

Flora Balcão Agnelli

**VARIAÇÃO ESPACIAL DA COMUNIDADE DE COPEPODA
(CRUSTACEA) NA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA DO
ARVOREDO (REBIO ARVOREDO) E ENTORNO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de graduação do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina em cumprimento a requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas. Este trabalho teve orientação da Professora Doutora Andrea Santarosa Freire.

Florianópolis

2016

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

Agnelli, Flora

VARIAÇÃO ESPACIAL DA COMUNIDADE DE COPEPODA (CRUSTACEA)
NA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA DO ARVOREDO (REBIO ARVOREDO) E
ENTORNO / Flora Agnelli ; orientadora, Profª Drª Andrea
Santarosa Freire - Florianópolis, SC, 2016.

63 p.

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

Inclui referências

1. Ciências Biológicas. 2. Variação espacial da
comunidade de Copepoda. 3. REBIO Arvoredo. 4. Massas
d'água. I. Santarosa Freire, Profª Drª Andrea. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Ciências Biológicas. III. Título.

Flora Balcão Agnelli

**VARIAÇÃO ESPACIAL DA COMUNIDADE DE COPEPODA
(CRUSTACEA) NA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA DO
ARVOREDO (REBIO ARVOREDO) E ENTORNO**

Florianópolis, 15 de novembro de 2016

Prof^a. Dr^a. Maria Risoleta Freire Marques

Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. ^a, Dr. ^a Andrea Santarosa Freira

Orientadora

ECZ – CCB - UFSC

Dr.^a Cristina de Oliveira Dias

Membro titular (videoconferência)

UFRJ

Dr.^a Melissa Carvalho

Membro titular

UFSC

Prf.^a, Dr^a Alessandra Larissa D. Fonseca

Membro suplente

GCN - CFH - UFSC

AGRADECIMENTOS

No fim deste longo ciclo, que foi minha vida universitária e que se encerra com o meu Trabalho de Conclusão de Curso, eu gostaria de agradecer à minha orientadora Andrea Santarosa Freire, que sempre me incentivou à pesquisa, me deu suporte, confiança e tranquilidade para realizar este trabalho e superar este desafio.

À Universidade Federal de Santa Catarina, que me proporcionou esta experiência maravilhosa que foi cursar Ciências Biológicas.

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica, através da qual fui apresentada ao mundo do plâncton e pela bolsa de intercâmbio dentro do programa Ciências sem Fronteiras, experiência única, muito enriquecedora pessoal e profissionalmente.

Ao projeto de Monitoramento Ambiental da Reserva do Arvoredo e Entorno (MAArE) (UFSC 2012.4412. e UFSC 2015.7758), no qual meu Trabalho de Conclusão de Curso está inserido. À toda equipe envolvida, pois só que participou sabe a complexidade de um projeto dessa magnitude.

À equipe do Laboratório de Crustáceos e Plâncton, que também teve bastante peso na realização do meu trabalho. O técnico Charles, os estagiários Gabriel, Lucas Passos e Marina triaram as amostras, onde todos contaram e separaram pacientemente muitos copépodes. Ao Lucas Molessani pelas infinitas planilhas. À Babi que me ensinou a identificar essas fofurinhas e sempre me deu todo suporte durante a produção do TCC. Ao Luis que foi muito paciente me ajudando com o programa R.

A todos os meus amigos, que de perto, ou longe acompanharam toda a minha trajetória e sempre me apoiaram e me deram força para alcançar meus sonhos.

À minha família que sempre torceu pelo meu sucesso. Ao Rodrigo, pela paciência nos últimos meses. Aos meus pais, que sempre me apoiaram nas minhas escolhas, dos quais me orgulho muito e tenho como exemplo na minha vida.

Só se pode alcançar um grande êxito
quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.
(Friedrich Nietzsche)

RESUMO

Copepoda é o grupo mais abundante do zooplâncton marinho, com hábitos comportamentais diversos e relevante papel ecológico. Este estudo está inserido no Projeto de Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno (MAArE) e objetivou analisar a distribuição espacial dos copépodes em relação à variabilidade ambiental. Onze estações oceanográficas foram realizadas no verão/outono austral de 2014. Dados oceanográficos foram obtidos com o perfilador do tipo CTD e garrafas. O zooplâncton foi coletado por arrastos de superfície com rede cilíndrico-cônica de 200 μm , as amostras foram fixadas em formaldeído 4% e os copépodes subamostrados em alíquotas de 10 ml. Copepoda representou 94% do zooplâncton com abundância média (\pm Desvio Padrão) de $12.417,16 \pm 26.136,16 \text{ ind/m}^3$. Foram identificados 34 táxons e 23 espécies. As espécies dominantes foram *Acartia lilljeborgi*, com abundância máxima e frequência de ocorrência (FO) ($71.517,65 \text{ ind/m}^3$, FO = 54%), seguida dos valores médios e FO de *Temora turbinata* ($801,02 \pm 430,58 \text{ ind/m}^3$, FO = 91%) e *Onchocorycaeus giesbrechti* ($183,63 \pm 90,51 \text{ ind/m}^3$, FO = 91%). A análise das variáveis ambientais evidenciou a variação costa – isóbata de 50 m. Análises multivariadas mostraram a divisão das assembleias de copépodes em estações da região norte e sul da área de estudo, diferenciando as assembleias costeiras da Pluma do Rio Tijucas (PRT) e saída norte do canal da Ilha Santa Catarina (CN). PRT apresentou o máximo de *A. lilljeborgi* e presença exclusiva de *Parvocalanus crasirostris* e *Oithona hebes*, comuns em manguezais. As regiões intermediária e isóbata de 50 m foram caracterizadas por *Paracalanus indicus*, *Macrosetella gracilis*, *Farranula gracilis*, *Oncaea venusta*, *Clausocalanus furcatus* e *Paracalanus quasimodo*, representantes das águas quentes da Corrente do Brasil. Os resultados evidenciam a variação costa - plataforma, sendo o verão caracterizado por uma comunidade de copépodes típica de água tropical quente e oligotrófica e condições ambientais exclusivas e pontuais da desembocadura do Rio Tijucas. O monitoramento das comunidades de copépodes permitiu evidenciar as regiões da Pluma do Rio Tijucas, intermediária e isóbata de 50 m com mais precisão do que apenas a utilização da caracterização ambiental

obtida pelos parâmetros físico-químicos determinantes das massas de água.

Palavras-Chave: Copépode. Abundância. Água Central do Atlântico Sul. Pluma do Rio Tijuca.

ABSTRACT

Copepoda is the most abundant group of marine zooplankton, with diverse behavioral habits and relevant ecological role. This study is part of the Environmental Monitoring Project of Arvoredo and Surroundings Reserve (MAARE) and aimed to analyze a spatial distribution of copepods in relation to environmental variability. Oceanographic data were obtained with CTD profiler and water bottles, in 11 oceanographic stations, in the austral summer/autumn of 2014. The zooplankton was collected by surface hauls with a 200 μm conical-cylindrical net and fixed in formaldehyde 4%; copepods were sub-sampled in 10 ml aliquots. Copepoda represented 94% of zooplankton with average abundance (\pm Standard Deviation) of $12,417.16 \pm 26,136.16 \text{ ind.m}^{-3}$. 34 taxa and 23 species were identified. The dominant species were *Acartia lilljeborgi*, with maximum abundance and frequency of occurrence (FO) ($71,517.65 \text{ ind.m}^{-3}$, FO = 54%), followed by *Temora turbinata* mean values and FO ($801.02 \pm 430.58 \text{ ind.m}^{-3}$, FO = 91%) and *Onchocorycaeus giesbrechti* ($183.63 \pm 90.51 \text{ ind.m}^{-3}$, FO = 91%). The analysis of the environmental variables showed the coast-50 m isobath variation. Multivariate analyzes showed the distribution of copepod assemblages in stations in the northern and southern regions of the study area, differentiating the coastal assemblies from the Tijucas River Plume (TPR) and the northern border of the Santa Catarina Island Channel (NC) channel. TPR presented the maximum of *A. lilljeborgi* and the unique presence of *Parvocalanus crasirostris* and *Oithona hebes*, common in mangroves. The intermediate and 50 m isobath regions were characterized by *Paracalanus indicus*, *Macrosetella gracilis*, *Farranula gracilis*, *Oncaea venusta*, *Clausocalanus furcatus* and *Paracalanus quasimodo*, representatives of the warm waters of the Brazil Current. The results evidenced the coast - platform variation, with a copepod community typical of warm and oligotrophic tropical water, in addition to the exclusive species assemblage of the Tijucas River mouth. The coupling of copepod community and physicochemical parameters disclosed a more accurate environment description than the water masses figure.

Keywords: Copepod. Abundance. South Atlantic Central Water. Tijucas River Plume.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização das estações oceanográficas do Monitoramento Ambiental da Reserva do Arvoredo e Entorno (MAArE) contempladas neste trabalho. A área pontilhada representa a delimitação da REBIO Arvoredo. Mapa por Luis C.P. Macedo-Soares. 27
- Figura 2:** Diagrama de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e salinidade relacionado à profundidade (m) nas estações oceanográficas, verão/outono austral 2014. PRT = Pluma do Rio Tijucas, CN = Canal Norte, ASTP = Água Subtropical de Plataforma, AT = Água Tropical, ACAS = Água Central do Atlântico Sul..... 31
- Figura 3:** Distribuição horizontal na superfície da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidade, oxigênio dissolvido (ml/L) e clorofila-*a* ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$) nas profundidades de superfície, meio e fundo nas estações oceanográficas no verão/outono austral 2014..... 33
- Figura 4:** Distribuição horizontal da zona eufótica proporcional (%) nas estações oceanográficas no verão/outono austral 2014. 34
- Figura 5:** Perfil vertical da transecção costa-isóbata de 50 m no verão/outono austral 2014. (A) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$, escala colorida) e salinidade (linhas). (B) Clorofila-*a* ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Triângulos cinzas: localização das estações oceanográficas. Triângulos brancos: zona eufótica. 34
- Figura 6:** Perfil vertical da transecção da isóbata de 50 m no verão/outono austral 2014. (A) Temperatura ($^{\circ}\text{C}$, escala colorida) e salinidade (linhas). (B) Clorofila-*a* ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Triângulos cinzas: localização das estações oceanográficas. Triângulos brancos: zona eufótica. 35
- Figura 7:** Análise dos Componentes Principais (PCA). As setas em vermelho são os componentes ambientais e os números em azul são as estações oceanográficas. 36
- Figura 8:** (A) Abundância de zooplâncton ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$) e de copépodes ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$) nas estações oceanográficas. Valores de abundância das estações 10 e 2 marcados dentro das barras. (B)

