water masses in the Bransfield Strait and adjacent seas, austral summer 2013. **Polar Biology**, v. 39, n. 5, p. 789–798, 2016.
- HUTCHINS, D.; MULHOLLAND, M.; FU, F. Nutrient Cycles and Marine Microbes in a CO<sub>2</sub>-Enriched Ocean. **Oceanography**, v. 22, n. 4, p. 128–145, 2011.
- ITO, R. G. et al. Sea-air CO<sub>2</sub> fluxes and pCO<sub>2</sub> variability in the Northern Antarctic Peninsula during three summer periods (2008–2010). **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**. [S.l: s.n.], , 2018
- ITO, T.; FOLLOWS, M. J.; BOYLE, E. A. Is AOU a good measure of respiration in the oceans? **Geophysical Research Letters**, v. 31, n. 17, 2004.
- JACKETT, D. R.; MCDOUGALL, T. J. A neutral density variable for the world's oceans. **Journal of Physical Oceanography**, v. 27, n. 2, p. 237–263, 1997.
- JACOX, M. G. et al. Impacts of the 2015–2016 El Niño on the California Current System: Early assessment and comparison to past events. **Geophys. Res. Lett.**, v. 43, p. 7072–7080, 2016.
- KÄHLER, P. et al. Dissolved organic matter and its utilization by bacteria during spring in the Southern Ocean. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 44, n. 1–2, p. 341–353, 1997.
- KANG, S.; LEE, S. Antarctic phytoplankton assemblage in the western Bransfield Strait region, February 1993: composition, biomass, and mesoscale distributions. **Marine Ecology Progress Series**, v. 129, p. 253–267, 1995.
- KARL, D. M.; TILBROOK, B. D.; TIEN, G. Seasonal coupling of organic matter production and particle flux in the western Bransfield Strait, Antarctica. **Deep Sea Research Part A, Oceanographic Research Papers**, v. 38, n. 8–9, p. 1097–1126, 1991.
- KERR, R.; ORSELLI, I. B. M.; et al. Carbonate system properties in the Gerlache Strait , Northern Antarctic Peninsula ( February 2015 ): I . Sea – Air CO<sub>2</sub> fluxes. **Deep-Sea Research Part II**, v. 149, n. February 2017, p. 171–181, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.02.008>>.

KERR, R. **Distribuição, mistura e variabilidade das massas de água profundas do Mar de Weddell, Antártica**. 2006. 146 f. Universidade Federal do Rio Grande, 2006.

KERR, R.; MATA, M. M.; et al. Northern Antarctic Peninsula: a marine climate hotspot of rapid changes on ecosystems and ocean dynamics. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 149, p. 4–9, 2018.

KERR, R.; DOTTO, T. S.; et al. Three decades of deep water mass investigation in the Weddell Sea (1984–2014): Temporal variability and changes. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 149, n. December 2017, p. 70–83, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.12.002>>.

KING, J. C.; TURNER, J. **Antarctic Meteorology And Climatology**. 07–2007. ed. [S.l.]: Cambridge University Press, 2007.

KNOX, G. A. **Biology of the Southern Ocean**. 2nd. ed. Cambridge: CRC Press, 2006.

LA, H. S. et al. Zooplankton and micronekton respond to climate fluctuations in the Amundsen Sea polynya, Antarctica. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–7, 2019.

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. **Biological oceanography: an introduction**. 2nd. ed. Amsterdam: Elsevier Butterworth-Heinemann, 1997. v. 60.

LE QUÉRÉ, C. et al. Global Carbon Budget 2018. **Earth System Science Data**, v. 0, n. April 2017, p. 2141–2194, 2018.

LENCINA-AVILA, J. M. et al. Past and future evolution of the marine carbonate system in a coastal zone of the Northern Antarctic Peninsula. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 149, n. December 2017, p. 193–205, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.10.018>>.

LIBES, S. **Introduction to Marine Biogeochemistry**. Second Edt ed. [S.l.: s.n.], 2009. Disponível em: <<http://elsevierdirect.com/companions/9780120885305%0AIntroduction>>.

LIMA, D. T. de et al. Abiotic Changes Driving Microphytoplankton Functional Diversity in Admiralty Bay, King George Island (Antarctica). **Frontiers in Marine Science**, v. 6, n. October, 2019.

LOEB, V. et al. Hydrographic control of the marine ecosystem in the South Shetland-Elephant Island and Bransfield Strait region. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 57, n. 7–8, p. 519–542, 2010.

LOEB, V. J. et al. ENSO and variability of the antarctic peninsula pelagic marine ecosystem. **Antarctic Science**, v. 21, n. 2, p. 135–148, 2009.

LOPEZ, O. et al. Hydrographic and hydrodynamic characteristics aof the eastern basin of the Bransfield Strait. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 46, p. 1755–1778, 1999.

MANZOLLI, P. R.; PORTZ, L.; PAIVA, M. Oceanografia Química. In: DANILO, C. (Org.). **Estud. Ocean. do Instrum. ao prático**. Pelotas: Ed. Textos, 2011. p. 130–155. Disponível em:

<[http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1976/p\\_sudepe\\_19\\_1976\\_revgd\\_incentivopescatunideos\\_revgd\\_in\\_maa\\_03\\_1999.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1976/p_sudepe_19_1976_revgd_incentivopescatunideos_revgd_in_maa_03_1999.pdf)>.

MARINOV, I. et al. Impact of oceanic circulation on biological carbon storage in the ocean and atmospheric p CO<sub>2</sub>. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, n. 3, p. n/a-n/a, 2008.

MARINOV, Irina. **The Ocean carbon cycle and climate**. [S.l.: s.n.], 2013. v. 42.

MARSHALL, G. J. Trends in the Southern Annular Mode from observations and reanalyses. **Journal of Climate**, v. 16, n. 24, p. 4134–4143, 2003.

MARSHALL, J.; SPEER, K. Closure of the meridional overturning circulation through Southern Ocean upwelling. **Nature Geoscience**, v. 5, n. 3, p. 171–180, 2012.

MENDES, C. R. B. et al. New insights on the dominance of cryptophytes in Antarctic coastal waters: a case study in Gerlache Strait. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 149, p. 161–170, 2018.

\_\_\_\_\_. Shifts in the dominance between diatoms and cryptophytes during three late summers in the Bransfield Strait (Antarctic Peninsula). **Polar Biology**, v. 36, n. 4, p. 537–547, 2013.

MOFFAT, C.; MEREDITH, M. Shelf-ocean exchange and hydrography west of the Antarctic Peninsula: A review. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 376, n. 2122, p. 1–17, 2018.

NILLER, P. P.; AMOS, A.; HU, J. H. Water masses and 200 m relative geostrophic circulation in the western Bransfield Strait region. **Deep Sea Research Part A, Oceanographic Research Papers**, v. 38, n. 8–9, p. 943–959, 1991.

OGAWA, H.; FUKUDA, R.; KOIKE, I. Vertical distributions of dissolved organic carbon and nitrogen in the Southern Ocean. **Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 46, n. 10, p. 1809–1826, 1999.

PAN, X. et al. Dissolved organic carbon and apparent oxygen utilization in the Atlantic Ocean. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 85, p. 80–87, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr.2013.12.003>>.

PETERSEN, S. et al. Hydrothermal precipitates associated with bimodal volcanism in the Central Bransfield Strait, Antarctica. **Mineralium Deposita**, v. 39, n. 3, p. 358–379, 2004.

POND, S.; PICKARD, G. L. **Introduction Dynamical Oceanography**. 2nd. ed. London: Butterworth-Heinemann Ltd., 1983.

RAVEN, J. A.; FALKOWSKI, P. G. Oceanic sinks for atmospheric CO<sub>2</sub>. **Plant, Cell and Environment**, v. 22, n. 6, p. 741–755, 1999. Disponível em: <<http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1046/j.1365-3040.1999.00419.x>>.

- REDFIELD, A. C.; KETCHUM, B. H.; RICHARDS, A. F. The influence of organisms on the composition of sea-water. **Compos. seawater Comp. Descr. Oceanogr. sea ideas Obs. Prog. study seas**. 2. ed. New York: Interscience Publishers, 1963. p. 26–77.
- REINTHALER, T. et al. Impact of water mass mixing on the biogeochemistry and microbiology of the Northeast Atlantic Deep Water. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 27, n. 4, p. 1151–1162, 2013.
- REISS, C. et al. Overwinter habitat selection by Antarctic krill under varying sea-ice conditions: implications for top predators and fishery management. **Marine Ecology Progress Series**, v. 568, n. March, p. 1–16, 2017.
- RIEBESELL, U.; KORTZINGER, A.; OSCHLIES, A. Sensitivities of marine carbon fluxes to ocean change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 49, p. 20602–20609, 2009.
- RUIZ-HALPERN, S. et al. Ocean-atmosphere exchange of organic carbon and CO<sub>2</sub> surrounding the Antarctic Peninsula. **Biogeosciences**, v. 11, n. 10, p. 2755–2770, 2014.
- RUIZ-HALPERN, Sergio et al. Antarctic krill as a source of dissolved organic carbon to the Antarctic ecosystem. **Limnology and Oceanography**, v. 56, n. 2, p. 521–528, 2011.
- RUIZ BARLETT, E. M.; PIOLA, A. R.; et al. On the temporal variability of intermediate and deep waters in the Western Basin of the Bransfield Strait. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 149, n. December 2018, p. 31–46, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.12.010>>.
- SAKSHAUG, E.; HOLM-HANSEN, O. Factors governing pelagic production in Polar Oceans. **Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies, 1–18. doi:**, v. 8, p. 1–18, 1992.
- SANGRÀ, P. et al. The Bransfield current system. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 58, n. 4, p. 390–402, 2011.
- \_\_\_\_\_. The Bransfield Gravity Current. **Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 119, n. January, p. 1–15, 2017.
- SCHLITZER, R. **Ocean Data View**. . <https://odv.awi.de>: [s.n.]. Disponível em: <<https://odv.awi.de>>. , 2019
- \_\_\_\_\_. **Ocean Data View**. . <https://odv.awi.de>, 2020: [s.n.]. , 2020
- SHEN, Y. et al. Bioavailable dissolved organic matter and biological hot spots during austral winter in Antarctic waters. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 122, n. 1, p. 508–520, 2017.
- SIEGENTHALER, U.; SARMIENTO, J. L. Atmospheric carbon dioxide and the ocean. **Nature**, v. 365, p. 119–125, 1993.
- SIGNORI, C. N. et al. Microbial diversity and community structure across environmental gradients in Bransfield Strait, Western Antarctic Peninsula. **Frontiers in Microbiology**, v. 5,

n. DEC, p. 1–13, 2014.

