

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
COORDENADORIA ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA
CURSO OCEANOGRAFIA

Gabriela Rodrigues Silveira

**Varição sazonal da estrutura trófica do plâncton em águas rasas subtropicais (REBIO
Arvoredo)**

Florianópolis

2022

Gabriela Rodrigues Silveira

Varição sazonal da estrutura trófica do plâncton em águas rasas subtropicais (REBIO Arvoredo)

Trabalho de Conclusão de Curso em Oceanografia do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea Santarosa Freire.

Coorientadora: Dr^a. Érica Caroline Becker.

Florianópolis

2022

Gabriela Rodrigues Silveira

**Variação sazonal da estrutura trófica do plâncton em águas rasas subtropicais (REBIO
Arvoredo)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Oceanografia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Oceanografia.

Florianópolis, 20 de julho de 2022

Prof^ª. Dr^ª Alessandra Larissa D'Oliveira Fonseca

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Andrea Santarosa Freire

Orientadora

UFSC

Dr^ª. Gleice de Souza Santos

Avaliadora

IO - USP

Dr. Luis Carlos Pinto de Macedo Soares

Avaliador

UFSC

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silveira, Gabriela Rodrigues

Variação sazonal da estrutura trófica do plâncton em águas rasas subtropicais (REBIO Arvoredo) / Gabriela Rodrigues Silveira ; orientadora, Andrea Santarosa Freire, coorientadora, Érica Caroline Becker, 2022.

67 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Oceanografia, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Plâncton. 3. Cadeia alimentar. 4. Plataforma continental sudeste. 5. Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. I. Santarosa Freire, Andrea. II. Becker, Érica Caroline. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Oceanografia. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por me proporcionar a oportunidade de cursar algo tão diferente como Oceanografia.

Agradeço ao Laboratório de Crustáceos e Plâncton e seus membros por me recepcionar desde 2019 e me proporcionar experiências incríveis.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por minha bolsa de iniciação científica fornecida pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

Agradeço à minha orientadora Andrea por me selecionar para ser monitora de Zooplâncton em 2019 e depois novamente em 2020. O resto é história. E claro, à minha coorientadora, Érica, todos os agradecimentos também. Vocês são minhas inspirações!

Agradeço à Fernando de Freitas, Bárbara Santos Menezes, Viviane Tranker, Juliana Hayden e ao projeto MAArE por disponibilizar os dados necessários para meu trabalho.

Agradeço ao professor Leonardo Rubi Rörig por disponibilizar o microscópio invertido do Laboratório de Ficologia.

Agradeço a todos que já participaram e que ainda participam da banca examinadora do meu trabalho.

Agradeço às minhas amigas Adriana, Evelyn, Kelly e Tayse por serem a melhor panela da oceanografia.

Agradeço ao professor Leonardo Borges por todo apoio.

E, finalmente, agradeço, sobretudo, à minha família, que, mesmo às vezes sem entender o que é oceanografia, me apoiou.

RESUMO

O plâncton é uma forma de vida que agrupa organismos aquáticos que são transportados passivamente pelas correntes, ou seja, seu movimento não é forte o suficiente para vencê-las. Eles possuem importância na área da economia e biodiversidade, entre outras, por serem um elo trófico com animais de grande porte e recursos pesqueiros. Este trabalho abordou o bacterioplâncton, fitoplâncton, ciliados e mesozooplâncton, que foram classificados para o estudo da estrutura trófica do plâncton entre autotrófico, heterotrófico e mixotrófico e em alguns casos, de maneira mais específica, como bacterívoros, carnívoros, detritívoros, herbívoros e onívoros. A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo) é uma unidade de conservação de proteção integral localizada na plataforma continental sudeste brasileira e inclui quatro ilhas, entre elas, a Ilha do Arvoredo. O objetivo do trabalho foi caracterizar a estrutura trófica planctônica na região da reserva biológica marinha e entorno, usando os registros de dados de plâncton e parâmetros ambientais. A maioria dos dados foi fornecida pelo projeto MAArE. As amostragens foram realizadas em fevereiro e agosto de 2016 com garrafas de Van Dorn e redes de plâncton. Para os parâmetros ambientais, registrados com CTD e/ou analisados quimicamente, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) a fim de descrever as variações espaço-temporais das condições oceanográficas. Para identificação do plâncton, foi utilizado sequenciamento de DNA para o bacterioplâncton, microscópio invertido para fitoplâncton e ciliados e microscópio estereoscópio para o mesozooplâncton, e, a partir desses dados, foram gerados gráficos de abundância relativa e total. A Análise Multifatorial (MFA) foi realizada para o fitoplâncton, ciliados e mesozooplâncton, com objetivo de explorar as relações entre os grupos tróficos do plâncton e os parâmetros ambientais. A temperatura indica ser o parâmetro ambiental responsável por provocar o agrupamento do plâncton em três estruturas tróficas: verão, inverno e comum nos dois períodos do ano. Na estrutura trófica de verão, as altas temperaturas favorecem as diatomáceas, já o grupo trófico Copepoda carnívoro parece ser o principal predador de ciliados onívoros, estes últimos, junto de Larvacea, podem utilizar bactérias como recurso alimentar. No inverno, as águas são ricas em silicato e clorofila-a, Cladocera se alimenta de dinoflagelados e ciliados mixotróficos e Chaetognatha se alimenta de Copepoda onívoro, que, por sua vez, provavelmente se alimenta de ciliados bacterívoros e mixotróficos, os quais podem se alimentar de bactérias. Na situação comum nos dois períodos do ano, complementar às outras cadeias alimentares, Copepoda onívoro-herbívoro parecem ser organismos mais generalistas, sendo importante tanto no verão como no inverno. Em todas as estruturas tróficas foi constatada a possibilidade de existir alça microbiana, com participação dos filos Proteobacteria e Cyanobacteria. O trabalho concluiu que o principal fator que agrupou as estruturas tróficas foi a temperatura, que juntamente com outras características das massas d' água, modificou a abundância e composição do plâncton.

Palavras-chave: Cadeia alimentar. Plataforma Continental Sudeste. Fitoplâncton. Zooplâncton. Reserva Biológica Marinha. Santa Catarina.

ABSTRACT

Plankton is a form of life of aquatic organisms with limited swimming skills, being passively transported by currents, since their movement is not strong enough to overcome them. They are important for economy and biodiversity, since they are the initial link of the marine food chains of large animals and fisheries resources. This study addressed bacterioplankton, phytoplankton, ciliates and mesozooplankton. They were classified for a trophic structure approach as autotrophic, heterotrophic and mixotrophic and in some cases, more specifically, as bacterivores, carnivores, detritivores, herbivores and omnivores. The Arvoredo Marine Biological Reserve (REBIO Arvoredo) is a no-take Marine Protected Area (MPA) located on the South Brazilian Bight and includes four islands, among them, the Arvoredo Island. The objective of this work was to characterize the planktonic trophic structure around the MPA, using the records of plankton data and environmental parameters obtained in the MAArE monitoring program. The sampling took place in 2016 in February and August using Van Dorn bottles and plankton nets. For the environmental parameters, recorded with a CTD or chemically analyzed, a Principal Component Analysis (PCA) was performed in order to describe the spatio-temporal oceanographic conditions. For plankton identification, DNA sequencing was used for bacterioplankton, inverted microscope for phytoplankton and ciliates and stereoscopic microscope for mesozooplankton, and, from these data, graphs of relative and total abundance were generated. Multiple Factor Analysis (MFA) was performed for phytoplankton, ciliates and mesozooplankton, in order to explore the relationships between plankton trophic groups and environmental parameters. The temperature was indicated as the main driver of the three trophic plankton structures: summer, winter and common in both seasons. In the summer trophic structure, the high temperature favored diatoms, while the carnivorous copepods seemed to be the main predators of omnivorous ciliates; the latter, together with larvaceans, could use bacteria as a food resource. In winter, the waters are rich in silicate and chlorophyll, dinoflagellates and mixotrophic ciliates were available for cladocerans, while carnivorous chaetognaths preyed upon on omnivorous copepods, which probably feed on bacterivorous and mixotrophic ciliates, and the last two could feed on bacteria. In the common situation, concurrent in both seasons, the abundant omnivorous-herbivorous copepods appeared to have a generalist behavior. In all trophic structures, the possibility of a microbial loop was observed, with the engagement of the Proteobacteria and Cyanobacteria. The work concluded that the trophic structure was mainly driven by temperature, with a secondary contribution of other water mass features in special sites, to modify the abundance and composition of plankton.

Keywords: Food chain. South Brazilian Bight. Phytoplankton. Zooplankton. No-take Marine Protected Area. Santa Catarina.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Área de estudo referente às estações oceanográficas 10, 14 e 16, (triângulos em vermelho) realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno (polígono tracejado).....18
- Figura 2 - Variação de dados ambientais em relação a profundidade e verão e inverno nas estações oceanográficas 10, 14 e 16, coletadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e entorno: (a) temperatura, (b) salinidade, (c) clorofila-a, (d) oxigênio dissolvido, (e) MST, (f) MSO, (g) MSI, (h) fosfato, (i) nitrito + nitrato, (j) amônio e (k) silicato. As cores diferenciam as estações oceanográficas e os símbolos dos períodos do ano.....32
- Figura 3 - Análise de Componentes Principais (PCA) entre variáveis ambientais (temperatura, clorofila-a, oxigênio dissolvido, silicato, fosfato, nitrito + nitrato, MSI e MSO) e as estações oceanográficas 10, 14 e 16, coletadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno. “Sup” corresponde a superfície da coluna d’água, “Int” a profundidades intermediárias e “Fun” ao fundo da coluna d’água. As cores diferenciam as estações oceanográficas e os símbolos, os períodos do ano.....33
- Figura 4 - Abundância relativa dos 23 componentes com maior frequência no bacterioplâncton, em nível de classe, amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice A), realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno.....34
- Figura 5 - Densidade total de diatomáceas e dinoflagelados (a) e para o restante do fitoplâncton (b), em relação às estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice B), realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno.....36
- Figura 6 - Densidade relativa das 10 diatomáceas (a) e dinoflagelados (b) mais abundantes de acordo com o índice de Kendeigh (KENDEIGH, 1944), amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice B), realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno.....37
- Figura 7 - Abundância total de ciliados (a) subdividido nos grupos especificados na legenda e (b) para todo o filo Ciliophora a nível de gênero e/ou gênero e espécie, amostrados nas

estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice C), realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno.....	39
Figura 8 - Abundância total de mesozoplâncton (a) para Chaetognatha, Cladocera, Copepoda e Larvacea e (b) para o restante do mesozoplâncton, amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice D), realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno.	41
Figura 9 - Análise Multifatorial (MFA) entre variáveis ambientais (temperatura, clorofila-a, oxigênio dissolvido, silicato, fosfato, nitrito + nitrato, MSI e MSO) e os principais grupos tróficos do plâncton, amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16, coletadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno. “Algi.” corresponde a algívoro, “Auto.” a autotrófico, “Bact.” a bacterívoro, “Carn.” a carnívoro, “Detr.” a detritívoro, “Herb.” a herbívoro, “Hete.” a heterotrófico, “Mixo.” a mixotrófico, “Oniv.” a onívoro. As cores diferenciam os grupos taxonômicos de plâncton e os dados ambientais (preto).....	42
Figura 10 - Representação das estruturas tróficas de plâncton amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e entorno: verão, comum nos dois períodos do ano (verão e inverno) e inverno.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e profundidades das estações oceanográficas 10, 14 e 16, realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno.....	21
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 BACTERIOPLÂNCTON.....	12
1.2 FITOPLÂNCTON.....	12
1.3 CILIADOS.....	13
1.4 MESOZOOPLÂNCTON.....	14
1.5 GRUPOS TRÓFICOS NO PLÂNCTON.....	14
1.6 VARIAÇÃO SAZONAL DO PLÂNCTON.....	15
1.7 OBJETIVOS.....	17
1.7.1 Objetivo geral.....	17
1.7.2 Objetivos específicos.....	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.1.1 Climatologia.....	18
3.1.2 Massas d'água.....	19
3.2 TRABALHO EM CAMPO.....	20
3.2.1 Estações oceanográficas.....	20
3.2.2 Parâmetros ambientais.....	21
3.2.3 Bacterioplâncton, fitoplâncton, ciliados e mesozooplâncton.....	22
3.3 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	23
3.3.1 Clorofila-a.....	23
3.3.2 Material em suspensão.....	23
3.3.3 Nutrientes.....	24
3.3.4 Bacterioplâncton.....	24
3.3.5 Fitoplâncton.....	25
3.3.6 Ciliados.....	26
3.3.7 Mesozooplâncton.....	27
3.4 ANÁLISE DE DADOS.....	28

3.4.1 Parâmetros ambientais.....	28
3.4.2 Abundância de bacterioplâncton, fitoplâncton, ciliados e mesozooplâncton	28
3.4.3 Análise Multifatorial (MFA).....	29
4 RESULTADOS.....	30
4.1 PARÂMETROS AMBIENTAIS.....	30
4.2 BACTERIOPLÂNCTON.....	33
4.3 FITOPLÂNCTON.....	35
4.4 CILIADOS.....	37
4.5 MESOZOOPLÂNCTON.....	39
4.6 RELAÇÃO ENTRE OS GRUPOS TRÓFICOS DA COMUNIDADE PLANCTÔNICA E AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS	42
5 DISCUSSÃO.....	43
5.1 ESTRUTURA TRÓFICA DA COMUNIDADE PLANCTÔNICA	45
5.1.1 Estrutura trófica de verão.....	46
5.1.2 Estrutura trófica de inverno.....	46
5.1.3 Estrutura trófica comum nos dois períodos do ano.....	47
6 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
APÊNDICE A - Dados de bacterioplâncton	57
APÊNDICE B - Dados de fitoplâncton.....	59
APÊNDICE C - Dados de ciliados.....	62
APÊNDICE D - Dados de mesozooplâncton.....	64

1 INTRODUÇÃO

O plâncton é uma forma de vida que agrupa organismos aquáticos que são transportados passivamente pelas correntes, ou seja, seu movimento não é forte o suficiente para vencê-las (DELLA PENNA et al., 2015). Entre as classificações admitidas para o plâncton, incluem-se a classificação por tamanho, desde femtoplâncton (0,02 μm) até megaplâncton (200 cm) (SIEBURTH; SMETACEK; LENZ, 1978), e por comunidades, sendo elas bacterioplâncton, fitoplâncton e zooplâncton (SILVA et al, 2014).

Esses organismos compõem uma parte importante da cadeia alimentar, incluindo produtores primários (autótrofos), como bactérias e fitoplâncton, e organismos heterotróficos, como ciliados e mesozooplâncton, os quais fazem parte da dieta de muitos animais de importância econômica, na fase adulta ou larval, como peixes, até animais que estão no topo da cadeia alimentar, como aves marinhas, golfinhos e baleias (BONECKER; BONECKER; BASSANI, 2009, CALBET; SAIZ, 2005, KLEIN, MOREIRA, 1977).

No presente trabalho, os organismos serão tratados pela nomenclatura de comunidades, por vezes podendo ser utilizadas nomenclaturas complementares quando necessário para melhor entendimento.

1.1 BACTERIOPLÂNCTON

Os domínios Bacteria e Archaea são compostos por organismos unicelulares e procariontes, ou seja, não possuem um núcleo e células envoltas por uma membrana (TORTORA; CASE; FUNKE, 2016), e podem ser autotróficos ou heterotróficos (POMEROY et al., 1995; YEO et al., 2013) (Apêndice A). A principal diferença entre ambos é que os organismos pertencentes ao domínio Archaea não possuem peptidoglicano em sua parede celular, ao contrário do domínio Bacteria (TORTORA; CASE; FUNKE, 2016).

1.2 FITOPLÂNCTON

As diatomáceas (Bacillariophyceae) são organismos unicelulares ou coloniais que possuem uma carapaça de sílica, dividida em duas partes, a epiteca (maior) e a hipoteca (menor) (BONECKER; BONECKER; BASSANI, 2009). As diatomáceas ocorrentes neste trabalho são autotróficas ou mixotróficas (Apêndice B).

Os dinoflagelados (Dinoflagellata) se distinguem de outros grupos de microalgas devido à presença de dois flagelos que diferenciam dois tipos morfológicos: os desmocontes e os dinocontes (HASLE et al., 1996). Os desmocontes possuem dois flagelos dissimilares que emergem da parte anterior da célula do dinoflagelado (HASLE et al., 1996). Já nos dinocontes, os dois flagelos estão posicionados ventralmente na célula do dinoflagelado: um é transversal e inserido no cingulo, gerando propulsão, enquanto o outro é longitudinal e inserido no sulco, responsável pela direção da célula (HASLE et al., 1996). O núcleo é outra estrutura importante na identificação de dinoflagelados pois este possui cromossomos permanentemente condensados (HASLE et al., 1996). Esses organismos possuem comportamento autotrófico, heterotrófico ou mixotrófico, a depender da disponibilidade de luz, nutrientes, entre outros parâmetros (BARTON et al., 2013, HASLE et al., 1996). No entanto, os organismos presentes no trabalho são heterotróficos ou mixotróficos (Apêndice B).

O grupo dos Ebridianos é composto por organismos heterotróficos pouco abundantes e conhecidos, mas existentes na região costeira (HARGRAVES, 2002, KORHOLA; SMOL, 2002). Possuem dois flagelos desiguais, núcleo com cromossomos permanentemente condensados, esqueleto de sílica e ausência de parede celular (HARGRAVES, 2002). Os exemplares encontrados neste trabalho são heterotróficos ou mixotróficos (Apêndice B).

As euglenofíceas (Euglenophyceae) são protistas unicelulares, geralmente flagelados, que possuem cloroplastos verdes e são autótrofos, porém, quando perdem sua capacidade de fotossíntese são heterótrofos e incolores (BICUDO; MENEZES, 2016). A euglenofícea encontrada no trabalho é autotrófica (Apêndice B).

Os silicoflagelados (Chrysophyceae) são organismos fitoplanctônicos fotoautotróficos que, assim como as diatomáceas, possuem uma carapaça de sílica envolvendo sua célula, responsável pela resistência e flutuabilidade (ARMSTRONG; BRASIER, 2013, BONEY, 1981, LIPPS, 1979) (Apêndice B). Porém, esse esqueleto de sílica não está presente em todas as fases do ciclo de vida desses organismos. Outras estruturas incluem cloroplastos amarelo-marrom abundantes, pseudópodes finos e longos e um flagelo anterior simples (LIPPS, 1979).

1.3 CILIADOS

Os ciliados (Ciliophora) são organismos unicelulares do micropâncton que, a depender do estado trófico do ambiente, podem compreender em até 30% da dieta dos

organismos pertencentes à subclasse Copepoda em ambientes oligotróficos (CALBET; SAIZ, 2005). Os ciliados podem ser divididos em lorícos e alorícos. Os lorícos são os tintinídeos (Tintinnida), ciliados que possuem o corpo com formato de taça e revestido de lórica, um tegumento protéico, o qual é por muitas vezes coberto por detritos como espículas de esponjas e areia (BONECKER; BONECKER; BASSANI, 2009). Já os ciliados alorícos não possuem lórica. Os ciliados presentes no trabalho são heterotróficos, podendo ser algívoros, bacterívoros, herbívoros e onívoros, ou mixotróficos (Apêndice C).

1.4 MESOZOOPLÂNCTON

O mesozooplâncton é composto por organismos maiores que 200 μm (SIEBURTH; SMETACEK; LENZ, 1978) de diversas espécies de invertebrados marinhos, no entanto, dentre eles, os mais abundantes (>50%) são aqueles pertencentes à subclasse Copepoda (BONECKER; BONECKER; BASSANI, 2009, BRANDINI, 1997). Esse grupo de organismos é, em geral, heterotrófico, podendo ser carnívoro, detritívoro, herbívoro e onívoro, a depender das condições presentes no ambiente marinho, configurando, assim, um elo importante na cadeia trófica marinha (CALBET; SAIZ, 2005) (Apêndice D).