Distribuição espacial da abundância de copépodes (ind.m ⁻³) na REBIO e entorno no verão/outono austral 2014.	38
Figura 9: Curva de acumulação de espécies de copépodes obtida com as 11 estações oceanográficas no verão/outono austral 2014. Linha tracejada é o intervalo de confiança (95%).	41
Figura 10: Abundância das principais espécies de copépodes na REBIO Arvoredo e entorno no verão/outono austral 2014.	42
Figura 11: Contribuição das espécies com abundância superior a 4% em cada estação, na REBIO Arvoredo e entorno no verão/outono austral 2014.	43
Figura 12: (A) Escalonamento Multidimensional não-Métrico (nMDS) nas estações oceanográficas na REBIO e entorno no verão/outono austral 2014 com exceção da estação 10. Alill = <i>Acartia lilljeborgi</i> , Tturb = <i>Temora turbinata</i> , Uvulg = <i>Undinula vulgaris</i> , Ogies = <i>Onchocorycaeus giesbrechti</i> , Cfur = <i>Clausocalanus furcatus</i> , Calsp = Calanidae sp., Mgrac = <i>Macrosetella gracillis</i> , Ovenus = <i>Oncaea venusta</i> , Fgrac = <i>Farranula gracilis</i> , Tstyl = <i>Temora stylifera</i> , Pindi = <i>Paracalanus indicus</i> , Omedi = <i>Oncaea media</i> , Lflu = <i>Labidocera fluviatilis</i> , Climb = <i>Agetus limbatus</i> , Corsp = <i>Onchocorycaeus</i> spp., Calosp = <i>Calocalanus</i> spp.. (B) Mapa das 11 estações oceanográficas com os agrupamentos do nMDS.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Abundância (ind.m ⁻³) média, desvio padrão (DP), abundância relativa em porcentagem (AR%) e frequência de ocorrência em porcentagem (FO%) dos táxons de copéodes registrados na REBIO Arvoredo e entorno no verão/outono austral 2014.....	39
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACAS - Água Central do Atlântico Sul
ASTP - Água Subtropical de Plataforma
AT - Água Tropical
CB - Corrente do Brasil
CN - Saída norte do Canal da Ilha de Santa Catarina
ECZ - Departamento de Ecologia e Zoologia
DP - Desvio Padrão
FO% - Frequência de Ocorrência
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio - Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade
LCP - Laboratório de Crustáceos e Plâncton
MAArE - Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno
NE - Nordeste
nMDS - Escalonamento multidimensional não - Métrico
ODV - Ocean Data View
PCA - Análise dos Componentes Principais
PCSE - Plataforma Continental Sudeste Brasileira
PRT - Pluma do Rio Tijucas
PSB - Plataforma Sul Brasileira
S - Salinidade
SC - Santa Catarina
SO - Sudoeste
T - Temperatura
ZEU - Zona Eufótica
ZEUp - Zona Eufótica proporcional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVOS	23
1.1.1	Objetivo Geral	23
1.1.2	Objetivos Específicos	24
2	MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1	ÁREA DE ESTUDO	25
2.2	METODOLOGIA DE CAMPO	26
2.3	METODOLOGIA DE LABORATÓRIO	27
2.4	ANÁLISE DE DADOS	28
3	RESULTADOS.....	31
3.1	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL.....	31
3.2	ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE COPÉPODES 36	
4	DISCUSSÃO.....	45
5	CONCLUSÃO	50
6	REFERÊNCIA	50

1 INTRODUÇÃO

O zooplâncton tem papel fundamental na cadeia trófica, transferindo a energia da produção primária para níveis mais altos, sendo constituído por uma grande diversidade de organismos com diferentes funções ecológicas (BOLTOVSKOY, 1981). Os organismos zooplancctônicos podem ser holoplancctônicos, quando têm todo o ciclo de vida pelágico, ou serem meroplancctônicos, quando são pelágicos apenas por fase transitória (estágio larval). Dentro do grupo de organismos holoplancctônicos, encontram-se os copépodes, o táxon mais abundante no mesozoplâncton e representante de aproximadamente 70% do zooplâncton da plataforma continental do sul do Brasil (LOPES *et al.*, 1998). O sucesso dos copépodes pelágicos marinhos se dá devido a sua plasticidade na forma de se alimentar, reproduzir e sobreviver na coluna d'água (KIØRBOE, 2011). Os copépodes são bons bioindicadores, pois além da sua presença numerosa, tem um período de vida relativamente curto (OMORI & IKEDA, 1984).

A plataforma continental em Santa Catarina localiza-se na transição climática entre a zona tropical e subtropical, onde as massas de água também apresentam influência das águas quentes vindas do norte e águas frias vindas do sul ou que ressurgem próximo a superfície. A presença dessas características ambientais tão distintas torna a região muito produtiva e também propícia para espécies comuns aos dois ambientes, o que potencializa a diversidade local. Nessa região localiza-se a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (REBIO Arvoredo) (Portal ICMBio, 2015) que objetiva a proteção dessa biodiversidade.

Na costa sul brasileira, a estrutura oceanográfica no verão varia de acordo com a distribuição da Água Tropical (AT), da Água Subtropical de Plataforma (ASTP), que resulta da interação entre as águas costeiras, AT e Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Möller *et al.*, 2008). No verão, ocorrem intrusões de água rica em nutrientes, na costa ou quebra da plataforma devido ao predomínio de ventos nordeste (BRANDINI *et al.*, 2013). Esse fenômeno aumenta a produtividade primária e secundária na área em que ocorre. Aporte continental também enriquece as áreas costeiras, principalmente a desembocadura de rios, caracterizada por alta concentração de material em suspensão e nutrientes (SCHETTINI *et al.*, 1998)

A distribuição do zooplâncton está intrinsecamente relacionada com a disponibilidade de nutrientes e hidrodinâmica (GUENTHER *et al.*, 2008), portanto, a variação dos parâmetros oceanográficos interfere na composição e abundância das comunidades de copépodes, que se modificam de acordo com as alterações no ambiente, mais contrastantes entre o verão e inverno.

A distribuição espacial de copépodes apresenta uma variação costa – plataforma, sendo mais abundante na costa (RESGALLA JR, 2011) e mais diverso à medida que se afasta da costa (DIAS *et al.*, 2015). Valores altos de abundância são associados a picos de clorofila e não apresenta um padrão para a variação de salinidade e temperatura, no entanto, a variação de temperatura tem maior importância sazonalmente (CAPRIULO *et al.*, 2002).

Os organismos bem sucedidos na costa brasileira subtropical são adaptados à pouca disponibilidade de nutrientes, devido à sua condição oligotrófica (CASTRO FILHO, 1998), com exceção durante os eventos de intrusão de águas frias, ou enriquecimento das águas costeiras por aporte continental. Assim, copépodes de tamanho pequeno como alguns Calanoida, Oncaea e Oithona, são mais frequentes, sendo Calanoida a ordem com mais representantes (MIYASHITA *et al.*, 2009).

A distribuição espacial das espécies de copépodes é determinada principalmente pela variação de salinidade e temperatura de acordo com as massas d'água presentes na isóbata de 50 m e adjacências. No verão, a temperatura superficial na costa e isóbata de 50 m é predominantemente quente. Regiões estuarinas, onde a salinidade é baixa, são representadas pelas espécies *Acartia lilljeborgi*, *Parvocalanus crassirostris*, *Labidocera fluviatilis* e *Euterpina acutifrons* (LOPES *et al.*, 2006). Ao afastar-se da zona costeira, há o aumento gradual da salinidade e ocorrência de espécies como *Paracalanus quasimodo*, *Clausocalanus furcatus*, *Onchocorycaeus giesbrechti*, *Oncaea media*, *Oncaea venusta*, *Temora stylifera*, *Temora turbinata* e *Oithona plumifera*. Ainda na isóbata de 50 m com temperaturas quentes (Água Subtropical de Plataforma - ASTP), influenciada por massas d'água mais salgadas adjacentes à isóbata de 50 m (Água Tropical - AT), ocorrem espécies como *Undinula vulgaris*, *Claucalanus furcatus*, *Farranula gracilis*, *Agetus limbatus*, *Paracalanus aculeatus*, *Calocalanus pavoninus* e *Macrosetella*

gracilis (DIAS & BONECKER, 2009). A espécie *Ctenocalanus vanus* indica intrusão de águas frias e de alta salinidade (LOPES *et al.*, 1999). No entanto, na transição entre as áreas costeiras da isóbata de 50 m (ASTP e AT) e, eventualmente, Água Central do Atlântico Sul (ACAS), existe uma sobreposição de espécies comuns aos dois ambientes. Ainda assim, algumas espécies são menos sensíveis a variações ambientais e ocorrem em uma amplitude maior de salinidade, a exemplo da *Temora turbinata* e *Onchocorycaeus giesbrechti*.

Estudos sobre a assembleia de copépodes na costa de Santa Catarina restringiram-se a grandes revisões de ocorrência de espécies (BJÖRNBERG, 1963, LOPES *et al.*, 2006 e BOOS *et al.*, 2012) ou são muito recentes (e.g. NUNES & RESGALLA JR, 2012; BRANDINI *et al.*, 2013; BECKER, 2014). O monitoramento contínuo de uma unidade de conservação marinha é muito importante para compreender o funcionamento dos seus ecossistemas marinhos, que são influenciados por processos oceanográficos e interações ecológicas. Neste intuito, o grupo dos copépodes é um bom bioindicador para monitoramento da REBIO, uma vez que, copépodes têm extrema relevância ecológica no ambiente marinho. Sendo assim, a caracterização das assembleias de copépodes na REBIO Arvoredo e regiões adjacentes em relação às forçantes oceanográficas, indica a variabilidade ambiental atuando sobre a fauna e flora da REBIO.

Portanto, espera-se que a abundância de copépodes seja diretamente relacionada com a concentração de clorofila-*a* e inversamente proporcional à salinidade, mostrando uma variação decrescente de abundância da costa em direção a isóbata de 50 m. Em relação à assembleia de copépodes, espera-se maior riqueza na região mais profunda com influência da ACAS.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a variação espacial da estrutura da assembleia de copépodes na REBIO Arvoredo e entorno em relação às condições oceanográficas do verão.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a composição e abundância da assembleia de copépodes;
- Descrever a estrutura oceanográfica da região, especialmente o aporte continental do Rio Tijuca e a intrusão de águas frias;
- Analisar a influência do aporte continental e intrusão de águas frias na distribuição e abundância das espécies de copépodes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Esse trabalho está inserido no projeto “Monitoramento Ambiental da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Entorno (MAArE)”, inscrito como o Projeto de Extensão UFSC 2012.4412. e UFSC 2015.7758. O Projeto MAArE originou-se a partir de uma condicionante indicada pelo Instituto Chico Mendes para Conservação da Biodiversidade (ICMBio), no âmbito do processo de licenciamento ambiental conduzido pelo IBAMA, das atividades da PETROBRAS nos campos petrolíferos de Baúna e Piracaba, região Sul do Brasil.

