

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Bárbara Santos Menezes

**DISTRIBUIÇÃO DE EUPHAUSIACEA (CRUSTACEA) (*KRILL*)
NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO**

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Ecologia da Universidade Federal de
Santa Catarina, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do
título de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Andrea
Santarosa Freire

Florianópolis/SC

2012

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

M543v Menezes, Bárbara Santos
Distribuição de Euphausiacea (Crustacea) (Krill) no
Arquipélago de São Pedro e São Paulo [dissertação] /
Bárbara Santos Menezes ; orientadora, Andrea Santarosa
Freire. - Florianópolis, SC, 2012.
65 p.: il., grafs., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-
Graduação em Ecologia.

Inclui referências

1. Ecologia. 2. Crustáceo. 3. Zooplâncton marinho. 4.
Euphausiacea. I. Freire, Andrea Santarosa. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Ecologia. III. Título.

CDU 577.4

“Distribuição de Euphausiacea (Crustacea) (*Krill*) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo”

por

Bárbara Santos Menezes

Dissertação julgada e aprovada em sua forma final pelos membros titulares da Banca Examinadora (Port. 06/PPGECO/2012) do Programa de Pós-Graduação em Ecologia - UFSC, composta pelos Professores Doutores:

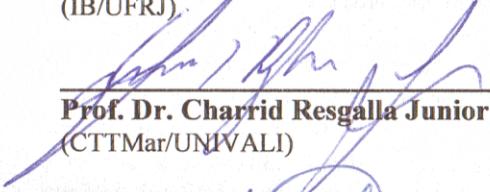
Banca Examinadora:



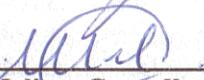
Prof.ª Dr.ª. Andrea Santarosa Freire
(Presidente/ECZ/UFSC)



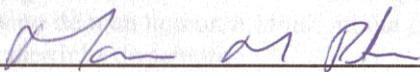
Prof. Dr. Sérgio Luiz Costa Bonecker
(IB/UFRJ)



Prof. Dr. Charrid Resgalla Junior
(CTMar/UNIVALI)



Prof.ª Dr.ª. Melissa Carvalho
(ECZ/UFSC)



Prof. Dr. Mauricio Mello Petrucio
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Florianópolis, 28 de fevereiro de 2012.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento dos projetos realizados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (#48.0040/2004-4 e #55.8470/2005-0) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado. Agradeço a todos que participaram da triagem das amostras e que conviveram comigo no Laboratório de Crustáceos e Plâncton nesses três anos de mestrado: Manu, Luis, Matheus, Jana, Mari Teschima, Mara, Ju e Chuck. Agradeço à minha orientadora, Andrea, por desde o TCC ter acreditado na minha capacidade e me dado oportunidade de trabalhar com os bichinhos marinhos, mesmo sabendo que eu não tinha a base necessária para isso. Os almoços vegetarianos foram ótimos!

Aos meus amigos, sempre presentes, virtual ou fisicamente, nos momentos mais difíceis: Kathe, Matheus, Eduardo Tasca, Adriana Saccol (valeu pelos conselhos maduros de sempre, tô colocando tudo em prática!), Luis (obrigada por sanar as dúvidas que iam surgindo ao longo da dissertação), Lia (fia, sinto sua falta!!! Valeu pela parceria de sempre!), Gi (sempre querida, vê se não some!), Manu (obrigada pela parceria no lab e amizade verdadeira) e Cris (uma irmã pra mim, você pode contar sempre comigo). Marlene e Fernanda, o apoio de vocês foi fundamental! Corpo e cabeça agradecem! E meu coração agradece por serem pessoas tão maravilhosas.

A toda minha família, pelo apoio de sempre, principalmente minhas tias Dulcineia, Leninha e Luce, tio Marcelo, minha vó querida, meus primos Fábio, Franklin, Maykon e Paula, que estiveram muito presentes no momento mais difícil da minha vida. Aos meus cachorros Boris e Ludi, que sempre me recebem com alegria e amor quando chego em casa, mesmo de mau humor, e Maili, minha filha peluda de quase 15 anos, companheirinha de sempre.