1.5 GRUPOS TRÓFICOS NO PLÂNCTON

Organismos autotróficos são aqueles com capacidade fotossintetizante (BONECKER; BONECKER; BASSANI, 2009). O bacterioplâncton autótrofo é responsável por parte da fotossíntese dos oceanos, principalmente os oligotróficos, e é alimento para flagelados heterotróficos, além de disponibilizar matéria orgânica dissolvida para o bacterioplâncton heterotrófico (POMEROY et al., 1995). As diatomáceas autotróficas são base da cadeia alimentar marinha, contribuindo para o clima global através do sequestro de CO_2 para uso na fotossíntese (ARMBRUST, 2009). Quando autótrofos, os silicoflagelados podem ser um dos responsáveis pela produção primária da cadeia alimentar aquática (HALDER; SINHA, 2014). Outros organismos do plâncton presentes nesse trabalho que são autotróficos são as euglenofíceas.

O plâncton heterotrófico é definido por aqueles que ingerem outros organismos planctônicos (BONECKER; BONECKER; BASSANI, 2009). O bacterioplâncton heterotrófico é muito importante na alça microbiana, processo onde essas bactérias participam da cadeia alimentar, convertendo matéria orgânica dissolvida em carbono orgânico

particulado, o disponibilizando para níveis tróficos superiores, como flagelados heterotróficos e ciliados (AZAM et al, 1983; POMEROY et al., 2007; PORTER et al., 1985). Os ciliados heterotróficos participam da alça microbiana através da ingestão de organismos que não são diretamente ingeridos por organismos maiores (CALBET; SAIZ, 2005). Todo o mesozoplâncton é composto por organismos heterotróficos, excetuando apenas larvas de Ascidiacea (MCLAUGHLIN et al., 2013) e ovo de peixe (FARRELL, 2011), que são lecitotróficos, e nauplius, que podem ser lecitotróficos ou planctívoros (BOXSHALL, 2007). Outros organismos do plâncton presentes nesse trabalho que também podem ser heterotróficos são os dinoflagelados e ebridianos.

Por fim, os organismos mixotróficos são aqueles que possuem ambos os modos de alimentação, ou seja, se comportam como autotróficos ou heterotróficos (BONECKER; BONECKER; BASSANI, 2009). De maneira semelhante aos ciliados heterotróficos, os ciliados mixotróficos também participam da alça microbiana (CALBET; SAIZ, 2005). Outros organismos do plâncton presentes nesse trabalho que também podem ser mixotróficos são as diatomáceas, dinoflagelados e ebridianos.

Portanto, no ambiente pelágico, os grupos tróficos planctônicos são expressos de forma diferente entre bacterioplâncton, fitoplâncton, ciliados e mesozoplâncton. Isso acontece pois os organismos, apesar de estarem incluídos na mesma classificação de comunidades, possuem papéis diferentes nas cadeias alimentares.

1.6 VARIAÇÃO SAZONAL DO PLÂNCTON

A região da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, próxima ao limite sul do “South Brazilian Bight” ou Plataforma Continental Sudeste, está sob influência de variações sazonais que alteram os parâmetros abióticos da área, entre elas: a chegada da Água da Pluma do Prata (APP) no inverno, e a ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) no verão (MÖLLER et al., 2018). Essas condições ambientais podem ser estudadas a partir do comportamento de organismos pertencentes à subclasse Copepoda. Quando a água está enriquecida de nutrientes, há um aumento da produção primária fitoplanctônica e os copépodes irão se alimentar desse fitoplâncton, caracterizando uma cadeia alimentar com copépodos herbívoros. Porém, quando a quantidade de nutrientes na água é baixa, os copépodes procuram outra fonte de alimentação, como os ciliados, que se alimentam de bactérias responsáveis pela reincorporação de carbono na cadeia alimentar, caracterizando uma cadeia alimentar com copépodos carnívoros e participação da alça microbiana (CALBET;

SAIZ, 2005; MENEZES; DE MACEDO-SOARES; FREIRE, 2019; POMEROY, 1974). Esses enriquecimentos de nutrientes sazonais promovidos pela chegada de massas d'águas e plumas favorecem o crescimento populacional de grupos planctônicos na plataforma de Santa Catarina (BECKER, 2014, FONTES et al., 2018).

A Plataforma Continental Sudeste é delimitada ao norte por Cabo Frio, Rio de Janeiro, e ao sul pelo Cabo de Santa Marta, Santa Catarina e em ambos os locais ocorre o fenômeno de ressurgência da ACAS (CASTRO, 1990). Portanto, o estudo da comunidade de plâncton de uma região pode auxiliar no entendimento de áreas com características semelhantes. Em Cabo Frio, região aproximadamente a 800 km ao norte da REBIO Arvoredo, no limite norte do SBB, duas cadeias tróficas planctônicas se diferenciam de acordo com os ciclos de ressurgência e subsidência da ACAS (GUENTHER, et al., 2008). No primeiro, a ressurgência acompanhada de baixas temperaturas e altas concentrações de nitratos favoreceu o aparecimento de micropâncton, aumento da densidade de Copepoda herbívoro e a diminuição da participação de bactérias e picoplâncton na biomassa fitoplanctônica mostraram que houve o estabelecimento de uma cadeia alimentar herbívora (GUENTHER, et al., 2008). Já no segundo, a subsidência da massa d'água juntamente das altas temperaturas provocou a dominância do nano e picoplâncton na biomassa fitoplanctônica e aumento da produção bacteriana, estabelecendo uma cadeia alimentar com participação microbiana (GUENTHER, et al., 2008). Dessa maneira, estudos integrando os diversos compartimentos planctônicos contribuem para a compreensão do funcionamento do ecossistema local dentro e fora de uma área marinha protegida.

Estudos que avaliam a variabilidade da comunidade de plâncton, como a produção primária e secundária (SANTORA et al, 2017), a alça microbiana (MUNAWAR; WEISSE, 1989), e as variações com o ambiente e clima são necessários para entender como as áreas marinhas protegidas podem se beneficiar de abordagens baseadas na estrutura de comunidades para atingir os objetivos de conservação. No entanto, a compreensão da eficácia dessas áreas ainda é frequentemente limitada porque é medida por somente parte dos componentes biológicos da cadeia alimentar marinha, geralmente predadores de topo ou espécies de interesse comercial (BENEDETTI et al., 2019). Paradoxalmente, os diferentes compartimentos do plâncton permanecem pobremente considerados nos planos estratégicos marinhos (CHIBA et al., 2018), apesar de seu papel central nas teias alimentares marinhas. Para uma gestão eficiente da biodiversidade marinha, é necessário o uso de indicadores de plâncton, visto que seus predadores costumam ser prioridade em programas de conservação devido ao seu valor econômico (i.e. participação do plâncton na variação da disponibilidade

de recursos pesqueiros, como descrito por Beaugrand et. al. (2003) e de conservação (i.e. identificar a distribuição de plâncton a fim de mapear locais de forrageamento de seus predadores, descrito por Witt et al., 2007) e o entendimento de sua dinâmica está estritamente relacionado ao plâncton (BENEDETTI et al., 2019).

Este é o primeiro estudo que visa a compreensão da estrutura de diferentes compartimentos planctônicos de modo integrado, para permitir a discussão das alternativas para a inclusão do plâncton no planejamento dos recursos para monitoramento e conservação da diversidade dentro da Reserva Biológica.

O projeto MAArE (Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno) gerou um banco de dados robusto para a análise integrada da variação temporal da comunidade planctônica. Espera-se que as condições oceanográficas, especialmente a variabilidade da temperatura, alterem a abundância e dominância do plâncton, provocando variações na estrutura trófica do verão e inverno.

A caracterização das variações nas propriedades emergentes do plâncton pode, futuramente, melhorar a compreensão da dinâmica do ambiente recifal raso, dos peixes pelágicos, mamíferos e aves marinhas que habitam a região.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivo geral

Analisar a variação na estrutura trófica da comunidade planctônica do verão e inverno de 2016 na REBIO Arvoredo e seu entorno, integrando a variação da abundância e diversidade do bacterioplâncton, fitoplâncton, ciliados e mesozooplâncton às condições oceanográficas.

1.7.2 Objetivos específicos

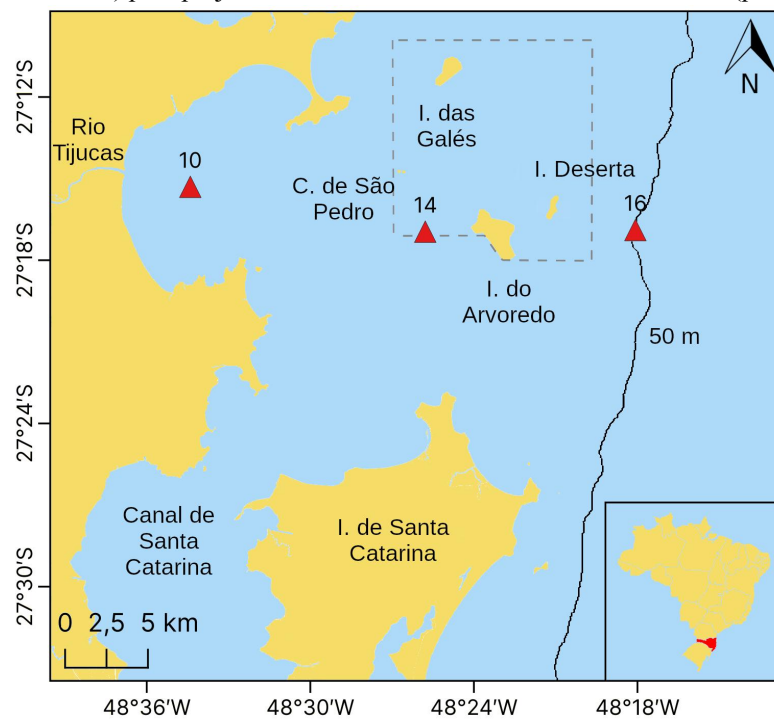
1. Descrever a variabilidade dos parâmetros ambientais e presença de massas d'água;
2. Analisar a variação sazonal do bacterioplâncton, fitoplâncton, ciliados e mesozooplâncton em relação às condições oceanográficas;
3. Descrever a estrutura trófica da comunidade planctônica no verão e inverno.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo) é uma unidade de conservação de proteção integral criada a partir do Decreto nº 99.142, de 12 de março de 1990. Com 17.800 ha de extensão, a REBIO Arvoredo está localizada ao norte da Ilha de Santa Catarina, na Plataforma Continental Sudeste e inclui as Ilhas do Arvoredo, Calhau de São Pedro, Galés e Deserta (MMA/IBAMA, 2004a) (Fig. 1).

Figura 1 - Área de estudo referente às estações oceanográficas 10, 14 e 16, (triângulos em vermelho) realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno (polígono tracejado).



Fonte: a autora.

3.1.1 Climatologia

O clima na região é subtropical úmido (Cfa, grupo climático temperado, tipo sem estação seca e subtipo verão quente). Esse clima é caracterizado principalmente por possuir estações frescas e presença de chuva em todo decorrer do ano e temperatura média superior a 22°C no mês mais quente (KÖPPEN, 1948). No verão, os ventos predominantes são do quadrante norte e nordeste, que enfraquecem a partir de março, com o início do inverno e a intensificação de ventos de quadrante sul e sudeste (BRAGA; NIENCHESKI, 2006; SEGAL

et al., 2017a).

As chuvas são bem distribuídas durante todo ano e abundantes, sendo mais intensa no verão (MMA/IBAMA, 2004b). No ano de 2016, a chuva acumulada foi alta entre os meses de janeiro e agosto, com máxima em agosto, mesmo mês em que a precipitação registrada foi maior que a média climatológica dos últimos 50 anos (SEGAL et al., 2017a).

3.1.2 Massas d'água

Na área de estudo, as principais massas d'água atuantes são a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Tropical (AT), Água da Pluma do Prata (APP) e Água Subtropical de Plataforma (ASTP), que alteram sazonalmente as características oceanográficas do local no verão (fevereiro) e inverno (agosto) de 2016 (SEGAL et al., 2017b). O Rio Tijucas e o Canal de Santa Catarina também influenciam na circulação local (OBATA, 2016).

A ACAS é uma massa fria ($T \leq 18,5^{\circ}\text{C}$) e salina ($S \geq 35,3$) formada devido ao afundamento de água na região da Convergência Subtropical, e, no Brasil, é transportada pela Corrente do Brasil (CB), que flui em direção ao sul da costa brasileira (SEGAL et al., 2017b; SILVEIRA et al, 2001). Sua presença foi registrada no período do verão e outono do ano de estudo, em maiores profundidades, principalmente na isóbata de 50 m, onde atingiu a zona eufótica (SEGAL et al., 2017b). A ressurgência da ACAS na região está relacionada à intensificação de ventos do quadrante nordeste, que afastam a CB, água superficial, devido ao transporte de Ekman, para fora da costa, e permite o afloramento da ACAS (CAMPOS; GONÇALVES; IKEDA, 1995).

A AT é uma massa superficial, quente ($T \geq 18,5^{\circ}\text{C}$) e salina ($S \geq 36$), também transportada pela CB, e sua formação está relacionada à intensa radiação e excesso de evaporação no Atlântico Tropical (SEGAL et al., 2017b; SILVEIRA et al, 2001). Essa massa d'água está presente no verão, na região da plataforma média e externa, no entanto, no ano de 2016 sua presença foi mais fraca em relação aos anos anteriores (SEGAL et al., 2017b). Seu afastamento da costa se inicia em março, quando os ventos do quadrante nordeste perdem intensidade e a massa é direcionada à quebra de plataforma (SEGAL et al., 2017b).

A APP é uma massa fria ($T > 10^{\circ}\text{C}$) e com baixa salinidade ($S \leq 33,5$), formada pela descarga continental do Rio da Prata e em pequena parte à descarga da Lagoa dos Patos, que flui em direção ao norte a partir da desembocadura do Rio da Prata e penetra em superfície (SEGAL et al., 2017b; MÖLLER et al., 2008). Essa movimentação ocorre devido à entrada de

ventos de quadrante sudeste no inverno, que deslocam a pluma em direção norte da costa Sul e Sudeste (PIOLA et al., 2005). No ano de 2016 a presença da APP foi marcante, fato observado nos registros mais baixos de salinidade e temperatura no inverno desse ano em relação aos outros anos de campanhas do projeto MAARE (2014 e 2015) (SEGAL et al., 2017b).

Na primavera e verão, a ASTP possui temperaturas mais elevadas ($T > 14^{\circ}\text{C}$) e sua salinidade ($33,5 \leq S < 36$) é reflexo de sua formação pela mistura da AT e ACAS e está localizada em superfície e profundidades intermediárias (MÖLLER et al., 2008; OBATA, 2016). No outono e inverno, a ASTP ($T > 14^{\circ}\text{C}$, $33,5 \leq S < 36$) é composta pela mistura da AT e APP e, em menor escala, a pluma do Rio Tijucas e o Canal de Santa Catarina, e também está em superfície e em profundidades médias (MÖLLER et al., 2008; OBATA, 2016). No entanto, no inverno do ano de 2016 a ASTP foi registrada apenas pontualmente (SEGAL et al., 2017b) e, em maiores profundidades e longe da costa, o domínio foi de aportes continentais (APP, pluma do Rio Tijucas e Canal de Santa Catarina) (OBATA, 2016).

3.2 TRABALHO EM CAMPO

3.2.1 Estações oceanográficas

As coletas foram obtidas durante o desenvolvimento do projeto MAARE que monitorou a área da REBIO Arvoredo e entorno, entre os anos de 2014 e 2016, levantando dados de oceanografia e biologia (MAARE, site: <https://www.maare.ufsc.br/>), em uma parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina, a equipe técnica do Instituto Chico Mendes de Conservação e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU), financiado pela Petrobrás.

Os dados utilizados no presente trabalho são referentes às coletas de campanhas realizadas no verão (fevereiro) e inverno (agosto) de 2016, nas estações oceanográficas (Tabela 1) 10, 14 e 16. A estação oceanográfica 10 é a mais rasa e próxima da costa, localizada dentro da baía de Tijucas e 3,6 km distante da costa. A estação oceanográfica 14 foi realizada mais próxima da Ilha do Arvoredo, está a 18,8 km de distância da costa e a 4,5 km a oeste desta ilha. Já a estação oceanográfica 16 é a mais distante da costa, foi realizada próximo à isóbata de 50 m, à 7,5 km de distância ao leste da Ilha do Arvoredo.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e profundidades das estações oceanográficas 10, 14 e 16, realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno.

Estação oceanográfica	Data de coleta		Latitude (S)	Longitude (W)	Profundidade local (m)
	Verão	Inverno			
10	18/02	05/08	27° 15' 25,9''	48° 34' 46,1''	7
14	17/02	04/08	27° 16' 46,8''	48° 25' 22,3''	17
16	16/02	03/08	27° 16' 47,3''	48° 17' 1,6''	52

Fonte: a autora.

3.2.2 Parâmetros ambientais

Nas estações oceanográficas foram realizadas coletas de parâmetros abióticos, como temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido, com auxílio de um CTD SBE 19 *plus* com sensores acoplados, e profundidade da zona eufótica, com um Disco de Secchi (SEGAL et al., 2017b). As coletas foram realizadas em três estratos da coluna d'água (superfície, profundidade intermediária e fundo), onde profundidade intermediária da coluna d'água, quando possível, foi determinada a partir de dados de temperatura, para definição da base da camada de mistura, ou de fluorescência, para identificar a profundidade máxima de fluorescência (SEGAL et al., 2017b). Amostras de água foram coletadas com garrafas de Van Dorn e acondicionadas em garrafas térmicas para a filtração e determinação da concentração de clorofila-a, material em suspensão total (MST), material em suspensão orgânico (MSO), material em suspensão inorgânico (MSI) e nutrientes dissolvidos (SEGAL et al., 2017b). As garrafas e kit de filtração utilizados foram lavados previamente com detergente Extran, preparado a 5% (SEGAL et al., 2017b).

Ainda à bordo, a filtração das amostras para determinação de clorofila-a foi realizada em filtro de vidro AP-40 Milipore com 47 mm de diâmetro e 0,45 µm de porosidade, sob pressão negativa máxima de 0,5 atm (SEGAL et al., 2017b). Em seguida, os filtros utilizados foram alocados em tubos criogênicos e armazenados em nitrogênio (SEGAL et al., 2017b). Em terra, os filtros foram transferidos para um freezer, mantendo a temperatura de -20°C (SEGAL et al., 2017b), e reservados para análises posteriores.

Já para as quantificações de MST, MSO e MSI, essas foram realizadas em concordância com o método gravimétrico (APHA, 1995) (SEGAL et al., 2017b). Previamente ao embarque, os filtros de fibra de vidro, que possuem 47 mm de diâmetro e 0.45 µm de porosidade, foram lavados com água destilada, secos em uma estufa por uma hora sob a temperatura de 90°C (SEGAL et al., 2017b). Depois, foram dispostos em papel alumínio e queimados em uma mufla a 450°C, por mais uma hora (SEGAL et al., 2017b). Finalmente, o

peso inicial (chamado de “Peso inicial (mg)” em cálculos posteriores) dos filtros foi registrado em uma balança analítica e armazenados em um dessecador com sílica-gel, para sua utilização durante as campanhas oceanográficas (SEGAL et al., 2017b). Após a coleta da água em garrafas de Van Dorn e armazenamento em garrafas térmicas, registrando seu volume (“Volume filtrado (L)”), ainda à bordo, as amostras foram filtradas sob pressão negativa máxima de 0,5 atm e, após o processo, os filtros foram armazenados em frascos com sílica-gel, acondicionados em um recipiente térmico com gelo (SEGAL et al., 2017b). Em terra, estes foram transferidos para um freezer e posteriormente submetido a outros processos (SEGAL et al., 2017b).

As amostras para determinação de nutrientes foram filtradas à bordo utilizando um sistema de filtração controlada, previamente ambientado com um litro da amostra que será utilizada, com microfiltros de fibra de vidro Whatmann GF/F de 0,5 μm de porosidade (SEGAL et al., 2017b). Após o processo, os filtros foram transferidos para três frascos de 60 ml de polietileno, lavados, para análise de N-amoniacal, nitrito+nitrato, silicato e fosfato, e armazenados em caixa térmica para manter a refrigeração (SEGAL et al., 2017b). Em terra, foram transferidos para um freezer, mantendo a temperatura de -8°C , e submetidos à análises (SEGAL et al., 2017b).