\_\_\_\_\_. Spatiotemporal dynamics of marine bacterial and archaeal communities in surface waters off the northern Antarctic Peninsula. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 149, n. December 2017, p. 150–160, 2018.

THOMAS, D. N. et al. Dissolved organic matter in Antarctic sea ice. **Annals of Glaciology**, v. 33, p. 297–303, 2001.

TOMCZAK, M. Some historical , theoretical and applied aspects of. **Journal of Marine Research**, v. 57, p. 275–303, 1999.

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **HCPA**, v. 32, n. 2, p. 227–234, 2012.

TRENBERTH, K. E. The Definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 12, p. 2771–2777, 1997.

TURNER, J. et al. Antarctic climate change during the last 50 years. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 3, p. 279–294, 2005.

VERA, C. S.; OSMAN, M. Activity of the Southern Annular Mode during 2015–2016 El Niño event and its impact on Southern Hemisphere climate anomalies. **International Journal of Climatology**, v. 38, p. e1288–e1295, 2018.

WIEBINGA, C. J.; DE BAAR, H. J. W. Determination of the distribution of dissolved organic carbon in the Indian sector of the Southern Ocean. **Marine Chemistry**, v. 61, n. 3–4, p. 185–201, 1998.

ZHOU, M. et al. The western boundary current in the Bransfield Strait, Antarctica. **Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 53, n. 7, p. 1244–1252, 2006.

ZHOU, M.; NIILER, P. P.; HU, J. H. Surface currents in the Bransfield and Gerlache Straits, Antarctica. **Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 49, n. 2, p. 267–280, 2002.

## APÊNDICE A – Resultados completos da campanha de fevereiro de 2015.

Tabela 6 – Metadados para a campanha de fevereiro de 2015 (FEV-15): data, estação oceanográfica (EO), longitude (LON), latitude (LAT), profundidades local (Prof. Local) e de coleta (Prof. Coleta). Resultados para as variáveis: temperatura potencial ( $\theta$ ) em °C; salinidade (S); densidade potencial ( $\sigma\theta$ ) em  $\text{kg m}^{-3}$ ; estabilidade da coluna d'água (E) em  $10^{-6} \text{ rad}^2 \text{ m}^{-1}$ ; oxigênio dissolvido (OD) em  $(\mu\text{mol kg}^{-1})$ ; carbono orgânico dissolvido (COD) em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ; porcentagem de água de degelo (%MW) e utilização aparente do oxigênio em profundidades isoladas da atmosfera ( $\text{AOU}_{\text{Prof. > 150m}}$ ) em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , para as camadas de água superficial quente (ASQ), água superficial fria (ASF) e águas das camadas intermediária (INT) e profunda (PROF).

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	$\theta$	S	$\sigma\theta$	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-15	08/02/2015	B28	298,51	-63,16	989	5	1,61	33,85	27,08		311,83	58,21	2,55		ASQ
FEV-15	08/02/2015	B28	298,51	-63,16	989	25	1,56	33,86	27,09		311,23	58,88	2,52		ASQ
FEV-15	08/02/2015	B28	298,51	-63,16	989	50	1,29	33,89	27,14		301,22	56,4	2,41		ASQ
FEV-15	08/02/2015	B28	298,51	-63,16	989	75	0,73	34,01	27,27		285,33	55,25	1,99		ASQ
FEV-15	08/02/2015	B28	298,51	-63,16	989	100	0,39	34,16	27,41		261,35	53,31	1,47		ASQ
FEV-15	08/02/2015	B28	298,51	-63,16	989	500	-0,08	34,56	27,76		226,72	52,88	0,07	125,78	INT
FEV-15	08/02/2015	B28	298,51	-63,16	989	975	-0,65	34,58	27,81			49,36	0	27,45	PROF
FEV-15	08/02/2015	B28	298,51	-63,16	989	986	-0,65	34,58	27,81			54,32	2,91	75,92	PROF
FEV-15	08/02/2015	B29	299,49	-63,03	368	5	1,5	33,73	26,99	7,9	312,56	55,15	1,61		ASQ
FEV-15	08/02/2015	B29	299,49	-63,03	368	50	0,59	34,1	27,35	6,14	271,35	69,22	1,58		ASQ
FEV-15	08/02/2015	B29	299,49	-63,03	368	51	0,53	34,11	27,36	5,29	271,95	54,44	0,81		ASQ
FEV-15	08/02/2015	B29	299,49	-63,03	368	100	0,46	34,33	27,54	2,23	244,27	55,64	0,04		ASQ
FEV-15	08/02/2015	B29	299,49	-63,03	368	252	0,83	34,55	27,7	0,52	199,87	55,28	0	45,14	INT
FEV-15	08/02/2015	B29	299,49	-63,03	368	361	0,66	34,56	27,72	0,17	203,88	50,02	-0,04	52,64	INT
FEV-15	07/02/2015	B30	300,72	-63,28	825	5	0,22	34,38	27,6	1,99	304,78	82,75	0,6		INT
FEV-15	07/02/2015	B30	300,72	-63,28	825	25	-0,12	34,41	27,64	1,72	300,43	59,51	0,49		ASF
FEV-15	07/02/2015	B30	300,72	-63,28	825	75	-0,83	34,46	27,71	0,9	282,66	52,95	0,32		ASF
FEV-15	07/02/2015	B30	300,72	-63,28	825	100	-0,87	34,47	27,73	0,41	269,25	53,73	0,28		ASF
FEV-15	07/02/2015	B30	300,72	-63,28	825	250	-1,04	34,51	27,76	0,18	261,42	53,63	0,14	113,07	INT
FEV-15	07/02/2015	B30	300,72	-63,28	825	400	-1,03	34,53	27,78	0,09	254,45	51,67	0,07	95,56	INT

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σθ	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-15	07/02/2015	B30	300,72	-63,28	825	600	-0,98	34,55	27,8	0,11	248,08	53,03	0	31,25	INT
FEV-15	07/02/2015	B30	300,72	-63,28	825	820	-1,49	34,55	27,82	0,14	270,66	75,54	0	30,89	PROF
FEV-15	10/02/2015	B31	300,28	-62,86	813	5	1,16	34,23	27,42	1,27	310,6	57,71	1,19		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B31	300,28	-62,86	813	25	1,11	34,26	27,45	2,56	311,26	50,74	1,09		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B31	300,28	-62,86	813	50	0,26	34,33	27,56	3,02	293,59	52,42	0,84		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B31	300,28	-62,86	813	100	-0,45	34,41	27,66	1,37	282,42	48,54	0,56		ASF
FEV-15	10/02/2015	B31	300,28	-62,86	813	200	-0,74	34,49	27,74	0,6	260,61	43,43	0,28	107,74	ASF
FEV-15	10/02/2015	B31	300,28	-62,86	813	300	-0,09	34,59	27,78	0,28	226,67	45,93	-0,07	111,95	INT
FEV-15	10/02/2015	B31	300,28	-62,86	813	450	-1,03	34,55	27,8	0,12	253,84	47,71	0,07	112,32	INT
FEV-15	10/02/2015	B31	300,28	-62,86	813	601	-1,02	34,57	27,81	0,06	249,54	74,16	0	41,49	INT
FEV-15	10/02/2015	B31	300,28	-62,86	813	802	-1,06	34,57	27,82	0,04	249,63	49,97	0	43,57	PROF
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	6	1,23	34,16	27,36	3,44	299,9	52,93	1,47		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	20	1,04	34,2	27,4	2,7	299,34	51,25	1,33		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	60	0,65	34,27	27,49	2,23	294,15	48,55	1,08		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	100	0,02	34,35	27,59	1,91	291,05	28,74	0,8		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	200	-0,82	34,48	27,73	0,83	262,76	46,88	0,35	104,36	ASF
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	500	-1,03	34,56	27,8	0,16	252,62	53,89	0,07	100,27	INT
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	800	-1,29	34,57	27,82	0,09	259,9	42,55	0,03	98,88	PROF
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	1000	-1,49	34,58	27,83	0,06	266	50,33	0	98,97	PROF
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	1200	-1,56	34,58	27,84	0,03	268,17	46,61	0	15,15	PROF
FEV-15	10/02/2015	B32	300,63	-62,73	1440	1435	-1,61	34,58	27,85	0,03	268,66	47,87	0	21,76	PROF
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	5	1,91	34,19	27,33	0,73	320,22	57,63	1,36		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	25	1,8	34,2	27,35	2,7	314,55	51,24	1,33		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	50	0,65	34,28	27,49	4	292,28	48,23	1,05		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	75	0,36	34,35	27,56	2,83	269,47		0,8		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	100	-0,21	34,4	27,63	1,53	266,52	47,68	0,63		ASF
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	250	-0,63	34,51	27,75	0,48	246,93	45,81	0,24	110,49	INT
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	500	-1,00	34,56	27,8	0,17	249,98	43,97	0,07	100,99	INT