A área de estudo corresponde à REBIO Arvoredo e região de entorno, delimitada ao norte pela península de Porto Belo, à sudoeste pelo canal norte da Ilha de Santa Catarina, conhecido como Baía Norte, e à leste pela isóbata de 50 m. A REBIO está localizada a 11 km da costa, entre 27° 11' – 27° 16' S e 48° 19' – 48° 24' W, na plataforma continental interna, com uma extensão de 17.800 ha, incluindo as Ilhas das Galés, Arvoredo e Deserta, além do Calhau de São Pedro (Fig. 1). A costa sul do Brasil é dividida em Plataforma Continental Sudeste Brasileira (PCSE) de Cabo Frio ao Cabo de Santa Marta e Plataforma Sul Brasileira (PSB) do Cabo de Santa Marta até o Arroio Chuí. A plataforma de Santa Catarina encontra-se no limite sul da PCSE, portanto, devido a mudanças sazonais na vazão do Rio da Prata e Lagoa dos Patos, sofre influências das duas sub-regiões (PIOLA *et al.*, 2008).

A plataforma continental de Santa Catarina é influenciada principalmente pela Água Tropical (AT) ($T \geq 18,5$ °C, $S > 36$) durante todo o ano e pela Água da Pluma do Prata (APP) ($T > 10$ °C, $S \leq 33,5$) especialmente no inverno (PIOLA *et al.*, 2000). A Corrente do Brasil (CB) carrega a Água Tropical para o sul pela camada superficial, sendo esta quente e pobre em nutrientes (CASTRO FILHO, 1998). Durante o verão, ocorre a advecção e intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) ($T \leq 18,5$ °C, $S \geq 35,3$) fria e rica em nutrientes (MÖLLER *et al.*, 2008). A Água Subtropical de Plataforma (ASTP) ($T > 18,5$ °C, $35,3 < S < 36$) ocupa a maior parte da isóbata de 50 m, sendo resultado da mistura da APP com a AT (MÖLLER *et al.*, 2008). Ao norte do estado, a

hidrodinâmica também é marcada pela drenagem continental com grande influência dos rios Itajaí-açu, Itapocu e Tijucas, com vazão de 247 m³/s, 77 m³/s e 58 m³/s respectivamente (SCHETTINI *et al.*, 1996). A Pluma do Rio Tijucas (PRT) provavelmente é a mais influente na região da REBIO devido à sua proximidade. Ao sul, a área de estudo também é influenciada pelo aporte de nutrientes a partir da saída norte do canal da Ilha Santa Catarina (CN).

2.2 METODOLOGIA DE CAMPO

O projeto MAARÉ coletou dados ambientais em 11 estações oceanográficas (Figura 1) na amostragem referente a esse trabalho realizado entre o final do verão e início do outono de 2014, de 27 de março à 07 de abril.

Em cada estação oceanográfica foram obtidos perfis verticais de salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido com o perfilador do tipo CTD SBE 19 com sensor de oxigênio dissolvido SBE 43 acoplado. Também foi obtida a profundidade do disco de Secchi, para a determinação da profundidade da zona eufótica (ZEU), ao multiplicar o valor da profundidade do Secchi por 2,7, e a ZEU proporcional (ZEU_p) ao dividir a ZEU pela profundidade local. Amostras de água foram coletadas na superfície, no meio e no fundo da coluna de água com garrafas Van Dorn para determinação da concentração dos nutrientes dissolvidos (GRASSHOFF *et al.*, 1983), determinação da concentração de clorofila-*a* (SCOR/UNESCO, 1966) e do material total em suspensão (APHA, 1985). A profundidade de meio foi determinada pela análise *in situ* dos dados registrados pelo CTD, sendo a profundidade do pico de fluorescência, da termoclina ou na metade da coluna d'água, quando não houve termoclina ou pico. Esses dados oceanográficos foram disponibilizados pela coordenação do projeto MAARÉ e utilizados para a caracterização da área. Em relação ao zooplâncton, foram realizados arrastos horizontais e de superfície de 2 a 5 minutos. Foi utilizada uma rede cilindro-cônica de 200 µm de malha com fluxômetro acoplado, com 50 cm de diâmetro de boca e 1,80 m de comprimento. O volume filtrado médio foi 52,06 m³ com desvio padrão de ± 10,43 m³, a boa eficiência do arrasto. Todas as amostras foram fixadas imediatamente em formaldeído 4%, tamponado com tetraborato de sódio e acondicionadas em frascos plásticos. Para este estudo,

foram usadas as amostras das estações 2, 4, 6, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 18 e 22, onde os copépodes foram identificados. As estações com profundidade menor que 20 m foram definidas como rasas, as estações com profundidade entre 25 e 45 m foram definidas como intermediárias e as estações com profundidade superior a 50 m como isóbata de 50 m.

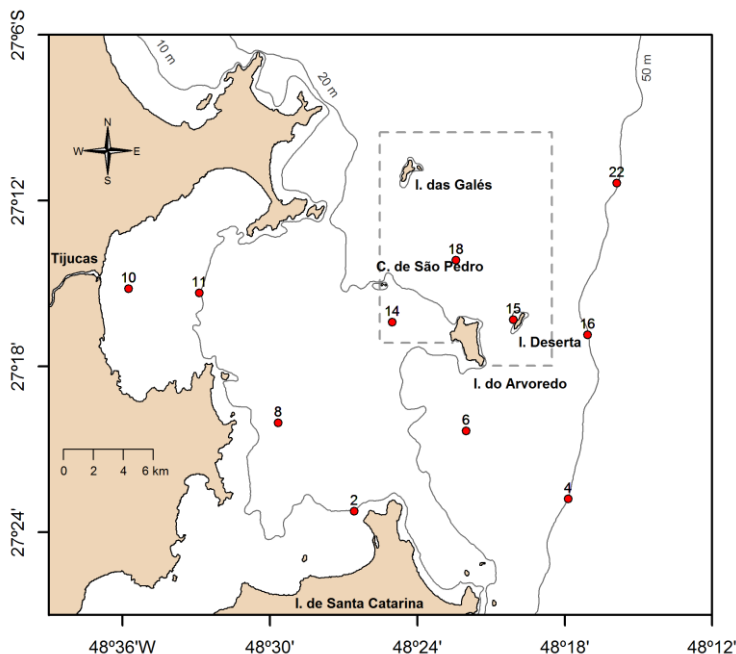


Figura 1: Localização das estações oceanográficas do Monitoramento Ambiental da Reserva do Arvoredo e Entorno (MAArE) contempladas neste trabalho. A área pontilhada representa a delimitação da REBIO Arvoredo. Mapa por Luís C.P. Macedo-Soares.

2.3 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO

O processamento das amostras foi realizado no Laboratório de Crustáceos e Plâncton da Universidade Federal de Santa Catarina (LCP/ECZ-UFSC). As amostras de zooplâncton foram subamostradas com o fracionador de Folsom em 1/4 a 1/8, com exceção da estação 8 que foi fracionada em 1/16 e a 10 em

1/64 devido à grande quantidade de material biológico. Como copépodes são predominantes no zooplâncton, este grupo pode ser estimado em frações ainda menores da amostra. Essas frações menores foram obtidas através da diluição da primeira fração a ser triada em um volume conhecido, neste caso, entre 200 e 1000 ml. Então, foi retirada uma ou duas alíquotas de 10 ml (BOLTOVSKOY, 1981), para separação de, no mínimo, 100 indivíduos, os quais foram identificados em microscópio estereoscópico e/ou microscópio, até o menor nível taxonômico possível, de acordo com a literatura pertinente (ex.: BJÖRNBERG, 1981; HERNÁNDEZ *et al.*, 1994; BRADFORD – GRIEVE *et al.*, 1999; BONECKER, 2006). Para a identificação das espécies foram observados, principalmente, morfologia do corpo e antênula, número, presença ou ausência de espinhos, dimorfismo sexual na quinto pereiópodo, segmento genital e furca caudal. Indivíduos em estágio de desenvolvimento inicial ou danificados, não foram possíveis de identificar. Os resultados de zooplâncton total foram fornecidos pela equipe do LCP/ECZ-UFSC após a triagem da fração apropriada.

2.4 ANÁLISE DE DADOS

Para a identificação das massas de água presentes na região, foram utilizados os índices termohalinos, definidos por MÖLLER *et al.* (2008) e PIOLA *et al.* (2000). A ocorrência das massas d'água e distribuição horizontal das variáveis oceanográficas foram representadas por gráficos realizados no programa R (R Core Team, 2016): diagrama de temperatura e salinidade (TS) utilizando os pacotes *oce* (KELLEY & RICHARDS, 2016) e *plot3D* (SOETAERT, 2016); interpolação horizontal dos valores de superfície, meio e fundo de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido (ml/L), clorofila-*a* e ZEU proporcional utilizando os pacotes *oce*, *fields* (NYCHKA *et al.*, 2015), *maps* (BECKER & WILKS, 2016) e *maptools* (BIVAND & LEWIN-KOH, 2016). Os perfis verticais de temperatura, salinidade e clorofila-*a* foram obtidos com programa Ocean Data View (ODV) (SCHLITZER, 2003) traçando uma transecção da costa em direção à isóbata de 50 m compreendendo as estações 10, 11, 14, 15 e 16 e uma transecção sobre a isóbata de 50 m, compreendendo as estações 4, 16 e 22.

Todas as análises mencionadas foram realizadas com os dados coletados pelo CTD e sensor de oxigênio dissolvido, exceto as interpolações de clorofila-*a*, onde foram utilizados os resultados obtidos a partir das amostras de água.

A abundância de copépodes foi padronizada em m³ a partir do valor de volume de água filtrada obtido pelo fluxômetro. As análises de dados descritas a seguir também foram realizadas no programa R.

Para análise da riqueza, foram produzidas tabelas de abundância e frequência de ocorrência das espécies identificadas em cada estação. Foi realizada uma curva de acumulação de espécies (COLWELL *et al.*, 2015) para avaliar se o esforço amostral foi suficiente para avaliação da riqueza com o pacote *vegan* (OKSANEN *et al.*, 2016). Nesta análise foram utilizados apenas os táxons em nível específico. A correlação entre a abundância de copépodes e a abundância do zooplâncton foi realizada através do teste de Correlação de Pearson (LAWRENCE & LIN, 1989) com valor de significância $p < 0.05$ utilizando o pacote *IswR* (DALGAARD, 2015).

Foram gerados histogramas de composição de espécies com o pacote *gdata* (WARNES *et al.*, 2015), utilizando as espécies com porcentagem superior a 4% em pelo menos uma estação. As espécies selecionadas tiveram seus valores excluídos nas estações em que não atingiram os 4%, para padronizar a contribuição das outras espécies.

A distribuição espacial da abundância de determinadas espécies foi representada por mapas com a abundância por estação de espécies indicadoras dos parâmetros oceanográficos identificados na área de estudo. Para este resultado foram utilizados os pacotes *oce*, *vegan*, *plot3D*, *maptools* e *maps*.