3.2.3 Bacterioplâncton, fitoplâncton, ciliados e mesozooplâncton

As amostras de água foram coletadas em superfície com garrafas de Van Dorn para análise de bacterioplâncton, e em seguida refrigeradas até o desembarque para processamento em laboratório e envio para análise de DNA (FREITAS, 2019; SEGAL et al., 2017b).

De maneira semelhante, as coletas de água para análise de fitoplâncton e ciliados foram feitas com garrafas de Van Dorn, na superfície, e fixadas em formaldeído 4% em frascos plásticos de 250 ml, para posterior determinação de células por litro (TRANKER, 2021).

O mesozooplâncton foi coletado por meio de arrastos horizontais de dois a cinco minutos, em superfície, utilizando uma rede cilíndrico-cônica com malha de 200 μm , 50 cm de diâmetro de boca e 1,80 m de comprimento, com fluxômetro acoplado (SEGAL et al., 2017b). Após a coleta, as amostras foram preservadas em frascos plásticos de um litro contendo formaldeído 4%, tamponado com tetraborato de sódio, para posterior identificação e

contagem em laboratório (SEGAL et al., 2017b).

3.3 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

3.3.1 Clorofila-a

A determinação da concentração de clorofila-a foi realizada através da extração de pigmentos das células presente nos filtros utilizados à bordo e reservados em freezer (SEGAL et al., 2017b). Os filtros foram imersos em acetona 90% (v/v) por 18 horas, à temperatura de -4°C, no escuro e, em seguida, as amostras foram centrifugadas com velocidade de 2.000 rpm durante 15 minutos (SEGAL et al., 2017b). O extrato gerado foi lido através de um espectrofotômetro, em cubetas de 5 cm de caminho óptico, para obtenção de sua absorbância (SEGAL et al., 2017b). O valor final da concentração de clorofila-a para cada amostra foi calculado de acordo com a equação SCOR-UNESCO (1996) (SEGAL et al., 2017b) e disponibilizado pela coordenação do projeto MAArE.

3.3.2 Material em suspensão

Os filtros utilizados para a filtração das amostras à bordo de MST, MSO e MSI e armazenados em freezer em terra após o embarque foram secos em uma estufa, a temperatura de 80°C pelo período de 24 horas, e pesados em balança analítica, onde foi registrado o peso total do filtro (“Peso total (mg)”) (SEGAL et al., 2017b). Para eliminação da matéria orgânica presente nos filtros, estes foram queimados em uma mufla, em temperatura de 450°C por mais uma hora e pesado novamente, registrando seu peso final (“Peso final (mg)”) (SEGAL et al., 2017b).

O material em suspensão total (MST) foi calculado subtraindo o peso inicial do filtro de seu peso final e, depois, dividido por seu volume filtrado, de acordo com a equação (1) (GRASHOFF; EHRHARDT; KREMLING, 1983).

$$MST (mg/L) = \frac{\text{Peso total (mg)} - \text{Peso inicial (mg)}}{\text{Volume filtrado (L)}} \quad (1)$$

O material em suspensão inorgânico (MSI) foi calculado subtraindo o peso inicial do

filtro de seu peso final, e, depois, dividido por seu volume filtrado, de acordo com a equação (2) (GRASHOFF; EHRHARDT; KREMLING, 1983).

$$MSI (mg/L) = \frac{Peso\ final\ (mg) - Peso\ inicial\ (mg)}{Volume\ filtrado\ (L)} \quad (2)$$

Por último, o material em suspensão orgânico (MSO) foi calculado subtraindo o valor encontrado de MSI do valor de MST, de acordo com a equação (3) (GRASHOFF; EHRHARDT; KREMLING, 1983).

$$MSO (mg/L) = \frac{Peso\ final\ (mg) - Peso\ inicial\ (mg)}{Volume\ filtrado\ (L)} \quad (3)$$

Os valores finais de MST, MSO e MSI foram disponibilizados pela coordenação do projeto MAArE.

3.3.3 Nutrientes

Para a análise de nutrientes, as amostras foram retiradas do freezer 24 horas antes do início da análise, onde estavam armazenadas após sua coleta, e mantidas em um local escuro para seu descongelamento (SEGAL et al., 2017b). Para obtenção da concentração de fosfato (ortofosfato, PO_4^{-3}), nitrito+nitrato (NO_{3+2}^{-1}), amônio (NH_4^{+1}) e silicato ($HSiO_4^{-4}$), foi utilizada a técnica colorimétrica (GRASHOFF; EHRHARDT; KREMLING, 1983; SEGAL et al., 2017b). As amostras foram dispostas em microcubetas e submetidas a um espectrofotômetro, equipado com feixe duplo e sistema de fluxo (SEGAL et al., 2017b). Para garantir acuidade das medições, as análises foram realizadas em dias diferentes para cada um dos quatro nutrientes e o equipamento foi devidamente higienizado e padronizado com soluções adequadas descritas pela metodologia, incluindo a geração da reta de calibração para cada dia de uso (SEGAL et al., 2017b). Os resultados finais estão na unidade μM e foram disponibilizados pela coordenação do projeto MAArE.

3.3.4 Bacterioplâncton

As amostras, que estavam mantidas refrigeradas, foram submetidas a um banho maria, na temperatura de $65^\circ C$, para lise das células (FREITAS, 2019; Manual MO BIO's PowerSoil

DNA Isolation Kit). Seguidamente, volumes entre 300 e 500 ml das amostras foram filtradas em filtros com 0,2 μm , em duplicata, e submetidas a extração do DNA através do kit PowerSoil® DNA Isolation Kit (MO BIO Laboratories, Inc., USA). O DNA foi quantificado utilizando o fluorômetro Thermo-Fisher Qubit® 2.0 (FREITAS, 2019).

O fragmento multivariável V3-V4 do gene procariótico 16s rRNA foi amplificado com o uso dos *primers* U341F e 806R, que são abrangem eficientemente os domínios Archaea e Bacteria, com amplicons de aproximadamente 400 bp (FREITAS, 2019; TAKAHASHI et al., 2014). Os arquivos de leitura *forward* e *reverse*, disponíveis a partir dos resultados brutos do sequenciamento, foram submetidos ao software PEAR (Paired-End reAd mergeR) para sua união (FREITAS, 2019; ZHANG et al., 2014). Foi utilizado um *workflow* disponibilizado pelo Brazilian Microbiome Project e descrito por Pylro et al. (2016) e adaptado pelo Grupo de Oceanografia Microbiana (GOM - UFSC) (FREITAS, 2019). Os softwares utilizados foram o QIIME 1.9.1. (Quantitative Insights Into Microbial Ecology) (CARPORASO et al., 2010) e o USESEARCH7 (Ultra-fast sequence analysis) (EDGAR, 2013).

O grau de similaridade das OTUs (Operational Taxonomic Unit) encontrado nas análises foi de 97% (FREITAS, 2019) e essas foram classificadas taxonomicamente a partir da base de dados SILVA 2019 (High Quality Ribosomal RNA Databases) (QUAST et al., 2013). As matrizes geradas, no formato .BIOM (Biological Observation Matrix), foram convertidas para arquivos do tipo .txt (text file) e, depois, para .csv (comma-separated values), contendo a abundância relativa dos 20 táxons de bacterioplâncton com maior número de leituras abundantes relativamente no verão e no inverno, para as três estações oceanográficas, e disponibilizadas por Freitas (2019) (FREITAS, 2019).

3.3.5 Fitoplâncton

Em laboratório, as amostras foram homogeneizadas e transferidas para câmaras de sedimentação com volumes de 10, 20, 25 ou 50 ml (HASLE, 1978; TRANKER, 2021). O volume das câmaras e o tempo de sedimentação das amostras foram escolhidos de acordo com o volume de células nas amostras e do material particulado em suspensão (TRANKER, 2021). A contagem do número de células foi realizada pelo método de Utermöhl (1958) utilizando o microscópio óptico invertido Olympus® CKX41 e o microscópio Zeiss® AXIO (TRANKER, 2021).

A contagem de células foi feita em câmara total ou meia câmara, dependendo da densidade de células da amostra, sob magnificação de 200x (TRANKER, 2021). Para manter

os erros de amostragem abaixo de 10% e a confiança de 95%, foram contados, no mínimo, 100 organismos da espécie dominante para cada amostra (SOURNIA, 1978; TRANKER, 2021). Se o número de células da espécie dominante fosse inferior a 100 em meia câmara, a contagem era feita em câmara total (TRANKER, 2021).

A densidade celular foi calculada de acordo com a equação (4), onde “N” é a densidade celular, “n” o número de células contadas, “A” a área da câmara, “a” a área da câmara que foi contada, “V” o volume da amostra e “v” o volume da alíquota. A unidade final é cél/L.

$$N = \frac{(n \cdot \frac{A}{a}) \cdot V}{v} \quad (4)$$

Os organismos foram identificados em nível de gênero ou espécie, quando possível, utilizando a bibliografia disponível e características de tamanho e morfológicas dos organismos (TRANKER, 2021). Foi utilizado o ITIS (Integrated Taxonomic Information System), sistema que fornece informações taxonômicas, para atualização da nomenclatura, que foi feita em concordância com Cupp (1943), Sournia et al. (1987), Balech (1988), Tomas (1997) e Omura et al. (2012) (TRANKER, 2021).

Os organismos menores que 0,20 µm (picoplâncton) não foram contabilizados (TRANKER, 2021). As cianobactérias *Johannesbaptistia pellucida* e *Oscillatoria erythraea* também foram incluídas na contagem de fitoplâncton.

Os valores finais foram disponibilizados por Tranker (2021).

3.3.6 Ciliados

Em laboratório, as amostras foram homogeneizadas e transferidas para câmaras de sedimentação com volumes de sedimentação de 25 ml (HASLE, 1978), com tempo de sedimentação de 32 horas. A contagem do número de células foi realizada pelo método de Utermöhl (1958) utilizando o microscópio óptico invertido Olympus® BX53 disponível no Laboratório de Ficologia da Universidade Federal de Santa Catarina, sob supervisão do Prof. Dr. Leonardo Rubi Rörig.

A contagem de células foi feita em câmara total, sob magnificação de 200x. Como foi contada a câmara completa, o cálculo da densidade celular foi realizado de acordo com a equação (5), onde “N” é a densidade celular, “n” o número de células contadas, a

multiplicação por 1000 é realizada para obter valores em cél/L e o valor “25” é referente ao volume de sedimentação. A unidade final é cél/L.

$$N = \frac{(n \cdot 1000)}{25} \quad (5)$$

Os ciliados foram identificados em nível de gênero ou espécie, quando possível, com apoio da bibliografia de Tenenbaum e Gomes (2006), podendo ser utilizadas bibliografias adicionais quando necessário. Os dados finais foram disponibilizados por Juliana Hayden.

3.3.7 Mesozooplâncton

Em laboratório, as amostras de mesozooplâncton, preservadas em formol 4%, foram transferidas para frascos de plástico de 500 ml (SEGAL et al., 2017b). Metade da amostra, fracionada com um Fracionador de Folsom, foi destinada à triagem para estipular o número de indivíduos por litro (SEGAL et al., 2017b). A triagem foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópio e placas de Petri quadriculadas ou placas de Bogorov, de acordo com Boltovskoy (1981) e Harris et al. (2000) (SEGAL et al., 2017b).

O volume filtrado (“volume filtrado”) é calculado em relação ao arrasto realizado na coleta de mesozooplâncton, conforme descrito pela equação (6), onde “r” é o raio da rede, “F” é o fator de aferição do fluxômetro acoplado e “Δ rotação” é a diferença entre o número de rotações inicial e final do fluxômetro no arrasto.

$$\text{Volume filtrado (m}^3\text{)} = \pi \cdot r^2 \cdot F \cdot \Delta \text{ rotação} \quad (6)$$

Devido à grande abundância de Copepoda, para esse grupo foram feitas subamostragens (“Volume alíquota”) de 10 ml (“volume da alíquota”), com auxílio de uma concha (cachimbo), na amostra já fracionada e com volume conhecido (“volume de diluição”). Foram contados, no mínimo, 100 indivíduos, e a equação (7) foi aplicada, onde “Tot. aliq.” é o somatório do número de indivíduos encontrados nas alíquotas, “fração” é o número de fracionamento das amostras, no caso, 2.

$$\text{Total de indivíduos (ind/m}^3\text{)} = \frac{\left(\frac{\text{Tot. aliq (ind)} \cdot \text{Volume de diluição (ml)}}{\text{Volume alíquota (ml)}} \right) \cdot \text{fração}}{\text{Volume filtrado (m}^3\text{)}} \quad (7)$$

Para o restante do mesozooplâncton, a fração foi contada de maneira completa, de acordo com equação (8), onde “Total” é o número total de indivíduos que foram contados na fração.

$$Total\ de\ indivíduo\ (ind/m^3) = \frac{Total\ (ind) \cdot fração}{Volume\ filtrado\ (m^3)} \quad (8)$$

A identificação e valores finais de abundância total de Copepoda foram disponibilizados por Bárbara Santos Menezes e os dados restantes de mesozooplâncton foram disponibilizados pela coordenação do projeto MAArE.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Todas as análises e gráficos gerados para esse trabalho foram produzidos no software RStudio 1.4.1717 (RSTUDIO, 2021) utilizando pacotes específicos.

3.4.1 Parâmetros ambientais

Foram gerados perfis verticais da distribuição de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, clorofila-a, MST, MSO, MSI, fosfato, nitrito + nitrato, amônio e silicato, para cada uma das três estações oceanográficas, no verão e inverno, na superfície, profundidade intermediária e fundo da coluna d’água. Para isso, foi utilizada uma planilha em formato .csv contendo todos os dados necessários e o pacote ggplot2 (WICKHAM, 2016).

Após a verificação da presença de multicolinearidade entre as variáveis ambientais através da análise de Fator de Inflação de Variância (VIF), os seguintes parâmetros foram excluídos: salinidade, amônio e MST. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi realizada para as variáveis restantes e as estações oceanográficas do presente estudo para visualizar variações espaço-temporais entre os parâmetros oceanográficos (PEARSON, 1901) utilizando o pacote ggfortify (TANG; HORIKOSHI, 2016).

3.4.2 Abundância de bacterioplâncton, fitoplâncton, ciliados e mesozooplâncton

Os dados utilizados de bacterioplâncton estão em nível taxonômico L3 (Reino, Filo e Classe), devido à falta de dados para classificações mais específicas na base de dados. A partir da planilha contendo os 20 táxons com maior número de leituras abundantes relativamente no

verão e no inverno para cada uma das três estações oceanográficas, totalizando 23 classes distintas.

A densidade total e relativa de fitoplâncton foi calculada e representada em grandes grupos. Para diatomáceas e dinoflagelados, através do cálculo do índice de abundância (KENDEIGH, 1944), foram selecionados as dez diatomáceas e dinoflagelados mais abundantes do verão e inverno das três estações oceanográficas utilizadas no presente trabalho para uma representação em separado de sua densidade relativa.

A abundância total de ciliados e mesozooplâncton foi estimada em grandes grupos relacionados ao grupo trófico, e ao nível de gênero e/ou espécie.

Todos os gráficos foram produzidos a partir do pacote ggplot2 (WICKHAM, 2016).

3.4.3 Análise Multifatorial (MFA)

Análise Multifatorial (MFA) (ESCOFIER; PAGES, 1994) foi realizada utilizando a abundância/densidade total dos principais grupos do plâncton (diatomácea, dinoflagelado, Copepoda, Cladocera, Larvacea, Chaetognatha e ciliados) e as variáveis ambientais (previamente verificadas pela VIF) com o objetivo de explorar as relações entre os grupos tróficos de plâncton e os parâmetros.

A análise foi realizada utilizando o pacote factoextra (KASSAMBARA; MUNDT, 2020).

4 RESULTADOS

4.1 PARÂMETROS AMBIENTAIS

O valor máximo de temperatura ($27,40^{\circ}\text{C}$) foi encontrado na superfície da estação oceanográfica 16 no verão, e o mínimo ($17,25^{\circ}\text{C}$) na profundidade intermediária da coluna d'água da estação oceanográfica 14 no inverno. No verão, houve uma maior amplitude térmica em relação ao inverno, e águas mais estratificadas. No inverno, os valores de temperatura não ultrapassam 18°C (Fig. 2a).

O valor máximo de salinidade (37,45) foi encontrado na coleta de fundo na estação 14 no verão, e o mínimo (31,89) na superfície da coluna d'água da estação 10 no inverno. Em ambos os períodos, há um gradiente de salinidade que aumenta em direção às estações oceanográficas mais distantes da costa (Fig. 2b).

O valor máximo de clorofila-a ($13,98\text{ mg/m}^3$) foi encontrado na coleta de fundo da estação oceanográfica 14 no verão, e o mínimo ($1,26\text{ mg/m}^3$) também no fundo da coluna d'água da estação oceanográfica 16 no inverno. No verão, os valores de clorofila-a são menores em superfície e aumentam em direção ao fundo. Já no inverno, os máximos de clorofila-a se encontram no fundo e diminuem em direção à superfície (Fig. 2c).

O valor máximo de oxigênio dissolvido ($5,13\text{ ml/L}$) foi encontrado na profundidade intermediária da coluna d'água na estação 16 no inverno, e o mínimo ($2,59\text{ ml/L}$) novamente na profundidade intermediária da coluna d'água na estação 14 no verão. A amplitude de variação dos valores de oxigênio dissolvido foi maior no verão, onde os máximos foram encontrados principalmente em superfície (estações 10 e 16). No inverno, essa variação ficou restrita entre valores mais altos (Fig. 2d).

No verão, os valores de MST foram mais baixos, incluindo o valor mínimo ($4,23\text{ mg/L}$) encontrado na coleta de superfície da estação oceanográfica 16. No inverno, os valores de MST se mantiveram mais altos, incluindo o valor máximo do período ($29,30\text{ mg/L}$), encontrado na coleta de fundo da estação oceanográfica 16 (Fig. 2e).

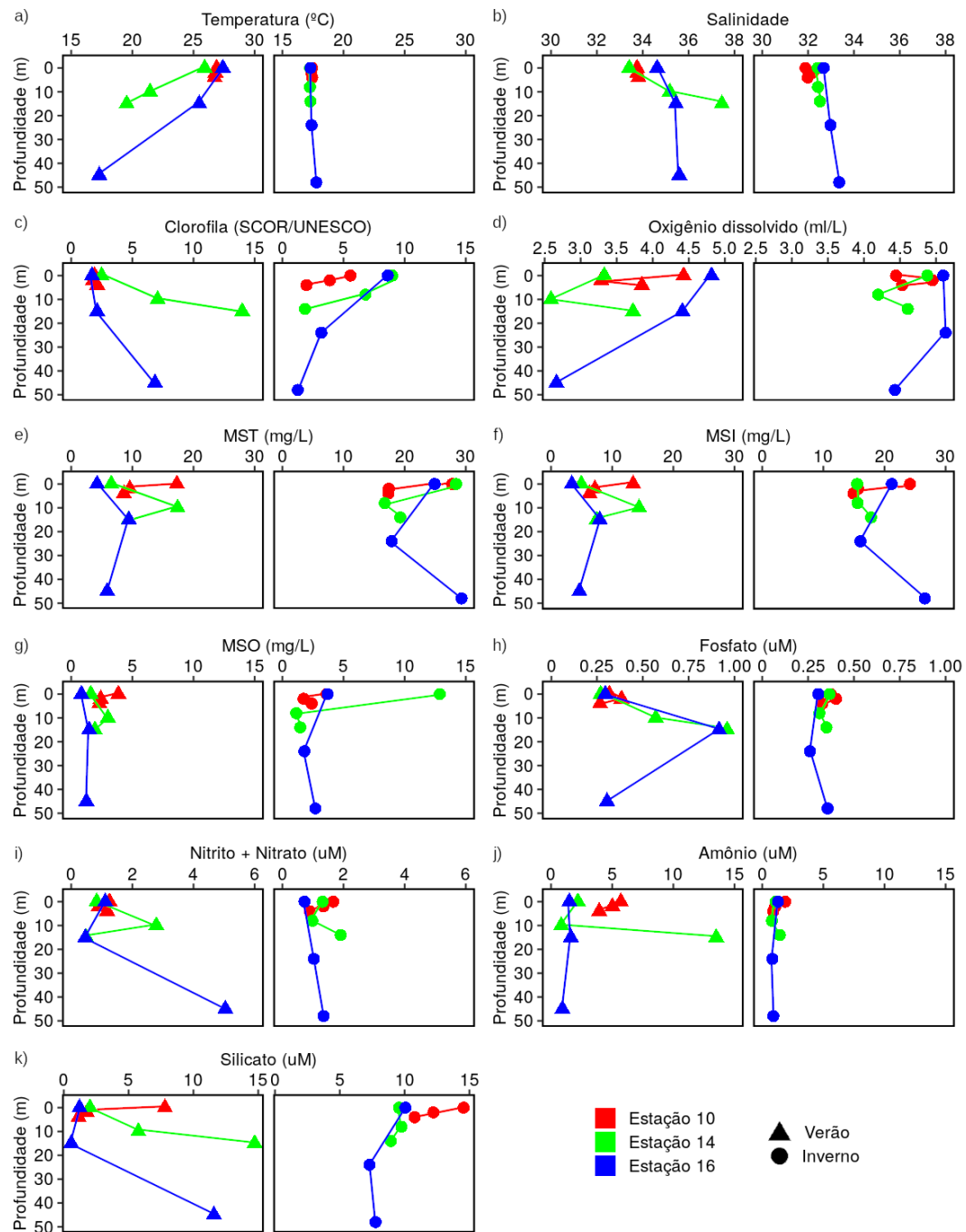
O valor máximo de fosfato ($0,95\text{ }\mu\text{M}$) foi encontrado na coleta de fundo da estação oceanográfica 14 no verão, e o valor mínimo ($0,26\text{ }\mu\text{M}$) na profundidade intermediária da coluna d'água da estação oceanográfica 16 no inverno. A maior amplitude de valores foi registrada no verão, com valores mais altos em profundidade intermediária (estação oceanográfica 16) e fundo (estação oceanográfica 14). No inverno, a amplitude de variação foi menor, concentrada em valores mais baixos (Fig. 2h).