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σθ	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	700	-1,12	34,57	27,82	0,09	252,06	53,97	0,03	98,22	INT
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	900	-1,40	34,57	27,83	0,07	264,36	50,14	0,03	98,49	PROF
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	1100	-1,54	34,58	27,84	0,04	268,62	45,15	0	19,04	PROF
FEV-15	10/02/2015	B33	301,13	-62,61	1530	1524	-1,61	34,58	27,85	0,03	269,19	49,14	0	19,34	PROF
FEV-15	10/02/2015	B38	301,51	-62,54	1653	5	1,94	34,17	27,31	0,18	316,07	70,07	1,47		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B38	301,51	-62,54	1653	25	1,91	34,17	27,32	1,27	316,04	84,99	1,47		ASQ
FEV-15	10/02/2015	B38	301,51	-62,54	1653	200	-0,55	34,5	27,73	1,19	247,03	48,39	0,31	98,85	ASF
FEV-15	10/02/2015	B38	301,51	-62,54	1653	500	-0,89	34,57	27,81	0,17	242,97	41,26	0,07	98,55	INT
FEV-15	10/02/2015	B38	301,51	-62,54	1653	1000	-1,51	34,58	27,84	0,06	267,59	44,79	0,03	20,54	PROF
FEV-15	10/02/2015	B38	301,51	-62,54	1653	1651	-1,65	34,59	27,85	0,04	269,57	45,71	0	23,65	PROF
FEV-15	11/02/2015	B39	301,92	-62,46	1901	5	1,9	34,18	27,32	0,81	314,91	53,45	1,43		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B39	301,92	-62,46	1901	20	1,82	34,18	27,33	1,84	312,53	50,98	1,43		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B39	301,92	-62,46	1901	40	1,39	34,22	27,4	2,52	312,01		1,29		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B39	301,92	-62,46	1901	200	-0,44	34,5	27,73	1,04	242,56	48,45	0,31	101,7	ASF
FEV-15	11/02/2015	B39	301,92	-62,46	1901	500	-1,04	34,56	27,81	0,17	251,46	47,98	0,1	98,14	INT
FEV-15	11/02/2015	B39	301,92	-62,46	1901	800	-1,37	34,57	27,83	0,08	263,31	43,82	0,07	97,52	INT
FEV-15	11/02/2015	B39	301,92	-62,46	1901	1100	-1,56	34,58	27,84	0,04	268,91	48,12	0,03	98,33	PROF
FEV-15	11/02/2015	B39	301,92	-62,46	1901	1400	-1,62	34,59	27,85	0,03	270,23	57,81	0	24,09	PROF
FEV-15	11/02/2015	B39	301,92	-62,46	1901	1898	-1,67	34,59	27,86	0,02	270,1	56,66	0	23,97	PROF
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	5	1,88	34,17	27,32	0,31	311,57	52,51	1,47		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	15	1,82	34,16	27,32	0,13	312,21		1,5		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	25	1,82	34,16	27,32	1,03	312,73	58,42	1,5		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	50	1,22	34,2	27,39	2,42	297,71		1,36		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	250	-0,54	34,52	27,75	0,95	243,05	44,02	0,24	103,08	INT
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	550	-1,05	34,57	27,81	0,18	250,22	49,92	0,07	99,04	INT
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	700	-1,36	34,57	27,82	0,09	261,82	46,86	0,07	97,78	INT
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	1000	-1,56	34,58	27,84	0,04	267,88	48,49	0,03	97,65	PROF
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	1300	-1,62	34,58	27,85	0,03	269,87	51,06	0,03	34,33	PROF

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σθ	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-15	11/02/2015	B40	302,33	-62,37	1675	1670	-1,65	34,59	27,85	0,02	270,54	51,39	0	61,81	PROF
FEV-15	11/02/2015	B44	302,45	-62,08	159	5	1,37	33,91	27,15	7,47	306,32	56,41	1,41		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B44	302,45	-62,08	159	25	0,94	34,06	27,3	5,47	282,33	61,25	0,88		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B44	302,45	-62,08	159	50	0,73	34,17	27,4	2,13	276,27	85,96	0,49		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B44	302,45	-62,08	159	75	0,75	34,19	27,42	0,41	275,93	49,93	0,42		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B44	302,45	-62,08	159	100	0,75	34,2	27,42	1,01	275,48	56,69	0,39		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B44	302,45	-62,08	159	157	0,51	34,31	27,52	1,81	254,67	48,2	0	14,42	ASQ
FEV-15	11/02/2015	B43	302,67	-62,27	1800	6	2,19	34,16	27,29	2,33	317,54	57,69	1,5		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B43	302,67	-62,27	1800	20	1,94	34,18	27,32	2,74	320,73	59,8	1,43		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B43	302,67	-62,27	1800	45	1,3	34,22	27,4	2,39	306,09	50,3	1,29		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B43	302,67	-62,27	1800	250	-0,71	34,52	27,76	0,87	247,79	42,49	0,24	100,4	INT
FEV-15	11/02/2015	B43	302,67	-62,27	1800	600	-0,99	34,57	27,81	0,12	245,73	46,04	0,07	98,14	INT
FEV-15	11/02/2015	B43	302,67	-62,27	1800	900	-1,45	34,57	27,83	0,07	265,4	48,25	0,07	97,88	PROF
FEV-15	11/02/2015	B43	302,67	-62,27	1800	1200	-1,60	34,58	27,84	0,04	269,26	46,85	0,03	97,97	PROF
FEV-15	11/02/2015	B43	302,67	-62,27	1800	1500	-1,64	34,59	27,85	0,02	270,06	42,95	0	25,39	PROF
FEV-15	11/02/2015	B43	302,67	-62,27	1800	1795	-1,66	34,59	27,85	0,02	270,38	47,36	0	23,96	PROF
FEV-15	12/02/2015	B42	302,92	-62,47	960	5	1,84	34,12	27,29	1,43	310,71	54,26	1,61		ASQ
FEV-15	12/02/2015	B42	302,92	-62,47	960	15	1,73	34,13	27,3	0,7	313,11	51,81	1,57		ASQ
FEV-15	12/02/2015	B42	302,92	-62,47	960	20	1,68	34,13	27,3	0,73	311,21		1,57		ASQ
FEV-15	12/02/2015	B42	302,92	-62,47	960	35	1,55	34,14	27,32	2,72	309,89	49,51	1,54		ASQ
FEV-15	12/02/2015	B42	302,92	-62,47	960	100	-0,21	34,38	27,63	2,3	269,36	67,85	0,7		ASF
FEV-15	12/02/2015	B42	302,92	-62,47	960	250	-0,58	34,52	27,76	0,45	248,34	45,51	0,21	107,47	INT
FEV-15	12/02/2015	B42	302,92	-62,47	960	500	-0,98	34,55	27,8	0,14	251,47	46,84	0,1	97,18	INT
FEV-15	12/02/2015	B42	302,92	-62,47	960	750	-1,18	34,57	27,82	0,13	255,68	44,84	0,03	44,44	PROF
FEV-15	12/02/2015	B42	302,92	-62,47	960	958	-1,57	34,58	27,84	0,15	269,89	46,73	0	50,24	PROF
FEV-15	12/02/2015	B41	303,16	-62,68	200	5	-0,44	34,23	27,51	2,09	312,09	52,52	0,81		ASF
FEV-15	12/02/2015	B41	303,16	-62,68	200	25	-0,77	34,26	27,55	1,79	309,4	51,01	0,7		ASF
FEV-15	12/02/2015	B41	303,16	-62,68	200	100	-1,32	34,38	27,67	1,13	283,29	48,51	0,28		ASF

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σθ	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-15	12/02/2015	B41	303,16	-62,68	200	198	-1,41	34,46	27,74	0,69	269,81	47,77	0	58,6	ASF
FEV-15	12/02/2015	B41.1	303,38	-62,87	97	5	-0,72	34,29	27,57	1,62	306,79	53,44	0,98		ASF
FEV-15	12/02/2015	B41.1	303,38	-62,87	97	25	-0,88	34,32	27,6	1,02	301,94	52,22	0,04		ASF
FEV-15	12/02/2015	B41.1	303,38	-62,87	97	50	-0,99	34,33	27,62	0,17	298,31	50,97	0		ASF
FEV-15	12/02/2015	B41.1	303,38	-62,87	97	75	-1,00	34,33	27,62	0,01	297,11	50,07	0		ASF
FEV-15	12/02/2015	B41.1	303,38	-62,87	97	94	-1,01	34,33	27,62	0,01	297,71	48,62	0		ASF
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	5	1,87	34,18	27,33	0,42	310,71	57,14	1,37		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	25	1,8	34,18	27,34	3,72	307,37	54,26	1,37		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	50	0,75	34,31	27,51	4,57	292,6	93,33	0,91		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	75	0,3	34,35	27,57	1,87	285,98		0,77		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	100	0,01	34,37	27,61	1,55	277,66		0,7		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	150	0,01	34,47	27,69	1,23	239,2	48,4	0,35	110,2	ASQ
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	175	-0,15	34,49	27,71	0,76	244,24		0,28	112,03	ASF
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	300	-0,75	34,55	27,79	0,3	248,59	46,44	0,07	108,29	INT
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	500	-0,89	34,56	27,8	0,07	248,15	46,19	0,04	22,81	INT
FEV-15	11/02/2015	B49	303,18	-62,14	830	826	-1,15	34,57	27,82	0,07	254,57	48,03	0	23,46	PROF
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	5	1,58	34,1	27,29	1,28	315,63	53,92	1,65		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	20	1,58	34,13	27,31	1,21	314,92	57,57	1,54		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	50	1,44	34,16	27,34	2,6	304,12	49,67	1,44		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	100	0,02	34,32	27,56	2,67	266,89	43,03	0,88		ASQ
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	200	-0,38	34,44	27,68	0,74	249,19	48,62	0,46	114,7	ASF
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	500	-0,92	34,54	27,79	0,2	247,46	65,12	0,11	112,85	INT
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	800	-0,98	34,56	27,81	0,05	246,5	46,99	0,04	112,17	PROF
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	1200	-1,09	34,57	27,82	0,03	249,54	51,67	0	110,3	PROF
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	1500	-1,14	34,57	27,82	0,02	250,87	47,2	0	23,62	PROF
FEV-15	11/02/2015	B50	303,67	-62,02	1990	1985	-1,21	34,57	27,82	0,02	253,71	45,92	0	25,78	PROF
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	5	1,54	34,09	27,28	0,64	315,15	51,73	1,71		ASQ
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	25	1,48	34,1	27,3	1,23	313,5	50,57	1,68		ASQ