Agradeço a essa força maior que alguns chamam de natureza, outros de Deus, por ter me dado uma cabeça boa que até agora não entrou em colapso, apesar de tudo.

Mãe, te amo muito, obrigada por ter me trazido ao mundo, pelo apoio de sempre, apesar de todas as dificuldades... Douglas, meu único irmão, apesar de todas as coisas chatas que tenho que te cobrar ultimamente, eu te amo, nada vai mudar isso (tamo junto!).

Pai, eu sei que de onde você está, torce muito por mim, sinto seu apoio e uma voz dizendo “vai, não desiste, você já fez muito, agora

faça por você mesma...”. Terminei esse mestrado por você, foi difícil, mas consegui! Sempre te amei muito e agora tenho certeza que tem alguém me protegendo do outro lado. Agora, depois de oito meses, me sinto forte para continuar e fazer mais por mim...

RESUMO

Eufausiáceos podem ter sua distribuição afetada por diversos fatores, como a temperatura, massas d'água e a presença de uma topografia abrupta, como quebras de plataformas continentais e cordilheiras submarinas. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (0°55'00"N e 29°20'45"W) constitui os picos emersos de uma cadeia de montanha submarina com direção Leste-Oeste pertencente à Cordilheira Meso Atlântica. Este trabalho tem como objetivo descrever a composição e abundância de eufausiáceos do ASPSP, verificando se há variação nictemeral, temporal e em locais com diferentes distâncias e profundidades ao redor do arquipélago. Amostras de plâncton foram coletadas entre abril de 2003 e julho de 2005 em duas diferentes distâncias ao redor do ASPSP, dia e noite, totalizando 96 amostras. Arrastos horizontais superficiais foram realizados utilizando rede cônica-cilíndrica de 50 cm de diâmetro de boca e 200 μm de malha, com fluxômetro acoplado. Foram identificados 11 espécies e 4 táxons, com destaque para *Euphausia* spp., *Euphausia americana*, *Stylocheiron carinatum*, *Thysanopoda* spp., *T. aequalis* e *T. tricuspidata*. A curva de acumulação de espécies estabilizou com 69 amostras, indicando que todas as espécies presentes em águas superficiais próximas ao ASPSP foram capturadas. Obteve-se média (\pm EP) da abundância total de $245,38 \pm 50,66 \text{ ind.} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$, variando de $4,19 \pm 2,09 \text{ ind.} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ em janeiro de 2005 a $1.918,48 \pm 993,78 \text{ ind.} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ em novembro de 2004. Os resultados mostraram que a interação da migração vertical com a profundidade e a distância em relação ao ASPSP afeta a distribuição dos eufausiáceos e que a temperatura é o fator responsável pela variação temporal.

Palavras-chave: Euphausiacea, Atlântico Equatorial, ilhas oceânicas, migração vertical, cordilheiras oceânicas.

ABSTRACT

Euphausiids may have their distribution influenced by several factors, such as temperature, water masses and the presence of abrupt topography, as continental shelf breaks and submarine ridges. Saint Paul's Rocks (0°55'00"N and 29°20'45"W) is formed by the emerged peaks of an underwater mountain chain in the East-West direction belonging to the Mid Atlantic Ridge. This work aims to describe the composition and abundance of euphausiids from Saint Paul's Rocks, verifying the presence of diel and temporal variations, besides the variations between different distances and depths around the archipelago. Plankton samples were collected between April 2003 and July 2005 at two different distances around Saint Paul's Rocks, in the morning and at night, in a total of 96 samples. Horizontal surface tows were performed using a conical-cylindrical net with a 50 cm diameter mouth and 200 μm mesh, equipped with a flowmeter. The identification resulted in 11 species and 4 taxa, especially *Euphausia* spp. larvae, *Euphausia americana*, *Stylocheiron carinatum*, *Thysanopoda* spp., *T. aequalis* and *T. tricuspidata*. The species accumulation curve stabilized with 69 samples, indicating that all species from the surface waters close to Saint Paul's Rocks were caught. The mean total abundance (\pm SE) was $245.38 \pm 50.66 \text{ ind.} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$, ranging from $4.19 \pm 2.09 \text{ ind.} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ in January 2005 to $1,918.48 \pm 993.78 \text{ ind.} \cdot 100 \text{ m}^{-3}$ in November 2004. The results showed that the interaction of vertical migration with the depth and distance from Saint Paul's affected the distribution of euphausiids and that the water temperature was the main factor for the temporal variation.