O valor máximo de nitrito + nitrato ($5,04 \mu\text{M}$) foi encontrado na coleta de fundo da estação oceanográfica 16 no verão. O valor mínimo ($0,46 \mu\text{M}$) foi encontrado na profundidade intermediária da coluna d'água da estação oceanográfica 16 no mesmo período (Fig. 2i).

O valor máximo de amônio ($13,50 \mu\text{M}$) foi encontrado na coleta de fundo da estação oceanográfica 14 no verão. Nesse mesmo período, os valores de amônio na estação oceanográfica 10 são relativamente altos e constantes, pois essa estação é a mais próxima da costa e possui maior influência de aportes continentais. O valor mínimo ($0,80 \mu\text{M}$) foi encontrado na profundidade intermediária da coluna d'água da estação 14 no inverno, período onde os valores se mantiveram baixos e constantes em toda coluna d'água. (Fig. 2j).

O valor máximo de silicato ($14,72 \mu\text{M}$) foi encontrado na coleta de fundo da estação oceanográfica 14 no verão. No verão, os valores tiveram maior amplitude, e os picos foram encontrados nos estratos mais profundos da coluna d'água. O valor mínimo ($0,5 \mu\text{M}$) foi encontrado no fundo da coluna d'água da estação oceanográfica 14 no verão. No inverno, as variações ficaram mais concentradas em valores mais altos e os valores registrados em superfície foram levemente mais altos que os de maiores profundidades (Fig. 2k).

Figura 2 - Variação de dados ambientais em relação a profundidade e verão e inverno de 2016 nas estações oceanográficas 10, 14 e 16, amostradas pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e entorno: (a) temperatura, (b) salinidade, (c) clorofila-a, (d) oxigênio dissolvido, (e) MST, (f) MSO, (g) MSI, (h) fosfato, (i) nitrito + nitrato, (j) amônio e (k) silicato. As cores diferenciam as estações oceanográficas e os símbolos dos períodos do ano.

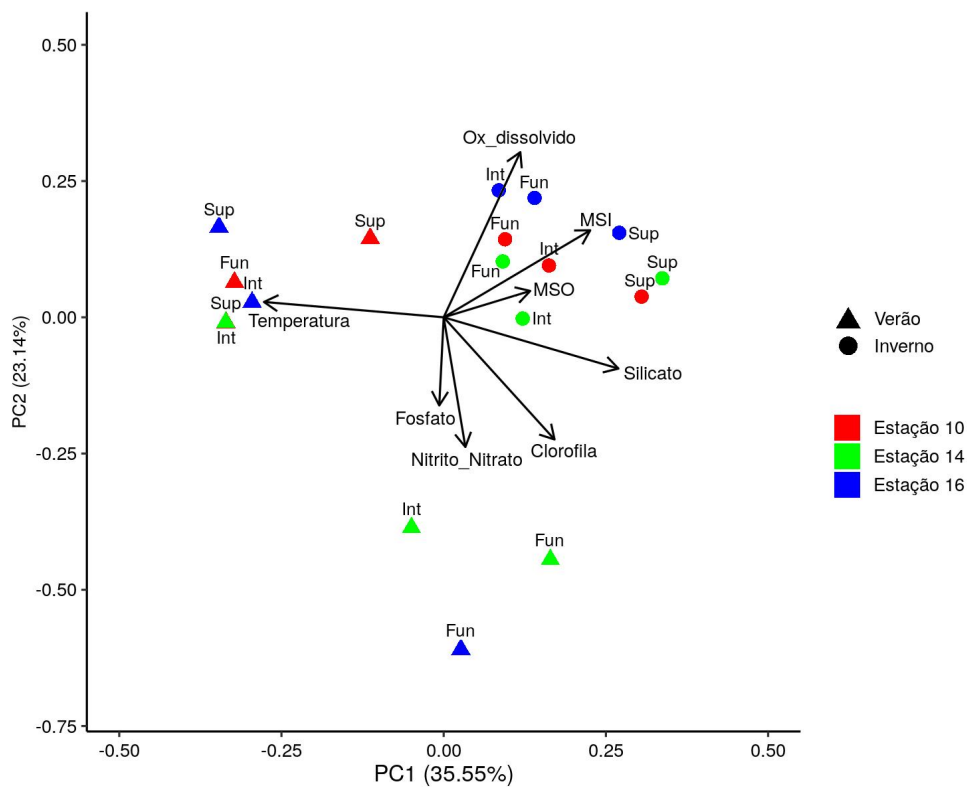


Fonte: a autora.

No Figura 3, o eixo PC1 (35,55%) representa a oposição entre as condições oceanográficas do verão e inverno, enquanto o eixo PC2 (23,14%) representa a oposição entre as águas de fundo que se alternam entre enriquecidas e oxigenadas. A temperatura está fortemente relacionada ao PC1, onde é possível observar cinco estações oceanográficas do

verão correlacionadas positivamente com essa variável. O silicato possui forte correlação negativa com a temperatura, sendo positivamente correlacionado com todas as coletas de inverno. O PC2 mostra que o oxigênio dissolvido está positivamente correlacionado com estações de fundo e intermediário do inverno, enquanto fosfato, nitrito + nitrato e clorofila-a estão positivamente correlacionadas com condições de verão mais afastadas da costa do meio ao fundo da coluna d'água. MSI e MSO têm correlação positiva principalmente com as águas superficiais e intermediárias, seguida das águas de fundo do inverno (Fig. 3).

Figura 3 - Análise de Componentes Principais (PCA) entre variáveis ambientais (temperatura, clorofila-a, oxigênio dissolvido, silicato, fosfato, nitrito + nitrato, material em suspensão inorgânico (MSI), material em suspensão orgânico (MSO) e as estações oceanográficas 10, 14 e 16, coletadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e entorno. “Sup” corresponde a superfície da coluna d’água, “Int” a profundidades intermediárias e “Fun” ao fundo da coluna d’água. As cores diferenciam as estações oceanográficas e os símbolos, os períodos do ano.



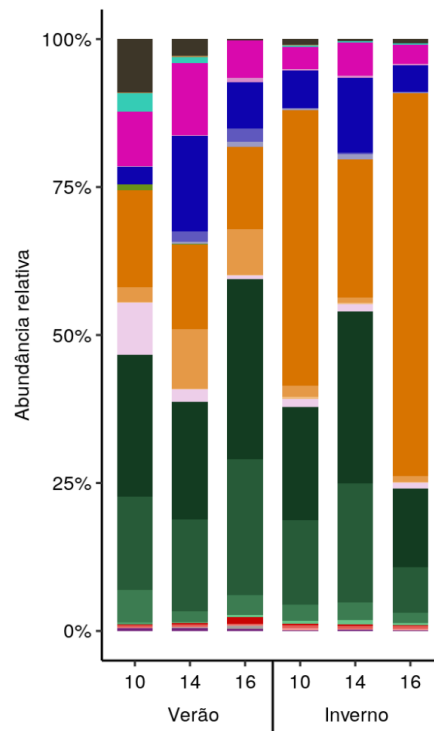
Fonte: a autora.

4.2 BACTERIOPLÂNCTON

No geral, o filo Proteobacteria é predominante, superando 50% em duas estações, (gradiente de cores em verde), seguido do filo Cyanobacteria (gradiente de cores em laranja), o último principalmente na estação oceanográfica 16 do inverno, onde representou mais de

60% de todo bacterioplâncton. Outros filos com contribuições menores, porém importantes, foram Actinobacteria (<15%) e Bacteroidetes (<20%) (Fig. 4).

Figura 4 - Abundância relativa dos 23 componentes com maior frequência no bacterioplâncton, em nível de classe, amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice A) em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAARÉ na REBIO Arvoredo e entorno.



- Archaea; Euryarchaeota; Thermoplasmata
- Archaea; Euryarchaeota; Halobacteria
- Archaea; Thaumarchaeota; Marine Group I
- Bacteria; Actinobacteria; Acidimicrobia
- Bacteria; Actinobacteria; Actinobacteria
- Bacteria; Bacteroidetes; Flavobacteriia
- Bacteria; Bacteroidetes; Sphingobacteriia
- Bacteria; Bacteroidetes; Cytophagia
- Bacteria; Chloroflexi; SAR202 clade
- Bacteria; Cyanobacteria; Chloroplast
- Bacteria; Cyanobacteria; Cyanobacteria
- Bacteria; Cyanobacteria; ML635J-21
- Bacteria; Deferribacteres; Deferribacteres
- Bacteria; Proteobacteria; Alphaproteobacteria
- Bacteria; Proteobacteria; Gammaproteobacteria
- Bacteria; Proteobacteria; Deltaproteobacteria
- Bacteria; Proteobacteria; Elev-16S-509
- Bacteria; Proteobacteria; Betaproteobacteria
- Bacteria; Verrucomicrobia; Opitutae
- Bacteria; Verrucomicrobia; Verrucomicrobiae
- Bacteria; Verrucomicrobia; OPB35 soil group
- Bacteria; Tenericutes; Mollicutes
- Não Classificado; Outros; Não classificado

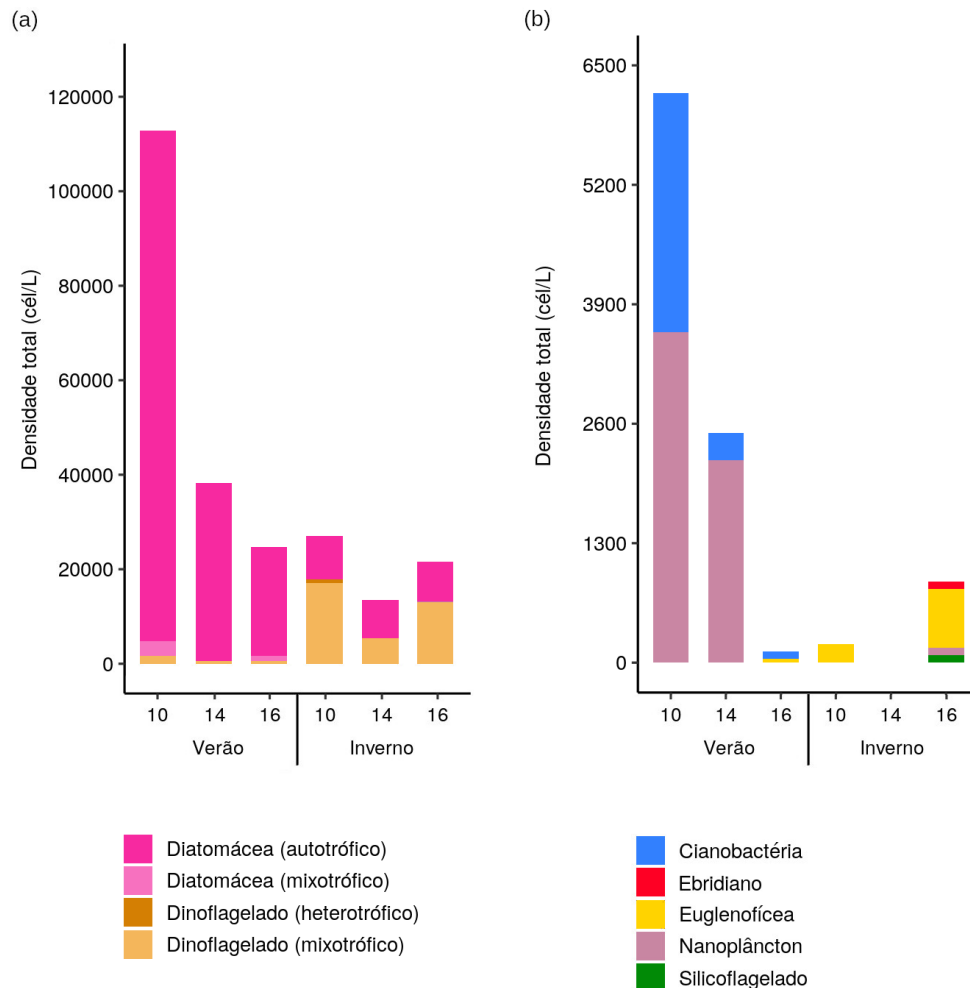
Fonte: a autora.

4.3 FITOPLÂNCTON

As diatomáceas formam um gradiente com abundância menor em direção ao oceano, e as autotróficas predominaram, com pico na estação oceanográfica 10 no verão (108.000 cél/L), período do ano no qual as diatomáceas registraram valores mais altos (Figura 5a). No verão, nessa mesma estação oceanográfica as diatomáceas mixotróficas tiveram o maior destaque (3.200 cél/L), assim como os dinoflagelados (1.600 cél/L). Em contrapartida, os dinoflagelados são mais abundantes no inverno, especialmente nas estações oceanográficas 10 (17.800 cél/L) e 14 (5.400 cél/L). Os dinoflagelados mixotróficos predominam, sendo mais expressivos na estação oceanográfica 10 do inverno (17.000 cél/L) (Fig. 5a).

Em densidades inferiores aos dois grupos citados anteriormente, cianobactérias foram registradas apenas no verão. A abundância de nanoplâncton foi elevada nas estações mais costeiras do verão. Os ebridianos e os silicoflagelados estavam presentes apenas no inverno, onde houve predomínio desse grupo e sua abundância aumentou em direção a regiões mais afastadas da costa (Fig. 5b).

Figura 5 - Densidade total de diatomáceas e dinoflagelados (a) e para o restante do fitoplâncton (b), amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice B) em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAARÉ na REBIO Arvoredo e entorno.

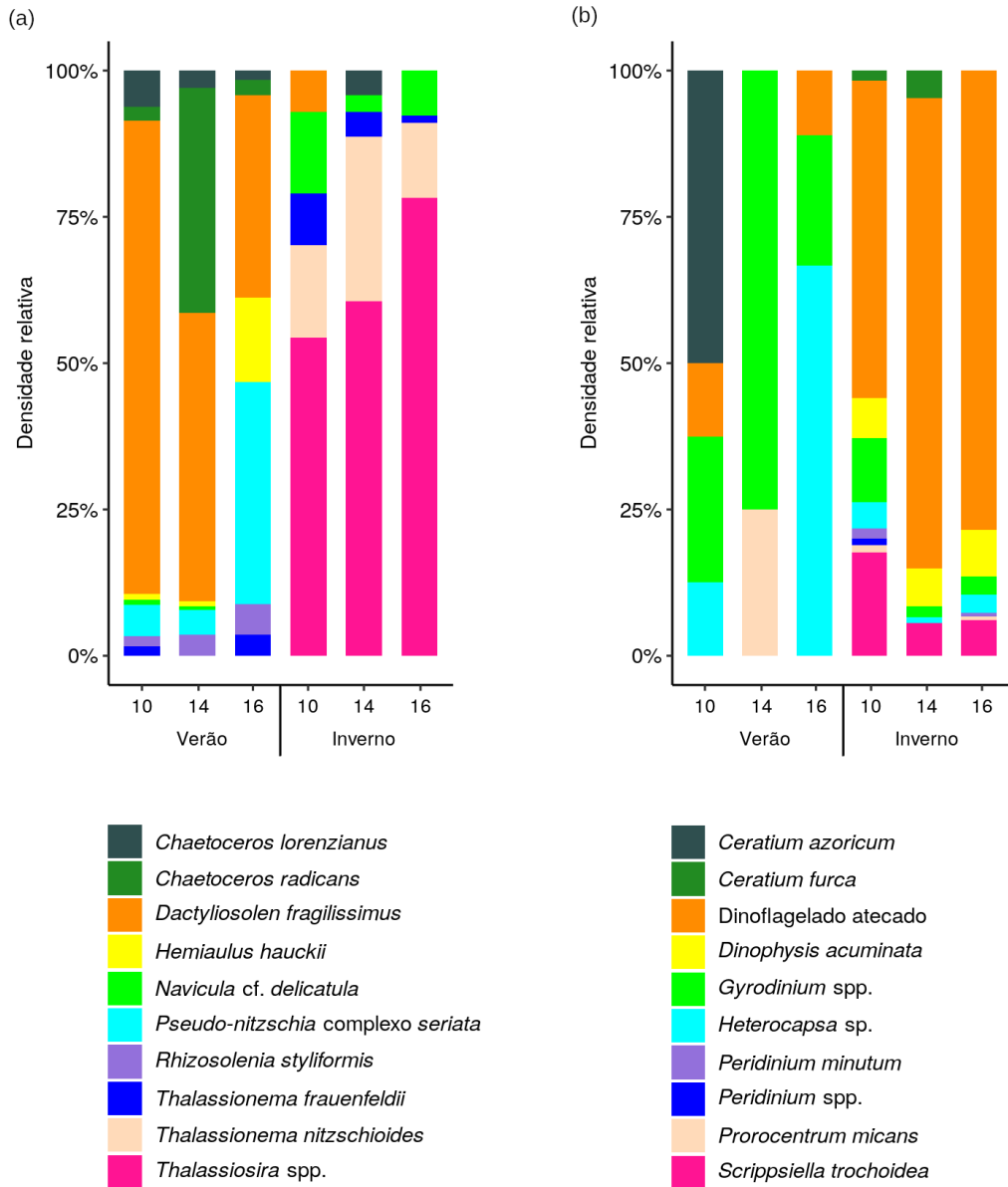


Fonte: a autora.

No verão, a diatomácea *Dactyliosolen fragilissimus* foi predominante (>75% no verão na estação oceanográfica 10), porém as espécies *Chaetoceros radicans* e *Pseudo-nitzschia complexa seriata* também contribuíram para a densidade total (respectivamente, >35% na estação oceanográfica 14 e 16) (Fig. 6a). No inverno, o gênero *Thalassiosira* spp. (>50%) e *Thalassionema nitzschioides* (>10%) predominaram em todas as estações oceanográficas, onde é possível observar um gradiente do aumento da sua proporção em direção ao oceano (Fig. 6a).

No verão, três dinoflagelados foram predominantes: *Ceratium azoricum*, na estação oceanográfica 10 (50%), *Gyrodinium* spp. (75%) na estação oceanográfica 14 e *Heterocapsa* sp. na estação oceanográfica 16 (>60%). No inverno, os dinoflagelados atecados dominaram em todas as estações (>50%) e nesse mesmo período é possível observar que há uma maior riqueza taxonômica (Fig. 6b).

Figura 6 - Densidade relativa das 10 diatomáceas (a) e dinoflagelados (b) mais abundantes de acordo com o índice de Kendeigh (KENDEIGH, 1944), amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice B) em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e entorno.



