



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Fernando Gonçalves

**Variação temporal de composição e tamanho da comunidade mesoplanctônica
na região da REBIO do Arvoredo - SC**

Florianópolis
2022

Fernando Gonçalves

**Variação temporal de composição e tamanho da comunidade mesoplanctônica
na região da REBIO do Arvoredo - SC**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Dr^a. Andrea Santarosa Freire
Coorientadora: Dr^a. Érica Caroline Becker

Florianópolis
2022

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

Gonçalves, Fernando

Variação temporal de composição e tamanho da comunidade mesoplanctônica na região da REBIO do Arvoredo (SC) / Fernando Gonçalves ; orientador, Andrea Santarosa Freire , coorientador, Érica Caroline Becker , 2022.

38 p.

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

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Mesoplâncton. Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. Zooscan. Biomassa.. I. , Andrea Santarosa Freire. II. , Érica Caroline Becker. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Fernando Gonçalves

**Varição temporal de composição e tamanho da comunidade mesoplanctônica
na região da REBIO do Arvoredo - SC**

O presente trabalho em nível de licenciatura foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof^ª. Dr^ª. Andrea Santarosa Freire
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr. Luis Carlos Pinto Macedo-Soares
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr^ª. Andrea Green Koettker
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr^ª. Bárbara Santos Menezes
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Coordenação do Curso de Graduação em
Ciências Biológicas

Dr^ª. Andrea Santarosa Freire
Orientadora

Florianópolis, 2022.

Este trabalho é dedicado à minha família, amigos e
colegas de pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Uma qualidade que define uma vida feliz é a gratidão, e até podemos chegar longe sem a ajuda de ninguém, mas com o apoio dos outros chegamos muito mais rápido, então agradecerei a todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão deste trabalho.

Agradeço primeiramente aos meus pais, Juarez e Tiana (Juaca e Titi), que não mediram esforços para proporcionar as melhores condições possíveis para eu e meus irmãos estudarem, por sempre me apoiarem e por acreditarem em mim, sem vocês, nada disso aconteceria. Aos meus irmãos, que serviram de exemplos e inspiração de que isso era possível, principalmente ao Victor que me ajudou demais nessa reta final, formatando o arquivo, me acalmando quando achei que não conseguiria, por fim, amo todos vocês e dedico esse trabalho para vocês!

Agradeço imensamente à minha Orientadora Andrea, que é uma pessoa espetacular e admiro demais, e que possibilitou tudo isso e proporcionou muitas experiências positivas para mim nessa graduação (Projeto SiMCosta), por ter me acalmado nos momentos difíceis com toda a sua tranquilidade e paciência e por todo o conhecimento transmitido. Agradeço também à minha coorientadora Érica, que é uma pessoa maravilhosa e que admiro demais também, que foi imprescindível na execução deste TCC, por todos os ensinamentos que me transmitiu, serei para sempre grato a você!

Agradeço a galera do laboratório LCP, Gabi por me ajudar no R com os scripts e sempre ter sido solícita, Vanessa por se colocar à disposição sempre que precisei e por todo o apoio na facul e agora na reta final haha. A Mari pelas conversas e palavras de apoio, Isis por me ajudar na identificação e conversas no lab, muito obrigado à todos.

Agradeço ao PIBIC/UFSC que me possibilitou a bolsa de iniciação científica, dando a oportunidade de aprender muito mais e concluir o curso.

Agradeço demais aos meus amigos da TNT por toda a resenha nos momentos que eu tava precisando dar uma espairecida e por todos os momentos que vão ficar na memória pra sempre, Xandrak, Marcola, Sampaole, Calouro e PC essa é de vocês também. E aos amigos de Imbituba, Yorran, Paulada, Bebel, Karolzinha, Orelha, Pedrão, Bagri, Ulisses do cavaco, Bicalho, João e tantos outros.

*"Viverás a mais bela das vidas se fores indiferente às coisas indiferentes."
(Marco Aurélio)*

RESUMO

O zooplâncton constitui um elo imprescindível na transferência energética a partir do consumo de fitoplâncton-micropâncton ou de detritos orgânicos particulados, tendo também papel importante nas comunidades nectônicas e bentônicas que têm estágios de vida no plâncton, e ciclos biogeoquímicos. Eles possuem enorme importância para a biodiversidade e economia pesqueira, pois são o elo trófico com animais de maior porte. Em águas subtropicais, a ressurgência costeira da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) enriquece as águas principalmente no verão. No inverno, a Água da Pluma do Prata (APP) traz nutrientes e diminui a salinidade na região. O objetivo deste estudo foi analisar a variação sazonal da composição e estrutura de tamanho da comunidade mesoplanctônica num ponto fixo na Reserva Biológica Marinha do Arvoredo em 2018 e 2019. Variáveis abióticas de temperatura, salinidade e profundidade da zona eufótica foram obtidas juntamente com arrastos horizontais com rede de zooplâncton de 200 µm ao longo de 14 meses. Existe grande variabilidade na comunidade planctônica em termos de abundância, biovolume, biomassa e tamanho. Os copépodes dominaram o zooplâncton em abundância, biovolume e biomassa, seguido de quetognatos. No verão as maiores abundâncias de diatomáceas se refletiram em maior abundância e biomassa de copépodes, quetognatos e apendiculários. O outono e inverno de 2018 teve baixa produtividade fitoplanctônica que se refletiu em menores valores de abundância e biomassa zooplanctônica. O maior valor de abundância total do zooplâncton junto de picos de copépodes e cladóceros foi associado ao avanço da APP. O inverno de 2019 manteve a população zooplanctônica mais consolidada, com zona eufótica mais rasa e águas mais turvas e esses fatores foram associados a aportes costeiros que enriquecem o ambiente. A análise de agrupamento identificou três grupos, o mês de Jun/18 ficou isolado em virtude de ter a menor abundância (3,74 ind./m³) e apresentar picos reprodutivos de ovos de peixes e larvas de moluscos. O segundo grupo foi formado pelos meses de outono de 2018 (Março e Maio) e inverno de 2019 (Agosto) onde houve baixas abundâncias, média de 140 ind./m³ e teve abundância relativa de diatomáceas variadas com picos de cladóceros e mostra a complexidade do sistema diante da presença da ASTP e APP. E o terceiro grupo evidenciou 2 subgrupos, caracterizados pelos meses de maiores abundâncias no verão e primavera de 2018 (Setembro e Fevereiro) e primavera de 2019 (Setembro e Novembro de 2019) onde a salinidade evidenciou aportes costeiros. O outro subgrupo foi formado pelos meses de verão e outono (Dez/18 e Fev/19, Abr/2018 e Abr/19) e os meses de inverno (Junho a Agosto de 2019) e tinham abundâncias intermediárias, em média 1200 ind./m³. O trabalho concluiu que a interação dos componentes biológicos com os processos oceanográficos forma comunidades planctônicas muito instáveis temporalmente e é necessário uma análise estatística que possa extrair melhores informações para correlacionar adequadamente a singularidade das variações temporais.

Palavras-chave: Mesoplâncton. Reserva Biológica Marinha do Arvoredo. Abundância. Zooscan. Biomassa. Copépodes

ABSTRACT

Zooplankton constitutes an essential link in the energy transfer from the consumption of phytoplankton-microplankton or particulate organic detritus, also playing an important role in nektonic and benthic communities that have life stages in plankton, and biogeochemical cycles. They are of enormous importance for biodiversity and fishing economy, as they are the trophic link with larger animals. In subtropical waters, the coastal upwelling of South Atlantic Central Water (SACW) enriches the waters mainly in summer. In winter, the Plata Plume Water (PPW) brings nutrients and reduces salinity in the region. The aim of this study was to analyze the seasonal variation of the composition and size structure of the mesoplanktonic community at a fixed point in the Arvoredo Marine Biological Reserve in 2018 and 2019. Abiotic variables of temperature, salinity and depth of the euphotic zone were obtained along with horizontal hauls with a 200 μm zooplankton net over 14 months. There is great variability in the planktonic community in terms of abundance, biovolume, biomass and size. Copepods dominated the zooplankton in abundance, biovolume and biomass, followed by chaetognaths. In summer, the greater abundance of diatoms is reflected in greater abundance and biomass of copepods, chaetognaths and appendicularians. The autumn and winter of 2018 had low phytoplankton productivity, which was reflected in lower zooplanktonic abundance and biomass values. The highest value of total abundance of zooplankton along peaks of copepods and cladocerans was associated with the advance of APP. The winter of 2019 maintained a more consolidated zooplankton population, with a shallower euphotic zone and more turbid waters, and these factors were associated with coastal inputs that enrich the environment.. The cluster analysis identified three groups, the month of Jun/18 was isolated due to having the lowest abundance (3.74 ind./m³) and presenting reproductive peaks of fish eggs and mollusc larvae. The second group was formed by the months of autumn 2018 (March and May) and winter 2019 (August) where there were low abundances, an average of 140 ind./m³ and had a relative abundance of varied diatoms with peaks of cladocerans and shows the complexity of the system in the presence of ASTP and APP. And the third group formed showed 2 subgroups, characterized by the months of greatest abundance in the summer and spring of 2018 (September and February) and spring of 2019 (September and November 2019) where salinity showed coastal contributions. The other subgroup was formed by the summer and autumn months (Dec/18 and Feb/19, Apr/2018 and Apr/19) and the winter months (June to August 2019) and had intermediate abundances, on average 1200 ind. /m³. The work concluded that the interaction of biological components with oceanographic processes forms planktonic communities that are very temporally unstable and a statistical analysis is necessary to extract better information to properly correlate the uniqueness of temporal variations.