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σθ	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	50	1,05	34,12	27,34	2,61	307,05	49,05	1,61		ASQ
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	100	0,06	34,27	27,52	2,47	271,9	54,23	1,08		ASQ
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	200	-0,33	34,41	27,65	0,96	254,36	45,91	0,59	113,13	ASF
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	300	-0,37	34,49	27,72	0,45	242,64	48,95	0,31	112,49	INT
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	600	-0,98	34,56	27,8	0,17	248,03	44,75	0,07	113,22	INT
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	1000	-1,10	34,57	27,82	0,02	249,92	50,13	0,03	114,19	PROF
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	1400	-1,12	34,57	27,82	0,01	249,57	52,14	0,03	42,08	PROF
FEV-15	14/02/2015	B51	304,48	-61,84	1850	1846	-1,15	34,58	27,82	0,01	249,21	52,4	0	43,54	PROF
FEV-15	14/02/2015	B53	305,77	-61,45	870	5	1,18	34,18	27,38	0,51	299,65	52,77	1,37		ASQ
FEV-15	14/02/2015	B53	305,77	-61,45	870	20	1,15	34,19	27,39	1,94	298,43	46,57	1,33		ASQ
FEV-15	14/02/2015	B53	305,77	-61,45	870	40	0,68	34,24	27,46	2,17	280	51,35	1,16		ASQ
FEV-15	14/02/2015	B53	305,77	-61,45	870	90	0,52	34,27	27,49	0,78	272,66	49,51	1,05		ASQ
FEV-15	14/02/2015	B53	305,77	-61,45	870	180	0,25	34,35	27,58	0,88	254,32	61,97	0,77	125,36	ASQ
FEV-15	14/02/2015	B53	305,77	-61,45	870	360	-0,88	34,46	27,72	0,51	254,78	52,5	0,39	121,12	INT
FEV-15	14/02/2015	B53	305,77	-61,45	870	550	-0,53	34,56	27,78	0,18	231,42	40,7	0,04	39,74	INT
FEV-15	14/02/2015	B53	305,77	-61,45	870	866	-0,7	34,57	27,8	0,07	237,44	122,82	0	47,51	ITN
FEV-15	13/02/2015	B61	305	-61,27	255	5	1,26	34,17	27,37	1,41	301,34	51,26	0,91		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B61	305	-61,27	255	30	1,03	34,2	27,4	1,43	295,5	53,56	0,81		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B61	305	-61,27	255	60	0,84	34,24	27,45	1,31	285,97	47,29	0,67		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B61	305	-61,27	255	120	0,47	34,3	27,52	1,1	267,62	46,72	0,46		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B61	305	-61,27	255	245	0,19	34,43	27,64	0,99	237,57	49,92	0	29,11	ASQ
FEV-15	13/02/2015	B62	305	-61,47	955	10	1,67	34,15	27,32	0,49	308,42	49,54	1,47		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B62	305	-61,47	955	25	1,62	34,16	27,33	1,53	308,82	53,37	1,44		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B62	305	-61,47	955	50	0,97	34,19	27,4	2,51	288,78	64,31	1,33		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B62	305	-61,47	955	75	0,61	34,23	27,46	1,47	276,93	46,15	1,19		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B62	305	-61,47	955	100	0,5	34,25	27,48	1,25	268,92	55,32	1,12		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B62	305	-61,47	955	250	-0,18	34,49	27,71	0,91	235,56	44,42	0,28	110,51	INT
FEV-15	13/02/2015	B62	305	-61,47	955	550	-1,04	34,56	27,81	0,16	252,58	47,98	0,04	15,49	INT

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σθ	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-15	13/02/2015	B62	305	-61,47	955	951	-1,10	34,57	27,81	0,02	251,93	61,66	0	12,94	PROF
FEV-15	13/02/2015	B52	305	-61,62	2230	6	1,95	34,1	27,26	1,94	319,69	66,46	1,68		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B52	305	-61,62	2230	20	1,76	34,11	27,28	2,51	323,88	59,7	1,64		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B52	305	-61,62	2230	100	0,1	34,3	27,54	2,01	260,53	51,38	0,98		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B52	305	-61,62	2230	300	-0,91	34,5	27,75	0,49	251,79	45,35	0,28	113,64	INT
FEV-15	13/02/2015	B52	305	-61,62	2230	700	-0,94	34,56	27,8	0,08	244,61	44,29	0,07	113,75	INT
FEV-15	13/02/2015	B52	305	-61,62	2230	1100	-1,08	34,57	27,82	0,03	248,66	49,22	0,03	114,87	PROF
FEV-15	13/02/2015	B52	305	-61,62	2230	1600	-1,14	34,58	27,82	0,01	249,38	45,26	0	19,3	PROF
FEV-15	13/02/2015	B52	305	-61,62	2230	2226	-1,17	34,58	27,83	0,01	248,93	46,69	0	18,61	PROF
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	5	1,66	34,07	27,26		318,5	49,35	1,78		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	20	1,65	34,07	27,26		319,3	52,96	1,78		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	40	1,33	34,08	27,29		310,45	45,59	1,75		ASQ
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	300	-0,52	34,47	27,71		248,81	43,86	0,38	112,22	INT
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	450	-0,48	34,55	27,78		236,52	44,46	0,1	112,86	INT
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	850	-1,03	34,56	27,81		249,47	49,75	0,07	113,17	PROF
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	1200	-1,10	34,57	27,82		249,63	45,58	0,03	113,31	PROF
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	1400	-1,12	34,57	27,82		249,64	47,55	0,03	114,39	PROF
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	1600	-1,14	34,57	27,82		249,78	47,4	0,03	114,5	PROF
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	1800	-1,14	34,58	27,82		248,8	48,36	0	30,27	PROF
FEV-15	13/02/2015	B63	305	-61,84	2151	2147	-1,16	34,58	27,82		249,08	46,8	0	38,42	PROF
FEV-15	12/02/2015	B64	305	-62,07	555	5	0,23	34,13	27,4	1,52	320,21	58,41	1,64		ASQ
FEV-15	12/02/2015	B64	305	-62,07	555	20	-0,07	34,14	27,42	1,28	314,85	52,5	1,61		ASF
FEV-15	12/02/2015	B64	305	-62,07	555	40	-0,31	34,15	27,44	1,82	309,66	50,1	1,57		ASF
FEV-15	12/02/2015	B64	305	-62,07	555	100	-0,25	34,37	27,61	1,6	254,65	48,82	0,8		ASF
FEV-15	12/02/2015	B64	305	-62,07	555	250	-0,5	34,5	27,73	0,51	243,62	45,2	0,35	52,83	INT
FEV-15	12/02/2015	B64	305	-62,07	555	549	-0,5	34,6	27,82	0,28	226,85	41,55	0	56,02	INT
FEV-15	12/02/2015	B65	305	-62,31	415	5	-0,77	34,26	27,55	1,01	306,8	50,9	1,15		ASF
FEV-15	12/02/2015	B65	305	-62,31	415	25	-1,04	34,27	27,57	1,75	306,19	52,09	1,12		ASF

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	$\theta$	S	$\sigma\theta$	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-15	12/02/2015	B65	305	-62,31	415	50	-1,43	34,34	27,64	2,01	285,64	48,23	0,87		ASF
FEV-15	12/02/2015	B65	305	-62,31	415	100	-1,46	34,43	27,71	0,96	268,25	50	0,56		ASF
FEV-15	12/02/2015	B65	305	-62,31	415	250	-0,53	34,58	27,8	0,3	229,62	45,92	0,03	45,67	INT
FEV-15	12/02/2015	B65	305	-62,31	415	408	-0,65	34,59	27,81	0,12	232,34	47,36	0	52,67	INT
FEV-15	12/02/2015	B66	305	-62,51	250	5	-0,57	34,25	27,54	1,14	312,06	51,01	0,81		INT
FEV-15	12/02/2015	B66	305	-62,51	250	30	-0,95	34,27	27,56	1,21	308,74	42,1	0,74		ASF
FEV-15	12/02/2015	B66	305	-62,51	250	80	-1,38	34,33	27,63	1,45	291,74	55,57	0,53		ASF
FEV-15	12/02/2015	B66	305	-62,51	250	100	-1,42	34,37	27,66	1,04	294,14	46,82	0,39		ASF
FEV-15	12/02/2015	B66	305	-62,51	250	246	-1,42	34,48	27,76	0,62	266,26	47,57	0	52,32	ASF
FEV-15	12/02/2015	B67	305	-62,74	170	5	-0,78	34,32	27,6	0,58	309,47	51,75	0,14		ASF
FEV-15	12/02/2015	B67	305	-62,74	170	25	-0,91	34,32	27,61	0,53	308,51	47,67	0,14		ASF
FEV-15	12/02/2015	B67	305	-62,74	170	50	-1,01	34,33	27,62	0,51	305,36	46,76	0,11		ASF
FEV-15	12/02/2015	B67	305	-62,74	170	100	-1,29	34,36	27,65	0,25	296,5	49,67	0		ASF
FEV-15	12/02/2015	B67	305	-62,74	170	165	-1,33	34,36	27,65	0,06	294,86	46	0	60,36	ASF
FEV-15	12/02/2015	B68	305	-62,94	220	5	-1,09	34,3	27,59	0,13	302,2	48,69	0,28		ASF
FEV-15	12/02/2015	B68	305	-62,94	220	25	-1,13	34,3	27,59	0,2	302,78	47,52	0,28		ASF
FEV-15	12/02/2015	B68	305	-62,94	220	50	-1,20	34,3	27,6	0,44	301,38	59,84	0,28		ASF
FEV-15	12/02/2015	B68	305	-62,94	220	100	-1,45	34,34	27,64	0,53	293,28	60,09	0,14		ASF
FEV-15	12/02/2015	B68	305	-62,94	220	214	-1,45	34,38	27,67	0,29	293,94	49,97	0		ASF

Fonte: A Autora, 2020.