Fonte: a autora.

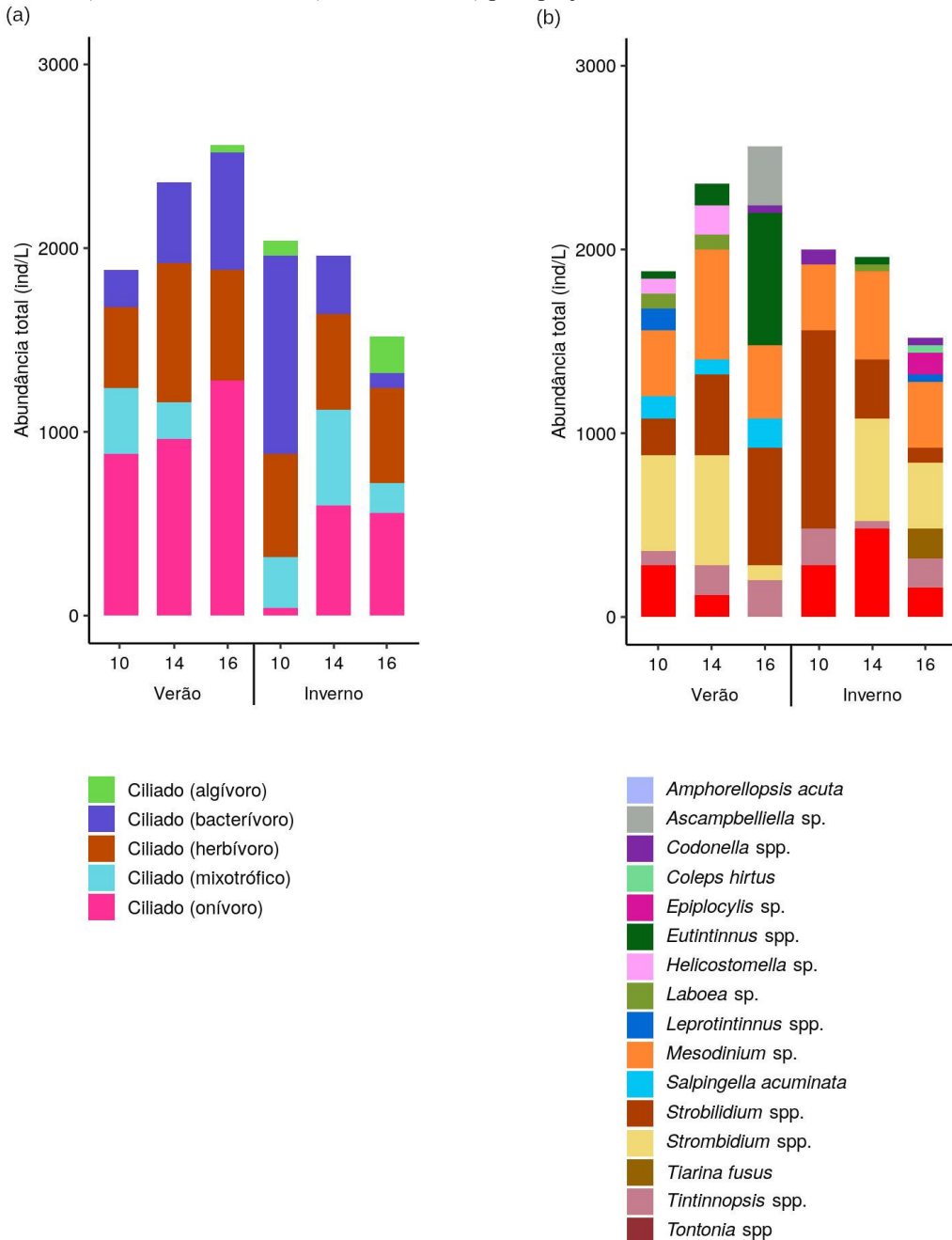
4.4 CILIADOS

No verão, o grupo de ciliados onívoros foi abundante em todas as estações oceanográficas (880-1.280 ind/L), apresentando uma leve tendência a um gradiente de aumento em direção a regiões mais afastadas da costa, padrão que também pode ser observado para os ciliados bacterívoros. Os ciliados herbívoros também foram importantes no verão, com valores semelhantes entre as estações oceanográficas (440-760 ind/L). No inverno, há um gradiente de aumento em direção às regiões mais distantes da costa e, na

estação oceanográfica mais costeira, os ciliados bacterívoros apresentaram o registro mais alto de todas as estações (1.080 ind/L). Os ciliados herbívoros registraram valores semelhantes em todas as estações oceanográficas (520-560 ind/L), enquanto que os ciliados onívoros tiveram abundâncias maiores nas estações mais afastadas da costa (560-600 ind/L) (Fig. 7a).

No verão, o *Strombidium* spp. foi importante nas estações oceanográficas mais costeiras (520-560 ind/L), e no inverno, nas mais afastadas da costa (360-560 ind/L). O *Strobilidium* spp. foi abundante no verão principalmente nas estações oceanográficas 14 (440 ind/L) e 16 (640 ind/L), enquanto que, no inverno, dominou a estação oceanográfica mais próxima à costa (1.080 ind/L). *Eutintinnus* spp. registrou maior abundância na estação oceanográfica 16 do verão (720 ind/L), enquanto que o *Mesodinium* sp. possui valores relativamente altos e semelhantes entre todas as estações oceanográficas (360-600 ind/L) (Fig. 7b).

Figura 7 - Abundância total de ciliados (a) subdividido nos grupos especificados na legenda e (b) para todo o filo Ciliophora a nível de gênero e/ou gênero e espécie, amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice C), realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e entorno.



Fonte: a autora.

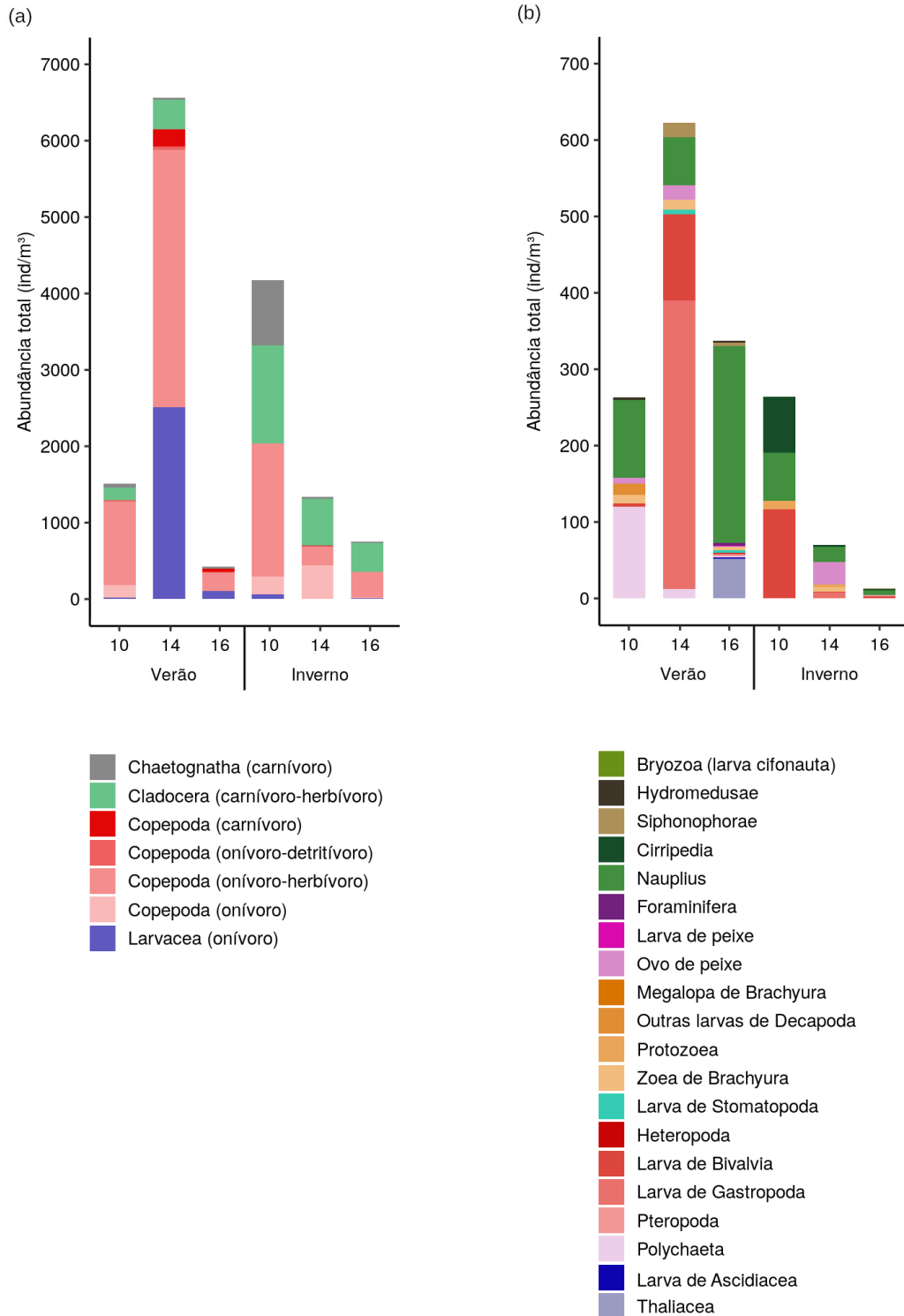
4.5 MESOZOOPLÂNCTON

Chaetognatha, Cladocera, Copepoda e Larvacea foram os principais grupos do zooplâncton na área estudada. No verão, houve um gradiente de aumento da abundância total em direção à costa. Copepoda é o grupo dominante e o pico de abundância de copépodes onívoro-herbívoro é na estação 14 (3.375,53 ind/m³). Nessa mesma estação oceanográfica,

Larvacea (2.508 ind/m³) e Copepoda carnívoro (226,3 ind/m³) registraram os maiores valores entre todas as estações de verão e inverno, respectivamente. Porém, estudos anteriores apontaram que o grupo Copepoda carnívoro estava presente principalmente em regiões mais afastadas da costa no verão, que se alimentavam de ciliados. No inverno, Copepoda onívoro-herbívoro esteve presente em todas as estações oceanográficas, porém sua importância foi menor na estação oceanográfica 14. Cladocera (1282,24 ind/m³) e Chaetognatha (854,83 ind/m³) foram mais abundantes na região costeira (Fig. 8a).

Dentre os outros grupos do mesozooplâncton, o pico de abundância total se manteve na estação oceanográfica 14 durante o verão, com dominância de larva de Gastropoda (377,15 ind/m³), e larva de Bivalvia (113,15 ind/m³). Nesse mesmo período, na estação oceanográfica mais próxima da costa, os organismos dominantes foram nauplius (101,46 ind/m³) e Polychaeta (120,25 ind/m³), com abundâncias totais semelhantes, enquanto que na estação oceanográfica mais distante da costa Nauplius dominou fortemente a abundância total (258,34 ind/m³), estação na qual Thaliacea (52,05 ind/m³), em menor escala, também foi importante. No inverno, o mesmo gradiente visualizado para Chaetognatha, Cladocera, Copepoda e Larvacea é observado para o restante do mesozooplâncton, com destaque para larva de Bivalvia (116,57 ind/m³), Cirripedia (73,83 ind/m³) e nauplius (62,17 ind/m³) com abundâncias totais semelhantes na estação oceanográfica 10 e destaque para ovo de peixe na estação oceanográfica 14 (28,98 ind/m³) (Fig. 8b).

Figura 8 - Abundância total de mesozooplâncton (a) para Chaetognatha, Cladocera, Copepoda e Larvacea e (b) para o restante do mesozooplâncton, amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 (eixo-x) (Apêndice D), em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e entorno.

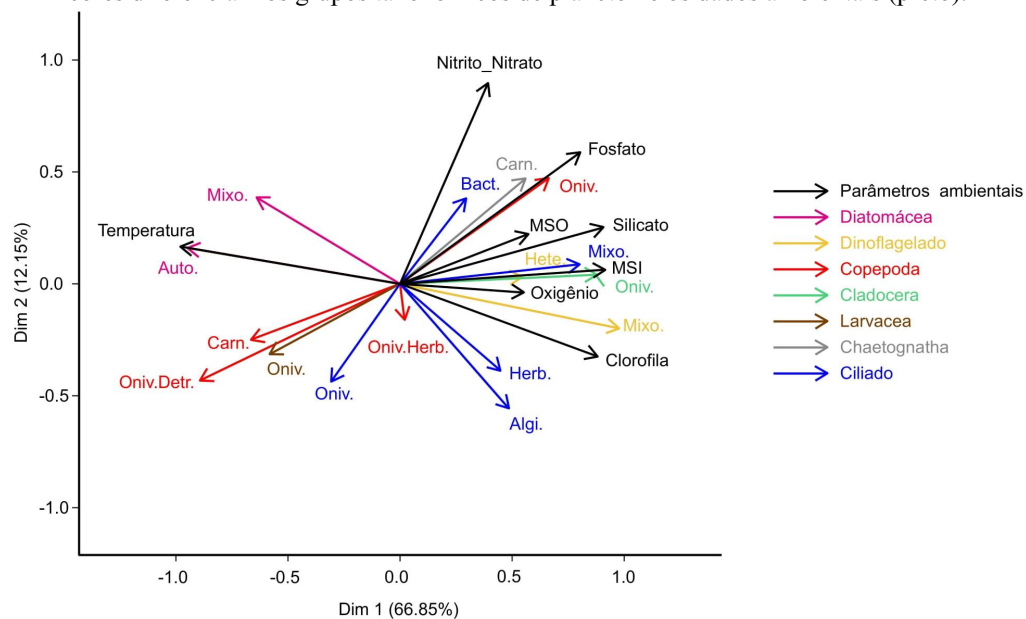


Fonte: a autora.

4.6 RELAÇÃO ENTRE OS GRUPOS TRÓFICOS DA COMUNIDADE PLANCTÔNICA E AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Na Figura 9, o eixo Dim 1 (66,85%) descreve a variação geral da estrutura trófica do verão e inverno, enquanto o eixo Dim 2 (12,15%) descreve a composição planctônica associada ao enriquecimento de nutrientes. No eixo Dim 1, a temperatura correlaciona-se positivamente com diatomáceas (autotrófica e mixotrófica), três grupos tróficos de Copepoda, Larvacea e ciliado, sendo os dois últimos onívoros. O inverno, com baixa temperatura, alto silicato, MSO e MSI, correlaciona-se positivamente com dinoflagelados mixo- e heterotróficos. Existe uma alternância de carnívoro, com copépodos no verão e Cladocera e Chaetognatha no inverno. O eixo Dim 2 (12,15%) evidencia que, com exceção dos ciliados bacterívoros e mixotróficos, os ciliados estão associados a condições de poucos nutrientes. Copépodos onívoros-herbívoros, ocorrem em todas as situações, com tendência a águas oligotróficas (Fig. 9). Dessa forma, a análise permitiu identificar a presença de três estruturas tróficas relacionadas, sobretudo, à temperatura.

Figura 9 - Análise Multifatorial (MFA) entre variáveis ambientais (temperatura, clorofila-a, oxigênio dissolvido, silicato, fosfato, nitrito + nitrato, MSI e MSO) e os principais grupos tróficos do plâncton, amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16, em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e entorno. “Algi.” corresponde a algívoro, “Auto.” a autotrófico, “Bact.” a bacterívoro, “Carn.” a carnívoro, “Detr.” a detritívoro, “Herb.” a herbívoro, “Hete.” a heterotrófico, “Mixo.” a mixotrófico, “Oniv.” a onívoro. As cores diferenciam os grupos taxonômicos de plâncton e os dados ambientais (preto).



Fonte: a autora.

5 DISCUSSÃO

A estrutura da comunidade planctônica apresentou forte sincronia com a sazonalidade das condições oceanográficas, com composição muito diferente no verão e inverno, com alternância de dominância de grupos de fitoplâncton, ciliados e mesozooplâncton. Águas quentes, estratificadas e ensolaradas do verão permitem o desenvolvimento de cadeias com diatomáceas autotróficas e Copepoda carnívoro, enquanto em águas frias e ricas em material em suspensão suportam cadeias de dinoflagelados mixotróficos e heterotróficos e Cladocera. Simultaneamente, Copepoda onívoro se beneficia tanto de ambas as condições, se alimentando dos organismos presentes em situações mais quentes, como diatomáceas, ciliados e dinoflagelados.

A grande amplitude térmica no verão, com valores baixos de temperatura na estação oceanográfica 16 (fundo), que se aproximam daqueles apenas presentes no inverno, são justificados pela forte intrusão da ACAS (SEGAL et al., 2017b). A baixa estratificação da coluna d'água no inverno é devida ao aumento de processos oceanográficos que provocam a mistura e, aliado com os valores inferiores a 18°C, mostram a presença da APP na região (SEGAL et al., 2017b). Os valores mais elevados de salinidade no verão estão relacionados à proximidade da Água Tropical (AT), que possui alta temperatura e salinidade, já os valores baixos de salinidade encontrados no inverno são devidos à presença da APP na região nesse período (SEGAL et al., 2017b).

Os valores mais altos de clorofila-a em profundidades altas no verão são associados a baixa temperatura encontrada nesse mesmo estrato estão associados a intrusão da ACAS e a entrada de águas do canal da Ilha de Santa Catarina (SEGAL et al., 2017b). No inverno, os valores de clorofila-a mais altos em superfície estão associados à presença da APP (SEGAL et al., 2017b).

A variação nos valores de oxigênio dissolvido no verão estão associadas à presença de AT e Água Subtropical de Plataforma (ASTP) e os mínimos encontrados ao fundo da ACAS devido à depleção de oxigênio causada pela oxidação de matéria orgânica (BORDIN et al., 2019, BRAGA; MÜLLER, 1998, SEGAL et al., 2017b). A amplitude da variação de oxigênio no inverno foi menor, fato associado às características homogêneas da coluna d'água encontradas nesse período e temperaturas baixas, que aumentam a solubilidade de gases na água, caracterizando a presença da APP (SEGAL et al., 2017b).

Em geral, os valores de MST registrados tanto no verão como no inverno estão majoritariamente associados ao material de origem inorgânica (MSI), com exceção para o

estrato de superfície do inverno da estação oceanográfica 14, onde a participação de material de origem orgânica (MSO) possuiu valores próximos ao MSI.

Os valores altos de fosfato registrados em profundidade intermediária (estação oceanográfica 16) e fundo da coluna d'água (estação oceanográfica 14) estão associados à desembocadura do rio Tijucas e Baía Norte (SEGAL et al., 2017b).

Valores mais altos de nitrito+nitrato no estrato mais profundo da estação oceanográfica 16 indicam no verão a presença da ACAS no período e local. Os valores mais altos encontrados em maior profundidade no inverno (estações oceanográficas 14 e 16) podem estar relacionados ao aporte de águas de origem continental e à mineralização de matéria orgânica depositada (SEGAL et al., 2017b). Os valores baixos encontrados em superfície podem estar associados à assimilação que ocorre na produção primária, pois nesse estrato a entrada de luz é elevada (SEGAL et al., 2017b).

O valor máximo de amônio, que foi registrado no fundo da coluna d'água da estação oceanográfica 14 no verão, pode estar relacionado ao aumento do aporte de águas continentais relacionado ao aumento de chuvas ou concentração de matéria orgânica (SEGAL et al., 2017b).

O máximo de silicato, que foi encontrado no estrato mais profundo da estação oceanográfica 14 no verão, pode estar associado à instalação de um equipamento com uso de uma poita de concreto rica em sílica (SEGAL et al., 2017b). A amplitude dos valores de silicato encontrados no inverno é relacionada à baixa salinidade e presença de águas continentais, como a APP e descarga continental do rio Tijucas e Baía Norte (SEGAL et al., 2017b). Os valores altos registrados na estação oceanográfica 10 (Fig. 2), a mais próxima da costa, podem estar associados ao silicato proveniente da indústria de cerâmica localizada na Baía de Tijucas (SEGAL et al., 2017b).