Keywords: Euphausiids, Equatorial Atlantic, oceanic islands, vertical migration, ocean ridges.

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (0°55'00"N, 29°20'45"W) em relação à costa nordeste do Brasil e a costa africana..... 24
- Fig. 2 - Arquipélago de São Pedro e São Paulo e a localização das ilhotas e da enseada..... 24
- Fig. 3 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e principais correntes superficiais do Atlântico Equatorial: CCE = Contra Corrente Equatorial, CNB = Corrente Norte do Brasil, SCE = Sub-Corrente Equatorial, CSE = Corrente Sul Equatorial com as vertentes norte (CSEn), equatorial (CSEe) e central (CSEc). Modificado de Edwards e Lubbock (1983). 25
- Fig. 4 - Localização das 96 coletas realizadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Os círculos tracejados representam as distâncias < 500 m (D1) e > 1200 m (D2) em relação à ilha Belmonte. As isóbatas de 100, 200, 500 e 1.000 metros estão representadas pelas linhas pontilhadas. 26
- Fig. 5 - Dados de temperatura superficial do mar (TSM) (A) e salinidade superficial (A) no ASPSP..... 28
- Fig. 6 - Curva de acumulação de espécies de eufausiáceos para as amostras coletadas ao redor do ASPSP. 31
- Fig. 7 - Abundância (média e erro padrão) de eufausiáceos coletados em 2 diferentes distâncias ao redor do ASPSP: D1 (< 500 m) e D2 (>1.200 m). 31
- Fig. 8 - Distribuição da abundância total de eufausiáceos em relação ao ASPSP, nas amostras noturnas (A) e diurnas (B). D1: distância de até 500 m; D2: distância maior que 1.200 m. 32
- Fig. 9 - Abundância (média \pm EP) de larvas (A) e adultos (B) de eufausiáceos por 100 m⁻³ coletados na superfície de locais com profundidades de até 200 metros (< 200m) e maior que 200 metros (> 200m). Números representam o total de amostras (n). Letras indicam médias significativamente diferentes. 33
- Fig. 10 - Abundância (média \pm EP) de larvas (A) e adultos (B) de eufausiáceos nos períodos noturno e diurno e em duas distâncias em