## APÊNDICE B – Resultados completos da campanha de fevereiro de 2016

Tabela 7 – Metadados para a campanha de fevereiro de 2016 (FEV-16): data, estação oceanográfica (EO), longitude (LON), latitude (LAT), profundidades local (Prof. Local) e de coleta (Prof. Coleta). Resultados para as variáveis: temperatura potencial ( $\theta$ ) em °C; salinidade (S); densidade potencial ( $\sigma_\theta$ ) em kg m<sup>-3</sup>; estabilidade da coluna d'água (E) em 10<sup>-6</sup> rad<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>; oxigênio dissolvido (OD) em (μmol kg<sup>-1</sup>); carbono orgânico dissolvido (COD) em μmol kg<sup>-1</sup>; porcentagem de água de degelo (%MW) e utilização aparente do oxigênio em profundidades isoladas da atmosfera (AOU<sub>Prof. > 150m</sub>) em μmol kg<sup>-1</sup>, para as camadas de água superficial quente (ASQ), água superficial fria (ASF) e águas das camadas intermediária (INT) e profunda (PROF).

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	$\theta$	S	$\sigma_\theta$	E	OD	COD	%MW	AOU (Prof. >150m)	Camadas
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	6	0,86	33,83	27,11	1,63	305,48	33,35	2,56		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	25	0,77	33,86	27,14	3,42	306,47	43,17	2,45		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	50	0,58	34,04	27,3	5,44	298,64	56,26	1,82		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	75	0,43	34,17	27,42	3,96	280,99	57,47	1,37		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	100	0,34	34,27	27,5	2,99	303,68	57,14	1,02		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	150	0,49	34,45	27,64	2,04	209,45		0,39		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	200	0,75	34,55	27,71	0,78	195,09	33,12	0,04	99,96	ASQ
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	400	-0,71	34,54	27,77	0,25	258,53	31,34	0,07	99,43	INT
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	650	-1,01	34,56	27,81	0,12	261,98	45,25	0	94,99	INT
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	750	-1,19	34,56	27,81	0,05	268,27	45,6	0	93,55	PROF
FEV-16	18/02/2016	B28	298,52	-63,15	989	984	-1,25	34,56	27,82	0,03	270,36	46,71	0	47,92	PROF
FEV-16	18/02/2016	B29	299,49	-63,02	360	5	0,66	34,05	27,31	2,49	298,78	48,42	1,96	43,36	ASQ
FEV-16	18/02/2016	B29	299,49	-63,02	360	25	0,61	34,11	27,36	3,85	303,67	51,84	1,75		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B29	299,49	-63,02	360	50	0,36	34,26	27,5	3,72	277,64	46,51	1,22		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B29	299,49	-63,02	360	75	0,23	34,33	27,56	2,65	239,74		0,98		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B29	299,49	-63,02	360	100	0,36	34,43	27,63	1,85	223,56	49,56	0,63		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B29	299,49	-63,02	360	150	0,3	34,5	27,69	0,82	227,5		0,38		ASQ
FEV-16	18/02/2016	B29	299,49	-63,02	360	250	0,65	34,6	27,75	0,49	200,37	41,7	0,03	135	INT
FEV-16	18/02/2016	B29	299,49	-63,02	360	345	0,22	34,61	27,79	0,39	214,52	44,55	0	38,83	INT
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	5	0,21	34,39	27,6	0,78	311,2	50,87	0,56	40,2	ASQ

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σ <sub>0</sub>	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	25	0,07	34,4	27,62	0,59	311,1	51,1	0,53		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	50	-0,01	34,4	27,63	0,48	311,36	54,21	0,53		ASF
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	75	-0,13	34,41	27,64	0,78	312,01		0,49		ASF
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	100	-0,33	34,43	27,67	1,69	310,1	49,86	0,42		ASF
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	120	-0,69	34,47	27,72	1,14	298,28		0,28		ASF
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	150	-0,72	34,48	27,73	0,17	294,3		0,25		ASF
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	300	-0,79	34,5	27,74	0,11	287,98		0,18	82,63	INT
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	500	-0,97	34,52	27,77	0,16	278,52	36,15	0,11	84,54	INT
FEV-16	19/02/2016	B30	300,73	-63,28	825	802	-1,49	34,55	27,81	0,18	281,67	46,03	0,04	12,5	PROF
FEV-16	19/02/2016	B31	300,28	-62,86	854	5	0,8	34,14	27,37	5,37	332,78	50,42	1,47	12,5	ASQ
FEV-16	19/02/2016	B31	300,28	-62,86	854	5	0,8	34,14	27,37	5,37	332,78		1,47		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B31	300,28	-62,86	854	50	0,1	34,39	27,62	3,1	312,48	49,7	0,6		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B31	300,28	-62,86	854	100	-0,36	34,46	27,69	0,97	307,3	51,45	0,35		ASF
FEV-16	19/02/2016	B31	300,28	-62,86	854	300	-1,00	34,52	27,77	0,28	267,9	42,91	0,14		INT
FEV-16	19/02/2016	B31	300,28	-62,86	854	500	-1,15	34,56	27,81	0,12	260,95	51,37	0	96,51	INT
FEV-16	19/02/2016	B31	300,28	-62,86	854	850	-1,34	34,56	27,82	0,05	268,25	52,29	0	29,89	PROF
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	5	0,72	34,17	27,4	0,03	315,98	53,7	1,5	28,9	ASQ
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	25	0,72	34,17	27,4	1,52	317,03	48,33	1,5		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	50	0,53	34,25	27,48	3	310,89	47,93	1,22		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	75	0,36	34,33	27,55	3,57	311,35	65,53	0,94		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	100	-0,12	34,43	27,66	2,2	299,1	48,9	0,59		ASF
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	300	-0,99	34,51	27,77	0,33	265,05	56,95	0,31		INT
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	500	-1,08	34,56	27,8	0,13	257,23	51,22	0,14	102,17	INT
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	600	-1,16	34,56	27,81	0,09	260,73		0,14	93,39	INT
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	750	-1,40	34,56	27,82	0,1	271,88	40,23	0,14	87,06	PROF
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	1000	-1,64	34,58	27,84	0,08	280,73	42,09	0,07	86,1	PROF
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	1250	-1,71	34,59	27,85	0,04	282,44	32,7	0,03	86,52	PROF
FEV-16	19/02/2016	B32	300,63	-62,73	1450	1432	-1,73	34,6	27,86	0,02	282,25		0	31,93	PROF

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σ <sub>0</sub>	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	5	0,55	34,3	27,51	0,23	315,2		1,05	32,57	ASQ
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	25	0,53	34,3	27,52	0,23	314,75		1,05		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	50	0,51	34,31	27,52	0,45	313,13		1,01		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	75	0,49	34,33	27,54	1,56	310,6		0,94		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	100	0,07	34,39	27,61	2,37	302,41	48,91	0,73		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	150	-0,61	34,47	27,71	1,08	273,27	48,9	0,45		ASF
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	250	-0,84	34,51	27,75	0,32	264,08	40,85	0,31	111,15	INT
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	500	-0,97	34,56	27,81	0,15	249,85	37,81	0,14	97,75	INT
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	750	-1,30	34,57	27,82	0,1	266,53	42,53	0,1	86,86	PROF
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	1000	-1,63	34,58	27,84	0,09	280,81		0,07	85,78	PROF
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	1250	-1,71	34,59	27,85	0,04	282,71	42,11	0,03	85,4	PROF
FEV-16	19/02/2016	B33	301,13	-62,6	1528	1525	-1,73	34,6	27,86	0,02	283,44	49,12	0	27,13	PROF
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	5	0,7	34,25	27,46	1,78	318,76	49,45	1,22	27,9	ASQ
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	25	0,61	34,29	27,5	1,27	318,72	45,86	1,08		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	50	0,5	34,31	27,52	2,76	310,82	42,45	1,01		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	75	0	34,43	27,65	3,4	282,35	48,23	0,59		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	100	-0,13	34,47	27,69	1,1	270,16	46,65	0,45		ASF
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	200	-0,81	34,5	27,75	0,44	271	35,15	0,35		ASF
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	300	-0,5	34,56	27,78	0,22	245,6	112,2	0,14	99,39	INT
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	500	-1,16	34,55	27,8	0,11	263,45	45,06	0,17	92,01	INT
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	750	-1,38	34,56	27,82	0,1	273,08		0,14	86,91	PROF
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	1000	-1,64	34,58	27,84	0,08	280,8	41,25	0,07	86,02	PROF
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	1250	-1,69	34,59	27,85	0,04	282,35	39,97	0,03	86,14	PROF
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	1500	-1,72	34,6	27,86	0,03	282,65		0	86,49	PROF
FEV-16	19/02/2016	B38	301,51	-62,54	1653	1640	-1,74	34,6	27,86	0,04	282,52	39,9	0	30,16	PROF
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	6	0,72	34,26	27,47		315,5	48	1,22	28,72	ASQ
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	25	0,66	34,27	27,48		317,49	51,82	1,19		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	50	0,4	34,33	27,55		302,47	52,27	0,98		ASQ