A Análise de Componentes Principais (PCA) (Fig. 3) realizada para as estações oceanográficas e parâmetros ambientais mostrou que a temperatura está correlacionada positivamente à maioria das estações oceanográficas realizadas no verão. As condições oceanográficas no verão e inverno foram bem caracterizadas pelo PCA (Fig.3). No entanto, a estação oceanográfica 10 de superfície do verão possui correlação também com o oxigênio dissolvido, MSI e silicato, o que pode ter afastado a estação das outras (Fig. 2). A estação oceanográfica 14 de superfície do verão destaca-se pela alta correlação com a temperatura, e é onde encontra-se o pico de mesozoplâncton, devido à alta concentração de Larvacea e Copepoda. Segundo Jose et al. (2015) e Hart (1986) a abundância de mesozoplâncton possui correlação positiva com a temperatura.

Todas as estações oceanográficas de inverno estão próximas do oxigênio dissolvido, MSI, MSO e silicato (Fig. 3), fato corroborado ao visualizar a variação desses parâmetros, que predominam em valores medianos a altos no inverno (Fig. 2), principalmente de silicato, devido à presença da APP (SEGAL et al., 2017b). As estações oceanográficas de superfície do inverno ficaram próximas entre si, formando um grupo mais relacionado aos materiais em suspensão e silicato.

5.1 ESTRUTURA TRÓFICA DA COMUNIDADE PLANCTÔNICA

De acordo com Preisser (2007), o conceito de estrutura trófica é definido pelo particionamento da biomassa entre níveis tróficos, que são subconjuntos de uma comunidade ecológica que agregam energia e nutrientes de maneiras semelhantes. A transferência de energia entre níveis tróficos é um aspecto importante para o entender o funcionamento da cadeia alimentar marinha, porém, a participação da alça microbiana ainda não é clara em diversos ecossistemas.

A alça microbiana é o processo onde as bactérias participam da cadeia alimentar, absorvendo carbono orgânico dissolvido e disponibilizando matéria orgânica para os níveis tróficos superiores (POMEROY et al., 2007). Esse mecanismo é responsável por transferir o carbono entre copépodes e os ciliados flagelados, estes por sua vez se alimentam do bacterioplâncton (CALBET; SAIZ, 2005). O estudo de Calbet e Saiz (2005) reforça a existência da relação entre a biomassa de ciliados e a biomassa de fitoplâncton, que é afetada pela chegada de águas ricas ou pobres em nutrientes, semelhante ao que acontece na área de estudo da presente pesquisa.

Devido à importância da participação do plâncton na estrutura trófica marinha, os autores D'Alelio et al. (2015) desenvolveram o conceito de "fase azul" e "fase verde" para explicar dois cenários de estrutura planctônica. A "fase azul" é descrita por condições relacionadas a regiões oceânicas, flagelados pequenos e participação de dinoflagelados heterotróficos e ciliados (alça microbiana). A "fase verde" é a cadeia alimentar "clássica", influenciada por águas costeiras (ricas em nitrogênio e fósforo) e forte presença de diatomáceas grandes.

5.1.1 Estrutura trófica de verão

Essa comunidade é composta por diatomáceas (autotróficas e mixotróficas), Copepoda carnívoro e onívoro-detritívoro, Larvacea (onívoro) e ciliado onívoro e estão relacionados às temperaturas mais elevadas (Fig. 9 e 10). As diatomáceas, que tiveram valores altos de abundância no verão (Fig. 5), são a base da cadeia alimentar e, no entanto, não parecem ter predador abundante. Seria necessário aprofundar nas classes de tamanho dos copépodes onívoros-herbívoros situados no meio do plano fatorial, e assim amplamente distribuídos, para inferir se seriam potenciais predadores dessas diatomáceas. Menezes, De Macedo-Soares e Freire (2019), relatam a dominância de diatomáceas no inverno de 2014 e dinoflagelados no verão de 2015 na mesma região. Talvez as baixas temperaturas do verão e inverno de 2016 (SEGAL et al., 2017) associada às complexidades do sistema explicam essas diferenças.

A posição do vetor da diatomácea autotrófica sobreposta à temperatura mostra que esses organismos estão relacionados com a presença de luz, além de temperaturas elevadas. D'Alelio et al. (2015) relacionou a alta abundância de diatomáceas com águas costeiras ricas em nutrientes e a presença da alça microbiana. Copepoda carnívoro, o mais abundante entre Copepoda nessa estrutura, e onívoro-detritívoro podem se alimentar de ciliados onívoros (CALBET; SAIZ, 2005). Os ciliados onívoros e Larvacea podem se alimentar de bactérias (CALBET; SAIZ, 2005; KING; HOLLIBAUGH; AZAM, 1980), provavelmente Proteobacteria ou Cyanobacteria (bacterioplâncton). No entanto, as cianobactérias (Cyanobacteria) presentes no fitoplâncton podem apontar que estas possuem maior abundância no verão, apesar de serem proporcionalmente mais importantes no inverno. Essas observações sugerem que pode existir alça microbiana no verão, já que o grupo Copepoda carnívoro, o mais abundante dentre os três citados, está próximo do vetor de ciliados onívoros.

5.1.2 Estrutura trófica de inverno

A comunidade de inverno é composta por dinoflagelados (heterotróficos e mixotróficos), Copepoda onívoro, Cladocera (onívoro), Chaetognatha (carnívoro) e ciliado bacterívoro e mixotrófico (Fig. 9 e 10). Esses grupos estão correlacionados às temperaturas mais baixas e presença de clorofila-a, nutrientes, oxigênio e materiais em suspensão. O grupo trófico Cladocera (onívoro) pode estar predando os dinoflagelados (heterotróficos e mixotróficos), que são a base da cadeia alimentar do inverno, e ciliados mixotróficos (YANNARELL; KENT, 2009), sendo que todos esses estão relacionados à presença de alta

clorofila-a, fosfato, oxigênio dissolvido, silicato, MSO e MSI. Chaetognatha está fortemente relacionado ao fosfato e pode se alimentar de Copepoda onívoro (BOLTOVSKOY, 1981), o qual pode estar predando ciliados bacterívoros, mixotróficos ou dinoflagelados (CALBET; SAIZ, 2005). Os dinoflagelados (mixotróficos ou heterotróficos) podem se alimentar de bactérias, ciliados, diatomáceas e dinoflagelados (JEONG et al, 2010).

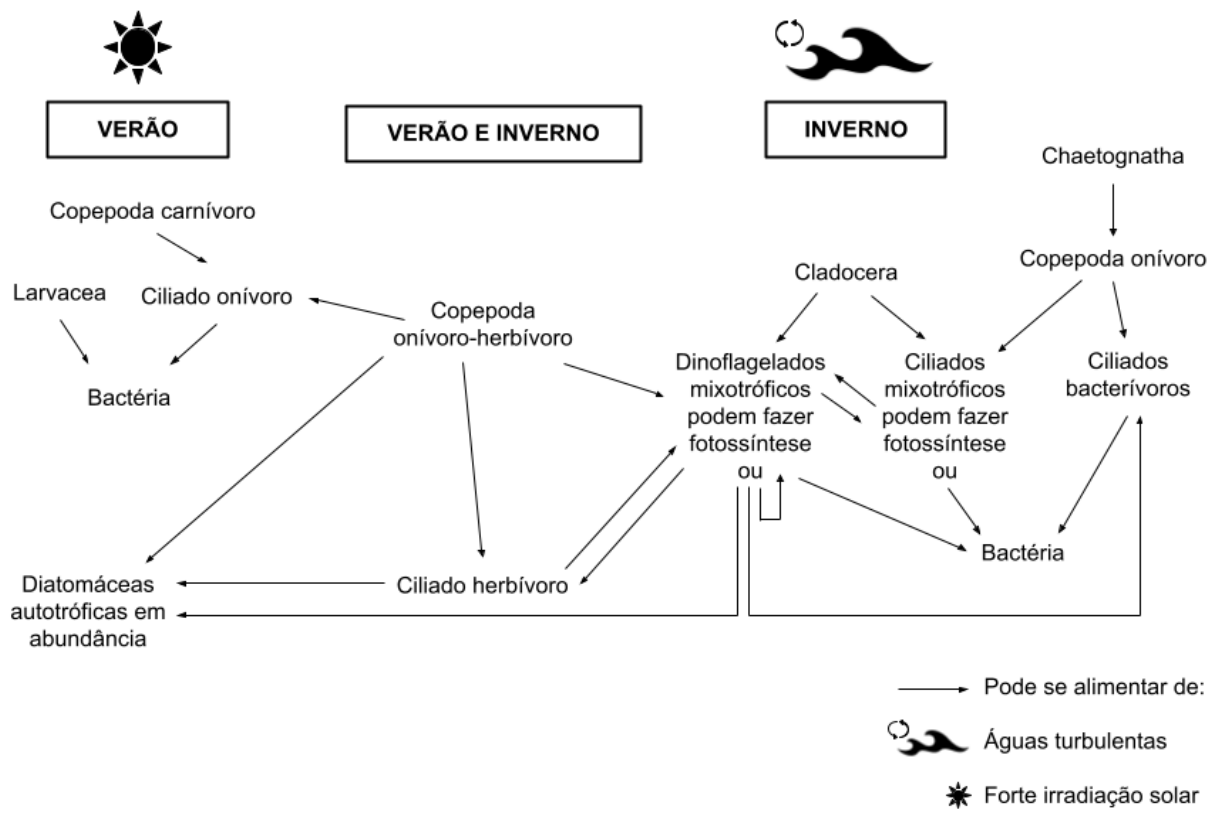
O inverno é a estação onde o grupo Copepoda onívoro tem maior destaque. Apesar de eles poderem se alimentar de dinoflagelados heterotróficos, a abundância desses é muito baixa ou até inexistente. Em contrapartida, há disponibilidade de ciliados bacterívoros e mixotróficos no inverno que podem ou se alimentam de bactérias e, assim, essas observações podem sugerir a possibilidade da presença de alça microbiana no inverno. No inverno, Cyanobacteria (bacterioplâncton) foi importante na alça microbiana. Da mesma forma, os ciliados mixotróficos poderiam se alimentar de dinoflagelados. Essa estrutura se assemelha à “fase azul” descrita por D’Alelio et al. (2015) para regiões oceânicas com abundância de dinoflagelados, ciliados e presença da alça microbiana.

5.1.3 Estrutura trófica comum nos dois períodos do ano

A estrutura trófica comum é uma situação que pode acontecer tanto no verão como no inverno. O estudo de Menezes, De Macedo-Soares e Freire (2019) mostrou que a cadeia alimentar do inverno foi caracterizada por Copepoda herbívoro que se alimentava de fitoplâncton (Fig. 9 e 10). No entanto, o grupo trófico Copepoda onívoro-herbívoro, que está localizado entre as duas comunidades, possui abundância elevada tanto no verão como no inverno (Fig. 8) e a posição de seu vetor mostra a possibilidade dele se alimentar tanto de diatomáceas (que são relacionadas ao verão), como de ciliados algívoros e herbívoros, e dinoflagelados (relacionados ao inverno).

Copepoda onívoro-herbívoro possui uma alimentação diversificada, podendo se alimentar de fitoplâncton e ciliados. Como os ciliados onívoros também podem se alimentar de bactérias, é possível a presença de uma alça microbiana em situações comuns, enquanto que, os ciliados herbívoros podem se alimentar de diatomáceas e dinoflagelados.

Figura 10 - Representação das estruturas tróficas de plâncton amostrados nas estações oceanográficas 10, 14 e 16 em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAARÉ na REBIO Arvoredo e entorno: verão, comum nos dois períodos do ano (verão e inverno) e inverno.



Fonte: a autora.

6 CONCLUSÃO

No verão, houve o predomínio de diatomáceas (maior abundância de autotróficas), Copepoda (maior abundância de onívoro-herbívoro) e Larvacea (onívoro), incluindo os picos entre todas as estações oceanográficas dos dois períodos e, em menor escala, nanoplâncton, larva de Bivalvia e Gastropoda e nauplius. No inverno, os organismos mais importantes foram dinoflagelados (maior abundância de mixotróficos), Cladocera (onívoro), Copepoda (maior abundância de onívoro-herbívoro) e Chaetognatha (carnívoro) e, em menor escala, Cirripedia, nauplius, larva de Bivalvia e ovo de peixe. A composição de bacterioplâncton e composição e abundância de ciliados foram semelhantes em ambos os períodos, o primeiro com predominância dos Filos Proteobacteria e Cyanobacteria e último com destaque para os ciliados onívoros. Entre os ciliados, *Eutintinnus* spp. foi destaque em uma estação oceanográfica do verão e *Strobilidium* spp. em uma estação oceanográfica do inverno.

A estrutura trófica da camada superficial da água do mar na REBIO Arvoredo e entorno é muito complexa e pode ser explicada em três possibilidades: estrutura trófica de verão, de inverno, que se sobrepõem eventualmente a uma outra estrutura, com organismos planctônicos muito abundantes. A estrutura trófica do verão inclui diatomáceas (autotrófico e mixotrófico), Larvacea e ciliados que podem se alimentar de bactérias e Copepoda carnívoro que provavelmente preda ciliados onívoros. A estrutura trófica de inverno é composta por Cladocera (onívoro), que se alimenta de dinoflagelados (heterotrófico e mixotrófico) e ciliados mixotróficos, Chaetognatha (carnívoro), que preda Copepoda onívoro, que por sua vez, pode se alimentar de ciliados bacterívoros e mixotróficos, com maior destaque para cianobactérias. A estrutura trófica comum nos dois períodos do ano do ano inclui Copepoda onívoro-herbívoro, que pode se alimentar de diatomáceas, ciliados onívoros, ciliados algívoros, herbívoros e dinoflagelados. Em todas as estruturas tróficas é possível existir alça microbiana, com participação de Proteobacteria e Cyanobacteria (bacterioplâncton), e assim reforça-se a importância dos detritos no sistema pelágico.

A homogeneidade da coluna d'água, a baixa penetração de luz, e a dominância de águas de influência continental como a APP sugere que a estrutura trófica do inverno possa se estender por toda a coluna de água. Já a estratificação, a intrusão da ACAS e a penetração de luz até o fundo no verão, sugere que outra estrutura trófica planctônica pode ocorrer em profundidade, tornando o sistema ainda mais complexo.

Comunidades muito diferentes de fitoplâncton e mesozoplâncton estão associadas às condições oceanográficas de verão e inverno, provocando a formação de três estruturas

tróficas relacionadas não apenas aos parâmetros ambientais, mas também à abundância de cada grupo trófico. O estudo dessas cadeias alimentares é fundamental para a compreensão da cadeia alimentar marinha de maneira completa e, assim, entender como suas alterações irão afetar áreas como a pesca e a biodiversidade, principalmente quando relacionadas a uma região de reserva biológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association., 1926.

ARMBRUST, E. The life of diatoms in the world's oceans. **Nature**, v. 459, n. 7244, p. 185-192, 2009.

ARMSTRONG, Howard; BRASIER, Martin. **Microfossils**. John Wiley & Sons, 2013.

BALECH, Enrique et al. **Los dinoflagelados del Atlántico sudoccidental**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, 1988.

BECKER, Érica Caroline. Comunidade planctônica, especialmente copépodos, da plataforma continental de Santa Catarina (26-29° S): associação com processos oceanográficos e estrutura de tamanho de fitoplâncton. 2014.

BENEDETTI, Fabio et al. The seasonal and inter-annual fluctuations of plankton abundance and community structure in a North Atlantic Marine protected area. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, p. 214, 2019.

BICUDO, Carlos E. de M.; MENEZES, Mariângela. Phylogeny and classification of Euglenophyceae: A brief review. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 4, p. 17, 2016.

BARTON, Andrew D. et al. On the roles of cell size and trophic strategy in North Atlantic diatom and dinoflagellate communities. **Limnology and Oceanography**, v. 58, n. 1, p. 254-266, 2013.

BOLTOVSKOY, Demetrio. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental. **Mar del Plata: INIDEP**, 1981.

BONECKER, Ana C. T.; BONECKER Sérgio L. C.; BASSANI, Christina. Plâncton Marinho. In: **Biologia Marinha**. 2ª edição. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2009. p. 213-239.

BONEY, A. D. Distephanus speculum: double skeletons with one aberrant partner. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 61, n. 4, p. 1027-1029, 1981.

BOXSHALL, G. A. Planktotrophic versus lecithotrophic development in copepods. In: **AGU Fall Meeting Abstracts**. 2007. p. OS54A-02.

BORDIN, Luís Henrique et al. Nutrient and carbon dynamics under the water mass seasonality on the continental shelf at the South Brazil Bight. **Journal of Marine Systems**, v. 189, p. 22-35, 2019.

BRAGA, E. S.; NIENCHESKI, L. F. H. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). **O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil**, p. 161-218, 2006.

BRAGA, E. S.; MÜLLER, Thomas J. Observation of regeneration of nitrate, phosphate and silicate during upwelling off Ubatuba, Brazil, 23 S. **Continental Shelf Research**, v. 18, n. 8, p. 915-922, 1998.

BRANDINI, Frederico; LOPES, Rubens .M.; GUTSEIT, K.S.; SPACH, Henry Louis; SASSI, Roberto. **Planctonologia na plataforma continental do Brasil. Diagnose e revisão bibliográfica**. REVIZEE, 196 p. 1997.

CALBET, Albert; SAIZ, Enric. The ciliate-copepod link in marine ecosystems. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 38, n. 2, p. 157-167, 2005.

CAMPOS, Edmo JD; GONÇALVES, J. E.; IKEDA, Y. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight: Summer of 1991. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 100, n. C9, p. 18537-18550, 1995.

CASTRO FILHO, Belmiro Mendes de. Estado atual do conhecimento dos processos físicos das águas da plataforma continental sudeste do Brasil. 1990.

BEAUGRAND, Grégory et al. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. **Nature**, v. 426, n. 6967, p. 661-664, 2003.

CHIBA, Sanae et al. Zooplankton monitoring to contribute towards addressing global biodiversity conservation challenges. **Journal of plankton research**, v. 40, n. 5, p. 509-518, 2018.

CUPP, E.E. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. **Bulletin Scripps Institution of Oceanography of the University of California**. University of California Press, 5(1): 1-238.1943.

D'ALELIO, Domenico et al. The green–blue swing: plasticity of plankton food-webs in response to coastal oceanographic dynamics. **Marine Ecology**, v. 36, n. 4, p. 1155-1170, 2015.

DE ORTIZ, Danielle Ortiz et al. Feeding rates and prey preference in *Octopus americanus* paralarvae fed with different prey densities and types, *Artemia*, copepods, and zoeae. **Aquaculture International**, v. 29, n. 2, p. 779-800, 2021.

DELLA PENNA, Alice et al. Quasi-planktonic behavior of foraging top marine predators. **Scientific reports**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2015.

EDGAR, Robert C. UPARSE: highly accurate OTU sequences from microbial amplicon reads. **Nature methods**, v. 10, n. 10, p. 996-998, 2013.

ESCOFIER, Brigitte; PAGES, Jérôme. Multiple factor analysis (AFMULT package). **Computational statistics & data analysis**, v. 18, n. 1, p. 121-140, 1994.

FARRELL, Anthony P. **Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment**. Academic press, 2011.

FONTES, Maria Luiza S. et al. Bacterioplankton abundance and biomass stimulated by water

masses intrusions over the Southern Brazilian Shelf (between 25 57'S and 29 24'S). **Continental Shelf Research**, v. 164, p. 28-36, 2018.

FREITAS, Fernando de. **Avaliação da estrutura da comunidade de bacterioplâncton na região da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e entorno**. TCC (Ciências Biológicas). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 52. 2019.

GRASHOFF Klaus, EHRHARDT Manfred, KREMLING Klaus. **Methods of seawater analysis**. 2nd ed. Basel, Verlag Chemie. 1983.

GUENTHER, Mariana et al. Plankton trophic structure and particulate organic carbon production during a coastal downwelling-upwelling cycle. **Marine Ecology Progress Series**, v. 363, p. 109-119, 2008.

HALDER, Nilu; SINHA, Sankar Narayan. New records of *Euglena acus* (OF Müll.) Ehr. and *Phacus acuminatus* (A. Stokes) Huber-Pestalozzi of Euglenineae from Hooghly District, West Bengal. **JAIR**, v. 3, n. 7, p. 333-336, 2014.

HARRIS, R. P. et al. ICES Zooplankton Methodology Manual. Academic Press, London & San Diego. 648 pp. 2000.