Para a análise dos dados multivariados foram utilizados os métodos de Análise dos Componentes Principais (PCA) e Escalonamento Multidimensional não-Métrico (nMDS) (LEGENDRE, & LEGENDRE, 2012), ambos com o pacote *vegan*, na PCA utilizando a média dos dados abióticos de superfície, meio e fundo e no nMDS utilizando os táxons ($n = 17$) com abundância relativa maior do que 4%. Na PCA, os valores de *eigenvalues* foram validados para o eixo 1 e 2 pelo critério de Kaiser Guttman. Pelo critério de *broken stick*, o eixo 1 foi validado e o eixo 2 aproximou-se 0.02 da validação. Os eixos foram considerados

validados devido a elevada percentagem de explicação do eixo 1. A estação 10 não foi utilizada no nMDS por inviabilizar a visualização dos agrupamentos devido a valores extremos de abundância. A PCA descreveu a variabilidade dos dados abióticos. Já o nMDS verificou o agrupamento de espécies em relação às estações oceanográficas.

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

A partir do diagrama TS, pode-se identificar as massas de água presentes (Figura 2). A camada superficial até 30 m de profundidade foi dominada pela Água Subtropical de Plataforma (ASTP). A Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Tropical (AT) foram registradas abaixo dos 25 m. A baixa salinidade (<34,5) a menos de 10 m de profundidade corresponde aos locais sob a influência da Pluma do Rio Tijucas (PRT).

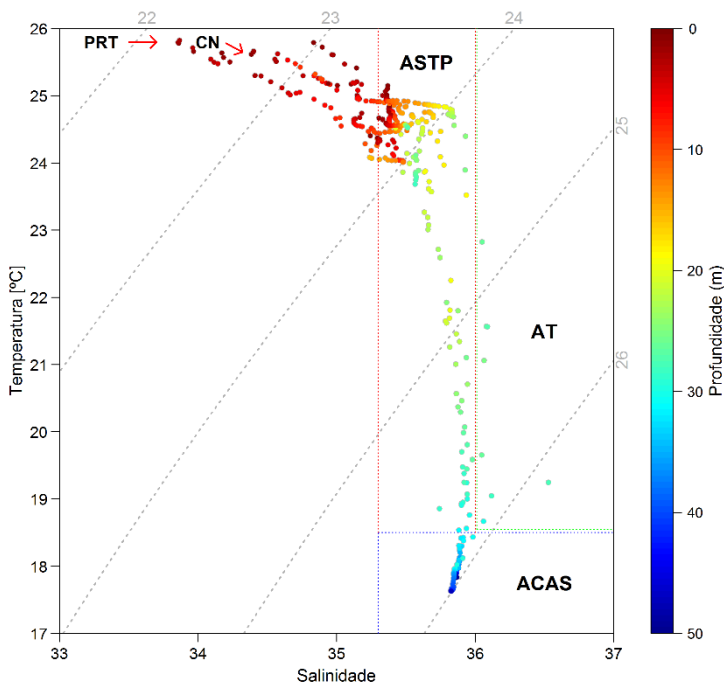


Figura 2: Diagrama de temperatura (°C) e salinidade relacionado à profundidade (m) nas estações oceanográficas, verão/outono austral 2014. PRT = Pluma do Rio Tijucas, CN = Canal Norte, ASTP = Água Subtropical de Plataforma, AT = Água Tropical, ACAS = Água Central do Atlântico Sul.

A análise conjunta da distribuição horizontal da temperatura, salinidade, clorofila-*a* e oxigênio *dissolvido* evidenciarão as características das massas d'água identificadas no TS (Figura 3).

Destaca-se a intrusão da ACAS, no fundo sobre isóbata de 50 m, com a temperatura inferior a 18°C, onde salinidade foi inferior a 36. Junto a ocorrência da ACAS, há baixa concentração de oxigênio dissolvido (inferior a 4 ml/L) e um pico de clorofila-*a* (3,75 mg.m⁻³) à meia água. A PRT apresenta além da baixa salinidade, um pico secundário de clorofila-*a* (2,8 mg.m⁻³) (Figura 3)

Houve uma clara estratificação na coluna d'água, com o predomínio de altas temperaturas (> 20°C) acima dos 25 m e valores baixos (< 19°C) abaixo dos 30 m. A diferença da concentração de oxigênio entre superfície e fundo também ficou clara, uma vez que na superfície a concentração é naturalmente superior devido à troca com a atmosfera.

A zona eufótica (ZEU) alcançou grande porcentagem da coluna d'água em toda área de estudo (Figura 4). Nenhuma estação teve a ZEU proporcional menor do que 28% e em todas as estações costeiras a ZEU proporcional foi 100% da coluna d'água. Na isóbata de 50 m a ZEU alcançou entre 28 e 70% no sentido sul-norte.

A análise dos perfis verticais costa-isóbata de 50 m reforçou a relação entre a temperatura e a concentração de clorofila-*a*, mostrando que onde há menores temperaturas (< 22 °C) a clorofila-*a* tem maiores concentrações (> 2 mg.m⁻³). Também se observou a predominância de altas temperaturas (> 22 °C) acima dos 20 m e salinidade entre 35 e 35,5, evidenciando a presença da ASTP fortemente influenciada pela AT em toda a coluna d'água. Na PRT (estação 10) foram registrados os extremos de temperatura (> 26 °C), salinidade (≤ 34) e clorofila-*a* (> 2,5 mg.m⁻³), evidenciando a influência do rio (Figura 5 A e B). Na isóbata de 50 m (estação 16) a temperatura ≤ 18°C, salinidade > 35,5 mostra a intrusão da ACAS pelo fundo. Apenas na estação 22 a ACAS alcançou a ZEU caracterizando ressurgência (Figura 6A). A elevada concentração de clorofila-*a* > 2,5 mg.m⁻³ reafirma o papel da ACAS no aporte de nutrientes, mesmo na estação 4, onde a ACAS não atinge a ZEU (Figura 6 B).

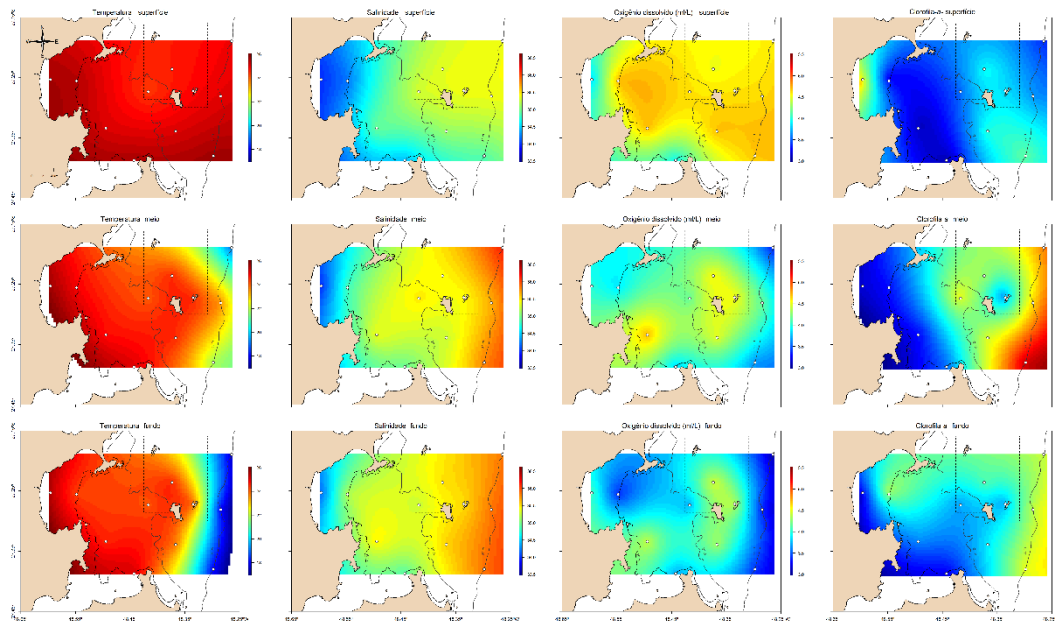


Figura 3: Distribuição horizontal na superfície da temperatura (°C), salinidade, oxigênio dissolvido (ml/L) e clorofila-*a* (mg.m⁻³) nas profundidades de superfície, meio e fundo nas estações oceanográficas no verão/outono austral 2014.

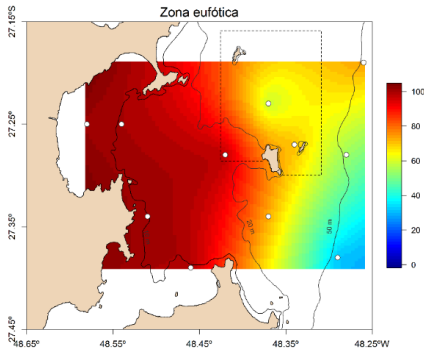


Figura 4: Distribuição horizontal da zona eufótica proporcional (%) nas estações oceanográficas no verão/outono austral 2014.

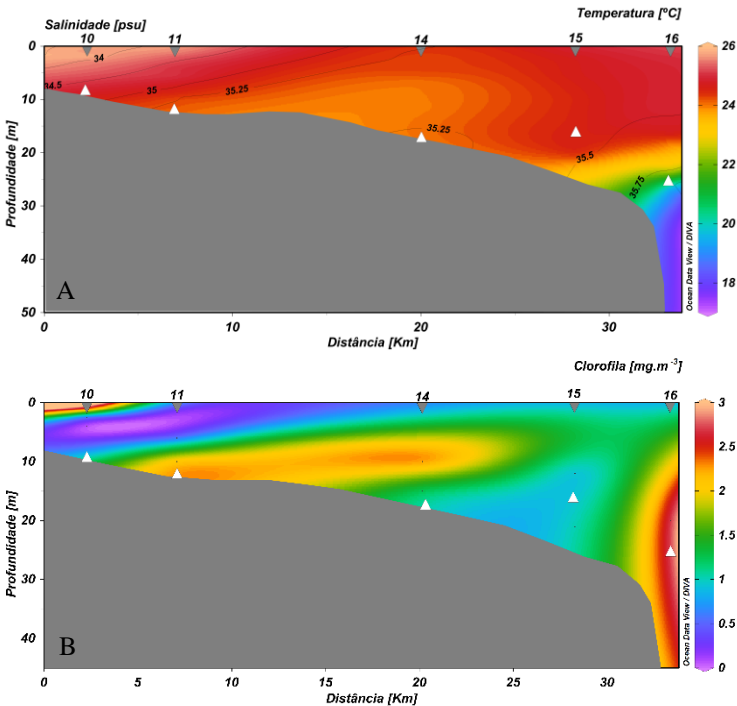


Figura 5: Perfil vertical da transecção costa-isóbata de 50 m no verão/outono austral 2014. (A) Temperatura (°C, escala colorida) e salinidade (linhas). (B) Clorofila-*a* ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Triângulos cinzas: localização das estações oceanográficas. Triângulos brancos: zona eufótica.