relação ao ASPSP: D1 (< 500 m) e D2 (>1.200 m). Letras indicam médias significativamente diferentes.	34
Fig. 11 - Composição de larvas (A) e adultos (B) de Euphausiacea nas amostras noturnas (barra horizontal preta) e diurnas (barra horizontal branca).	36
Fig. 12 - Distribuição da abundância de <i>Euphausia</i> spp. nas amostras noturnas (A) e diurnas (B), e de <i>E. americana</i> (C) e <i>S. carinatum</i> (D) nas amostras noturnas em relação ao ASPSP. D1: distância de até 500 m; D2: distância maior que 1.200 m.	39
Fig. 13 - Distribuição da abundância de <i>T. tricuspidata</i> nas amostras noturnas (A) e diurnas (B), e de <i>Thysanopoda</i> spp. (C) e <i>T. aequalis</i> (D) nas amostras diurnas em relação ao ASPSP. D1: distância de até 500 m; D2: distância maior que 1.200 m.	41
Fig. 14 - Dendrograma de agrupamento realizado a partir da raiz quadrada da abundância média de todos os táxons identificados, utilizando o método da associação média e o índice de similaridade de Bray Curtis. Ap: abril, Aug: agosto, Nov: novembro de 2003, Mar: março, Nov04: novembro de 2004, Jan: janeiro, Mai: maio, Jul: julho, N: noite, D: dia, D1: < 500 m, D2: > 1.200 m.	43
Fig. 15 - Diagrama fatorial resultante da análise de correspondência canônica, mostrando a distribuição dos táxons em função dos meses, períodos do dia, temperatura, salinidade, batimetria e distância em relação ao ASPSP. Códigos das espécies de acordo com a tabela 1. Day: dia, Night: noite, Jan: janeiro, Mar: março, Apr: abril, May: maio, Jul: julho, Aug: agosto, Nov03: novembro de 2003, Nov04: novembro de 2004, Temp: temperatura, Sal: salinidade, Dist: distância, Depth: profundidade.	44
Fig. 16 - Características morfológicas utilizadas na identificação, como o formato dos olhos (A), espinhos no cefalotórax (B), lapela antenular (C), processos e espinhos do petasma em machos (D) e formato geral do corpo (E). Adaptado de Brinton et al. (1999).....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estágio de desenvolvimento, frequência de ocorrência (FO), abundância relativa (AR) e abundância média/100 m³ (\pm EP) de Euphausiacea. Táxons em negrito são os mais abundantes e frequentes *correspondente a mais de uma espécie..... 30

Tabela 2 - Resultado da análise de espécies indicadoras, mostrando os táxons com nível de interferência significativo ($p < 0,05$). *valor destacado: indica em que grupo o táxon é indicador..... 44

Tabela 3 - Abundância e número de espécies registradas (riqueza) de eupausiáceos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e em outras regiões costeiras e oceânicas. 47

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO 1 - Distribuição de Euphausiacea (Crustacea) (<i>Krill</i>) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo	17
Resumo.....	19
Introdução	20
Materiais e métodos	23
Área de estudo	23
Obtenção e processamento das amostras	25
Análise dos dados	26
Resultados	28
Dados abióticos.....	28
Dados bióticos	29
Discussão.....	45
Referências.....	51
2 ANEXOS.....	59
Anexo 1 – Ecologia do <i>krill</i>	59
Anexo 2 – Fotos ilustrativas dos táxons identificados.....	64

1 CAPÍTULO 1 - Distribuição de Euphausiacea (Crustacea) (*Krill*) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Manuscrito formatado para submissão segundo as normas da revista
Marine Biology.

Distribuição de Euphausiacea (Crustacea) (*Krill*) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo

Bárbara Santos Menezes¹, Manoela Costa Brandão¹, Liane Stumpf²,
Andrea Santarosa Freire¹

¹Laboratório de Crustáceos e Plâncton, Departamento de Ecologia e Zoologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC 88010-970, Brasil. ²Laboratorio de Reproducción y Crecimiento de Crustaceos Decapodos, Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, FCEyN, Universidad de Buenos Aires, Cdad. Univ. C1428EGA, Argentina.