HART, R. C. Zooplankton abundance, community structure and dynamics in relation to inorganic turbidity, and their implications for a potential fishery in subtropical Lake le Roux, South Africa. **Freshwater Biology**, v. 16, n. 3, p. 351-371, 1986.

HASLE, Grethe R. et al. **Identifying marine diatoms and dinoflagellates**. Elsevier, 1996.

HASLE, R. G. The inverted microscope method. **Phytoplankton manual**, p. 88-96, 1978.

HINDER, Stephanie L. et al. Changes in marine dinoflagellate and diatom abundance under climate change. **Nature Climate Change**, v. 2, n. 4, p. 271-275, 2012.

JEONG, Hae Jin et al. Growth, feeding and ecological roles of the mixotrophic and heterotrophic dinoflagellates in marine planktonic food webs. **Ocean science journal**, v. 45, n. 2, p. 65-91, 2010.

JOSE, Ellaine C. et al. Zooplankton composition and abundance and its relationship with physico-chemical parameters in Manila Bay. **Oceanography: Open Access**, v. 2015, 2015.

KENDEIGH, S. Charles. Measurement of bird populations. **Ecological Monographs**, v. 14, n. 1, p. 67-106, 1944.

KING, K. R.; HOLLIBAUGH, J. T.; AZAM, F. Predator-prey interactions between the larvacean *Oikopleura dioica* and bacterioplankton in enclosed water columns. **Marine Biology**, v. 56, n. 1, p. 49-57, 1980.

KLEIN, Vera Lucia Mota; MOREIRA, Izabel Cristina Pinheiro. Algumas Observações sobre o plâncton da região costeira de Paracuru (Ceará-Brasil). 1977.

KÖPPEN, Wilhelm. Climatologia. México. **Fundo de Cultura Econômica**, 1948.

KORHOLA, Atte; SMOL, John P. Ebridians. In: **Tracking environmental change using lake sediments**. Springer, Dordrecht, 2002. p. 225-234.

LIPPS, Jere H. Silicoflagellates. In: **Paleontology**. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Berlin, Heidelberg. 1979.

MAARE. MAArE - Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, 2022. Página inicial. Disponível em: <<https://www.maare.ufsc.br/>>. Acesso em: 30 de abril de 2022.

MCLAUGHLIN, Janelle et al. Effect of suspended inorganic matter on fertilization success, embryonic development, larval settlement, and juvenile survival of the vase tunicate *Ciona intestinalis* (Linnaeus, 1767). **Aquatic Invasions**, v. 8, n. 4, 2013.

MENEZES, Bárbara Santos; DE MACEDO-SOARES, Luis Carlos Pinto; FREIRE, Andrea Santarosa. Changes in the plankton community according to oceanographic variability in a shallow subtropical shelf: SW Atlantic. **Hydrobiologia**, v. 835, n. 1, p. 165-178, 2019.

MMA/IBAMA. **Reserva Biológica Marinha do Arvoredo**, Encarte 1 - Contextualização da UC. 2004a.

MMA/IBAMA. **Reserva Biológica Marinha do Arvoredo**, Encarte 2 - Análise da Região da UC. 2004b.

MÖLLER JR, Osmar O. et al. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental shelf research**, v. 28, n. 13, p. 1607-1624, 2008.

MUNAWAR, M.; WEISSE, T. Is the ‘microbial loop’ an early warning indicator of anthropogenic stress?. In: **Environmental Bioassay Techniques and their Application**. Springer, Dordrecht, 1989. p. 163-174.

OBATA, Camila Sayuri Santos. Análise da distribuição espaço-temporal das massas d’água, material em suspensão e clorofila-a na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e entorno–SC, Brasil. 2016.

OLENINA, Irina. Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. 2006.

OMURA, T., IWATAKI, M., BORJA, V. M., TAKAYAMA, H., & FUKUYO.,Y. **Marine phytoplankton of the western pacific**. Tokyo: Kouseisha Kouseikaku Co., Ltd. 2012.

PIOLA, Alberto R. et al. The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. **Geophysical Research Letters**, v. 32, n. 1, 2005.

PEARSON, Karl. LIII. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. **The London, Edinburgh, and Dublin philosophical magazine and journal of science**, v. 2, n. 11, p. 559-572, 1901.

POMEROY, Lawrence R. et al. Limits to growth and respiration of bacterioplankton in the Gulf of Mexico. **Marine Ecology Progress Series**, p. 259-268, 1995.

- POMEROY, Lawrence R. et al. The microbial loop. **Oceanography**, v. 20, n. 2, p. 28-33, 2007.
- POMEROY, Lawrence R. The ocean's food web, a changing paradigm. **Bioscience**, v. 24, n. 9, p. 499-504, 1974.
- PORTER, KAREN G. et al. Protozoa in Planktonic Food Webs 1, 2. **The Journal of protozoology**, v. 32, n. 3, p. 409-415, 1985.
- PREISSER, E. L. Trophic structure. **Encyclopedia of Ecology**, p. 3608-3616, 2007.
- PYLRO, Victor S. et al. BMPOS: a flexible and user-friendly tool sets for microbiome studies. **Microbial Ecology**, v. 72, n. 2, p. 443-447, 2016.
- QUAST, Christian et al. The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. **Nucleic acids research**, v. 41, n. D1, p. D590-D596, 2012.
- RSTUDIO, Team. RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL. <http://www.rstudio.com/>. 2021.
- SANTORA, Jarrod A. et al. Persistence of trophic hotspots and relation to human impacts within an upwelling marine ecosystem. **Ecological Applications**, v. 27, n. 2, p. 560-574, 2017.
- SCOR-UNESCO. Determination of photosynthetic pigments. In: **Monographs on Oceanographic**. Methodology, UNESCO, France, pp 11-18. 1966.
- SEGAL, Bárbara; FREIRE, Andrea Santarosa; SOLDATELI, Marcio; GORRI; Charles. Projeto de Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno. **Relatório Técnico Final – Volume 1: Análise de séries temporais de equipamentos fixos**. 2017a.
- SEGAL, Bárbara; FREIRE, Andrea Santarosa; SOLDATELI, Marcio; GORRI; Charles. Projeto de Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno. **Relatório Técnico Final – Volume 2: Parâmetros Oceanográficos: Análise de parâmetros ambientais da coluna d'água, plâncton e sedimentos**. 2017b.
- SIEBURTH, John McN; SMETACEK, Victor; LENZ, Jürgen. Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions 1. **Limnology and oceanography**, v. 23, n. 6, p. 1256-1263, 1978.
- SILVA, Lúcia HS et al. Drivers of phytoplankton, bacterioplankton, and zooplankton carbon biomass in tropical hydroelectric reservoirs. **Limnologia**, v. 48, p. 1-10, 2014.
- SOURNIA, Alain. **Phytoplankton Manual**. Paris: UNESCO. 337p. 1978.
- SOURNIA, Alain. et al. A daily study of the diatom spring bloom at Roscoff (France) in 1985. I. The spring bloom within the annual cycle. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 25, n. 3, p. 355-367, 1987.

- TAKAHASHI, Shunsuke et al. Development of a prokaryotic universal primer for simultaneous analysis of Bacteria and Archaea using next-generation sequencing. **PloS one**, v. 9, n. 8, p. e105592, 2014.
- TANG, Yuan; HORIKOSHI, Masaaki; LI, Wenxuan. ggfortify: unified interface to visualize statistical results of popular R packages. **R J.**, v. 8, n. 2, p. 474, 2016.
- TENENBAUM, Denise Rivera; GOMES, E. A. T. **Dinoflagelados e tintinídeos da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira: guia de identificação**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2006.
- TOMAS, Carmelo R. (Ed.). **Identifying marine phytoplankton**. Elsevier, 1997.
- TORTORA, Gerard J.; CASE, Christine L.; FUNKE, Berdell R. **Microbiologia - 12ª Edição**. Artmed Editora, 2016.
- TRANKER, Viviane. **O fitoplâncton no entorno da reserva biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado Profissional em Clima e Ambiente). Instituto Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 96. 2021.
- TUCHMAN, Nancy C. et al. Differential heterotrophic utilization of organic compounds by diatoms and bacteria under light and dark conditions. In: **Advances in algal biology: A commemoration of the work of Rex Lowe**. Springer, Dordrecht, 2006. p. 167-177.
- UTERMÖHL, H. Perfeccionamento del metodo cuantitativo del fitoplancton. **Commun. Assoc. Int. Limnol. Theor. Appl**, v. 9, n. 1, p. 1-89, 1958.
- WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. Springer, 2016.
- KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. R package version 1.0.7, 2020.
- WITT, Matthew J. et al. Prey landscapes help identify potential foraging habitats for leatherback turtles in the NE Atlantic. **Marine Ecology Progress Series**, v. 337, p. 231-243, 2007.
- YANNARELL, A. C.; KENT, A. D. Bacteria, distribution and community structure. In: **Encyclopedia of inland waters**. Elsevier Inc., 2009. p. 201-210.
- YEO, Sara K. et al. Coastal bacterioplankton community dynamics in response to a natural disturbance. **PLoS One**, v. 8, n. 2, p. e56207, 2013.
- ZHANG, Jiajie et al. PEAR: a fast and accurate Illumina Paired-End reAd mergeR. **Bioinformatics**, v. 30, n. 5, p. 614-620, 2014.

APÊNDICE A - Dados de bacterioplâncton

Tabela 1 - Valores de abundância relativa de bacterioplâncton e seu grupo trófico, em relação às estações oceanográficas 10, 14 e 16, realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno.

Reino, Filo, Classe	Grupo trófico	Referência	Abundância relativa (%)					
			Verão			Inverno		
			10	14	16	10	14	16
Archaea, Euryarchaeota, Thermoplasmata	Autotrófico, heterotrófico	1	0,0895	0,0286	0,0026	0,0102	0,0033	0,0070
Archaea, Euryarchaeota, Halobacteria	Heterotrófico	2, 3	0	0	0	0,0004	0,0006	0,0005
Archaea, Thaumarchaeota, Marine Group I	Autotrófico, heterotrófico	4	0,0303	0,0104	0,0001	0,0023	0,0017	0,0022
Bacteria, Actinobacteria, Acidimicrobiia	Autotrófico, heterotrófico	5	0,0915	0,1209	0,0624	0,0384	0,0563	0,0322
Bacteria, Actinobacteria, Actinobacteria	Autotrófico, heterotrófico	5	0,0001	0,0010	0,0073	0,0018	0,0031	0,0018
Bacteria, Bacteroidetes, Flavobacteriia	Heterotrófico	6	0,0294	0,1615	0,0777	0,0634	0,1268	0,0452
Bacteria, Bacteroidetes, Sphingobacteriia	Heterotrófico	7	0,0010	0,0176	0,0234	0,0014	0,0023	0,0011
Bacteria, Bacteroidetes, Cytophagia	Heterotrófico	8	0,0001	0,0033	0,0079	0,0024	0,0083	0,0018
Bacteria, Chloroflexi, SAR202 clade	Heterotrófico	9	0,0091	0,0008	0,0005	0	0	0
Bacteria, Cyanobacteria, Chloroplast	Autotrófico, heterotrófico	10, 11	0,1618	0,1427	0,1384	0,4695	0,2334	0,6452
Bacteria, Cyanobacteria, Cyanobacteria	Autotrófico, heterotrófico	10, 11	0,0252	0,1003	0,0765	0,0093	0,0093	0,0093
Bacteria, Cyanobacteria, ML635J-21	Autotrófico, heterotrófico	10, 11	0	0	0	0,0031	0,0022	0,0021
Bacteria, Deferribacteres, Deferribacteres	Autotrófico, heterotrófico	12, 13	0,0872	0,0216	0,0063	0,0140	0,0127	0,0101
Bacteria, Proteobacteria, Alphaproteobacteria	Autotrófico, heterotrófico	14	0,2362	0,1980	0,3032	0,1921	0,2889	0,1316
Bacteria, Proteobacteria, Betaproteobacteria	Autotrófico, heterotrófico	14	0,0001	0,0009	0,0038	0,0055	0,0082	0,0042
Bacteria, Proteobacteria, Gammaproteobacteria	Autotrófico, heterotrófico	14	0,1562	0,1546	0,2294	0,1441	0,2010	0,0776
Bacteria, Proteobacteria, Deltaproteobacteria	Autotrófico, heterotrófico	14	0,0539	0,0177	0,0334	0,0275	0,0297	0,0169
Bacteria, Proteobacteria, Elev-16S-509	Autotrófico, heterotrófico	14	0,0028	0,0007	0,0007	0	0	0
Bacteria, Verrucomicrobia, Opiritae	Autotrófico, heterotrófico	15	0,0015	0,0030	0,0107	0,0021	0,0021	0,0013
Bacteria, Verrucomicrobia, Verrucomicrobiae	Autotrófico, heterotrófico	15	0,0037	0,0026	0,0027	0,0053	0,0047	0,0047
Bacteria, Verrucomicrobia, OPB35 soil group	Autotrófico, heterotrófico	15	0	0	0	0,0037	0,0017	0,0023
Bacteria, Tenericutes, Mollicutes	-	-	0	0,0006	0,0045	0	0	0
Não Classificado, Outros, Não classificado	-	-	0,0047	0,0050	0,0040	0,0007	0,0018	0,0010

Fonte: a autora..

- [1] HUBER, H.; HUBER, R.; STETTER, K. O. Thermoproteales, p 10–22. **The prokaryotes**. Springer, New York, NY, 2006.
- [2] ANDREI, Adrian-Ştefan; BANCIU, Horia Leonard; OREN, Aharon. Living with salt: metabolic and phylogenetic diversity of archaea inhabiting saline ecosystems. **FEMS microbiology letters**, v. 330, n. 1, p. 1-9, 2012.
- [2] YAKIMOV, Michail M.; CONO, Violetta La; SOROKIN, Dimitry Yu. Microbial diversity in the deep-sea anaerobic hypersaline environments with emphasis on the role of anaerobic haloarchaea in C and S cycles. **Studia Universitatis Babeş-Bolyai, Biologia**, v. 64, n. 1, 2019.

- [4] SWAN, Brandon K. et al. Genomic and metabolic diversity of Marine Group I Thaumarchaeota in the mesopelagic of two subtropical gyres. **PloS one**, v. 9, n. 4, p. e95380, 2014.
- [5] BARKA, Essaid Ait et al. Taxonomy, physiology, and natural products of Actinobacteria. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 80, n. 1, p. 1-43, 2016.
- [6] BARTLAU, Nina et al. Highly diverse flavobacterial phages isolated from North Sea spring blooms. **The ISME journal**, v. 16, n. 2, p. 555-568, 2022.
- [7] YASSIN, A. F. et al. *Cruoricaptor ignavus* gen. nov., sp. nov., a novel bacterium of the family Flavobacteriaceae isolated from blood culture of a man with bacteraemia. **Systematic and applied microbiology**, v. 35, n. 7, p. 421-426, 2012.
- [8] LAL, Rattan (Ed.). **Encyclopedia of soil science**. CRC Press, 2006.
- [9] MEHRSHAD, Maliheh et al. The enigmatic SAR202 cluster up close: shedding light on a globally distributed dark ocean lineage involved in sulfur cycling. **The ISME journal**, v. 12, n. 3, p. 655-668, 2018.
- [10] FAY, Peter. Heterotrophy and nitrogen fixation in *Chlorogloea fritschii*. **Microbiology**, v. 39, n. 1, p. 11-20, 1965.
- [11] MUR, R.; SKULBERG, Olav M.; UTKILEN, Hans. **CYANOBACTERIA IN THE ENVIRONMENT**. 1999.
- [12] CANFORA, Loredana et al. Salinity and bacterial diversity: to what extent does the concentration of salt affect the bacterial community in a saline soil?. **PLoS One**, v. 9, n. 9, p. e106662, 2014.
- [13] POSTEC, Anne et al. Continuous enrichment cultures: insights into prokaryotic diversity and metabolic interactions in deep-sea vent chimneys. **Extremophiles**, v. 11, n. 6, p. 747-757, 2007.
- [14] ZHOU, Zhichao et al. Genome diversification in globally distributed novel marine Proteobacteria is linked to environmental adaptation. **The ISME journal**, v. 14, n. 8, p. 2060-2077, 2020.
- [15] SCHMIDT, Thomas M. (Ed.). **Encyclopedia of microbiology**. Academic Press, 2019.

APÊNDICE B - Dados de fitoplâncton

Tabela 1 - Valores de abundância total de fitoplâncton e seu grupo trófico, em relação às estações oceanográficas 10, 14 e 16, realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAARÉ na REBIO Arvoredo e seu entorno.
(continua)

Grande grupo	Organismo	Grupo trófico	Referência	Abundância total (cél/L)					
				Verão			Inverno		
				10	14	16	10	14	16
Diatomácea	<i>Actinoptychus senarius</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Alexandrium</i> sp.	Mixotrófico	1	0	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	Autotrófico	1	0	200	640	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Ceratium azoricum</i>	Mixotrófico	2	800	0	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Ceratium furca</i>	Mixotrófico	1	0	0	0	300	250	0
Dinoflagelado	<i>Ceratium fusus</i>	Mixotrófico	1	0	0	40	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Ceratium horridum</i>	Mixotrófico	2	0	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Chaetoceros debilis</i>	Autotrófico	1	1400	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Chaetoceros decipiens</i>	Autotrófico	1	600	0	160	0	0	160
Diatomácea	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	Autotrófico	1	6200	1000	320	0	300	0
Diatomácea	<i>Chaetoceros radicans</i>	Autotrófico	1	2400	12800	560	0	0	0
Diatomácea	<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	Autotrófico	3	400	0	400	0	0	0
Diatomácea	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	50	0
Diatomácea	<i>Coscinodiscus rothii</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	200	0
Diatomácea	<i>Coscinodiscus</i> spp.	Autotrófico	1	200	0	40	0	0	400
Diatomácea	<i>Coscinodiscus wailesii</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Cyclotella</i> spp.	Autotrófico	1	0	0	0	400	200	160
Diatomácea	<i>Cylindrotheca closterium</i>	Autotrófico	1	2200	0	40	0	0	0
Diatomácea	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	Autotrófico	1	81600	16400	7200	400	0	0
Silicoflagelado	<i>Dictyocha fibula</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	0	0
Silicoflagelado	<i>Dictyocha speculum</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	0	80
Dinoflagelado	Dinoflagelado atecado	Mixotrófico	5, 6, 7	200	0	40	9500	4300	10240
Dinoflagelado	<i>Dinophysis acuminata</i>	Mixotrófico	1	0	0	0	1200	350	1040
Dinoflagelado	<i>Dinophysis caudata</i>	Heterotrófico	2	0	0	0	100	0	0
Diatomácea	<i>Diploneis</i> spp.	Autotrófico	4	0	0	0	100	0	80
Diatomácea	<i>Ditylum brightwellii</i>	Autotrófico	4	0	0	40	100	100	320
Ebridiano	<i>Ebria tripartita</i>	Heterotrófico	4	0	0	0	0	0	80
Euglenofícea	<i>Eutreptiella</i> sp.	Autotrófico	8	0	0	40	200	0	640
Diatomácea	<i>Guinardia delicatula</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	0	400
Diatomácea	<i>Guinardia striata</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Gyrodinium</i> spp.	Mixotrófico	1	400	300	80	1900	100	400
Diatomácea	<i>Haslea</i> sp.	Mixotrófico	9, 10	3200	0	960	0	0	0
Diatomácea	<i>Hemiaulus hauckii</i>	Autotrófico	1	1000	300	3000	0	0	0
Ebriadiano	<i>Hermesinum adriaticum</i>	Mixotrófico	11	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa</i> sp.	Mixotrófico	4	200	0	240	800	50	400
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa triquetra</i>	Mixotrófico	4	0	0	0	0	0	0
Cianobactéria	<i>Johannesbaptistia pellucida</i>	Autotrófico	12	2400	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Leptocylindrus minimus</i>	Autotrófico	4	0	0	280	0	0	0
Diatomácea	<i>Lioloma pacificum</i>	Autotrófico	1	800	0	200	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Minuscula bipes</i>	Heterotrófico	13	0	0	0	0	0	80
Nanoplâncton	nanoplâncton < 20µm	-	-	3600	2200	0	0	0	80