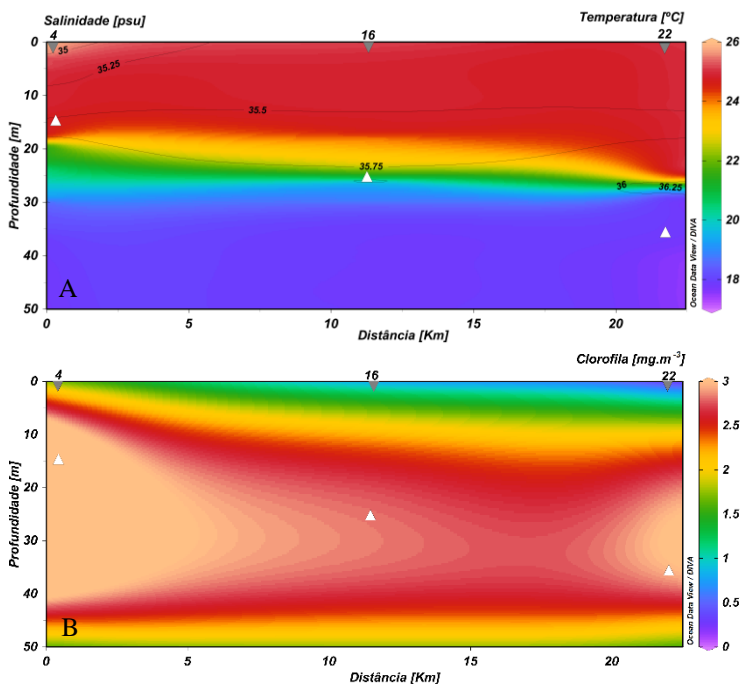


Figura 6: Perfil vertical da transecção da isóbata de 50 m no verão/outono austral 2014. (A) Temperatura (°C, escala colorida) e salinidade (linhas). (B) Clorofila-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Triângulos cinzas: localização das estações oceanográficas. Triângulos brancos: zona eufótica.

A PCA (Figura 7) descreveu 72,2% da variabilidade ambiental. Os dois eixos caracterizaram a variação espacial, em diferentes escalas, sendo o eixo 1 representado pela variação costaisóbata de 50 m, evidenciando as características da ACAS, e o eixo 2 a influência da PRT na costa. No eixo 1 observa-se a correlação positiva de salinidade, profundidade, nitrato, fosfato, clorofila, bem representada pelo agrupamento das estações da isóbata de 50 m, em oposição ao aumento da temperatura, oxigênio, amônio e material em suspensão nas estações costeiras. Já no eixo 2 se observou a diminuição do material em suspensão, silicato e amônio e aumento do oxigênio dissolvido à medida que se distancia da desembocadura do Rio Tijucas.

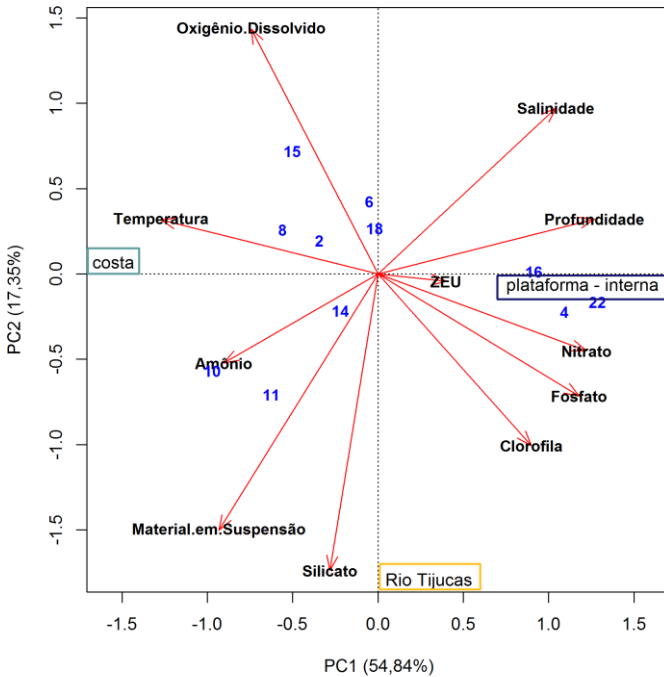


Figura 7: Análise dos Componentes Principais (PCA). As setas em vermelho são os componentes ambientais e os números em azul são as estações oceanográficas.

3.2 ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE COPÉPODES

A abundância média (\pm Desvio Padrão) de copépodes foi $12.417 \pm 26.136,16 \text{ ind.m}^{-3}$, representando 93,4% do zooplâncton. A correlação entre abundância de copépodes e zooplâncton foi elevada e significativa ($r = 0.9993$, $p\text{-value} = 3.473e^{-14}$), indicando que a quantificação de copépodes é uma boa estimativa do zooplâncton total. Em locais com valores extremos de plâncton (estação 10 e 2), os valores de copépodes se igualaram aos valores de zooplâncton. Copépodes contribuíram com 89% do plâncton na estação 11 e na maioria entre 50 e 60% (8, 14, 6, 18, 4). Apenas

próximo (estação 15) e ao largo da Ilha Deserta (estação 16), os copépodes contribuíram com menos de 50% (Figura 8 A).

A maior abundância de indivíduos (78.705 ind.m⁻³) foi obtida em frente a foz do Rio Tijucas (estação 10) e a menor (152 ind.m⁻³) na isóbata de 50 m (estação 16) (Figura 8 B).

De modo geral as estações mais costeiras, com profundidade inferior a 20 m tiveram maior abundância. A abundância de copépodes diminui em direção às maiores profundidades, com exceção do sul da isóbata de 50 m (estação 4) (Figura 8 A). Observou-se também um aumento da abundância no eixo SO - NE.

Foram identificados 34 táxons, incluindo 23 espécies, 8 gêneros e 2 famílias, sendo que gênero e família foram copépodes em estágio de copepodito ou adulto danificado, os quais não foram possíveis de identificar até espécie (Tabela 1). Apenas 1,05% dos copépodes não foram identificados.

A curva de acumulação de espécies mostrou uma tendência a estabilizar com um número um pouco superior a 11 amostras (Figura 9).

Os táxons mais abundantes foram *Acartia lilljeborgi* e *Temora turbinata* seguidos por *Oithona hebes*, *Onchocorycaeus giesbrechti* e *Clausocalanus furcatus*. Nenhuma espécie foi registrada em todas as estações. No entanto, *Temora turbinata* e *Onchocorycaeus giesbrechti* foram as espécies mais frequentes (91%), seguidas de *Undinula vulgaris*, *Macrosetella gracilis* e *Oncaea venusta* (73%). *Acartia lilljeborgi*, *Clausocalanus furcatus*, *Temora stylifera*, *Farranula gracilis* e *Clausocalanus* spp. foram encontradas apenas em metade das estações amostradas. Por outro lado, 13 táxons foram registrados uma única vez.

Na distribuição espacial da abundância (Figura 10), foram escolhidas as espécies *Acartia lilljeborgi*, *Oithona ovalis* e *Parvocalanus crassirostris* como representantes estuarinas; *Undinula vulgaris*, *Oncaea venusta* e *Macrosetella gracilis* como espécies oceânicas; *Onchocorycaeus giesbrechti*, como muito frequente (91%), apesar de pouco abundante e *Temora turbinata*, por ser muito abundante e frequente (Tabela 1).

Em frente à Foz do Rio Tijucas, *Acartia lilljeborgi* - espécie abundante nas estações < 10 m de profundidade- representou 90% da abundância de copépodes (Figura 10 e

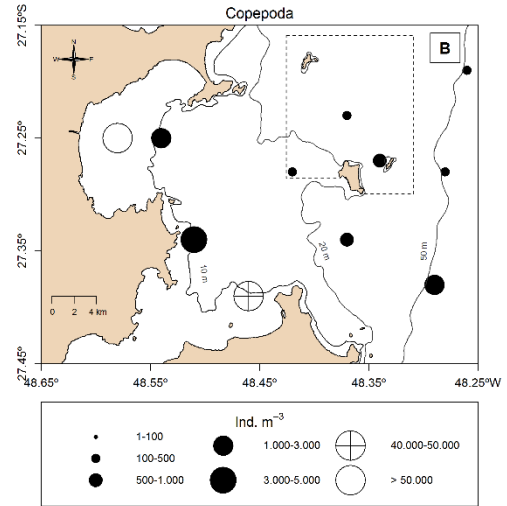
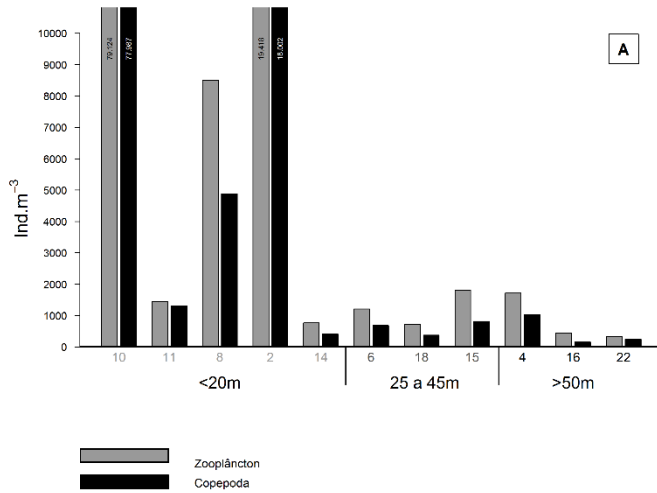


Figura 8: (A) Abundância de zooplâncton (ind.m^{-3}) e de copépodes (ind.m^{-3}) nas estações oceanográficas. Valores de abundância das estações 10 e 2 marcados dentro das barras. (B) Distribuição espacial da abundância de copépodes (ind.m^{-3}) na REBIO e entorno no verão/outono austral 2014.

Tabela 1: Abundância (ind.m⁻³) média, desvio padrão (DP), abundância relativa em porcentagem (AR%) e frequência de ocorrência em porcentagem (FO%) dos táxons de copépodes registrados na REBIO Arvoredo e entorno no verão/outono austral 2014.