Palavras-chave: Mesoplâncton. Arvoredo Marine Biological Reserve. Abundance. Zooscan. Biomass. Copepods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ponto de monitoramento no Calhau de São Pedro (Estação 14 projeto MAArE) na REBIO Arvoredo.	15
Figura 2 – Processamento de amostras no ZooScan para a contagem, identificação e medição de organismos do mesoplâncton da REBIO do Arvoredo.	17
Figura 3 – Variação temporal das variáveis abióticas no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO do Arvoredo).	20
Figura 4 – Abundância relativa do mesoplâncton, diatomáceas, copépodes e outros grupos taxonômicos do mesozooplâncton, no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO Arvoredo).	22
Figura 5 – Biovolume relativo do mesoplâncton, , diatomáceas, copépodes e outros grupos taxonômicos do mesozooplâncton, no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO Arvoredo).	23
Figura 6 – Abundância total de Diatomáceas e mesozooplâncton no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO Arvoredo).	24
Figura 7 – Abundância relativa dos principais grupos taxonômicos do mesozooplâncton (sem Copepoda) no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO Arvoredo).	25
Figura 8 – Biovolume relativo dos principais grupos taxonômicos do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).	26
Figura 9 – Variação do tamanho médio do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO do Arvoredo).	27
Figura 10 – Abundância de Copepoda em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).	29
Figura 11 – Variação do tamanho médio de Copepoda em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).	30
Figura 12 – Variação da biomassa total do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).	31
Figura 13 – Variação da biomassa relativa do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).	32
Figura 14 – Análise de agrupamento da abundância dos principais grupos taxonômicos do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Equações de regressão para cálculo de biomassa dos diferentes grupos taxonômicos.	19
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL	14
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2	MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1	ÁREA DE ESTUDO	15
2.2	ATIVIDADE DE CAMPO	16
2.3	ATIVIDADE EM LABORATÓRIO	16
2.4	ANALISE DOS DADOS	18
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4	CONCLUSÃO	35
	Referências	36

1 INTRODUÇÃO

Os ambientes marinhos são constituídos em grande parte pelo mesoplâncton, o qual pode ser dividido em fitoplâncton e zooplâncton. O fitoplâncton pode ser caracterizado como um coletivo de microrganismos que podem realizar fotossíntese ou não, contribuindo grandemente para a assimilação pelágica de biomassa para os níveis tróficos superiores (Bold, 1985). A costa de Santa Catarina é uma das mais importantes regiões pesqueiras do Brasil e contém 95% maricultura do país e assim o estudo da comunidade fitoplanctônica é necessário, pois a maioria desses organismos realizam fotossíntese, formando assim, o primeiro elo das cadeias alimentares aquáticas (Rörig, 2018) O zooplâncton constitui um elo imprescindível na transferência energética a partir do consumo de fitoplâncton-micropilâncton ou de detritos orgânicos particulados, e portanto, influenciam e determinam as comunidades nectônicas e bentônicas que têm estágios de vida no plâncton, e ciclos biogeoquímicos (CAVALCANTI et al., 2008). Esses organismos são caracterizados por terem um ciclo de vida muito curto que podem durar de dias a meses e são considerados ótimos indicadores de mudanças ocasionadas por impactos antrópicos e climáticos. O mesozooplâncton marinho costeiro é dominado por copépodes, representando cerca de 70% da comunidade zooplânctônica destes ambientes (CAMPELO, 2019; MENEZES et al., 2019).

Devido à ampla influência zooplânctônica nos ambientes marinhos, compreender os processos que criam padrões de distribuição de zooplâncton marinho tem se tornado cada vez mais importante, em face das mudanças climáticas, destruição de habitats e invasões de espécies (CAMPELO, 2019). Um modo de melhor entender como os ecossistemas marinhos respondem às mudanças climáticas é realizando projetos de monitoramentos de zooplâncton ao longo de uma escala temporal e através do desenvolvimento de importantes indicadores de zooplâncton, que contribuem para uma melhor comunicação entre a comunidade científica e a sociedade na criação de políticas de conservação e gestão de serviços dos ecossistemas marinhos (CHIBA et al, 2018).

A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo), compõe três ilhas costeiras que possuem um sistema oligotrófico devido a predominância de águas tropicais quentes e salinas nas camadas superiores (MENEZES et al., 2019). A REBIO Arvoredo encontra-se muito próxima da costa e por esse fato, está sujeita à influência dos impactos antrópicos da ocupação costeira, que resulta num enriquecimento de nutrientes que chegam através da drenagem de rios (MISTURINI; SEGAL 2017). Nesse quadro, as comunidades planctônicas dos ambientes costeiros oligotróficos são fortemente afetadas por entradas de nutrientes, seja por eventos de ressurgência, frentes de marés, ou frentes de plumas produzidas por escoamento de águas continentais (MENEZES et al., 2019).

O monitoramento realizado na REBIO Arvoredo descreveu condições oceanográficas sazonais (verão e inverno) e interanuais (2014 à 2016) pela primeira vez. A ressurgência costeira no verão traz águas mais frias à superfície, enquanto que no inverno, águas de temperaturas inferiores a 18°C, vindas do sul, indica o avanço da pluma do rio da Prata na plataforma. O zooplâncton na REBIO Arvoredo no verão, é caracterizado por maior biomassa e abundância de copépodes e quetognatos, e no inverno menor biomassa e a predominância de pequenos copépodes e de cladóceros costeiros, indicando uma possível ressurgência no verão (FREIRE et al., 2017). Existe apenas um trabalho publicado sobre a variação do plâncton ao longo do ano na região, mostrando a maior contribuição de larvas de decápodes durante o outono e primavera (KOETTKER; FREIRE, 2006).

Nesse contexto, séries temporais são uma ferramenta confiável para desvendar as respostas ambientais de flutuações do zooplâncton em diferentes escalas espaciais e ecológicas. Apesar de sua importância, poucas séries temporais de zooplâncton são realizadas em sistemas tropicais e subtropicais e a maioria leva em consideração a variação na composição de espécies e suas abundâncias, sem levar em conta a variação da estrutura de tamanho (MARCOLIN et al., 2015). O tamanho corporal é considerado um dos mais importantes determinantes da estrutura do ecossistema, visto que requisitos metabólicos, seleção de alimento, crescimento e capacidade reprodutiva estão relacionados com o tamanho corporal (FIGUEIREDO et al, 2020).

Além disso, alguns estudos demonstram que a estrutura de tamanho tem importante papel na eficiência de transferência trófica através da biomassa corporal (JENNINGS et al., 2002), na identificação da capacidade de assimilação de fitoplâncton por copépodes antes e durante florações (BAUTISTA e HARRIS, 1992), influencia no tamanho do predador em relação à presa nas teias alimentares marinhas pelágicas, sendo os predadores geralmente maiores (FIGUEIREDO et al, 2020).

Diatomáceas e copépodes são globalmente abundantes nos ecossistemas de plataforma continental independente da estação do ano. Na plataforma de Santa Catarina, Brandini et al. (2014) propõem um modelo de circulação de diatomáceas acoplado com hidrodinâmica como o principal mecanismo de retenção de diatomáceas no sistema de plataforma. O modelo sugere que as diatomáceas ressuspensas próximas da costa são transportadas pela força de Ekman em direção a águas oligotróficas no oceano, onde afundam mais rapidamente devido à baixa condição de nutrientes. As células que afundam encontram melhores condições de nutrientes nas camadas de picnoclina/nutriclina, adaptam-se à sombra e aumentam sua flutuabilidade, contribuindo para a formação da camada de profundidade máxima de clorofila. Células em repouso que afundam da zona eufótica atingem as camadas próximas do fundo ou os sedimentos, de onde são transportadas de volta para a costa por intrusões oceânicas da Água Central do Atlântico Sul (ACAS).

Este estudo pretende abordar as seguintes questões: (i) identificar a alternância temporal da abundância de diatomácea e copépode na cadeia alimentar e (ii) identificar os principais grupos taxonômicos do zooplâncton que impactam o biovolume/ biomassa/ tamanho corporal da estrutura de comunidade.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a variação temporal da estrutura da comunidade de mesoplâncton no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo) entre 2018 e 2019.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a abundância, tamanho, biomassa e biovolume da comunidade mesoplanctônica no Calhau e São Pedro (REBIO Arvoredo).
- Analisar a variação sazonal e interanual da abundância, do tamanho, da biomassa e do biovolume dos principais grupos taxonômicos do mesoplâncton no Calhau e São Pedro (REBIO Arvoredo).
- Relacionar a abundância, a biomassa, o biovolume e o tamanho médio do mesoplâncton à variação sazonal e interanual das condições ambientais.

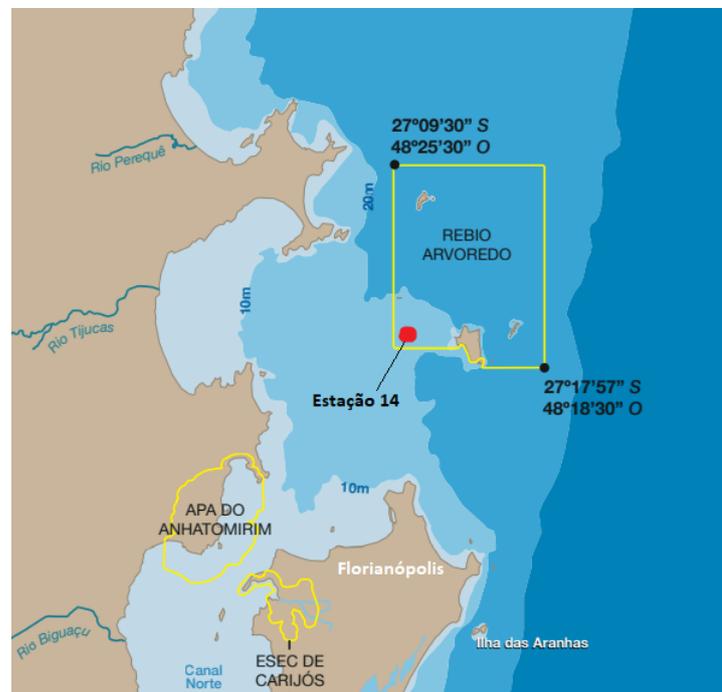
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, são apresentados a área de estudo, bem como os materiais e métodos utilizados na pesquisa.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Reserva Biológica Marinha do Arvoredo - REBIO Arvoredo está localizada no Oceano Atlântico Sul, entre $27^{\circ}09'30''$ - $27^{\circ}17'57''$ S e $48^{\circ}25'30''$ - $48^{\circ}18'30''$ O (Fig. 1), ao norte do município de Florianópolis e possui cerca de 17.600 ha, sendo que 98% desse território encontra-se submerso e apenas 2% são terras emersas, que pertencem às ilhas do Arvoredo, Deserta, Calhau de São Pedro e Galé (SEGAL et al., 2017). A REBIO Arvoredo está em uma região de águas rasas, em média de 20 metros de profundidade, e possui uma dinâmica oceanográfica complexa, pois sofre constante alternância dos ventos predominantes de nordeste e sul, além de encontros de águas quentes tropicais com águas frias de diferentes origens (SEGAL et al., 2017).

Figura 1 – Ponto de monitoramento no Calhau de São Pedro (Estação 14 projeto MA-ArE) na REBIO Arvoredo.



Fonte: Adaptado de MAArE (2017).

O ponto de monitoramento escolhido a partir dos resultados do projeto MAArE (2014-2016) é a estação 14 (ponto vermelho), que fica localizada próxima da ilha Calhau de São Pedro e Galé. Nessa região, ocorre o aporte contínuo da Água Tropical

(AT) transportada pela Corrente do Brasil (CB), que é caracterizada por ser quente, oligotrófica e mais salina, e dos aportes do Rio Tijucas, ao norte de SC, e do Canal da Ilha de Santa Catarina. No verão, frequentemente ocorre a ressurgência costeira da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na plataforma, caracterizada por ser fria e rica em nutrientes. No inverno, a AT é invadida pelo espalhamento da Água da Pluma do Prata, que nutre a região e torna a água menos salina. As estações de outono e primavera, por serem de transição, apresentam características oceanográficas diferentes ao longo dos anos (FREIRE et al., 2017).