e-mail: babi_sm1984@yahoo.com.br

Resumo

Eufausiáceos podem ter sua distribuição afetada por diversos fatores, como a temperatura, massas d'água e a presença de uma topografia abrupta, como quebras de plataformas continentais e cordilheiras submarinas. O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (0°55'00"N, 29°20'45"W) constitui os picos emersos de uma cadeia de montanha submarina com direção Leste-Oeste pertencente à Cordilheira Meso-Atlântica. Este trabalho tem como objetivo descrever a composição e abundância de eufausiáceos do ASPSP, verificando se há variação nictemeral, temporal e em locais com diferentes distâncias e profundidades ao redor do arquipélago. Amostras de plâncton foram coletadas entre abril de 2003 e julho de 2005 em duas diferentes distâncias ao redor do ASPSP, dia e noite, totalizando 96 amostras. Arrastos horizontais superficiais foram realizados utilizando rede cônica-cilíndrica de 50 cm de diâmetro de boca e 200 µm de malha, com fluxômetro acoplado. Foram identificados 11 espécies e 4 táxons, com destaque para *Euphausia* spp., *Euphausia americana*, *Stylocheiron carinatum*, *Thysanopoda* spp., *T. aequalis* e *T. tricuspidata*. A curva de acumulação de espécies estabilizou com 69 amostras, indicando que todas as espécies presentes em águas superficiais próximas ao ASPSP foram capturadas. Obteve-se média (\pm EP) da abundância total de $245,38 \pm 50,66$ ind. \bullet 100 m⁻³, variando de $4,19 \pm 2,09$ ind. \bullet 100 m⁻³ em janeiro de 2005 a $1.918,48 \pm 993,78$ ind. \bullet 100 m⁻³ em novembro de 2004. Os resultados mostraram que a interação da migração vertical com

a profundidade e a distância em relação ao ASPSP afeta a distribuição dos eupausiáceos e que a temperatura é o fator responsável pela variação temporal.

Palavras-chave: Euphausiacea, Atlântico Equatorial, ilhas oceânicas, migração vertical, cordilheiras oceânicas.

Introdução

Eufausiáceos, ou *krill*, são crustáceos holoplanctônicos exclusivamente marinhos e estão distribuídos em todos os oceanos do mundo (Antezana e Brinton 1981; Letessier et al. 2009). Entre os organismos planctônicos, os eupausiáceos são relativamente grandes e frequentemente dominam as comunidades zooplanctônicas, especialmente sobre a quebra da plataforma continental e em regiões de alta produtividade ambiental (Gibbons et al. 1999; Nicol e Brierley 2010). Além disso, exercem controle *top-down* e *bottom-up* em cadeias alimentares pelágicas (Verity et al. 2002), por consumirem fitoplâncton e por ser uma fonte de alimento para diversos predadores, como baleias, pinguins e vários peixes de interesse comercial, como merluza, atuns e peixe-espada, além de organismos do micronecton (Roger 1973; Tanabe 2001; Martins et al. 2005; Chapman et al. 2010; Muto e Soares 2011). Essas características os tornam um importante componente do reino pelágico, ocupando uma posição chave na cadeia alimentar marinha (Letessier et al. 2011).

Embora poucas espécies apresentem padrões muito restritos de distribuição, os eupausiáceos são frequentemente associados a massas de água ou ambientes específicos (Gibbons et al. 1999). No Pacífico, *Euphausia diomedea* e *E. distinguenda* são típicas da massa d'água equatorial, enquanto que *Nematoscelis atlantica* e *Euphausia brevis* caracterizam a massa d'água central (Brinton 1962). No Atlântico Sudoeste, as zonas biogeográficas definidas por comunidades planctônicas são caracterizadas pela presença de *Euphausia americana* na Zona Tropical (Água Tropical), *Nematoscelis atlantica* na Zona Subtropical-Tropical (Água Subtropical), *Nematoscelis megalops* na Zona de Transição Temperada-Subtropical (Água Subantártica) e *Euphausia longirostris* na Zona Subantártica (Água Superficial Antártica) (Antezana e Brinton 1981; Boltovskoy 1981).

Muitas espécies de eufausiáceos, como as do gênero *Euphausia*, *Nematoscelis* e *Thysanopoda*, possuem um pronunciado padrão de migração vertical nictemeral, permanecendo em águas superficiais durante a noite e migrando para camadas mais profundas da coluna d'água durante o dia, podendo migrar cerca de 400 metros por dia (Roger 1971; Mauchline 1980). Esse comportamento responde a diversos fatores, como intensidade de luz, disponibilidade de alimento, profundidade e características físicas da coluna d'água (Antezana e Brinton 1981; Gibbons et al. 1999). Devido ao comportamento de migração vertical e hábitos alimentares, os eufausiáceos constituem grandes elos da cadeia alimentar entre as camadas superficiais e as mais profundas, servindo como alimento principal dos peixes de fundo no mar raso e de peixes mesopelágicos em mar aberto (Brinton 1975).