	Média	DP	AR (%)	FO (%)
Ordem Calanoidea	163,99	543,90	1,32	27,27
Família Calanidae	88,94	141,07	0,72	63,64
<i>Undinula vulgaris</i> (Dana, 1849)	27,01	27,62	0,22	72,73
Família Paracalanidae				
<i>Acrocalanus longicornis</i> Giesbrecht, 1888	0,22	0,72	0,00	9,09
<i>Calocalanus</i> spp.	8,25	22,23	0,07	45,45
<i>Calocalanus pavo</i> (Dana, 1852)	0,33	0,77	0,003	18,18
<i>Paracalanus</i> spp.	2,46	4,32	0,020	36,36
<i>Paracalanus aculeatus</i> Giesbrecht, 1888	2,84	5,54	0,023	27,27
<i>Paracalanus indicus</i> Wolfenden, 1905	8,36	10,94	0,07	63,64
<i>Paracalanus campaneri</i> Björnberg, 1980	0,22	0,72	0,023	9,09
<i>Paracalanus quasimodo</i> Bowman, 1971	0,33	0,77	0,003	18,18
<i>Parvocalanus crassirostris</i> (F. Dahl, 1894)	32,67	108,36	0,26	9,09
Família Clausocalanidae				
<i>Clausocalanus</i> spp.	33,97	102,15	0,27	45,45
<i>Clausocalanus furcatus</i> (Brady, 1883)	117,00	379,40	0,94	54,55
Família Aetideidae				
<i>Euchaeta marina</i> (Prestandrea, 1833)	0,22	0,72	0,00	9,09
Família Temoridae				
<i>Temora stylifera</i> (Dana, 1849)	10,09	12,37	0,08	54,55
<i>Temora turbinata</i> (Dana, 1849)	4.512,98	13.681,99	36,34	90,91
Família Acartiidae				

Tabela 1 (Continuação)

	Média	DP	AR (%)	FO (%)
<i>Acartia</i> spp.	65,34	216,72	0,53	9,09
<i>Acartia lilljeborgi</i> (Giesbrecht, 1892)	6.738,98	2.1487,74	54,27	54,55
<i>Acartia longiremis</i> (Lilljeborg, 1853)	0,41	1,04	0,00	18,18
<i>Acartia tonsa</i> Dana, 1849	0,43	1,44	0,00	9,09
Família Pontelidae	3,67	12,17	0,03	9,09
Família Rhincalanidae				
<i>Náuplio de Rhincalanus</i> spp.	0,22	0,72	0,00	9,09
Ordem Cyclopoida				
Família Oithonidae				
<i>Oithona</i> spp.	1,38	4,56	0,01	9,09
<i>Oithona hebes</i> Herbst, 1955	326,71	1.083,59	2,63	9,09
Ordem Harpacticoida				
Família Miraciidae				
<i>Macrosetella gracilis</i> (Dana, 1847)	23,68	34,24	0,19	72,73
Ordem Poecilostomatoida				
Família Oncaeidae				
<i>Oncaea</i> spp.	0,33	1,10	0,00	9,09
<i>Oncaea media</i> Giesbrecht, 1891	1,06	3,52	0,01	9,09
<i>Oncaea venusta</i> Philippi, 1843	21,71	18,10	0,17	72,73
Família Corycaeidae	9,70	14,81	0,08	36,36
<i>Onchocorycaeus giesbrechti</i> (F. Dahl, 1894)	183,63	300,17	1,48	90,91
<i>Agetus limbatus</i> Brady, 1883	3,49	7,77	0,03	27,27
<i>Farranula gracilis</i> (Dana, 1849)	11,54	15,99	0,09	54,55

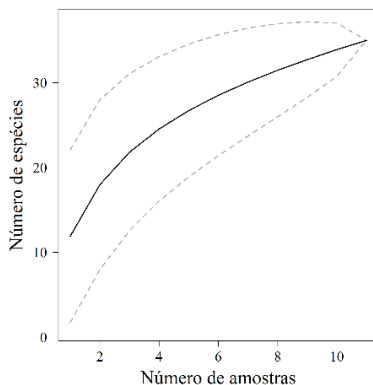


Figura 9: Curva de acumulação de espécies de copépodes obtida com as 11 estações oceanográficas no verão/outono austral 2014. Linha tracejada é o intervalo de confiança (95%).

Figura 11). Apenas nesse local ocorreram *Oithona hebes* e *Parvocalanus crassirostris*. *Temora turbinata* representou 94% dos copépodes na costa norte da ilha de SC (estação 2), (Figura 10 e Figura 11). As espécies *Undinula vulgaris*, *Oncaea venusta* e *Macrosetella gracilis* aparecem em profundidades maiores do que 25 m e na estação 14 (17 m), sendo que *U. vulgaris* é uma espécie de água tropical.

Onchocorycaeus giesbrechti e *Temora turbinata* foram as espécies mais frequentes, sendo a segunda ligeiramente mais abundante. *Oncaea venusta* e *Undinula vulgaris* apresentaram baixa abundância (entre 1 e 90 ind.m⁻³), mas com ampla distribuição em profundidade > 20 m (Figura 11).

Houve menor riqueza de táxons na PRT (n = 14) e costa (n = 14) que nas intermediárias (n = 26) e na isóbata de 50 m (n = 24) (Figura 11). A Figura 11 mostra a dominância de *Acartia lilljeborgi* e *Temora turbinata* nas estações rasas. Sendo as estações 10 e 2 com composição completamente distinta, onde mais de 90% da estação 10 é composta por *Acartia lilljeborgi* e a estação 2 é dominada por *Temora turbinata*. A estação 14 está no limite de 20 m e se assemelha mais com as estações intermediárias. Por outro lado, a estação 4, que se encontra na isóbata de 50 m, se assemelha mais com a composição das estações costeiras. *Oncaea venusta* está presente em todas as estações a partir dos 25 m. *Undinula vulgaris* e *Farranula gracilis* co-ocorrem nas três estações (18, 15 e 22).

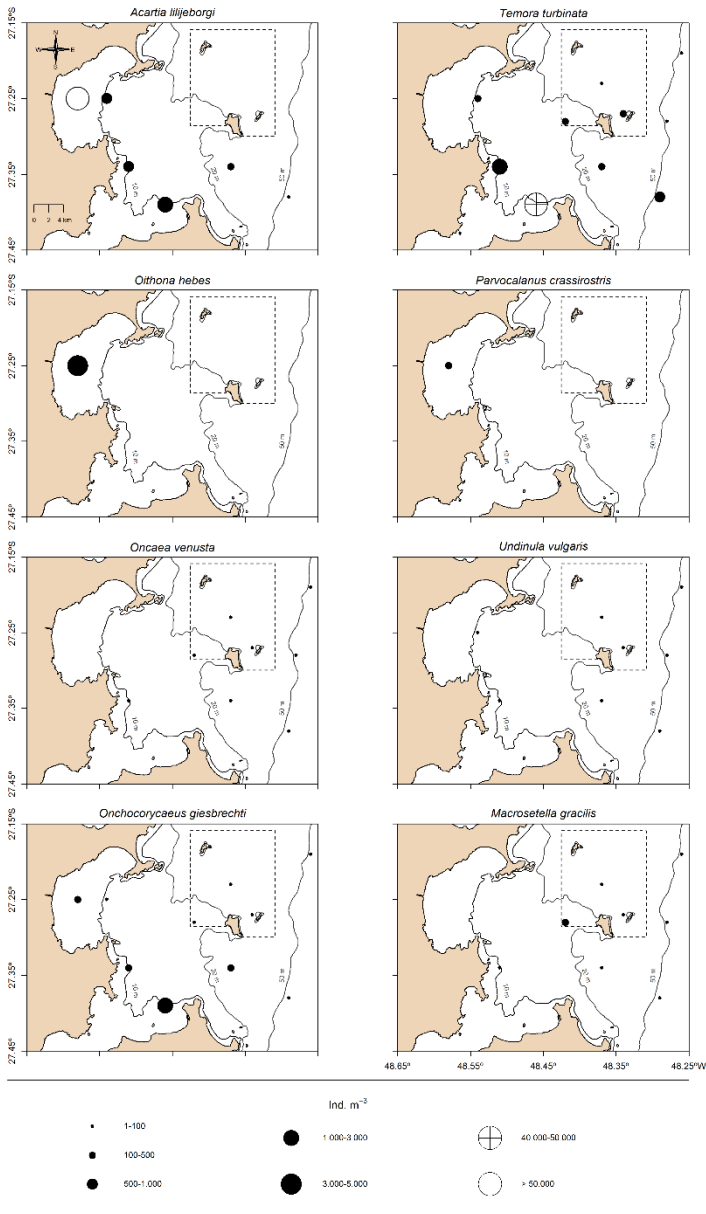


Figura 10: Abundância das principais espécies de copépodes na REBIO Arvoredo e entorno no verão/outono austral 2014.

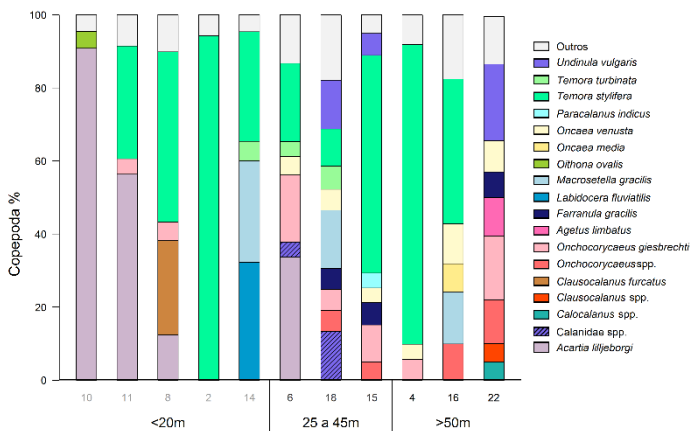


Figura 11: Contribuição das espécies com abundância superior a 4% em cada estação, na REBIO Arvoredo e entorno no verão/outono austral 2014.

A análise multivariada (nMDS) (Figura 12) evidencia *F. gracilis*, *U. vulgaris* e *Oncaea* em estações de alta riqueza e baixa abundância, ao norte da área. Ao sul da REBIO, há menor riqueza e maior abundância. *C. giesbrechti* e *T. turbinata*. *A. lilljeborgi* tem ampla ocorrência e alta abundância representando a PRT. *Temora turbinata* representa a saída do CN.