2.2 ATIVIDADE DE CAMPO

As amostras foram obtidas junto às campanhas oceanográficas do Sistema de Monitoramento da Costa Brasileira (SiMCosta, simcosta.furg.br), que possui uma boia meteo-oceanográfica fixa localizada próximo ao Calhau de São Pedro, no limite da REBIO, à leste da Ilha do Arvoredo. O projeto SiMCosta faz regularmente a manutenção e coleta de dados obtidos pela bóia e, oportunamente, o Laboratório de Crustáceos e Plâncton da UFSC estabeleceu coletas de amostras de zooplâncton juntamente ao projeto. Foram realizadas 14 amostragens para o presente estudo, sete foram realizadas em 2018 (27 de Fevereiro, 5 de Março, 4 de abril, 12 de Maio, 20 de Junho, 26 Setembro e 19 de Dezembro de 2018), e sete realizada em 2019 (21 de Fevereiro, 18 de Abril, 5 de Junho, 11 de Julho, 23 de Agosto, 26 de Setembro e 19 de Novembro).

A temperatura *in situ* foi medida com um termômetro utilizando-se um balde para coletar a água da superfície e a salinidade foi obtida utilizando-se um refratômetro. Para calcular a profundidade da zona eufótica, ou seja, onde há luz para os produtores primários realizarem a fotossíntese, multiplicou-se 2.7 pela leitura obtida no disco de Secchi.

Para a coleta de cada amostra, realizamos o arrasto horizontal superficial da rede de zooplâncton cilíndrico-cônica de 200 μm de malha, com boca de diâmetro de 50 cm e comprimento de 1,80 m, com um copo coletor na ponta. No centro da boca da rede, foi acoplado um fluxômetro para medir o volume filtrado durante 3 min de deslocamento do barco a uma velocidade de 2 nós (0,5 m/s). A amostra recolhida em cada mês foi preservada em etanol 96%.

2.3 ATIVIDADE EM LABORATÓRIO

O processamento das amostras foi realizado no laboratório de Crustáceos e Plâncton da UFSC (LCP/UFSC). Inicialmente houve um período de treinamento para reconhecimento dos organismos zooplânctônicos presentes na costa brasileira através de estereoscópio e posteriormente, no ZooScan (Gosrky et al., 2010) e da plataforma EcoTaxa (Picheral et al, 2017), sob a supervisão da doutoranda Érica Caroline Becker,

do Programa de Pós-graduação em Ecologia da UFSC. Todas as amostras estão disponíveis no EcoTaxa (ecotaxa.obs.vlfr.fr), no banco de dados do Laboratório de Crustáceos e Plâncton registrado como: ZooScan-Boia-SIMCosta-Arvoredo-2018.

A contagem e identificação das amostras no ZooScan foi realizada fracionando as amostras de acordo com a concentração de partículas obtidas por amostra, utilizando-se um subamostrador tipo Motoda. Em seguida retirava-se uma alíquota de 10 ml da fração final e a colocava no scanner da máquina (Fig. 2). Após escaneada, a imagem é processada utilizando o programa Zooprocess que irá gerar os dados de tamanho das imagens individuais para cada partícula existente na amostra, chamadas vinhetas.

Figura 2 – Processamento de amostras no ZooScan para a contagem, identificação e medição de organismos do mesoplâncton da REBIO do Arvoredo.



Fonte: Autor (2022).

Depois de separadas individualmente, as vinhetas foram importadas para a plataforma Ecotaxa (ecotaxa.obs-vlfr.fr). A identificação taxonômica é feita de forma semiautomática através de algoritmo de inteligência artificial, e posteriormente, as vinhetas foram validadas pelo especialista. Essa classificação semiautomática é possível pois uma série de parâmetros são obtidos nas vinhetas, como área, comprimento de eixo menor e maior, diâmetro entre outros, que são usados pelo algoritmo para identificar e classificar os diferentes organismos a partir de uma biblioteca de imagens conhecida (GORSKY et al., 2010).

Após a validação por um especialista foram obtidas as seguintes categorias taxonômicas: Appendicularia (Oikopleura), Chaetognatha, Cladocera, Cnidaria Hydrozoa, Copepoda, Decapoda, Diatomacea, Larva de Actinopteryrii, Liriope Tetrphylla,

Mollusca, Nauplio de Cirripedia, Nauplio de Copepoda, Ovo de Teleostei, Polychaeta, Stomatopoda, Thalliacea e Trachymedusae, Trocophora e Zoea de Brachyura.

É importante ressaltar, que apesar deste trabalho ter sido realizado com arrastos típicos de amostragem de mesozooplâncton (200µm), ocorreram meses em que as diatomáceas dominantes no ambiente e por esta razão, foram também consideradas na contagem, pois interferiram na abundância, biovolume e biomassa do local.

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Após a classificação taxonômica na plataforma Ecotaxa, os dados foram exportados e tratados no Excel, para extrair categorias não vivas, como: "bad focus", "detritus", "fiber", "part crustacea", entre outras.

Após sintetizar os dados essenciais, foram realizados os cálculos para a estimativa de abundância, tamanho, biovolume, biomassa (Marcolin et al., 2015). A abundância do zooplâncton foi estimada em organismo por metro cúbico (org.m⁻³). O número total de organismos encontrados na amostra, após a conversão em relação a fração e/ou diluição da subamostra, foi dividido pelo volume de água do mar filtrado pela rede, medido pelo fluxômetro. A contribuição de cada táxon na amostra para a abundância total do zooplâncton foi expressa pela abundância relativa (%), que foi calculada através da proporção entre o número de indivíduos obtidos por táxon e o número total encontrado na amostra multiplicado por 100.

Para estimar o biovolume (mm³.m⁻³) foi utilizado as medidas dos eixos maior e menor referente ao tamanho corpóreo de cada indivíduo. Esses valores são gerados em pixel e são convertidos em 1 pixel: 10.58 µm (GROSJEAN et al., 2004). A seguinte fórmula foi utilizada para estimar o volume de organismos elipsóides (GORSKY ET AL., 2010):

$$V = 4/3 \times \pi \times a^2 \times b$$

Onde, a = eixo menor, b = eixo maior. Para estimar o biovolume por metro cúbico (mm³.m⁻³), o valor foi dividido pelo volume filtrado. A biomassa foi calculada através do peso em carbono estimado em cada grupo taxonômico usando equações de regressão que relacionam o tamanho, a área ou o biovolume dos organismos (Tab. 1) (Marcolin et al., 2015).

Na análise estatística foi feito uma análise de agrupamento para medir as similaridade através do método de Bray-Curtis (abundância) da composição zooplânctônica, utilizando o método de ligação UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean) que obteve os maiores valores do coeficiente de correlação cofenética (0,95)

Tabela 1 – Equações de regressão para cálculo de biomassa dos diferentes grupos taxonômicos.

Grupo	Equação
Foraminifera	$V \times 89$
Bryozoa	$43.38 \times A^{1.54} \times 0.432$
Echinodermata	$43.38 \times A^{1.54} \times 0.432$
Copepoda	$45.25 \times A^{1.59} \times 0.455$
Cladocera	$43.97 \times A^{1.52} \times 0.481$
Polychaeta	$43.38 \times A^{1.54} \times 0.299$
Ostracoda	$99.46 \times A^{1.28} \times 0.369$
Mollusca	$43.38 \times A^{1.54} \times 0.227$
Peracarida	$49.58 \times A^{1.48} \times 0.407$
Chaetognatha	$23.45 \times A^{1.19} \times 0.283$
Decapoda Euphausiacea	$49.58 \times A^{1.48} \times 0.407$
Siphonophora	$43.17 \times A^{1.02} \times 0.109$
Other Cnidaria	$43.17 \times A^{1.02} \times 0.072$
Thaliacea	$0.3396 \times A^{2.642}$
Appendicularia	$2.62 \times 10^{-8} \times L_{TR}^{2.83}$

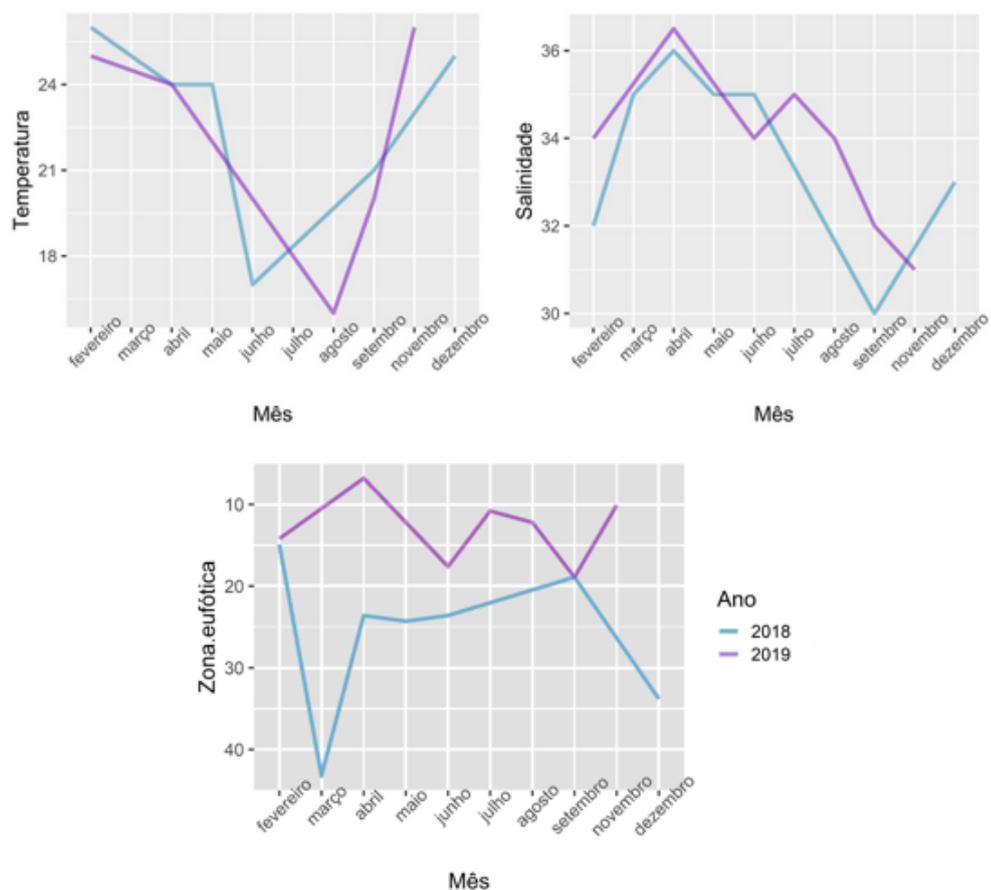
A: área (mm^2); *V*: biovolume (mm^3/m^3); L_{TR} : Feret

Fonte: Marcolin et al (2015)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos meses de inverno e outono, a temperatura registrada foi menor que 20°C e a salinidade menor ou igual a 35 (Junho/ 2018 e 2019, Julho e Agosto/ 2019), sugerindo a influência da Água da Pluma do Prata (APP), que usualmente é encontrada na área no outono/ inverno (Freire et al., 2017; MAArE, 2017, Menezes et al., 2019). Abril de 2018 e 2019 foram os únicos meses com águas quentes (> 24°C) e salinas (> 36), correspondendo aos índices termohalinos da Água Tropical (AT). Em Fevereiro, Março e Dezembro/ 2018 e Fevereiro e Novembro 2019, a água superficial esteve muito quente (> 25°C) e pouco salina (32 a 35), provavelmente devido ao maior aporte pluvial e aporte de água doce no verão, também registrada em MAArE (2017) nos anos anteriores. Os outros meses apresentaram características intermediárias, oriunda da mistura de águas de diferentes origens, típicas da Água Subtropical de Plataforma (ASTP).