Muitas espécies têm sua distribuição horizontal e vertical relacionada a características tais como giros e zonas de transição entre massas de água, e a migração vertical de algumas espécies, como *Stylocheiron longicorne* e *Nematoscelis tenella*, pode ser restringida pela presença de uma termoclina (Roger 1971; Mauchline 1980). Tanto a distribuição quanto a abundância relativa são afetadas principalmente pela temperatura da água e salinidade (Mauchline e Fisher 1969; Robledo e Mujica 1999). Compilações de aproximadamente cinco décadas de amostragem de eufausiáceos ao longo da Cordilheira Meso-Atlântica (Letessier et al. 2009) e no Pacífico (Letessier et al. 2011), em um gradiente latitudinal do equador aos polos, mostraram que tanto a abundância quanto a riqueza de espécies são fortemente influenciadas pela temperatura superficial do mar (TSM), sendo que a abundância aumenta onde a TSM é menor e a riqueza é maior em locais com TSM mais alta.

Muitas espécies de eufausiáceos apresentam variação temporal na abundância de adultos e larvas; essa variação pode ser decorrente da influência de correntes e massas de água, eventos climáticos, como o ENSO ("El Niño" - Oscilação Sul) e monções (Gómez-Gutiérrez et al. 1995; Mathew et al. 2003) e período reprodutivo (Gómez 1995; De Silva-Dávila et al. 2002). Na costa oeste da Baja Califórnia, *Nyctiphanes simplex* mostrou densidade maior de adultos no final da primavera, e *Euphausia eximia* teve as maiores concentrações nos meses em que a TSM foi superior a 23°C (Gómez 1995). Após 10 anos, aproximadamente, adultos de *N. simplex* foram mais abundantes durante o outono na mesma região (De Silva-Dávila et al. 2002). Nas águas do sudeste do Japão, *E. similis* é mais abundante na primavera, período em que ocorre enriquecimento de plâncton na superfície (Brinton 1962).

Agregações de zooplâncton são frequentemente observadas sobre topografias abruptas, como montes submarinos e quebras de plataforma. As agregações são produzidas por diferentes mecanismos impulsionados pelas correntes oceânicas (Genin 2004). É possível que cordilheiras, assim como montes submarinos, concentrem elevadas populações de zooplâncton, e a compilação de dados no Atlântico mostrou que o número de espécies de eufausídeos aumentou na presença da Cordilheira Meso-Atlântica (Letessier et al. 2009). Densas concentrações de eufausídeos são habitualmente encontradas sobre a quebra da plataforma ou na região além da quebra. Essas concentrações são em parte um resultado do acoplamento da circulação através da plataforma com o comportamento de migração vertical desses crustáceos (Barange et al. 1991).

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), o menor arquipélago oceânico brasileiro, constitui os picos emersos de uma cadeia de montanha submarina transversal mesoocênica com direção Leste-Oeste (Campos et al. 2009). Distante cerca de 100 km da linha do equador, situa-se no meio do Atlântico Norte Equatorial e faz parte da Zona Econômica Exclusiva do Brasil.

Montes submarinos são considerados *hotspots* de biodiversidade pelágica, apresentando maior riqueza de espécie que áreas costeiras ou oceânicas (Morato et al. 2010). No ASPSP, a abundância do zooplâncton é elevada quando comparada aos valores registrados na costa nordeste do Brasil (Macedo-Soares et al. 2012) e a densidade de larvas de Decapoda foi relativamente alta quando comparada à áreas oceânicas abertas (Koettker et al. 2010). Picos de abundância de duas espécies de copépodes e de larvas de Decapoda foram registrados em áreas mais rasas e próximas ao ASPSP (Fernández 2010; Brandão 2010). A comunidade ictioplanctônica do ASPSP é caracterizada por três assembleias distintas, recifal, nerítica e oceânica, sendo que essa última é fortemente influenciada pela variação nictemeral (Macedo-Soares et al. 2012).