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σ <sub>0</sub>	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	75	0,3	34,35	27,57		298,05		0,91		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	100	-0,31	34,42	27,66		294,81	44,43	0,66		ASF
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	400	-1,07	34,54	27,79		264,37	45,37	0,24		INT
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	600	-1,22	34,56	27,82		263	36,23	0,17	87,32	INT
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	900	-1,63	34,58	27,84		280,29	47,72	0,1	85,58	PROF
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	1200	-1,71	34,59	27,85		282,9	39,89	0,07	85,27	PROF
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	1400	-1,73	34,6	27,86		283,52	40,74	0,03	84,89	PROF
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	1600	-1,74	34,6	27,86		284,14	58,92	0,03	86,25	PROF
FEV-16	19/02/2016	B39	301,92	-62,46	1471	1879	-1,76	34,61	27,87		283,03	37,33	0	26,91	PROF
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	5	0,84	34,16	27,38	0,08	317,93	47,81	1,54	27,42	ASQ
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	25	0,83	34,16	27,38	0,27	317,53	44,25	1,54		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	50	0,75	34,17	27,39	3,65	312,88	41,43	1,5		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	75	0,13	34,42	27,64	4,96	301,17	49,62	0,63		ASQ
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	100	-0,09	34,44	27,66	0,85	295,77	49,63	0,56		ASF
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	250	-0,87	34,51	27,75	0,43	266,41	44,58	0,31		INT
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	400	-1,12	34,53	27,79	0,19	266,6	45,41	0,24	95,49	INT
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	600	-1,31	34,56	27,82	0,13	268,89	43,57	0,14	86,94	INT
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	800	-1,57	34,57	27,83	0,1	280,07	43,59	0,1	86,17	PROF
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	1000	-1,67	34,58	27,85	0,05	281,86	47,21	0,07	85,37	PROF
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	1300	-1,73	34,59	27,86	0,04	283,33	44,39	0,03	85,43	PROF
FEV-16	19/02/2016	B40	302,33	-62,37	1499	1661	-1,75	34,6	27,87	0,03	283,7	48,17	0	42,68	PROF
FEV-16	20/02/2016	B44	302,45	-62,08	181	5	0,6	34,15	27,39	0,12	304,4	50,8	0,57	42,28	ASQ
FEV-16	20/02/2016	B44	302,45	-62,08	181	25	0,58	34,15	27,39	0,86	304,93	47,59	0,57		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B44	302,45	-62,08	181	50	0,45	34,19	27,43	1,37	295,69	44,86	0,42		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B44	302,45	-62,08	181	75	0,39	34,22	27,46	1,01	286,46		0,32		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B44	302,45	-62,08	181	100	0,33	34,24	27,48	1,07	283,91	48,84	0,25		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B44	302,45	-62,08	181	150	0,22	34,31	27,54	0,68	267,42		0		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B44	302,45	-62,08	181	163	0,2	34,31	27,55	0,21	267,54	52,35	0	52,5	ASQ

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σ <sub>0</sub>	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	5	0,8	34,14	27,37	0,06	292,74	51,63	1,61	33,24	ASQ
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	25	0,8	34,14	27,37	2,15	311,99		1,61		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	50	0,66	34,26	27,48	4,77	301,3	43,54	1,19		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	75	0,24	34,4	27,61	3,22	297,47	36,1	0,7		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	100	-0,17	34,43	27,66	1,1	295,71	44,79	0,59		ASF
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	250	-0,87	34,51	27,75	0,44	266,62	48,49	0,31		INT
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	400	-1,08	34,54	27,79	0,18	263,76		0,21	96,95	INT
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	600	-1,25	34,56	27,81	0,13	266,8	41,19	0,14	89,65	INT
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	800	-1,52	34,57	27,83	0,1	276,88	38,27	0,1	85,59	PROF
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	1000	-1,64	34,58	27,84	0,06	282,12	35,7	0,07	85,68	PROF
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	1300	-1,70	34,59	27,85	0,03	282,8	48,39	0,03	85,35	PROF
FEV-16	20/02/2016	B43	302,67	-62,27	1795	1795	-1,74	34,6	27,86	0,02	283,73	50,77	0	43,53	PROF
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	7	0,79	34,31	27,51	0,01	301,37	40,27	0,98	42,51	ASQ
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	25	0,78	34,31	27,51	0,05	302,5	49,48	0,98		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	50	0,76	34,31	27,51	0,13	302,46	48,1	0,98		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	75	0,71	34,31	27,52	1,99	302,37	44,13	0,98		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	100	-0,13	34,41	27,64	2,4	290,39	49,07	0,63		ASF
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	250	-0,88	34,51	27,75	0,44	270,99	54,34	0,28		INT
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	400	-1,07	34,54	27,79	0,18	263,03	33,74	0,17	101,96	INT
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	600	-1,19	34,56	27,81	0,11	261,22	26,56	0,1	90,45	INT
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	800	-1,44	34,57	27,83	0,14	275,27	44,19	0,07	86,2	PROF
FEV-16	20/02/2016	B42	302,92	-62,48	955	949	-1,67	34,59	27,85	0,19	281,85	42,79	0	43,48	PROF
FEV-16	20/02/2016	B41	303,16	-62,68	203	7	-0,53	34,35	27,61	0,05	313,68	39,46	0,35	43,82	ASF
FEV-16	20/02/2016	B41	303,16	-62,68	203	25	-0,54	34,35	27,61	0,12	313,42	45,11	0,35		ASF
FEV-16	20/02/2016	B41	303,16	-62,68	203	50	-0,54	34,36	27,62	0,31	313,59		0,32		ASF
FEV-16	20/02/2016	B41	303,16	-62,68	203	75	-0,58	34,37	27,63	0,77	313,83		0,28		ASF
FEV-16	20/02/2016	B41	303,16	-62,68	203	100	-0,72	34,39	27,66	0,83	311,92	36,52	0,21		ASF
FEV-16	20/02/2016	B41	303,16	-62,68	203	150	-0,78	34,43	27,69	0,55	304,45	49,36	0,07		ASF

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σ <sub>0</sub>	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-16	20/02/2016	B41	303,16	-62,68	203	194	-0,89	34,45	27,71	0,51	297,37	33,93	0	47,99	ASF
FEV-16	24/02/2016	B41.1	303,35	-62,8	122	7	-0,62	34,31	27,58	0,5	310,11		0,25	45,28	ASF
FEV-16	24/02/2016	B41.1	303,35	-62,8	122	25	-0,63	34,32	27,59	0,57	312,92		0,21		ASF
FEV-16	24/02/2016	B41.1	303,35	-62,8	122	50	-0,66	34,33	27,61	0,74	312,6		0,18		ASF
FEV-16	24/02/2016	B41.1	303,35	-62,8	122	75	-0,72	34,36	27,63	0,83	311,09	54,8	0,07		ASF
FEV-16	24/02/2016	B41.1	303,35	-62,8	122	93	-0,74	34,38	27,64	0,77	309,52		0		ASF
FEV-16	20/02/2016	B49	303,18	-62,14	818	5	0,73	34,12	27,36	0,02	301,56	50,23	1,58		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B49	303,18	-62,14	818	25	0,72	34,12	27,36	1,1	302,75	53,41	1,58		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B49	303,18	-62,14	818	75	0,47	34,27	27,5	2,76	294,53	57,79	1,05		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B49	303,18	-62,14	818	100	0,34	34,35	27,57	2,23	278,21	40,47	0,77		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B49	303,18	-62,14	818	150	0,07	34,42	27,64	1,04	290,72		0,53		ASQ
FEV-16	20/02/2016	B49	303,18	-62,14	818	250	0,16	34,51	27,7	0,54	237,46	38,08	0,21	100,14	INT
FEV-16	20/02/2016	B49	303,18	-62,14	818	450	-0,83	34,55	27,79	0,23	259,57	39,77	0,07	105,96	INT
FEV-16	20/02/2016	B49	303,18	-62,14	818	550	-0,79	34,56	27,8	0,13	253,32	33,39	0,04	90,49	INT
FEV-16	20/02/2016	B49	303,18	-62,14	818	815	-1,45	34,57	27,83	0,16	275,37	51,37	0	33,61	PROF
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	7	0,91	34,24	27,45	0,75	310,43	46,3	1,19	34,57	ASQ
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	25	0,85	34,26	27,46	1,22	309,91	46,98	1,12		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	75	0,47	34,34	27,55	2,33	297,49	47,09	0,84		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	100	-0,04	34,39	27,62	1,82	289,96	43,2	0,66		ASF
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	200	-0,85	34,47	27,73	0,61	276,48	44,41	0,38		ASF
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	350	-0,95	34,51	27,76	0,2	265,41	44,26	0,24	98,67	INT
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	500	-1,02	34,54	27,79	0,12	262,91	44,46	0,14	100,42	INT
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	650	-1,07	34,55	27,8	0,05	261,67	45,05	0,1	102,18	INT
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	800	-1,08	34,55	27,8	0,06	260		0,1	100,44	PROF
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	1000	-1,23	34,57	27,82	0,05	263,25	47,71	0,03	99,36	PROF
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	1200	-1,26	34,57	27,82	0,02	264,74	49,18	0,03	98,3	PROF
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	1400	-1,29	34,57	27,82	0,04	266,23	46,7	0,03	95,32	PROF
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	1600	-1,37	34,57	27,83	0,03	270,1	48,44	0,03	94,39	PROF