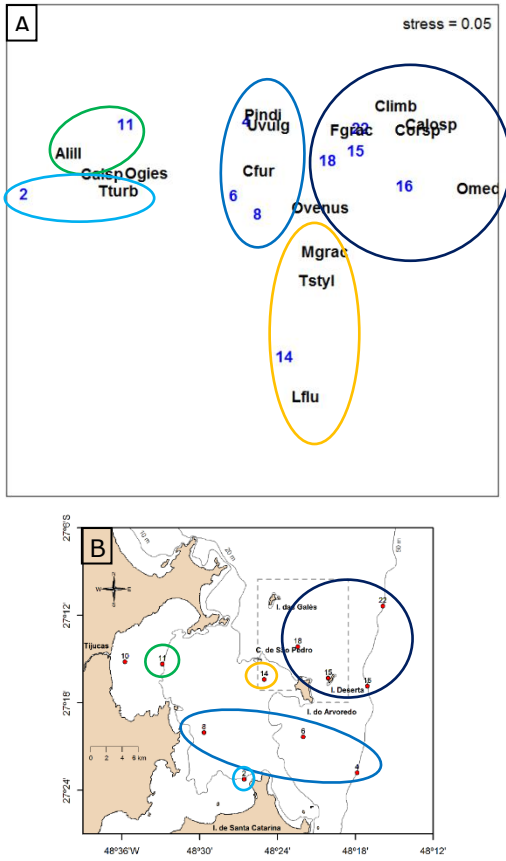


Figura 12: (A) Escalonamento Multidimensional não-Métrico (nMDS) nas estações oceanográficas na REBIO e entorno no verão/outono austral 2014 com exceção da estação 10. Alill = *Acartia lilljeborgi*, Tturb = *Temora turbinata*, Uvulg = *Undinula vulgaris*, Ogies = *Onchocorycaeus giesbrechti*, Cfur = *Clausocalanus furcatus*, Calsp = *Calanidae* sp., Mgrac = *Macrosetella gracillis*, Ovens = *Oncaea venusta*, Fgrac = *Farranula gracilis*, Tstyl = *Temora stylifera*, Pindi = *Paracalanus indicus*, Omedi = *Oncaea media*, Lflu = *Labidocera fluviatilis*, Climb = *Agetus limbatus*, Corssp = *Onchocorycaeus* spp., Calosp = *Calocalanus* spp.. (B) Mapa das 11 estações oceanográficas com os agrupamentos do nMDS.

4 DISCUSSÃO

A estrutura da assembleia de copépodes mostrou uma forte correlação com as massas d'água e uma forte associação a diferentes influências costeiras. A pluma do Rio Tijuca (PRT) e a saída norte do Canal da Ilha de Santa Catarina (CN) determinaram uma estrutura única de uma assembleia planctônica muito abundante em copépodes, com mais de 90% de dominância de *A. lilljeborgi* na PRT e de *Temora turbinata* no CN. Já na isóbata de 50 m, houve uma estrutura de assembleia com os menores valores de abundância e maior riqueza de espécies. Além disso, na isóbata de 50 m houve diferença entre o sul, onde o máximo de clorofila-*a* pode indicar a fase inicial da ressurgência, com alta abundância e baixa riqueza de espécies de copépodes e o norte, com a ressurgência estabelecida e a maior riqueza obtida no verão/outono austral 2014.

A área de estudo apresentou parâmetros oceanográficos típicos de verão, com águas superficiais quentes e intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (MÖLLER *et al.*, 2008), porém, com uma menor intensidade devido ao início do outono. A Água Subtropical de Plataforma (ASTP) predominou na região assim como observado previamente em outros estudos realizados na costa sul do Brasil (PIOLA *et al.*, 2000). A influência da PRT foi restrita às estações 10 e 11 próximas à sua desembocadura, devido ao baixo alcance da PRT. Embora a Água Tropical (AT) seja mais externa e pouco presente na área, ela tem grande influência na composição da ASTP (MÖLLER *et al.*, 2008).

A presença da ACAS é reforçada pela subsequente elevação nos valores de clorofila-*a*, nitrato e fosfato e diminuição do oxigênio dissolvido (BRAGA *et al.*, 2008) no local da intrusão. A alta concentração de clorofila-*a* também marca a influência da PRT, rica em silicato e material em suspensão, pois o aporte continental enriquece a água costeira (RESGALLA JR *et al.*, 2008). Ainda houve um terceiro pico de clorofila-*a* a 10 m de profundidade entre as estações 11 e 14 juntamente com temperatura menos quente (23 – 24 °C) do que o entorno, podendo ser um sinal da mistura da ACAS em águas mais rasas e próximas da costa. A estação 14 é a transição entre a PRT e a ASTP, pois

ainda está relacionada ao material em suspensão, silicato e amônio, porém a temperatura é mais baixa e a salinidade mais alta. A água superficial dominada pela ASTP tem valores baixos de clorofila-*a*, pois é pobre em nutrientes não favorecendo a produção primária. A alta concentração de oxigênio superficial é esperada devido à troca com a atmosfera.

A representatividade de copépodes dentro do zooplâncton foi muito alta. Valores maiores do que 90% foram registrados em locais onde a intrusão atinge a superfície, por exemplo, Cabo Frio (GUENTHER *et al.*, 2008) e regiões estuarinas, como na Baía de Camamu (DIAS & BONERCKER, 2009). As estações 10 e 2 tiveram grande peso na contribuição geral do zooplâncton devido ao valor da abundância dos copépodes. Sem essas duas estações, copépodes seriam apenas 58% do zooplâncton amostrado. A elevada abundância das estações 10 e 2 são justificadas pelo grande aporte continental de nutrientes. No entanto, as duas estações têm influências distintas, pois a estação 10 está relacionada ao alto nível de material em suspensão e silicato, já a estação 2 tem apenas material em suspensão. Por outro lado, a isóbata de 50 m teve baixa abundância, devido à água quente e pobre em nutrientes da AT e ASTP, já que os arrastos foram horizontais e de superfície, sem alcançar a região da ACAS.

Todas as identificações que não chegaram até espécie foram de organismos muito danificados, ou muito jovens, com estruturas morfológicas utilizadas para identificação pouco desenvolvidas. Segundo TURNER (2004) copepoditos são subamostrados em coletas com rede de 200 μm , devido ao seu tamanho diminuto. No entanto, muitos copepoditos identificados até gênero têm grandes possibilidades de pertencer à espécie dominante do gênero na amostra, mas não houve características o suficiente para afirmar isso.

Houve uma variação decrescente na abundância de copépodes da costa em direção à isóbata de 50 m, devido ao distanciamento da desembocadura do Rio Tijucas, maior fonte de nutrientes na superfície da área de estudo. A estação 4, na isóbata de 50 m, não seguiu essa variação e apresentou uma abundância maior do que as estações 16 e 22 (também na isóbata de 50 m). No entanto, a concentração de clorofila-*a* entorno da estação 4, na profundidade de meio, é muito alta comparada com o resto da isóbata de 50 m, o que pode ter propiciado aumento na abundância

local. Já a estação 22, embora com baixa abundância, teve uma alta riqueza coincidindo com o único local de ressurgência na área de estudo. A variação costa – isóbata de 50 m ocorreu na orientação SO – NE, principalmente devido ao enriquecimento das águas pelo aporte do continente e da Ilha de Santa Catarina, sendo ambas as áreas de grande urbanização, o que intensifica ainda mais o aporte de nutrientes.

A abundância máxima de copépodes (78.705,35 ind.m⁻³) na pluma do Rio Tijucas (PRT) foi o dobro do obtido na pluma da Baía de Paranaguá (LOPES *et al.*, 1998). Por outro lado, a abundância média na isóbata de 50 m (43 ind.m⁻³) foi muito inferior à abundância registrada por LOPES *et al.* (1999) na ressurgência de Cabo Frio (61.207 ind.m⁻³).

A composição de espécies também mostra uma variação SO – NE representado pelo aumento da diversidade à medida que se distância da costa. Esse aumento em diversidade e diminuição de abundância também foi observado em outros estudos no litoral do Brasil (eg. BRANDINI *et al.*, 2013; LOPES *et al.*, 1999; DIAS & BONECKER, 2009).

A estrutura da assembleia de copépodes esteve fortemente associada à influência das águas continentais da PRT e CN, onde houve elevada abundância e baixa riqueza. A região da PRT foi representada pelos grupos *Acartia lilljeborgi*, *Oithona hebes* e *Parvocalanus crassirostrisi*, espécies características de regiões estuarinas (RESGALLA JR., 2011). Já ao norte da Ilha de SC (estação 2) a assembleia foi dominada por *Temora turbinata*, *Clausocalanus furcatus* e *Acartia lilljeborgi*. *Temora* e *Corycaeus* ocorreram em quase toda a área, demonstrando uma tolerância às mudanças de salinidade.

Temora turbinata foi a segunda espécie mais abundante do na região, sendo uma espécie invasora, introduzida no nordeste do Brasil na década de 1980 e, desde então, vem se alastrando por toda a costa brasileira (DIAS & BONECKER, 2009; LOPES *et al.*, 1998). Houve registros na costa sul (MUXUGATA & GLOEDEN, 1995; LOPES *et al.*, 1998) na década de 1990 e no entorno da REBIO Arvoredo em 2012 (DOMINGOS-NUNES & RESGALLA JR) e REF. No entanto não é possível determinar a época de chegada da espécie na costa de Santa Catarina, devido a falta de estudos pretéritos. *T. turbinata* vem alterando as assembleias de copepodes na plataforma do Brasil. No litoral norte

de São Paulo a espécie substituiu *Temora stylifera*. (RESGALLA JR *et al.*, 2008). A substituição de espécies locais por *T. turbinata* na REBIO Arvoredo deve ser monitorada.

O enriquecimento por nutrientes causado pela intrusão da ACAS no verão não ocasionou aumento na abundância de copépodes, mas a riqueza de espécies foi elevada em direção à isóbata de 50 m. No entanto, não foi registrada nenhuma espécie indicadora desta massa d'água, pois os arrastos foram superficiais e o único ponto de ressurgência ocorreu à 36 m de profundidade. Um arrasto vertical que alcançasse a zona de ressurgência caracterizaria melhor a comunidade de copépodes neste fenômeno.

Undinula vulgaris, *Macrosetella gracilis* e *Oncaea venusta* são espécies tropicais oceânicas (DIAS & BONECKER 2009) e tiveram maior representatividade nas estações intermediárias e na isóbata de 50 m. *Farranula gracilis* também tem distribuição semelhante, mas sem representante nenhum nas estações rasas, diferente das outras espécies mencionadas anteriormente.

Por estar na transição entre a costa e a isóbata de 50 m, a estação 14 apresenta uma assembleia de copépodes diferente daquelas das outras estações, não se assemelhando à assembleia das estações rasas e nem à assembleia das estações com intrusão da ACAS. Da mesma forma, o sul da isóbata de 50 m tem a intrusão de ACAS em águas mais profundas e, por isso, não apresenta uma riqueza de espécies semelhante ao resto da isóbata de 50 m. Sendo assim, as espécies de copépode proporcionam uma análise mais refinada das condições ambientais, do que apenas a análise dos parâmetros físicos.

Clausocalanus furcatus, *Paracalanus quasimodo*, *Oithona simillis*, *O. plumifera* e *Ctenocalanus vanus* (RESGALLA JR., 2011; LOPES *et al.*, 1999) foram encontrados em grande abundância em outros estudos realizados na costa de Santa Catarina, porém, *O. simillis*, *C. vanus* e *O. plumifera* não foram encontradas no presente estudo, e *C. furcatus* e *P. quasimodo* não tiveram a mesma relevância, ocorrendo em poucas estações e em baixa abundância.