Áreas sujeitas à influência de ilhas e bancos submarinos oceânicos geralmente apresentam atividade pesqueira mais intensa, em função da existência de estoques de várias espécies comercialmente importantes (Mafalda Jr. et al 2004). O ASPSP caracteriza-se por ser uma área de concentração de espécies de peixes comercialmente importantes, com destaque para as famílias Scombridae (atuns e cavalas), Carangidae (xaréus), bem como as consideradas forrageiras, como Exocoetidae (peixes-voadores), de importância ecológica na cadeia alimentar (Lessa et al. 1999), assim como apresenta alta

concentração de ovos e larvas de peixes (Macedo-Soares et al. 2012). Muitos estudos ressaltam a contribuição dos eufausiáceos na dieta de peixes comercialmente ou ecologicamente importantes (Vaske Jr. e Castello 1998; Robinson 2000; Tanasichuk e Luedke 2002; Watanabe et al. 2002; Satoh et al. 2004), o que reforça a importância dos eufausiáceos em locais como o ASPSP, onde existe uma concentração de peixes de importância na pesca comercial, já que muitos desses peixes, quando juvenis, se alimentam destes crustáceos.

Diante dessas informações, este trabalho tem como objetivo descrever a composição e abundância de eufausiáceos do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, verificando se há variação nictemeral, temporal e em locais com diferentes distâncias e profundidades ao redor do arquipélago.

Materiais e métodos

Área de estudo

O ASPSP é formado por um pequeno grupo de dez ilhotas e várias pontas de rochas que se elevam de profundidades abissais, aproximadamente 4.000 m, até poucos metros acima da superfície. Associado à cordilheira Meso-Atlântica (0°55'00"N, 29°20'45"W), localiza-se a 1010 km da costa nordeste do Brasil e a 1.824 km de Guiné-Bissau na África (Fig. 1). Suas quatro maiores ilhotas estão separadas por pequenos canais, formando entre si uma enseada em forma de ferradura (Fig. 2). O ASPSP possui um relevo submarino com elevações alongadas como uma crista, com declive suave na direção EW e forte declividade na direção NS (Campos et al. 2009).

O Arquipélago encontra-se inserido no Sistema Equatorial de Correntes Marinhas, sendo influenciado por duas correntes (Fig. 3), a Corrente Sul Equatorial (CSE) que flui superficialmente no sentido Leste-Oeste, e a Subcorrente Equatorial (SCE), que flui no sentido contrário a uma profundidade entre 40 a 150 m (Edwards e Lubbock 1983; Stramma e England 1999). A região do ASPSP está sobre a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) de janeiro a maio (estação chuvosa), e o mês de abril é o mês com a maior precipitação acumulada. No segundo semestre, a ZCIT desloca-se para o norte, observando-se uma diminuição da precipitação na região (estação seca) (Soares et al. 2009).

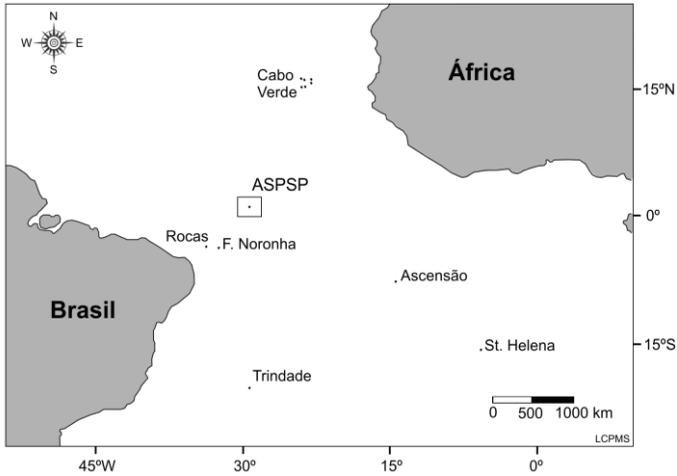


Fig. 1 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo ($0^{\circ}55'00''N$, $29^{\circ}20'45''W$) em relação à costa nordeste do Brasil e a costa africana.