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σ <sub>0</sub>	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	1700	-1,39	34,57	27,83	0,01	271,22	41,03	0,03	93,93	PROF
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	1850	-1,39	34,57	27,83	0,01	271,73		0,03	92,94	PROF
FEV-16	22/02/2016	B50	303,68	-62,02	1970	1971	-1,41	34,58	27,83	0,03	273,01	47,19	0	40,28	PROF
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	7	0,54	34,34	27,55	0,14	306,82	49,88	0,81	39,67	ASQ
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	25	0,53	34,34	27,55	0,65	307,58	48,32	0,81		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	50	0,37	34,37	27,58	0,72	307,16	47,7	0,7		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	75	0,3	34,37	27,59	0,75	304,36	95,65	0,7		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	200	-0,76	34,48	27,73	0,61	274,56	44,94	0,32		ASF
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	400	-0,96	34,54	27,78	0,21	258,3	40,17	0,11	102,31	INT
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	600	-1,16	34,56	27,81	0,08	260,55	44,41	0,04	99,7	INT
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	1000	-1,26	34,57	27,82	0,02	264,28		0	99,53	PROF
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	1300	-1,26	34,57	27,82	0,02	264,65	42,03	0	96,91	PROF
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	1500	-1,34	34,57	27,83	0,03	268,16		0	96,3	PROF
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1839	1600	-1,35	34,57	27,83	0,01	268,86	41,2	0	95,09	PROF
FEV-16	22/02/2016	B51	304,48	-61,84	1879	1869	-1,37	34,57	27,83	0,01	270,46	44,15	0	43,86	PROF
FEV-16	23/02/2016	B53	305,67	-61,45	835	7	0,89	34,22	27,43	2,99	300,35	65,34	1,23	43,15	ASQ
FEV-16	23/02/2016	B53	305,67	-61,45	835	25	0,77	34,28	27,49	2,78	302,02		1,02		ASQ
FEV-16	23/02/2016	B53	305,67	-61,45	835	50	0,48	34,34	27,55	2,22	287,87	63,83	0,81		ASQ
FEV-16	23/02/2016	B53	305,67	-61,45	835	75	0,3	34,39	27,6	1,68	280,52		0,63		ASQ
FEV-16	23/02/2016	B53	305,67	-61,45	835	100	0,16	34,43	27,64	1,16	265,27		0,49		ASQ
FEV-16	23/02/2016	B53	305,67	-61,45	835	240	-0,39	34,5	27,73	0,37	262,1	53,92	0,25		ASF
FEV-16	23/02/2016	B53	305,67	-61,45	835	400	-0,43	34,54	27,76	0,16	249,4		0,11	110,72	INT
FEV-16	23/02/2016	B53	305,67	-61,45	835	650	-0,69	34,56	27,79	0,11	247,69		0,04	112,65	INT
FEV-16	23/02/2016	B53	305,67	-61,45	835	836	-0,73	34,57	27,8	0,08	246,1	78,93	0	49,53	PROF
FEV-16	22/02/2016	B61	305	-61,28	251	5	0,89	34,24	27,45	1,14	294,69	34,91	0,95	49,78	ASQ
FEV-16	22/02/2016	B61	305	-61,28	251	25	0,86	34,27	27,47	1,02	294,67		0,84		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B61	305	-61,28	251	50	0,82	34,29	27,49	0,43	291,84	56,06	0,77		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B61	305	-61,28	251	75	0,81	34,29	27,49	0,06	291,02	43,01	0,77		ASQ

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σ <sub>0</sub>	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-16	22/02/2016	B61	305	-61,28	251	100	0,81	34,29	27,5	0,27	290,27		0,77		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B61	305	-61,28	251	150	0,75	34,33	27,52	1,09	284,8	56,75	0,63		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B61	305	-61,28	251	200	0,61	34,42	27,61	1,62	255,67	40,07	0,32	117,02	ASQ
FEV-16	22/02/2016	B61	305	-61,28	251	250	0,44	34,51	27,69	1,52	230,75		0	34,75	INT
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	9	1	34,21	27,41	0,21	308,52		1,23	34,38	ASQ
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	25	0,98	34,21	27,42	0,26	309,06		1,23		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	50	0,97	34,22	27,43	1,78	308,72		1,19		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	75	0,69	34,3	27,51	2,04	298,56	53,8	0,91		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	100	0,61	34,32	27,53	1,56	297,25	44,4	0,84		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	160	-0,3	34,45	27,68	1,51	272,49		0,39		ASF
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	300	-0,85	34,5	27,75	0,34	268,26	50,69	0,21	94,94	INT
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	450	-1,00	34,53	27,78	0,19	266,4	50,46	0,11	95,19	INT
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	600	-1,18	34,55	27,8	0,1	267,97	42,99	0,04	94,67	INT
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	800	-1,25	34,56	27,81	0,03	269,2	46,83	0	94,49	PROF
FEV-16	22/02/2016	B62	305	-61,47	926	930	-1,26	34,56	27,81	0,01	269,55	48,08	0	43,82	PROF
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	7	0,83	34,28	27,48	0,21	300,78	34,76	1,05	43,54	ASQ
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	25	0,82	34,28	27,49	1,04	301,22	39,86	1,05		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	50	0,59	34,33	27,53	1,63	304,77	47,09	0,87		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	75	0,37	34,35	27,57	1,32	308,02	44,01	0,8		ASQ
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	180	-0,67	34,44	27,7	0,69	285,18	43,71	0,49		ASF
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	350	-0,85	34,5	27,75	0,27	267,37	45,06	0,28	106,01	INT
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	600	-1,07	34,55	27,8	0,12	256,02	45,55	0,1	101,45	INT
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	1000	-1,23	34,57	27,82	0,04	262,28	42,58	0,03	99,38	PROF
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	1300	-1,29	34,57	27,82	0,02	265,07	42,7	0,03	96,29	PROF
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	1600	-1,36	34,57	27,83	0,02	268,98	42,43	0,03	95,34	PROF
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	1800	-1,38	34,57	27,83	0,01	270,23	43,92	0,03	93,85	PROF
FEV-16	22/02/2016	B52	305	-61,62	2190	2220	-1,40	34,58	27,83	0,01	272,2	45,28	0	41,55	PROF
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	5	0,52	34,36	27,56	0,02	305,69	45,66	0,74	40,86	ASQ

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	$\theta$	S	$\sigma_0$	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	25	0,52	34,36	27,56	0,04	306,4	44,47	0,74		ASQ
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	50	0,51	34,36	27,56	0,3	306,75		0,74		ASQ
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	75	0,37	34,37	27,58	0,69	304,98	49,53	0,7		ASQ
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	100	0,23	34,38	27,6	0,99	301,67	46,97	0,67		ASQ
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	220	-0,92	34,49	27,74	0,63	271,43	45,82	0,28		ASF
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	500	-1,05	34,55	27,8	0,13	256,74	49,94	0,07	102,5	INT
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	800	-1,18	34,56	27,81	0,05	260,63	42,37	0,04	98,97	PROF
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	1000	-1,26	34,57	27,82	0,03	265,03	42,74	0	97,15	PROF
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	1300	-1,31	34,57	27,82	0,02	267,53	47,61	0	95,53	PROF
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	1600	-1,35	34,57	27,83	0,01	269,66	42,32	0	94,83	PROF
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	1800	-1,36	34,57	27,83	0,01	270,59	42,97	0	93,59	PROF
FEV-16	21/02/2016	B63	305	-61,84	2100	2145	-1,37	34,57	27,83	0,01	272,13	44,02	0	46,81	PROF
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	11	0,41	34,37	27,58	0,01	301,43	54,11	0,73	42,4	ASQ
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	25	0,4	34,37	27,58	0	305,93	45,05	0,73		ASQ
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	50	0,42	34,37	27,58	0,42	305,86	34,99	0,73		ASQ
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	75	0,18	34,38	27,6	1,69	303,24	43,12	0,7		ASQ
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	100	-0,25	34,42	27,66	1,75	291,49	39,13	0,56		ASF
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	150	-0,57	34,47	27,71	0,69	273,91	47,86	0,38		ASF
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	250	-0,72	34,5	27,75	0,35	264,7	39,96	0,28	105,55	INT
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	350	-0,7	34,55	27,78	0,24	252,85	38,35	0,1	107,94	INT
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	480	-0,84	34,57	27,8	0,17	251,79	41,02	0,03	118,41	INT
FEV-16	21/02/2016	B64	305	-62,07	568	559	-0,83	34,58	27,82	0,17	241,17	28,88	0	42,44	INT
FEV-16	21/02/2016	B65	304,98	-62,31	415	15	-0,49	34,11	27,41	0,01	314,94	45,75	1,61	42,01	ASF
FEV-16	21/02/2016	B65	304,98	-62,31	415	25	-0,5	34,11	27,41	0,81	315,38	46,5	1,61		ASF
FEV-16	21/02/2016	B65	304,98	-62,31	415	50	-0,7	34,15	27,46	1,58	315,13	35,27	1,47		ASF
FEV-16	21/02/2016	B65	304,98	-62,31	415	75	-0,87	34,19	27,5	2,01	311,76	33,89	1,33		ASF
FEV-16	21/02/2016	B65	304,98	-62,31	415	100	-1,00	34,26	27,56	2,6	307,14	33,17	1,09		ASF
FEV-16	21/02/2016	B65	304,98	-62,31	415	160	-1,41	34,44	27,72	1,52	279,88		0,46		ASF