Figura 3 – Variação temporal das variáveis abióticas no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO do Arvoredo).



Fonte: Autor (2022).

O ano de 2018 teve uma zona eufótica mais profunda (Fig. 3) em comparação com 2019, com cinco meses ocupando toda a profundidade local (20m), e isso pode estar relacionado com as menores abundâncias de diatomáceas registradas ao longo de 2018 (Fig. 6). Com mais luz penetrando em maior profundidade e pouca turbidez, pode ser que neste ano, as diatomáceas preferiram camadas mais profundas em busca de nutrientes e proteção da luminosidade, não sendo capturadas e/ou sendo registradas em baixas concentrações nos arrastos de subsuperfície em 2018. Por outro lado, no ano seguinte, a zona eufótica estava mais rasa (Fig. 3), indicando que teve mais mistura e turbidez, e conseqüentemente mais nutrientes disponíveis na cama de superfície, contribuindo para as grandes abundâncias registradas para as diatomáceas neste ano. Dessa forma, a produção primária e secundária se concentrou nessa estreita faixa, e isso explica talvez, porque neste ano a comunidade de diatomáceas e conseqüentemente, do zooplâncton, são na maior parte dos meses, mais abundante de Fevereiro a Novembro de 2019 (Fig. 6). Essa zona eufótica estreita, pode estar associada aos aportes costeiros, que enriquecem a costa de Santa Catarina principalmente com fosfatos e nitratos (BODIN et al., 2019).

As diatomáceas do gênero *Coscinodiscus* apresentaram uma abundância relativa alta e estável em 2019 do verão até o inverno (Fevereiro à Agosto), entretanto em 2018 os meses de Março e Abril tiveram uma baixa dominância. Do final da primavera ao verão (Agosto a Fevereiro), a população oscila muito mensalmente, com picos de Diatomácea em Agosto e Novembro 2019 (47% e 61%, respectivamente) e a população reduz a valores menores que 3% nos meses que os intercalam (Setembro e Dezembro), aumentando novamente em Fevereiro 2019 (72%) (Fig. 4). A presença de *Coscinodiscus* já foi verificada por Talgatti (2010) em região próxima do Calhau de São Pedro, e Nagai et. al. (1996) observaram que essas diatomáceas podem ficar repousando no sedimento como células vegetativas por vários meses e reentram na coluna d'água com a agitação das marés, e caso as condições do ambiente sejam favoráveis em termos de luz e nutrientes, conseguem crescer novamente.

No final do verão (Março de 2018), ocorreu uma mudança na população das diatomáceas, onde houve um declínio acentuado de sua abundância (20%) e um grande aumento no número de copépodes e os outros grupos do zooplâncton (cerca de 70% e 10%, respectivamente) (Fig. 4), esse mesmo aumento foi visto no biovolume (Fig. 5) e também no tamanho corporal dos copépodes (média de tamanho corporal 0,7 mm, Fig. 11). Esse aumento na concentração de copépodes pode estar associado à influência do avanço da Água da Pluma da Prata no inverno na região, que é um importante processo de enriquecimento e fertilização da plataforma interna e intermediária de Santa Catarina, aumentando a produção primária e secundária no inverno (BORDIN et. al., 2019).

Figura 4 – Abundância relativa do mesoplâncton, diatomáceas, copépodes e outros grupos taxonômicos do mesozooplâncton, no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO Arvoredo).

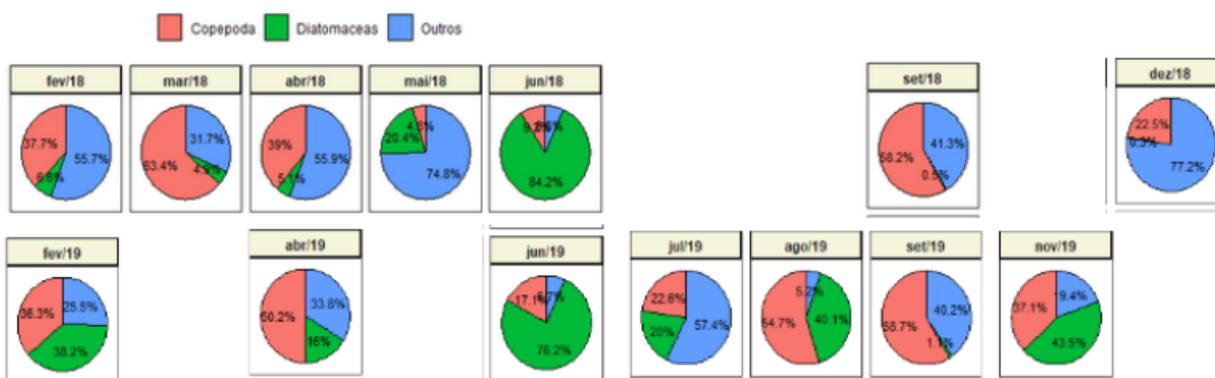


Fonte: Autor (2022).

No início do outono (Abr/2018), a comunidade de copépodes é dominante, mas sofre um declínio abrupto no final da estação e início do inverno (Jun/2018), onde as diatomáceas dominam com mais de 70% da abundância relativa (Maio e Junho de 2018) (Fig. 4). Porém, nesses dois meses a dominância do fitoplâncton só é numérica e não se reflete em termos de biovolume, visto que em Maio e Junho de 2018 há um grande aumento do Grupo Outros (Fig. 5) e este aumento no biovolume se deve à presença de organismos gelatinosos grandes, representados por quetognatos e uma ocorrência do Hidrozoário *Liriope tetraphylla* (Fig. 8). Os copépodes são o táxon mais abundantes na maioria dos ecossistemas marinhos globais, variando de 50 a 95% de todo o zooplâncton, sendo mais dominantes nos oceanos polares e em plataformas continentais de latitudes médias e nas plataformas continentais, podem sofrer variação sazonal (LONGHURST, 1985).

Nos meses de inverno (Julho e Agosto) os copépodes seguem um padrão de crescimento em abundância, tendo um pico de 75% no início da primavera (Set/19), e logo após, uma queda abrupta de 27% no final da estação (Nov/19), seguido de um rápido crescimento populacional para 45% no início do verão (Dez/18) (Fig. 3). Esse padrão de crescimento é semelhante também no biovolume desse grupo (Fig. 5), onde observa-se um aumento de biovolume de copépodes do inverno até o final da primavera (Julho a Setembro 2019), tendo uma redução gradativa nos meses quentes (Novembro e Dezembro).

Figura 5 – Biovolume relativo do mesoplâncton, diatomáceas, copépodes e outros grupos taxonômicos do mesozooplâncton, no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO Arvoredo).



Fonte: Autor (2022).

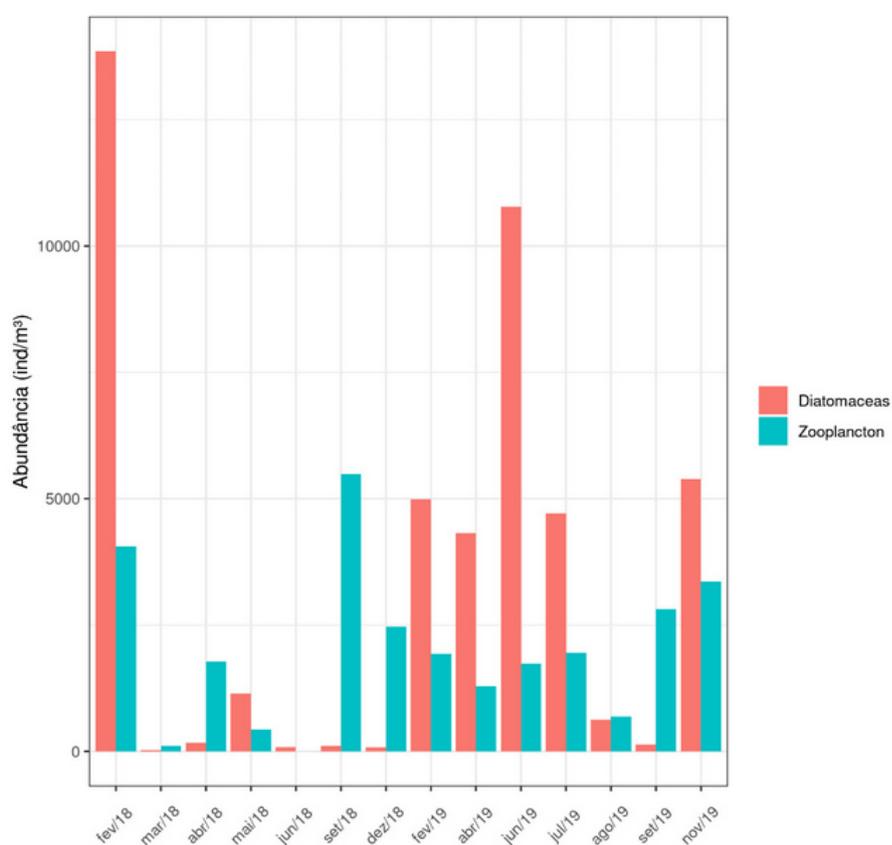
Ao analisar a abundância total de Diatomáceas e Zooplâncton (Fig. 6), no início do ano (Fev/18), ocorreu a maior abundância do fitoplâncton (cerca de 14 mil ind./m³) e a segunda maior do Zooplâncton (4 mil ind./m³), porém apesar dessa grande abundância, as Diatomáceas não tiveram destaque no biovolume deste mês (Fig. 5), isso ocorre em grande parte pela influência de copépodes e organismos gelatinosos (quetognatos e apendiculários) de grande biovolume corporal (Fig. 9), que tipicamente tem um grande impacto no biovolume da comunidade do mesozooplâncton (Fig. 7). Em adição, em Fevereiro de 2018 e Fevereiro a Julho de 2019, onde ocorreram as maiores concentrações de diatomáceas, foram os meses onde houveram a maior abundância total (Fig. 4), onde ocorreram os maiores picos de fitoplâncton (>10 mil ind./m³ em Fev/18 e Jun/19) e nos outros meses de inverno, variando em média 5 mil ind./m³ (Fig. 6).