Tabela 1 - Valores de abundância total de fitoplâncton e seu grupo trófico, em relação às estações oceanográficas 10, 14 e 16, realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAARÉ na REBIO Arvoredo e seu entorno. (conclusão)

Grande grupo	Organismo	Grupo trófico	Referência	Abundância total (cél/L)					
				Verão			Inverno		
				10	14	16	10	14	16
Diatomácea	<i>Navicula cf. delicatula</i>	Autotrófico	1	800	200	0	800	200	480
Diatomácea	<i>Navicula sp. 1</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	50	0
Diatomácea	<i>Navicula sp. 2</i>	Autotrófico	1	200	100	520	100	0	80
Diatomácea	<i>Navicula sp. 3</i>	Autotrófico	1	600	0	0	400	0	80
Diatomácea	<i>Nitzschia lorenziana</i>	Autotrófico	1	0	1000	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Noctiluca scintillans</i>	Heterotrófico	4	0	0	0	100	0	0
Cianobacteria	<i>Oscillatoria erythraea</i>	Autotrófico	4	200	300	80	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum scolopax</i>	Heterotrófico	1	0	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Paralia sulcata</i>	Autotrófico	12	0	0	0	0	0	560
Dinoflagelado	<i>Peridinium minutum</i>	Heterotrófico	4	0	0	0	300	0	80
Dinoflagelado	<i>Peridinium depressum</i>	Heterotrófico	4	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Peridinium punctulatum</i>	Heterotrófico	4	0	0	0	100	0	0
Dinoflagelado	<i>Peridinium pyriforme</i>	Heterotrófico	4	0	0	40	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Peridinium spp.</i>	Heterotrófico	4	0	0	0	200	0	0
Diatomácea	<i>Pleurosigma / Gyrosigma sp.</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	100	0
Diatomácea	<i>Pleurosigma acuminatum</i>	Autotrófico	1	0	0	0	0	100	0
Dinoflagelado	<i>Podolampas palmipes</i>	Heterotrófico	2	0	0	80	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum compressum</i>	Mixotrófico	2	0	0	0	0	50	0
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum micans</i>	Mixotrófico	1	0	100	0	200	0	80
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum rostratum</i>	Mixotrófico	2	0	0	120	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum scutellum</i>	Mixotrófico	2	0	100	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum sigmoides</i>	Mixotrófico	2	0	100	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Prorocentrum triestinum</i>	Mixotrófico	2	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Protoperidinium sinuosum</i>	Heterotrófico	2	0	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Pseudo-nitzschia complexo seriata</i>	Autotrófico	1	5400	1400	7880	0	0	0
Diatomácea	<i>Pseudo-nitzschia complexo delicatissima</i>	Autotrófico	1	800	2900	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Pyrophacus steinii</i>	Mixotrófico	2	0	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Rhizosolenia styliiformis</i>	Autotrófico	1	1800	1200	1080	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella spinifera</i>	Mixotrófico	1	0	0	0	0	0	0
Dinoflagelado	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	Mixotrófico	1	0	0	0	3100	300	800
Diatomácea	<i>Skeletonema costatum</i>	Autotrófico	1	0	200	0	2300	200	0
Diatomácea	<i>Surirella fastuosa</i>	Autotrófico	4	0	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Surirella ovata var. crumera</i>	Autotrófico	4	0	0	0	0	0	0
Diatomácea	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>	Autotrófico	1	1600	0	760	500	300	80
Diatomácea	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Autotrófico	1	0	0	0	900	2000	800
Diatomácea	<i>Thalassiosira spp.</i>	Autotrófico	4	0	0	0	3100	4300	4880
Diatomácea	<i>Tropidoneis sp.</i>	Autotrófico	14	0	0	0	100	0	0

Fonte: a autora.

[1] SERRANITO, B. et al. Decadal shifts of coastal microphytoplankton communities in a semi-enclosed bay of NW Mediterranean Sea subjected to multiple stresses. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 224, p. 171-186, 2019.

- [2] BARTON, Andrew D. et al. On the roles of cell size and trophic strategy in North Atlantic diatom and dinoflagellate communities. **Limnology and Oceanography**, v. 58, n. 1, p. 254-266, 2013.
- [3] CARPENTER, Edward J.; JANSON, Sven. Intracellular cyanobacterial symbionts in the marine diatom *Climacodium frauenfeldianum* (Bacillariophyceae). **Journal of Phycology**, v. 36, n. 3, p. 540-544, 2000.
- [4] OLENINA, Irina. Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. 2006.
- [5] LANGE, PRISCILA KIENTECA. O fitoplâncton da baía do Almirantado (Antártica): variações temporais e espaciais entre os anos de 2002 e 2008. **Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande**, 2011.
- [6] LELES, SUZANA GONÇALVES. **TROFODINÂMICA DO PLÂNCTON EM UM ESTUÁRIO EUTROFIZADO (BAÍA DE GUANABARA, RJ)**. Tese de Doutorado. universidade federal do rio de janeiro.
- [7] SEUTHE, Lena; ROKKAN IVERSEN, Kriss; NARCY, Fanny. Microbial processes in a high-latitude fjord (Kongsfjorden, Svalbard): II. Ciliates and dinoflagellates. **Polar Biology**, v. 34, n. 5, p. 751-766, 2011.
- [8] NOGUEIRA, E.; FIGUEIRAS, F. G. The microplankton succession in the Ría de Vigo revisited: species assemblages and the role of weather-induced, hydrodynamic variability. **Journal of Marine Systems**, v. 54, n. 1-4, p. 139-155, 2005.
- [9] GASTINEAU, Romain et al. *Haslea ostrearia*-like diatoms: biodiversity out of the blue. In: **Advances in botanical research**. Academic Press, 2014. p. 441-465.
- [10] XUAN, R. Nghiem et al. Design of an artificial culture medium to optimize *Haslea ostrearia* biomass and marennine production. **Algal Research**, v. 45, p. 101653, 2020.
- [11] HARGRAVES, Paul E. The ebridian flagellates *Ebria* and *Hermesinum*. **Plankton Biology and Ecology**, v. 49, n. 1, p. 9-16, 2002.
- [12] GÓMEZ-CARVAJAL, Eleazar; DÍAZ-RAMOS, J.; SÁNCHEZ-SUÁREZ, I. Fitoplancton de Playa San Luís (Cumaná): composición y origen. 2002.
- [13] CLOERN, James E. Why large cells dominate estuarine phytoplankton. **Limnology and Oceanography**, v. 63, n. S1, p. S392-S409, 2018.

APÊNDICE C - Dados de ciliados

Tabela 1 - Valores de abundância total de ciliados e seu grupo trófico, em relação às estações oceanográficas 10, 14 e 16, realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno.

Organismo	Grupo trófico	Referência	Abundância total (ind/L)					
			Verão			Inverno		
			10	14	16	10	14	16
<i>Amphorellopsis acuta</i>	Onívoro	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ascampbelliella</i> sp.	Onívoro	1	0	0	320	0	0	0
<i>Codonella</i> spp.	Algívoro	2	0	0	40	80	0	40
<i>Coleps hirtus</i>	Onívoro	3	0	0	0	0	0	40
<i>Epiplocytilis</i> sp.	Onívoro	1	0	0	0	0	0	120
<i>Eutintinnus</i> spp.	Onívoro	1	40	120	720	0	40	0
<i>Helicostomella</i> sp.	Onívoro	1	80	160	0	0	0	0
<i>Laboea</i> sp.	Mixotrófico	4	80	80	0	0	40	0
<i>Leprotintinnus</i> spp.	Onívoro	1	120	0	0	0	0	40
<i>Mesodinium</i> sp.	Herbívoro	3	360	600	400	360	480	360
<i>Salpingella acuminata</i>	Onívoro	1	120	80	160	0	0	0
<i>Strobilidium</i> spp.	Bacterívoro	6	200	440	640	1080	320	80
<i>Strombidium</i> spp.	Onívoro	5	520	600	80	0	560	360
<i>Tiarina fusus</i>	Algívoro	7	0	0	0	0	0	160
<i>Tintinnopsis</i> spp.	Herbívoro	1	80	160	200	200	40	160
<i>Tontonia</i> spp.	Mixotrófico	4	280	120	0	280	480	160

Fonte: a autora.

- [1] ALVES, Loreane Dias. Dinâmica trófica da comunidade planctônica sob o efeito da ressurgência costeira na Plataforma Continental de Salvador.
- [2] JACQUET, Veronique et al. Spatio-temporal patterns of protozoan communities in a meso-eutrophic reservoir (Esch-sur-Sûre, Luxembourg). **Hydrobiologia**, v. 551, n. 1, p. 49-60, 2005.
- [3] ZINGEL, Priit et al. Seasonal and annual population dynamics of ciliates in a shallow eutrophic lake. **Fundamental and applied limnology**, v. 176, n. 2, p. 133, 2010.
- [4] BERNARD, Catherine; RASSOULZADEGAN, Fereidoun. Seasonal variations of mixotrophic ciliates in the northwest Mediterranean Sea. **MARINE ECOLOGY-PROGRESS SERIES**, v. 108, p. 295-295, 1994.
- [5] KHROMECHKEK, Elena B.; BARKHATOV, Yuri V.; ROGOZIN, Denis Y. Community structure and vertical distribution of planktonic ciliates in the saline meromictic lake Shira during breakdown of meromixis. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 21, n. 1, p. 142-152, 2021.
- [6] STABELL, Trond. Ciliate bacterivory in epilimnetic waters. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 10, n. 3, p. 265-272, 1996.

[7] JEONG, Hae Jin et al. Growth and grazing rates of the prostomatid ciliate *Tiarina fusus* on red-tide and toxic algae. **Aquatic Microbial Ecology**, v. 28, n. 3, p. 289-297, 2002.

APÊNDICE D - Dados de mesozoplâncton

Tabela 1 - Valores de abundância total de mesozoplâncton e seu grupo trófico, em relação às estações oceanográficas 10, 14 e 16, realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAARé na REBIO Arvoredo e seu entorno.

Grupo	Regime trófico	Referência	Abundância total (ind/m ³)					
			Verão			Inverno		
			10	14	16	10	14	16
Larva de Ascidiacea	Lecitotrófico	1	0	0	1,55	0	0	0
Bryozoa (larva cifonauta)	Planctívoro, onívoro	2, 3	0	0	0,19	0	0	0
Chaetognatha	Carnívoro	4, 5	56,37	25,13	23,80	854,83	21,37	10,65
	Não se alimentam (larva cipris) ou heterotrófico herbívoro (náuplio)	6, 7	0	0	0	73,83	3,06	2,17
Cirripedia								
Cladocera	Onívoro	8	161,59	389,74	1,94	1282,24	613,33	379,48
Subclasse Copepoda								
Acartia lilljeborgi	Onívoro, herbívoro	9, 10	721,50	150,86	0	0	0	0
Agetus limbatus	Carnívoro	9, 10	0	0	14,51	0	0	0
Calanoida	Onívoro, herbívoro	9, 10	56,37	396,01	104,50	93,25	45,77	31,05
Calocalanus pavo	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	0	14,51	0	0	0
Clausocalanidade/Paracalanidae	Onívoro, herbívoro	9, 10	33,82	0	0	0	0	0
Clausocalanus furcatus	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	226,29	2,90	0	0	0
Clausocalanus spp.	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	169,72	2,90	11,66	0	244,94
Copilia mirabilis	-	-	0	0	5,81	0	0	0
Corycaeus speciosus	Carnívoro	9, 10	0	0	8,71	0	0	0
Corycaeus spp.	Carnívoro	9, 10	0	37,72	17,42	0	0	0
Euterpina acutifrons	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	0	0	0	4,58	0
Macrosetella gracilis	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	0	23,22	0	0	0
Não identificado	-	-	0	0	0	0	4,58	0
Náuplio de Copepoda	Planctívoro, lecitotrófico	11	0	0	2,90	0	0	0
Oitho nana	Onívoro	9, 10	0	0	0	233,14	366,17	0
Oithona hebes	Onívoro	9, 10	157,83	0	0	0	0	0
Oithona spp.	Onívoro	9, 10	0	0	2,90	0	68,66	6,90
Oncaea spp.	Onívoro, detritívoro	9, 10	22,55	0	0	0	0	0
Oncaea venusta	Onívoro, detritívoro	9, 10	0	37,72	11,61	0	0	3,45
Onychocorycaeus giesbrechti	Carnívoro	9, 10	0	188,58	0	0	9,15	0
Paracalanus aculeatus	Onívoro, herbívoro	9, 10	45,09	0	0	501,24	132,74	17,25
Paracalanus campaneri	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	37,72	0	0	0	0
Paracalanus indicus	Onívoro, herbívoro	9, 10	45,09	0	0	571,18	9,15	17,25
Paracalanus quasimodo	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	0	0	46,63	22,89	3,45
Paracalanus spp.	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	18,86	0	23,31	0	0
Parvocalanus crassirostris	Onívoro, herbívoro	9, 10	33,82	0	0	34,97	0	3,45
Subeucalanus pileatus	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	0	0	34,97	4,58	0
Temora stylifera	Onívoro, herbívoro	9, 10	0	37,72	5,81	0	4,58	0
Temora turbinata	Onívoro, herbívoro	9, 10	146,56	2338,35	2,90	431,30	32,04	20,70
Undinula vulgaris	Onívoro, herbívoro	9, 10	11,27	0	81,27	0	0	0
Foraminifera	Onívoro, carnívoro, herbívoro	12	0	0	3,29	0	0	0
Heteropoda	Carnívoro, herbívoro	13	0	0	0,39	0	0	0

Tabela 1 - Valores de abundância total de mesozooplâncton e seu grupo trófico, em relação às estações oceanográficas 10, 14 e 16, realizadas em 2016 (verão e inverno) pelo projeto MAArE na REBIO Arvoredo e seu entorno. (conclusão)

Grupo	Regime trófico	Referência	Abundância total (ind/m ³)					
			Verão			Inverno		
			10	14	16	10	14	16
Hydromedusae	Onívoro	14	3,76	0	2,71	0	0	0,20
Larva de Bivalvia	Herbívoro	15	3,76	113,15	0	116,57	1,52	2,56
Larva de Gastropoda	Herbívoro	15	0	377,15	2,32	0	7,64	0,20
Larva de peixe	Omnívoro	16	0	0	1,16	0	0	0
Larva de Stomatopoda	Carnívoro	17	0	6,27	3,48	0	0	0
Larvacea	Onívoro	18	22,55	2508,07	103,92	58,28	3,06	9,86
Megalopa de Brachyura	Carnívoro, herbívoro	19	0	0	0	0	0	0,20
Nauplius	Planctívoro, lecitotrófico	11	101,46	62,84	258,34	62,17	19,82	6,11
Outras larvas de Decapoda	Carnívoro, herbívoro, onívoro	20	15,03	0	0,19	0	0	0
Ovo de peixe	Lecitotrófico	21	7,52	18,86	0,39	0	28,98	0,39
Polychaeta	Carnívoro	22	120,25	12,59	1,74	0	0	0,20
Protozoa	Carnívoro, herbívoro, onívoro	20	0	0	0	11,66	3,06	0
Pteropoda	Herbívoro	18	0	0	1,35	0	0	0,20
Siphonophorae	Carnívoro	21	0	18,86	3,87	0	0	0,79
Thaliacea	Herbívoro	18	0	0	52,05	0	0	0
Zoea de Brachyura	Carnívoro, herbívoro, onívoro	20	11,27	12,59	4,45	0	6,09	0,39

Fonte: a autora.

- [1] MCLAUGHLIN, Janelle et al. Effect of suspended inorganic matter on fertilization success, embryonic development, larval settlement, and juvenile survival of the vase tunicate *Ciona intestinalis* (Linnaeus, 1767). **Aquatic Invasions**, v. 8, n. 4, 2013.
- [2] ÁVILA-DE TABARÉS, Guerly; MARTÍNEZ-RAMÍREZ, Oscar; FRANCO-HERRERA, Andrés. Larvas planctónicas de lofoforados en la Bahía de Gaira, Magdalena, Caribe colombiano. **Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR**, v. 36, n. 1, p. 327-332, 2007.
- [3] TOMMASI, Désirée et al. Mesozooplankton community seasonal succession and its drivers: Insights from a British Columbia, Canada, fjord. **Journal of Marine Systems**, v. 115, p. 10-32, 2013.
- [4] PEARRE, S. Feeding by Chaetognatha: aspects of inter-and intra-specific predation. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 7, n. 1, p. 33-45, 1982.
- [5] HARZSCH, Steffen; MÜLLER, Carsten HG. A new look at the ventral nerve centre of Sagitta: implications for the phylogenetic position of Chaetognatha (arrow worms) and the evolution of the bilaterian nervous system. **Frontiers in Zoology**, v. 4, n. 1, p. 1-15, 2007.
- [6] EWERS-SAUCEDO, Christine; PAPPALARDO, Paula. Testing adaptive hypotheses on the evolution of larval life history in acorn and stalked barnacles. **Ecology and evolution**, v. 9, n. 19, p. 11434-11447, 2019.

- [7] BLACHOWIAK-SAMOLYK, Katarzyna et al. Trophic structure of zooplankton in the Fram Strait in spring and autumn 2003. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 54, n. 23-26, p. 2716-2728, 2007.
- [8] KIM, S. W.; ONBÉ, T.; YOON, Y. H. Feeding habits of marine cladocerans in the Inland Sea of Japan. **Marine Biology**, v. 100, n. 3, p. 313-318, 1989.
- [9] MENEZES, Bárbara Santos; DE MACEDO-SOARES, Luis Carlos Pinto; FREIRE, Andrea Santarosa. Changes in the plankton community according to oceanographic variability in a shallow subtropical shelf: SW Atlantic. **Hydrobiologia**, v. 835, n. 1, p. 165-178, 2019.
- [10] BENEDETTI, Fabio; GASPARINI, Stéphane; AYATA, Sakina-Dorothee. Identifying copepod functional groups from species functional traits. **Journal of Plankton Research**, v. 38, n. 1, p. 159-166, 2016.
- [11] BOXSHALL, G. A. Planktotrophic versus lecithotrophic development in copepods. In: **AGU Fall Meeting Abstracts**. 2007. p. OS54A-02.
- [12] DELACA, T. E.; KARL, D. M.; LIPPS, J. H. Direct use of dissolved organic carbon by agglutinated benthic foraminifera. **Nature**, v. 289, n. 5795, p. 287-289, 1981.
- [13] BURRIDGE, Alice K. et al. Diversity and distribution of hyperiid amphipods along a latitudinal transect in the Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 158, p. 224-235, 2017.
- [14] COLIN, Sean P. et al. Omnivory by the small cosmopolitan hydromedusa *Aglaura hemistoma*. **Limnology and Oceanography**, v. 50, n. 4, p. 1264-1268, 2005.
- [15] CHEN, Mianrun. **The ecological significance of mesozooplankton feeding in marine planktonic food web**. 2012. Tese de Doutorado.
- [16] NANDY, Tanmoy; MANDAL, Sumit. Unravelling the spatio-temporal variation of zooplankton community from the river Matla in the Sundarbans Estuarine System, India. **Oceanologia**, v. 62, n. 3, p. 326-346, 2020.
- [17] CHEW, L. L. et al. Phytoplankton fuel the energy flow from zooplankton to small nekton in turbid mangrove waters. **Marine Ecology Progress Series**, v. 469, p. 7-24, 2012.
- [18] VAUGEOIS, Maxime; DIAZ, Frédéric; CARLOTTI, François. A mechanistic individual-based model of the feeding processes for *Oikopleura dioica*. **PLoS One**, v. 8, n. 11, p. e78255, 2013.
- [19] HARMS, J.; ANGER, Klaus. Effects of nutrition (herbivore vs. carnivore) on the energy budget of a brachyuran megalopa. **Thermochimica acta**, v. 172, p. 229-240, 1990.
- [20] JONES, D. A. et al. The digestive physiology of herbivorous, omnivorous and carnivorous crustacean larvae: a review. **Aquaculture**, v. 155, n. 1-4, p. 285-295, 1997.

- [21] FARRELL, Anthony P. **Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment**. Academic press, 2011.
- [22] TOMMASI, Désirée et al. Mesozooplankton community seasonal succession and its drivers: Insights from a British Columbia, Canada, fjord. **Journal of Marine Systems**, v. 115, p. 10-32, 2013.