A variação local da comunidade de copépodes no verão/outono austral se assemelhou mais aos resultados encontrados nos estudos realizados na Plataforma Continental Sudeste Brasileira (PCSE) do que na Plataforma Sul Brasileira

(PSB), resultado justificado pela maior influência da Água Tropical (AT) trazida pela Corrente do Brasil durante o verão.

5 CONCLUSÃO

Os resultados evidenciaram a variação costa – plataforma, onde a comunidade de copépodes teve caracterização típica de verão com água tropical quente e oligotrófica, com exceção da região da desembocadura do Rio Tijucas devido às condições ambientais exclusivas. Além disso, apesar da intrusão da Água Central do Atlântico Sul ter se restringido à isóbata de 50 m, observou - se um aumento de riqueza em toda região ao norte da REBIO Arvoredo. A dominância da espécie invasora *Temora turbinata* na REBIO Arvoredo deve ser monitorada, devido a possibilidade de alterações estruturais nas assembléias locais. A abundância e distribuição das espécies de copépode são boas ferramentas para a interpretação da dinâmica de fenômenos oceanográficos, possibilitando a identificação da influência das massas de água além do alcance dos parâmetros físico-químicos.

6 REFERÊNCIA

APHA, A., 1985. WPCF, 1985. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 16, 445-446.

BECKER, E. C. **Comunidade planctônica, especialmente copépodos, da plataforma continental de Santa Catarina (26-29° S)**. Tese de Mestrado, Departamento de Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

BECKER, R. A. & WILKS, A. R. R version by Ray Brownrigg. Enhancements by MINKA, T. P. & DECKMYN, A., 2016. **maps: Draw Geographical Maps**. R package version 3.1.0. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=maps>

BIVAND, R. & LEWIN-KOH, N. 2016. **maptools: Tools for Reading and Handling Spatial Objects**. R package version 0.8-39. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=maptools>

BJÖRNBERG, T. K. S. 1981. **Copepoda**. Em: Boltovskoy, D. (ed.). Atlas Del zooplancton Del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo com el zooplancton marino. Publ. Esp. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, 587-680.

BJÖRNBERG, T. K. S. **On the marine free-living copepods off Brazil**. Boletim do Instituto oceanográfico, 13(1), 03-142, 1963.

BOLTOVSKOY, D. 1981. **Atlas Del zooplancton Del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo com el zooplancton marino**. Em: Atlas Del zooplancton Del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo com el zooplancton marino. INIDEP, 255-260.

BOOS, H., BUCKUP, G. B., BUCKUP, L., ARAUJO, P. B., MAGALHÃES, C., ALMERÃO, M. P., ... & MANTELATTO, F. L. **Checklist of the Crustacea from the state of Santa Catarina, Brazil**. Check List, 8(6), 1020-1046, 2012.

BONECKER, S. L. C. **Atlas de zooplâncton da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Museu Nacional, 2006.

BRADFORD-GRIEVE, J.M., MARKHASEVA, E.L., ROCHA, C.E.F. & ABIAHY, B. **Copepoda**. Em: Boltovskoy, D. (Ed.).

South Atlantic Zooplankton. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 869-1098, 1999.

BRANDINI, F. P.; NOGUEIRA, M.; SIMÃO, M.; CODINA, J. C. U. & NOERNBERG, M. A. **Deep chlorophyll maximum and plankton community response to oceanic bottom intrusions on the continental shelf in the South Brazilian Bight.** Continental Shelf Research, 89, 61-75, 2013.

CASTRO, B. D., LORENZZETTI, J. A., SILVEIRA, I. D., & MIRANDA, L. D. **Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) eo Chuí (RS).** O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil, 11-120, 2006.

CASTRO FILHO, B.M.C. **Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf located between 4° N and 34° S.** The Sea. John Wiley & Sons, Inc.. 11, 209-251, 1998.

CAPRIULO, G. M., SMITH, G., TROY, R., WIKFORS, G. H., PELLET, J., & YARISH, C. **The planktonic food web structure of a temperate zone estuary, and its alteration due to eutrophication.** In: Nutrients and Eutrophication in Estuaries and Coastal Waters. Springer Netherlands, 2002. p. 263-333, 2002.

COLWELL, R. K.; RAHBK, C.; GOTELLI, N. J. **The mid-domain effect: there's a baby in the bathwater.** Am. Nat, v. 166, p. E149-E154, 2015.

DALGAARD, P. 2015. **ISwR: Introductory Statistics with R**. R package version 2.0-7. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ISwR>

DIAS, C. O., ARAUJO, A. V., VIANNA, S. C., FERNANDES, L. L., PARANHOS, R., SUZUKI, M. S., & BONECKER, S. L. C. **Spatial and temporal changes in biomass, production and assemblage structure of mesozooplanktonic copepods in the tropical south-west Atlantic Ocean**. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 95(03), 483-496, 2015.

DIAS, C., O. & BONECKER, S. L. C. **The copepod assemblage (Copepoda: Crustacea) on the inner continental shelf adjacent to Camamu Bay, northeast Brazil**. Zoologia (Curitiba), v. 26, n. 4, p. 629-640, 2009.

DOMINGOS-NUNES, R. & RESGALLA JR, C. **The zooplankton of Santa Catarina continental shelf in southern Brazil with emphasis on Copepoda and Cladocera and their relationship with physical coastal processes**. Latin American Journal of Aquatic Research, 40(4), 893-913, 2012.

GRASSHOFF, K.; ENHRHARDT, M. & KREMLING, K. (eds.) **Methods of Seawater Analysis**, 2nd edition. VerlagChemie, Weinheim, 419, 1983.

GUENTHER, M; GONZALEZ-RODRIGUEZ, E.; CARVALHO, W.F; REZENDE, C.E.; MUGRABE, G.; VALENTIN, J.L.

Plankton trophic structure and particulate organic carbon production during a coastal downwelling-upwelling cycle.

Marine Ecology Progress Series, 363, 109-119, 2008.

HERNÁNDEZ, A. C. & MORALES, E. S. **Copépodos pelágicos del golfo de México y Mar Caribe**, 1994.

KELLEY, D. & RICHARDS, C. 2016. **oce: Analysis of Oceanographic Data**. R package version 0.9-19. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=oce>

KIØRBOE, T. **What makes pelagic copepods so successful?** Journal of Plankton Research, 33(5). 677-685, 2011.

LAWRENCE, I., & LIN, K. **A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility**. Biometrics, 255-268, 1989.

LEGENDRE, P., & LEGENDRE, L. F. **Numerical ecology**. Elsevier. 24, 151-165, 2012.

LOPES, R. M., BRANDINI, F. P., & GAETA, S. A. **Distribution patterns of epipelagic copepods off Rio de Janeiro (SE Brazil) in summer 1991/1992 and winter 1992**. Hydrobiologia, 411, 161-174, 1999

LOPES, R.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J.F.; MONTÚ, M.A.; MUELBERT, J.H.; GORRI, C. & BRANDINI, F.P. **Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview**. Scientia Marina, 70: 189-202, 2006.

LOPES, R. M., VALE, R. & BRANDINI, F. P. **Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton do complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994.** Revista Brasileira de Oceanografia. 46(2), 195-211, 1998.

MIYASHITA, L. K., DE MELO JÚNIOR, M., & LOPES, R. M. **Estuarine and oceanic influences on copepod abundance and production of a subtropical coastal area.** Journal of Plankton Research, 0(0), 1-12, 2009.

MÖLLER, O. O., PIOLA, A. R., FREITAS, A. C. & CAMPOS, E. J. **The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America.** Continental Shelf Research, 28(13), 1607-1624, 2008.

MUXAGATA, E., GLOEDEN, I. M. **Ocorrência de Temora turbinata Dana, 1849 (Crustacea: Copepoda) no estuário da lagoa dos Patos, RS, Brasil.** Nauplius, 3, 163-164, 1995.

NYCHKA, D.; FURRER, R.; PAIGE, J. & SAIN, S., 2015. **fields: Tools for spatial data.** R package version 8.4-1. Disponível em: www.image.ucar.edu/fields

OKSANEN, J. F.; BLANCHET, G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYDOS, P.; HENRY, M.; STEVENS, H. & WAGNER, H. 2016. **vegan: Community Ecology Package.** R package version 2.3-4. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

OMORI M & IKEDA T. **Methods on marine zooplankton ecology**. J Wiley & Sons, New York, 332, 1984.

PIOLA, A. R., CAMPOS, E. J., MÖLLER, O. O., CHARO, M., & MARTINEZ, C. **Subtropical shelf front off eastern South America**. Journal of Geophysical Research: Oceans, 105(C3), 6565-6578 (2000).

PIOLA A.R., CAMPOS E. J. D., MÖLLER Jr. O.O., CHARO M AND MARTINEZ C. **Subtropical shelf front off eastern south America**. Journal of Geophysical Research.105(C3), 6565-6578, 2000.

PORTAL ICMBIO. **Reserva Biológica Marinha do Arvoredo**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/rebioarvoredo/>. Visto em 06/11/2015.

R CORE TEAM 2016. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

REGALLA JR. C. **The holoplankton of the Santa Catarina coast, southern Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 83(2), 575-588, 2011.

REGALLA JR, C., SOUZA, V. G. C. D., RÖRIG, L. R., & SCHETTINI, C. A. F. **Spatial and temporal variation of the zooplankton community in the area of influence of the Itajaí-**

Açú river, SC (Brazil). Brazilian Journal of Oceanography, 56(3), 211-224, 2008.

SCHETTINI, C. A. F., CARVALHOR, J. L. B. & JABOR, P. M. **Comparative hydrology and suspended matter distribution of four estuaries in Santa Catarina State – Southern Brazil. Workshop on Comparative Studies of Temperate Coast Estuaries.** Bahia Blanca, Argentina. Resumos, 29-32, 1996.

SCHETTINI, C. A., KUROSHIMA, K. N., PEREIRA FO, J., RORIG, L. R., & RESGALLA, C. **Oceanographic and ecological aspects of the Itajaí-açu river plume during a high discharge period.** Anais-Academia Brasileira de Ciencias, 70, 335-352 (1998).

SCHLITZER, R., 2003. **Ocean Data View.** Disponível em: <http://odv.awi.de>.

SCOR-UNESCO, W. G. 17. **Determination of photosynthetic pigments.** Monographs on Oceanographic Methodology. 1, 9-18, 1966.

SOETAERT, K. 2016. **plot3D: Plotting Multi-Dimensional Data.** R package version 1.1. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=plot3D>

TURNER, J. T. **The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs.** Zoological Studies, 43(2), 255-266, 2004.

WARNES, G. R.; BOLKER, B.; GORJANC, G.; GROTHENDIECK, G.; KOROSSEC, A.; LUMLEY, T.; MACQUEEN, D.; MAGNUSSON, A.; ROGERS, J. & outros, 2015. **gdata: Various R Programming Tools for Data Manipulation**. R package version 2.17.0. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=gdata>