Campanha	Data	EO	LON	LAT	Prof. Local	Prof. Coleta	θ	S	σ <sub>0</sub>	E	OD	COD	%MW	AOU	Camadas
														(Prof. >150m)	
FEV-16	21/02/2016	B65	304,98	-62,31	415	200	-1,23	34,48	27,75	0,56	264,14	55,2	0,32	99,52	ASF
FEV-16	21/02/2016	B65	304,98	-62,31	415	300	-0,98	34,54	27,79	0,26	261,58	41,87	0,11	117,42	INT
FEV-16	21/02/2016	B65	304,98	-62,31	415	400	-0,79	34,57	27,81	0,15	241,8	50,03	0	45,52	INT
FEV-16	21/02/2016	B66	304,99	-62,51	250	11	-0,81	34,18	27,49	0,1	314,73		1,05	45,25	ASF
FEV-16	21/02/2016	B66	304,99	-62,51	250	25	-0,81	34,18	27,49	0,43	315	43,62	1,05		ASF
FEV-16	21/02/2016	B66	304,99	-62,51	250	50	-0,87	34,21	27,51	1,73	314,39	37,67	0,95		ASF
FEV-16	21/02/2016	B66	304,99	-62,51	250	75	-1,07	34,29	27,59	2,81	307,73	46,66	0,67		ASF
FEV-16	21/02/2016	B66	304,99	-62,51	250	100	-1,19	34,37	27,66	1,44	300,31	34,7	0,39		ASF
FEV-16	21/02/2016	B66	304,99	-62,51	250	150	-1,23	34,41	27,69	0,74	295,55		0,25		ASF
FEV-16	21/02/2016	B66	304,99	-62,51	250	200	-1,24	34,46	27,73	0,7	288,38		0,07	81,37	ASF
FEV-16	21/02/2016	B66	304,99	-62,51	250	229	-1,22	34,48	27,75	0,54	282,19	48,44	0	44,74	ASF
FEV-16	20/02/2016	B67	304,98	-62,75	170	8	-0,93	34,25	27,55	0,02	316,46	51,87	0,42	43,9	ASF
FEV-16	20/02/2016	B67	304,98	-62,75	170	25	-0,93	34,25	27,55	0,16	317,31	40,67	0,42		ASF
FEV-16	20/02/2016	B67	304,98	-62,75	170	50	-0,96	34,26	27,56	0,76	316,77	35,18	0,39		ASF
FEV-16	20/02/2016	B67	304,98	-62,75	170	75	-0,98	34,3	27,59	1,17	312,65	41,2	0,25		ASF
FEV-16	20/02/2016	B67	304,98	-62,75	170	100	-0,99	34,33	27,62	0,8	311,67	32,97	0,14		ASF
FEV-16	20/02/2016	B67	304,98	-62,75	170	159	-0,99	34,37	27,65	0,48	307,06		0		ASF
FEV-16	20/02/2016	B67	304,98	-62,75	170	159	-0,99	34,37	27,65	0,48	307,06	38,39	0	43,38	ASF
FEV-16	20/02/2016	B68	305	-62,94	225	8	-1,08	34,22	27,53	0,27	319,4	47,28	0,46	42,47	ASF
FEV-16	20/02/2016	B68	305	-62,94	225	25	-1,06	34,23	27,53	0,44	320,14	29,54	0,42		ASF
FEV-16	20/02/2016	B68	305	-62,94	225	50	-1,03	34,25	27,55	0,49	320,99	53,43	0,35		ASF
FEV-16	20/02/2016	B68	305	-62,94	225	75	-1,05	34,26	27,56	0,51	320,99	44,62	0,32		ASF
FEV-16	20/02/2016	B68	305	-62,94	225	100	-1,13	34,27	27,57	0,62	318,66	41,5	0,28		ASF
FEV-16	20/02/2016	B68	305	-62,94	225	150	-0,96	34,32	27,61	0,55	319,2	39,85	0,11		ASF
FEV-16	20/02/2016	B68	305	-62,94	225	180	-0,95	34,34	27,62	0,34	317	47,82	0,04	46,09	ASF
FEV-16	20/02/2016	B68	305	-62,94	225	218	-0,99	34,35	27,63	0,2	315,51	33,99	0		ASF

Fonte: A autora, 2020.

## APÊNDICE C – Resultados estatísticos da campanha de fevereiro de 2015

Tabela 8 – Matrizes de resultado do coeficiente de correlação de Spearman para a campanha de fevereiro de 2015. Os valores correspondem ao resultado da correlação. Os valores em vermelho são correlações não significativas, com valor de  $p \geq 0,05$ , e os outros valores em preto são correlações significativas, com valor de  $p < 0,05$ . Matrizes preparadas com o software Past (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001).

2015	Profundidade	Temperatura Potencial	Salinidade	Densidade Potencial	Estabilidade	Oxigênio Dissolvido	AOU	%MW
Temperatura Potencial	-0,76191							
Salinidade	0,91392	-0,80504						
Densidade Potencial	0,92253	-0,88257	0,97899					
Estabilidade	-0,73818	0,71409	-0,76941	-0,789				
Oxigênio Dissolvido	-0,79732	0,48981	-0,76518	-0,72973	0,48694			
AOU	-0,42253	0,43617	-0,47025	-0,45188	0,4902	-0,31729		
%MW	-0,81175	0,79699	-0,87035	-0,87071	0,77599	0,69397	0,66595	
COD	-0,44843	0,40543	-0,47373	-0,47833	0,34878	0,46917	-0,047501	0,40436

Fonte: A autora, 2020.

## APÊNDICE D – Resultados estatísticos da campanha de fevereiro de 2016

Tabela 9 – Matrizes de resultado do coeficiente de correlação de Spearman para a campanha de fevereiro de 2016. Os valores correspondem ao resultado da correlação. Os valores em negrito são correlações não significativas, com valor de  $p \geq 0,05$ , e os outros valores em preto são correlações significativas, com valor de  $p < 0,05$ . Matrizes preparadas com o software *Past* (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001).

2016	Profundidade	Temperatura Potencial	Salinidade	Densidade Potencial	Estabilidade	Oxigênio Dissolvido	AOU	%MW
Temperatura Potencial	-0,83526							
Salinidade	0,92177	-0,78155						
Densidade Potencial	0,93893	-0,87883	0,97982					
Estabilidade	-0,56405	0,59529	-0,61079	-0,63215				
Oxigênio Dissolvido	-0,72069	0,40984	-0,71797	-0,66253	0,35078			
AOU	0,15282	-0,014576	0,12029	0,095542	0,074307	-0,74796		
%MW	-0,86102	0,79673	-0,84653	-0,87235	0,61334	0,59417	-0,050468	
COD	-0,21489	0,22857	-0,18327	-0,21316	0,11156	0,11892	-0,31443	0,18628

Fonte: A autora, 2020.

**APÊNDICE E** – Resultados da análise das componentes principais da campanha de fevereiro de 2015

Tabela 10 – Carga fatorial (coeficientes de correlação) das variáveis ambientais da campanha de fevereiro de 2015 estimada por análise de componentes principais (PCA).  
Matrizes preparadas com o software *Past* (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001).

<b>2015</b>	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9
Profundidade	-0,3269	0,3541	-0,0872	0,1346	0,456	0,6721	-0,2373	-0,1611	0,0127
Temperatura Potencial	0,3861	-0,0026	-0,0014	-0,0032	0,5805	-0,2681	-0,4552	0,423	0,2365
Salinidade	-0,4223	-0,0314	0,1129	0,0098	0,0702	-0,0241	0,0742	0,6784	-0,5802
Densidade Potencial	-0,4283	-0,0325	0,0934	0,0194	-0,1172	0,0458	0,2114	0,373	0,779
Estabilidade	0,2926	0,0034	0,2006	0,8768	-0,2185	0,1788	0,0032	0,1601	-0,0057
Oxigênio Dissolvido	0,3446	0,173	-0,2553	-0,3438	-0,5021	0,4556	-0,2499	0,3815	0,0187
AOU	0,0468	-0,8307	0,3055	-0,1365	0,0898	0,4137	-0,1222	-0,0400	-0,0007
%MW	0,3934	0,0289	-0,1304	-0,0927	0,3577	0,2462	0,7798	0,1488	-0,0081
COD	0,145	0,3895	0,869	-0,2592	-0,0248	0,0493	0,0289	-0,0322	-0,0008

Fonte: A autora, 2020.

**APÊNDICE F** – Resultados da análise das componentes principais da campanha de fevereiro de 2016

Tabela 4 – Carga fatorial (coeficientes de correlação) das variáveis ambientais da campanha de fevereiro de 2016 estimada por análise de componentes principais (PCA).  
Matrizes preparadas com o software Past (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001).

<b>2016</b>	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8	PC 9
Profundidade	-0,3442	-0,2512	0,0248	0,4329	0,0616	0,713	0,2332	-0,2525	0,0132
Temperatura Potencial	0,3753	0,243	0,1066	-0,1810	-0,4232	0,1422	0,7116	-0,0865	0,2069
Salinidade	-0,4245	0,0561	0,1061	0,0793	-0,1300	-0,1790	0,4009	0,471	-0,6063
Densidade Potencial	-0,4354	-0,0121	0,057	0,1066	0,008	-0,1972	0,1208	0,3909	0,7677
Estabilidade	0,2804	0,3079	0,051	0,8479	0,0325	-0,3119	0,0284	-0,0767	-0,0036
Oxigênio Dissolvido	0,3051	-0,4477	-0,1571	-0,0178	0,6641	-0,1591	0,4501	0,1121	0,0045
AOU	-0,1744	0,7589	-0,1716	-0,1624	0,5375	0,1971	0,0931	-0,0392	-0,0013
%MW	0,406	0,0543	-0,0454	0,1019	-0,0157	0,4868	-0,2200	0,7308	0,0081
COD	0,0634	0,0228	0,9564	-0,0786	0,2626	0,0462	-0,0584	-0,0092	-0,0008

Fonte: A autora, 2020.