A abundância total do zooplâncton apresentou uma dinâmica sazonal bem marcada (Fig. 6), e em geral, o ano de 2019 teve média anual muito maior do que 2018 (exceto fev/2018). No início do verão (Fev/18) a abundância é alta e cai gradativamente até final do outono (Mai/18) onde inicia um novo crescimento até completar o ciclo, com um pico no inverno (Set/18). Em seguida, no início na primavera (Set/18) até final do verão (Abr/19), volta a crescer até o final da primavera do próximo ano (Nov/19). Essa dinâmica sazonal também pode ser observada em termos abundância relativa (Fig. 4), de tamanho corporal dos organismos gelatinosos (quetognatos e apendiculários) e nos copépodes (Fig. 9 e Fig. 11).

O estudo de Brandini et. al. (2014) propôs um modelo de loop hidrodinâmico de circulação das diatomáceas ao longo da plataforma continental de Santa Catarina. Nesse modelo, sugeriram que, ocorre a ressuspensão de diatomáceas no verão pelas mistura de maré e de ondas, com a predominância de ventos nordeste, as células

são levadas para longe da costa através do transporte de Ekman. Afastadas da costa, encontram águas mais pobres em nutrientes e afundam até a camada da zona eufótica mais profunda. Entretanto, existe limitação de luz e por isso, afundam para camadas ainda mais profundas, ficando em estado vegetativo até ocorrer uma nova intrusão da Água Central do Atlântico Sul. Este modelo proposto por Brandini et. al. (2014), poderia explicar a ausência observada de um ano para outro (Fevereiro de 2018 até Fevereiro de 2019), visto que as diatomáceas podem sobreviver por muitos anos em camadas sedimentares escuras (Lewis et. al. 1999), e corrobora com a escala temporal observada neste estudo.

Figura 6 – Abundância total de Diatomáceas e mesozooplâncton no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO Arvoredo).



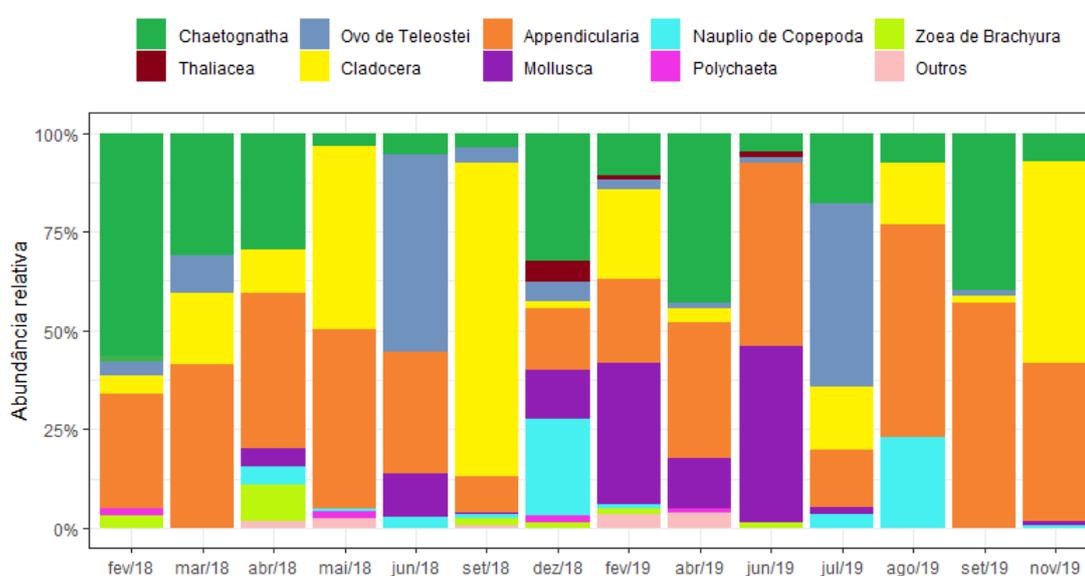
Fonte: Autor (2022).

No verão, Freire et. al., (2017) verificaram que altas temperaturas e baixa concentração de nutrientes na superfície favoreceu a presença de organismos gelatinosos na mesma região, como quetognatos e Thaliacea. No Calhau de São Pedro também foi observado que os quetognatos tiveram maior abundância no verão (Fev a Abril de 2018) com valores que variaram entre 25% até 50% da abundância relativa e isso refletiu também no biovolume (Fig. 5 e Fig. 8). No outono e final de inverno de 2018 (Maio a Setembro) os quetognatos pouco contribuíram para a abundância relativa,

devido à picos de cladóceros, apendiculários e ovos de teleostei (peixes ósseos) que dominaram o ambiente nesse período, porém foram relevantes no biovolume (Fig. 8) apesar de terem pouca abundância.

Em Dezembro de 2018 até Novembro de 2019, a abundância relativa dos quetognatos oscilou entre um mês e outro, somando mais de 40% e apenas 5% em outros. Esta variação temporal também foi verificada a o biovolume (Fig. 8), se assemelhando com o de abundância, começando em Fev/18 e terminando em Nov/19. É importante ressaltar que em muitos meses a contribuição dos quetognatos foram maior 30% do biovolume, em alguns casos chegando a mais de 50% e Pierrot-Bults (1996) estima uma transferência entre 10 a 30% da biomassa dos copépodes são transferidas para os quetognatos, e de fato, na maior parte dos meses que houve maior abundância e tamanho dos copépodes (Fig. 10 e Fig. 11), os quetognatos responderam positivamente nessas variáveis também (Fig. 7 e Fig. 9), indicando uma relação trófica entre esses dois táxons.

Figura 7 – Abundância relativa dos principais grupos taxonômicos do mesozooplâncton (sem Copepoda) no Calhau de São Pedro em 2018 e 2019 (REBIO Arvoredo).



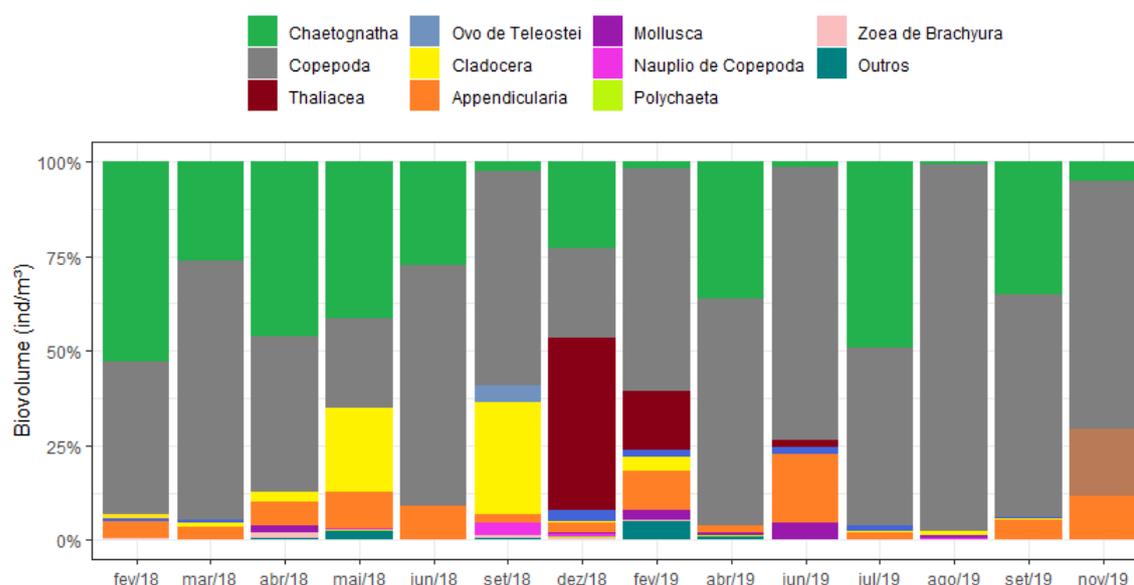
Fonte: Autor (2022).

Assim como os quetognatos, os apendiculários também são importantes em todas as amostragens, expressando em vários meses uma abundância relativa superior a 40% (Fig. 7). É importante comentar também, que nos meses em que esse grupo teve sua abundância comprimida, isso ocorreu em virtude de um salto na abundância de um táxon não muito frequente. Foi o caso de Setembro de 2018 (cladóceros com cerca de 90%), Dezembro de 2018 (Moluscos e Náuplio de Copépodes com cerca

de 40%), Fevereiro de 2019 (cladóceros e moluscos somaram mais de 50%) e em Junho de 2019 (cladóceros e ovo de teleostei somaram mais de 50%). Dos táxons pouco frequentes citados acima, o único que influenciou em relação ao biovolume foi o cladocera (Set/18 e Nov/19) onde apresentaram um biovolume de cerca de 30% e 20% respectivamente (Fig. 8).

Estudos apontam que os cladóceros apresentam de fato, baixa abundância na maioria dos ambientes de latitudes média e tropicais e a maioria dos estudo referem-se a picos sazonais de alta abundância em regiões neríticas, muitas vezes logo após florações de fitoplâncton (LONGHURST, 1985), entretanto, essa associação com picos de diatomáceas seguidos de picos de cladóceros só foi visto em um mês (Nov/19) (Fig. 6 e Fig. 7).

Figura 8 – Biovolume relativo dos principais grupos taxonômicos do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).



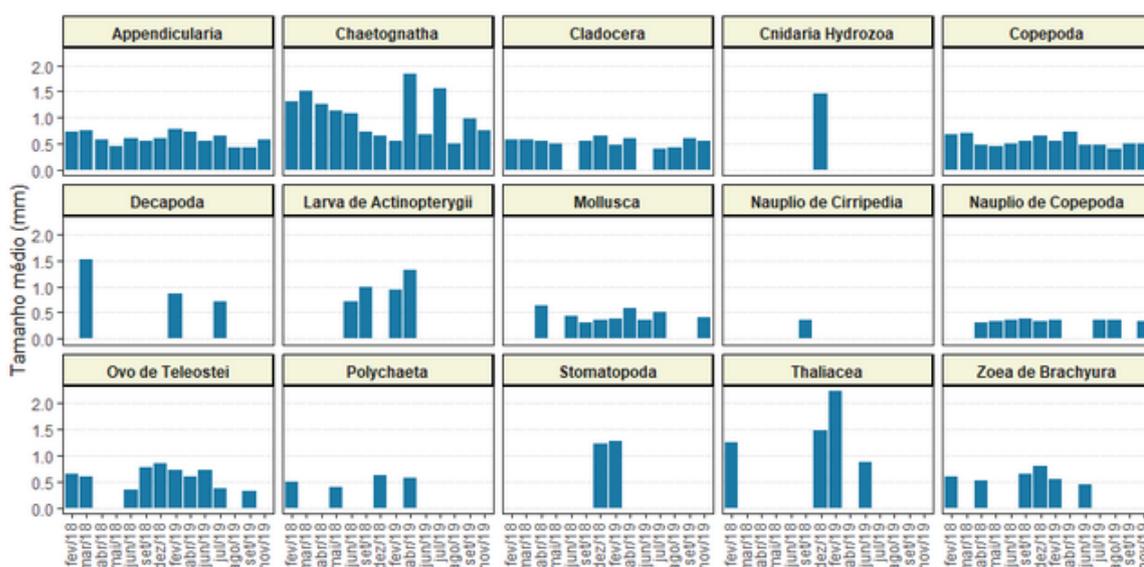
Fonte: Autor (2022).

Os moluscos são menos abundantes que os cladóceros em plataformas continentais de latitude média e em baías geralmente formam de 2-5% da abundância e relativamente o mesmo valor de biomassa (LONGHURST, 1985), valores similares foram obtidos aqui. No Calhau de São Pedro chegou a mais de 40% da abundância relativa em alguns meses (Fevereiro e Junho de 2019)(Fig. 7), porém apesar do grande número, não influenciam no biovolume (Fig. 8). Isso ocorre porque são organismos compactos, pouco volumosos e com carapaças de carbonato de cálcio, pesadas, e dessa forma contribuem significativamente em relação à biomassa (Fig. 13), onde no inverno (Jun/18), mês com baixa abundância de Copépodes e Quetognatos (Fig. 7 e

Fig. 12), puderam se destacar representando 50% da biomassa, mesmo com poucos indivíduos em relação aos demais.

A dinâmica sazonal da abundância foi similar nas outras variáveis analisadas, biovolume (Fig 8), tamanho corporal (Fig. 9) e biomassa (Fig. 13), entretanto, a importância dos grupos taxonômicos variam consideravelmente. Quanto a influência que cada grupo taxonômico faz na comunidade, percebe-se logo de início que os copépodes são o grupo mais importante no biovolume zooplancônico relativo (Fig. 8), pois dominam ao longo da série temporal com no mínimo 40% de biovolume. Isso é esperado, visto que são o grupo mais abundante. Secundariamente, o grupo mais importante em termos de biovolume são os quetognatos, pois são grandes organismos gelatinosos (média anual de 1,2 mm ESD) (Fig. 9). O estudo de Gonçalves (2018) registrou quetognatos adultos na região do Calhau de São Pedro, com tamanhos superiores a 10 mm ESD (indivíduos adultos), que não foram encontrados no presente estudo, porém, na sua análise a classe de tamanho mais frequente foi entre 2 a 4 mm ESD (indivíduos juvenis), se assemelhando aos resultados obtidos aqui. Em adição, (LIANG et. al., 2012), concluíram em Ubatuba a presença de indivíduos juvenis no ano todo independentemente da região e da estação e que a presença de maiores concentrações de juvenis está associada a condições hidrológicas, como a intrusão da ACAS e estratificação da coluna d'água no verão.

Figura 9 – Variação do tamanho médio do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO do Arvoredo).



Fonte: Autor (2022).

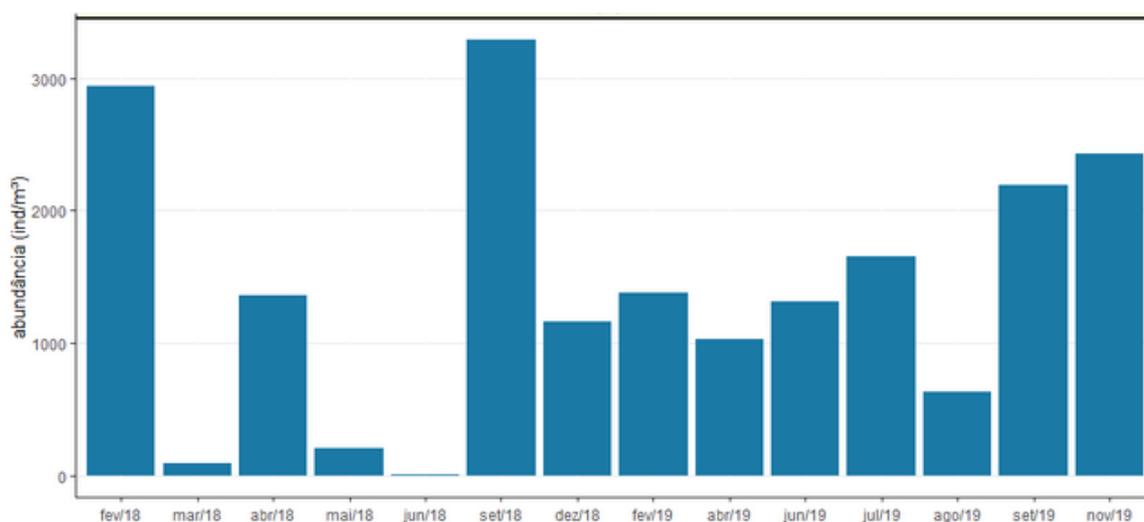
Os apendiculários tiveram uma participação grande também no biovolume, em virtude de dois fatores: são organismos abundantes numericamente no ano todo (Fig. 7)

e também por apresentarem um tamanho corporal elevado, com uma média anual superior a 0,55 mm ESD (Fig. 9). Porém, apesar de representar um grande biovolume, são organismos que apresentam pouquíssima biomassa (Fig. 13), isso ocorre em função de serem organismos gelatinosos que adquirem seu alimento usando uma estrutura mucosa chamada de 'casa', e ao longo do tempo o animal secreta mais muco para formar uma nova casa, descartando assim a antiga. Essa substituição ocorre com bastante frequência, podendo acontecer várias vezes no mesmo dia, e (SATO et. al., 2001) observaram em condições laboratoriais que a produção diária de casas corresponde a 130-290% da biomassa e os materiais descartados diariamente (pelotas fecais e muco) correspondiam a 490-1100% da biomassa total desses organismos, disponibilizando uma grande quantidade de agregados macroscópicos para a comunidade zooplanctônica e ocupando um importante papel nos ecossistemas marinhos.

O táxon Thaliacea teve importância no verão, nos meses de Dezembro de 2018 e Fevereiro de 2019, e apesar de pouco abundantes, influenciaram na dinâmica do biovolume desses meses (Fig. 8), que também foram expressivas (cerca de 40% em Dez/18), essa expressividade se refletiu na biomassa também, porém em menor percentual (cerca de 20%)(Fig.13). Esses organismos possuem grande tamanho corpóreo (Fig. 9) e influenciam bastante na dinâmica do ambiente quando aparecem, por serem volumosos e pesados e essa presença no verão também foi observada por Menezes Et. al., (2019) na mesma região.

Analisando a abundância total dos copépodes, percebe-se que ela flutuou ao longo dos meses alternando entre crescimento e declínio, apresentando dois picos bem evidentes, um no verão e outro no inverno com média de 3 mil ind/m³ nos dois meses (Fev/18 e Set/18). Nesses dois meses os copépodes também são bastante influentes em termos de biomassa, contribuindo com mais de 50% (Fig. 13), o biovolume porém, não foi tão expressivo quanto poderia em Fevereiro, pois nesse mês os grandes quetognatos estavam em grande abundância (Fig. 7), e possivelmente, estes copépodes poderiam estar sendo predados por esse grupo. O estudo de Liang e Vega-Pérez (2002), analisou o conteúdo estomacal dos quetognatos e verificou que a maior parte era de copépodes, porém tinham uma grande gama de grupos taxonômicos (quetognatos, apendiculários e cladóceros), indicando que possam ter hábitos alimentares oportunistas, de acordo com a disponibilidade alimentar.

Figura 10 – Abundância de Copepoda em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).

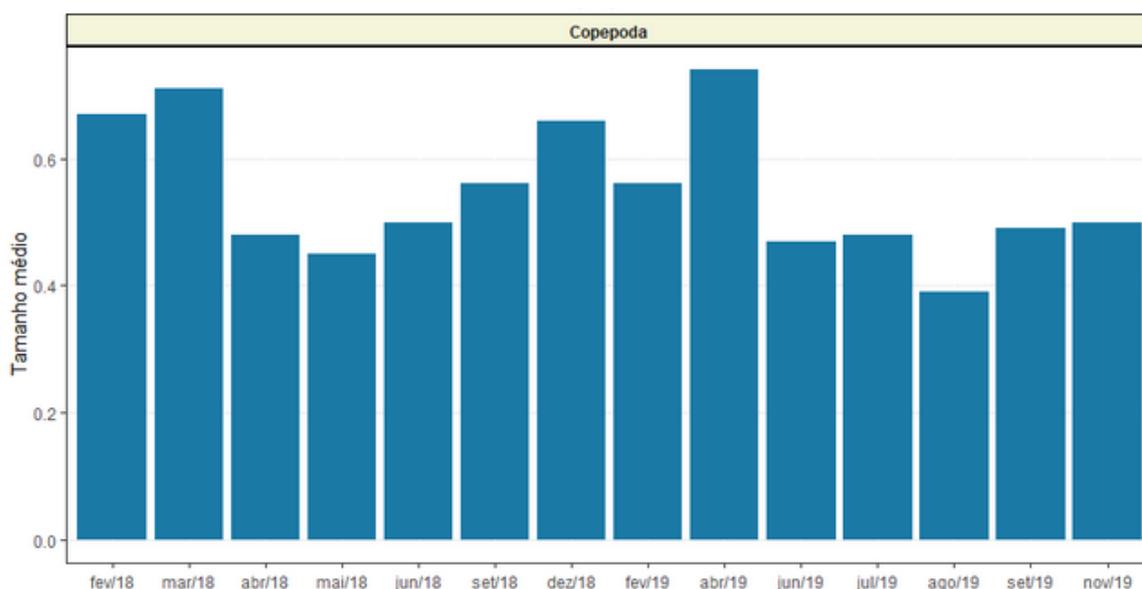


Fonte: Autor (2022).

Os meses com menor abundância de copépodes ocorreram no final de verão (Mar/18) e na transição entre outono/inverno (Maio e Junho de 2018). Nesses meses ocorreram densidades bem atípicas em comparação aos outros meses (97 ind./m³ e 3,7 ind./m³), porém a dinâmica zooplanctônica manteve a característica usual, com dominância dos copépodes em abundância relativa, biovolume e biomassa (Fig. 7, Fig. 8 e Fig. 13). Percebe-se também um padrão cíclico na abundância dos copépodes, como foi observado para a abundância total (Fig. 6) e também na variação sazonal do tamanho corpóreo desses organismos (Fig. 10).

Essa variação sazonal ocorre em virtude da complexidade do ambiente, que é afetado por diferentes massas d'água e sofre constante influência de ventos que alteram a circulação de nutrientes na coluna d'água, afetando a composição mesoplânctônica do local. O tamanho médio dos copépodes ao longo dessa série temporal foi de 0,65 mm ESD, os maiores indivíduos foram nos meses quentes (verão e início de outono) e os menores, em meses frios e de transição (inverno e meio de outono), valores muito próximos dos obtidos por (MARCOLIN et. al., 2015) em Ubatuba, local em que os copépodes apresentaram uma média 0,47 mm ESD de tamanho corporal e biomassas menores no inverno também (Fig. 12).

Figura 11 – Variação do tamanho médio de Copepoda em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).



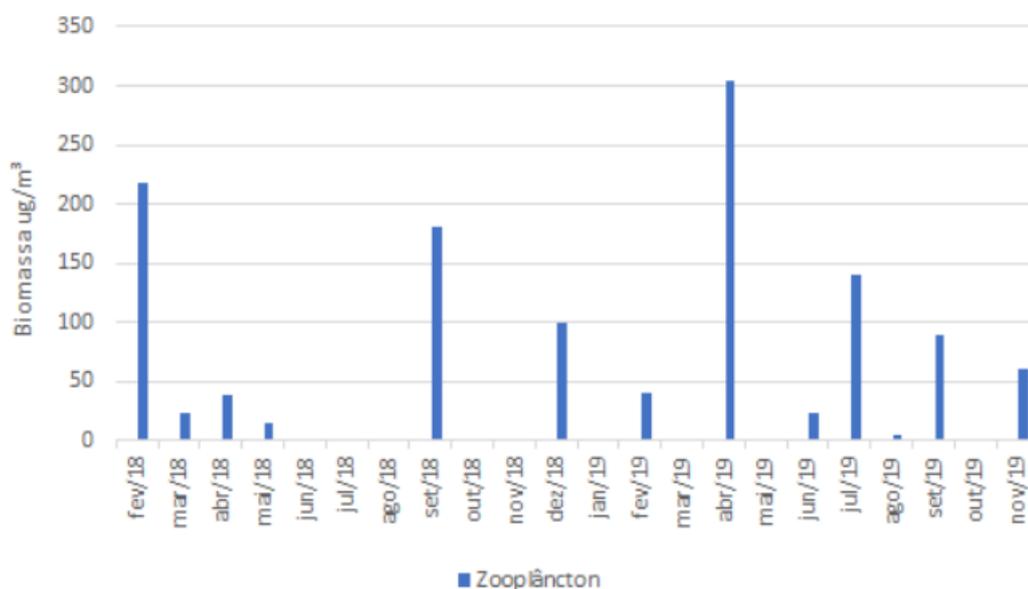
Fonte: Autor (2022).

No geral, em termos de biomassa total do zooplâncton, os maiores valores ocorreram nos meses quentes e no inverno (Fev/18, Set/18 e Abr/19) onde apresentaram uma média superior a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Os valores aumentados de biomassa nesses meses pode ser explicado pela alta concentração de copépodes e quetognatos de elevado tamanho corporal Fig. 9).

A variação da biomassa do zooplâncton seguiu um padrão anual, com períodos de crescimento e períodos de declínio, semelhante ao padrão de abundância dos copépodes e dos grandes predadores quetognatos, indicando uma possível relação trófica entre esses grupos. Esse padrão oscilatório da biomassa foi observado em Ubatuba no estudo de Marcolin et. al., (2015), onde verificaram a influência das intrusões da ACAS na estrutura de tamanho do local e foi constatado um aumento significativo da biomassa do zooplâncton pequeno (copépodes e apendiculários) quando ocorriam as intrusões. A região da REBIO do Arvoredo também está sob a influência da mesma corrente além de sofrer aportes costeiros, indicando que possivelmente os meses de maiores abundância e biomassa poderia estar associado a maior produção primária e ao beneficiamento dos copépodes e apendiculários sob essas condições.

Os meses em que ocorreram as menores biomassas zooplanctônicas foram no inverno (Maio e Junho de 2018 e Junho e Agosto de 2019), isso está diretamente relacionado com as baixas abundâncias e biovolume que ocorreram nesses meses (Fig. 6 e Fig. 8).

Figura 12 – Variação da biomassa total do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).

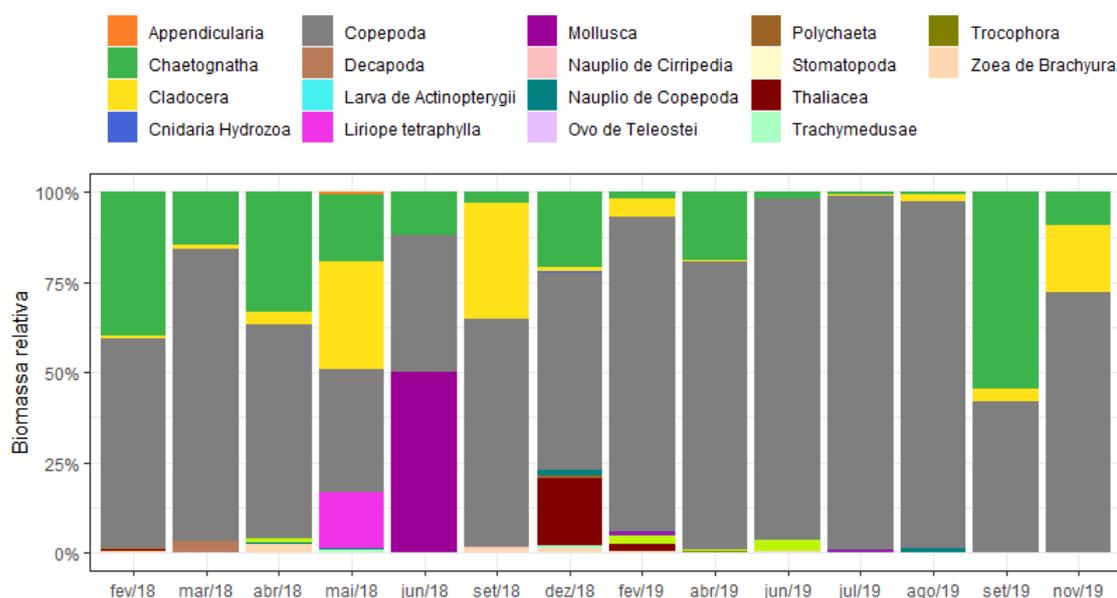


Fonte: Autor (2022).

Os copépodes tiveram a maior contribuição na biomassa no entorno da REBIO do Arvoredo com mais de 50% ao longo de toda a série temporal assim como observado em outros estudos (MARCOLIN et. al., 2015; GONÇALVES, 2018), com exceção no inverno de 2018 (Maio e Junho), onde apresentaram cerca de 30%, pois ocorreram picos de cladóceros, moluscos e uma ocorrência da hidromedusa *Liriope Tetraphylla* (Fig. 13). Porém o inverno seguinte (Junho a Agosto) teve uma biomassa alta e estável de copépodes, com mais de 90%, e em estudos prévios já foi verificada que uma comunidade bem estabelecida de diatomáceas e copépodes herbívoros habitavam as águas frias do local (Meneses et. al., 2019) corroborando com a concentração alta e estável das diatomáceas observadas no inverno do mesmo ano (Fig. 6).

O estudo de Freire (2017) mostrou que durante o verão as altas temperaturas e poucos nutrientes favorecem a presença de organismos gelatinosos, como o carnívoro chaetognatha e os filtradores Thaliacea. Esse mesmo padrão foi verificado no Calhau de São Pedro (Fig. 13), os quetognatos contribuíram significativamente em biomassa nos dois verões, e o táxon Thaliacea teve um pico de em Dezembro de 2018. Em Ubatuba (MARCOLIN et. al., (2015), observou um padrão similar, onde os quetognatos contribuíram significativamente na biomassa total zooplancônica ao longo do ano em virtude do seu tamanho individual e estes organismos se alimentavam principalmente de pequenos copépodes e de apendiculários.

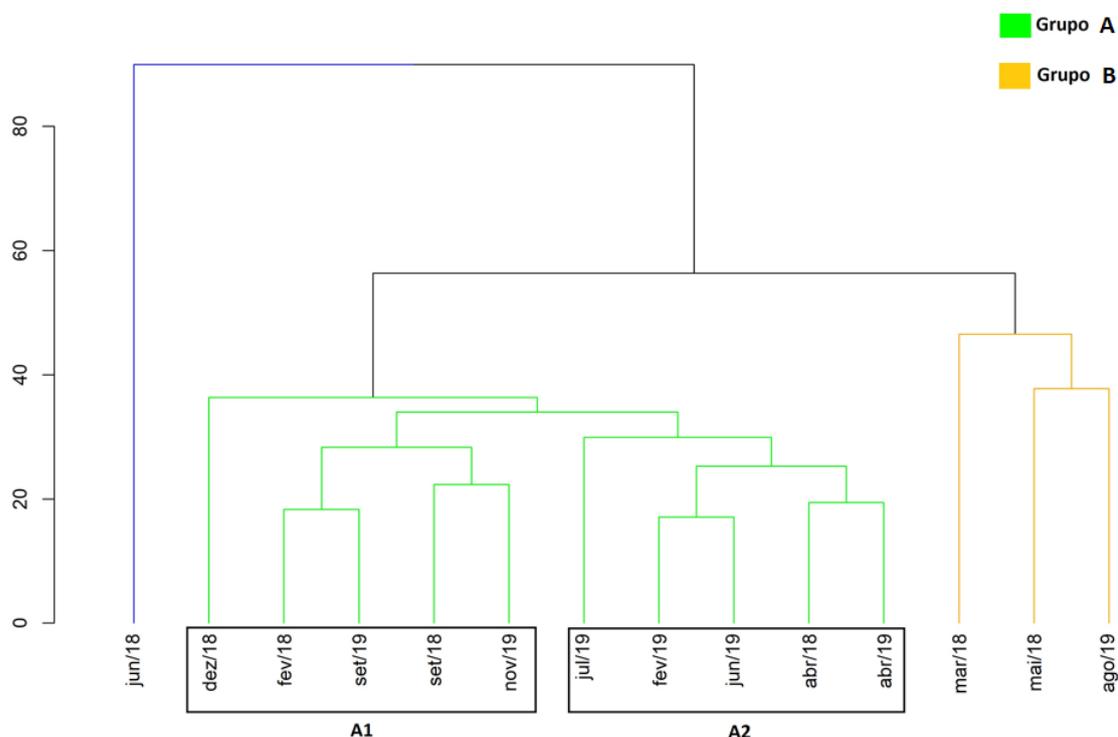
Figura 13 – Variação da biomassa relativa do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).



Fonte: Autor (2022).

Na análise de agrupamento (Fig. 14) foi medida a similaridade entre os meses em relação a abundância e composição zooplânctônica e assim, formaram-se 2 grupos distintos. O mês de Junho de 2018 não fez parte de nenhum grupo e ficou isolado, pois apresentou a menor abundância total (3,74 ind./m³) (Fig. 9) e houve picos de Ovos de Teleósteos e larvas de moluscos que alteraram a composição neste mês (Fig. 7). Neste mês houve baixíssima abundância de *Coscinodiscus* (Fig. 6) apesar da sua dominância (84%) (Fig. 4) e copépodes de pequeno tamanho (Fig. 11). Esses dados mostram a limitação pontual da produção primária e secundária pela presença da APP (T = 17°C e S = 35), ao mesmo tempo que ocorrem picos reprodutivos.

Figura 14 – Análise de agrupamento da abundância dos principais grupos taxonômicos do mesozooplâncton em 2018 e 2019 no Calhau de São Pedro (REBIO Arvoredo).



Fonte: Autor (2022).

O primeiro grupo foi formado pelos meses de outono de 2018 (Março e Maio) e inverno de 2019 (Agosto) onde também ocorreu baixa abundância total de pequenos copépodes (Fig. 10 e Fig. 11), com média de 140 ind./m³ e teve uma ocorrência elevada de cladóceros (Fig. 7). Esses meses tiveram baixa abundância de diatomáceas (Fig. 6) e abundância relativa de diatomáceas muito variada (Fig. 4). Esse grupo evidencia a complexidade do sistema diante da presença da ASTP e APP.

O segundo grupo formou dois subgrupos(A1 e A2), o subgrupo A1 englobou as quatro maiores abundâncias observadas na série temporal, no verão e primavera de 2018 (Fevereiro, Setembro e Dezembro) e primavera de 2019 (Setembro e Novembro de 2019) respectivamente por ordem de similaridade. As estações de 2018 tiveram abundância total de copépodes em média de 3 mil ind./m³ e as do ano seguinte tiveram média de 2300 ind./m³ (Fig. 10). Esses foram os meses onde os dados de salinidade evidenciam a influência dos aportes costeiros e que proporcionalmente as diatomáceas foram menos dominantes (Fig. 5).

O subgrupo A2 foi formado pelos meses de verão e outono (Dez/18 e Fev/19, Abr/2018 e Abr/19) e os meses de inverno (Junho a Agosto de 2019), essas essa

estações apresentaram abundância total de copépodes altas também, com média de 1200 ind./m³. É importante ressaltar que o grupo 1 e 2 ficaram mais distintos dos demais, pois apresentaram altas concentrações de diatomáceas na amostra e precisaram ser fracionadas mais vezes, o que pode ter ocasionado um problema de subamostragem do dessas amostras em relação ao zooplâncton nesses meses (Março e Junho de 2018). Esse grupo mostra que águas muito produtivas em termos de zooplâncton ou diatomáceas podem ocorrer igualmente na presença de APP, ASTP ou aportes costeiros.

4 CONCLUSÃO

Este é o primeiro trabalho que considera os diferentes dados quantitativos de forma comparativa para entender o papel do mesozooplâncton conjuntamente com as diatomáceas de grande porte *Coscinodiscus* na região costeira de Santa Catarina. A complexidade da comunidade do mesoplâncton foi descrita através da grande variabilidade interanual de fatores ambientais e o impacto gerado na comunidade mesozooplanctônica, quantificando a mudança na composição taxonômica em termos de abundância, biovolume, biomassa e tamanho corporal. A oceanografia no entorno da REBIO do Arvoredo demonstrou grande variabilidade entre verão e inverno. O verão teve característica ambiental heterogênea, com abundância de diatomáceas superando a de copépodes, maior abundância e biomassa de copépodes de grande tamanho associados às diatomáceas *Coscinodiscus* e população elevada de predadores quetognatos relacionados aos copépodes herbívoros. As diatomáceas tiveram um grande intervalo na abundância total entre um verão e o outro, o que pode ser explicado pelo loop hidrodinâmico de circulação das diatomáceas proposto por Brandini et. al. (2014), e isso gerou baixas concentrações de zooplâncton no ano de 2018, retomando apenas em setembro com pico de copépodes, cladóceros e ovos de peixe, associado ao avanço da Água da Pluma do Prata. A existência de dados biológicos quantitativos diferentes evidenciaram a existência de um sistema muito complexo, onde a interação dos componentes biológicos com os processos oceanográficos mostra a estrutura de comunidades planctônicas muito instáveis sazonalmente. Estudos futuros necessitam de uma análise estatística mais profunda para correlacionar adequadamente a singularidade das variações temporais de cada grupo taxonômico do zooplâncton na REBIO do Arvoredo.

REFERÊNCIAS

BAUTISTA, B; HARRIS, Rp. Copepod gut contents, ingestion rates and grazing impact on phytoplankton in relation to size structure of zooplankton and phytoplankton during a spring bloom. **Marine Ecology Progress Series**, [S.L.], v. 82, p. 41-50, 1992. Inter-Research Science Center. <http://dx.doi.org/10.3354/meps082041>.

BOLD, H. C., 1985. Introduction to the algae: Structure and Reproduction. Ed.:2ª. Prentice-Hall, Inc. New Jersey

CAMPELO, Renata Polyana de Santana. ECOLOGICAL ASPECTS OF MESOZOOPANKTON IN MARINE PROTECTED AREAS OF THE TROPICAL SOUTHWESTERN ATLANTIC. 2019. 166 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

CAVALCANTI, E. A. H.; NEUMANN-LEITÃO, S.; VIEIRA, D. A. N. Mesozooplâncton do sistema estuarino de Barra das Jangadas, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 3, p. 436-444, 2008

CHIBA, Sanae *et al.* Zooplankton monitoring to contribute towards addressing global biodiversity conservation challenges. **Journal Of Plankton Research**, [S.L.], v. 40, n. 5, p. 509-518, 25 ago. 2018. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fby030>.

FIGUEIREDO, Gabriela Guerra Araújo Abrantes de; SCHWAMBORN, Ralf; BERTRAND, Arnaud; MUNARON, Jean-Marie; LOC'H, François Le. Body size and stable isotope composition of zooplankton in the western tropical Atlantic. **Journal Of Marine Systems**, [S.L.], v. 212, p. 103449, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103449>.

FREIRE, Andrea Santarosa *et al.* O ambiente Oceanográfico. In: SEAGAL, Barbara. **Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno**. Florianópolis: Ufsc/maare, 2017. p. 158-199.

GONÇALVES, Gabriel. **ANÁLISE DA COMUNIDADE PLANCTÔNICA NA REGIÃO DA REBIO DO ARVOREDO (~27.3°S, ~48.4°O), COM ÊNFASE EM CHAETOGNATHA EM RELAÇÃO A ESTRUTURA OCEANOGRÁFICA DA ZONA EUFÓTICA**. 2018. 59 f. Tese (Doutorado) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

GORSKY, G.; OHMAN, M. D.; PICHERAL, M.; GASPARINI, S.; STEMMANN, L.; ROMAGNAN, J.; CAWOOD, A.; PESANT, S.; GARCIA-COMAS, C.; PREJGER, F. Digital zooplankton image analysis using the ZooScan integrated system. **Journal of Plankton Research**, v. 32, n. 3, p. 285–303, 2010.

GROSJEAN, P., PICHERAL, M., Warembourg, C. and GORSKY, G. (2004) Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. *ICES J. Mar. Sci.*, **61**, 518–525

JENNINGS, S., WARR, K. J. and MACKINSON, S. (2002) Use of size-based production and stable isotope analyses to predict trophic transfer efficiencies and predator-prey body mass ratios in food webs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 240, 11–20.

KOETTKER, Andréa G.; FREIRE, Andrea S.. Spatial and temporal distribution of decapod larvae in the subtropical waters of the Arvoredo archipelago, SC, Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, [S.L.], v. 96, n. 1, p. 31-40, mar. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0073-47212006000100005>.

LIANG, T. e Vega-Perez, L. (2002). **Distribution, abundance and biomass of Chaetognaths off São Sebastião region, Brazil in February 1994**. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 50(unico), pp.01-12

MAArE (2017) 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. Florianópolis/SC.

MARCOLIN, Catarina R. *et al.* Seasonal and interannual variability of zooplankton vertical distribution and biomass size spectra off Ubatuba, Brazil. *Journal Of Plankton Research*, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 808-819, 6 maio 2015. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/fbv035>.

MENEZES, Bárbara Santos *et al.* Changes in the plankton community according to oceanographic variability in a shallow subtropical shelf: sw atlantic. *Hydrobiologia*, [S.L.], v. 835, n. 1, p. 165-178, 20 mar. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-019-3936-5>.

MISTURINI, Dairana. A REBIO Arvoredo e o projeto MAArE. In: SEAGAL, Barbara. **Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno**. Florianópolis: Ufsc/maare, 2017. p. 142-157.

NAGAI, S., Hori, Y., Miyahara, K., Manabe, T., Imai, I., 1996. Population dynamics of *Coscinodiscus wailesii* Gran (Bacillariophyceae) in Harima-Nada, Seto Inland Sea, Japan. In: Yasumoto, T., Oshima, Y., Fukuyo, Y. (Eds.), **Harmful and Toxic Algal Blooms**. International Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, pp. 239–242.

OUBA A, ABOUD-ABI Saab M, STEMMANN L. Temporal Variability of Zooplankton (2000-2013) in the Levantine Sea: Significant Changes Associated to the 2005-2010 EMT-like Event?. *PLoS One*. 2016;11(7):e0158484. Published 2016 Jul 26. doi:10.1371/journal.pone.0158484

PICHERAL M, COLIN S, IRISSON J-O (2017). EcoTaxa, a tool for the taxonomic classification of images. <http://ecotaxa.obs-vlfr.fr>.

PIERROT-BULTS, A. 1996. Chaetognatha. In: GASCA, R. & E. SUÁREZ (eds). *Introducción al estudio del zooplâncton marino*. ECOSUR/CONACYT, Chetumal, México, p. 529-596.

RÖRIG, L.R., da Silva Tamanaha, M., da Rosa Persich, G., França Schettini, C.A., Trucolo Schettini, E.C. (2018). *Phytoplankton Patterns and Processes in a*

Tropical-Subtropical Transition Region: Santa Catarina Coast, Southern Brazil. In: Hoffmeyer, M., Sabatini, M., Brandini, F., Calliari, D., Santinelli, N. (eds) *Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic*. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-77869-3_13

SATO, Riki *et al.* House Production by *Oikopleura dioica* (Tunicata, Appendicularia) Under Laboratory Conditions. *Journal Of Plankton Research*. Oxford, p. 415-423. jun. 2001.

SEGAL, Bárbara *et al.* **MAArE: Monitoramento ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e entorno**. Florianópolis: Ufsc/maare, 2017. 268 p.

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.

TALGATTI, Dávia. CONSIDERATIONS ABOUT *Coscinodiscus wailesii* (DIATOMEAE) ON THE SANTA CATARINA ISLAND COAST, BRAZIL. **Brazilian Journal Of Oceanography**. Florianópolis, p. 353-358. jul. 2010.