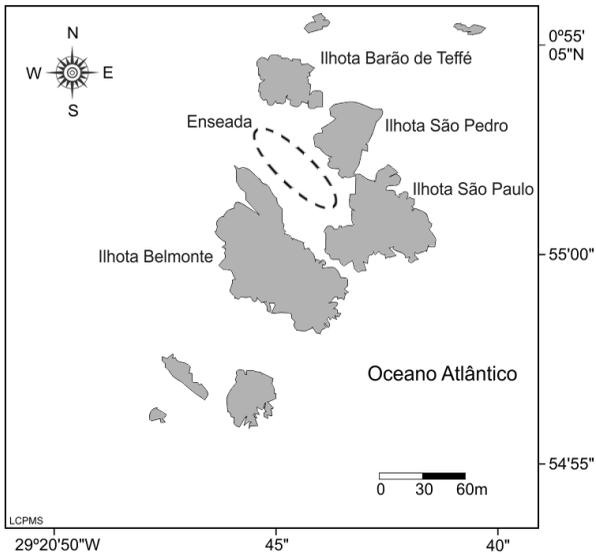


Fig. 2 - Arquipélago de São Pedro e São Paulo e a localização das ilhotas e da enseada.

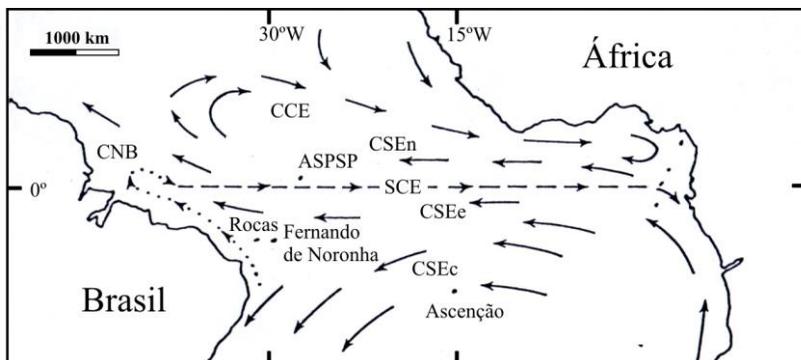


Fig. 3 - Localização do Arquipélago de São Pedro e São Paulo e principais correntes superficiais do Atlântico Equatorial: CCE = Contra Corrente Equatorial, CNB = Corrente Norte do Brasil, SCE = Sub-Corrente Equatorial, CSE = Corrente Sul Equatorial com as vertentes norte (CSEn), equatorial (CSEe) e central (CSEc). Modificado de Edwards e Lubbock (1983).

Obtenção e processamento das amostras

As amostras de zooplâncton foram coletadas em oito expedições, ocorridas em abril, agosto e novembro de 2003, março e novembro de 2004, janeiro, maio e julho de 2005. As coletas foram realizadas em 2 diferentes distâncias ao redor da Ilhota Belmonte: D1 (< 500 m) e D2 (>1.200 m), com três réplicas por distância, durante o anoitecer (noite) (entre 18h00min e 22h14min) e durante o amanhecer (dia) (entre 6h30min e 12h00min), somando 12 amostras por expedição e 96 coletas no total (Fig. 4).

Os arrastos horizontais de plâncton foram realizados na superfície com duração de 10 minutos, utilizando uma rede cônico-cilíndrica de 50 cm de diâmetro de boca e 200 μm de malha, com fluxômetro acoplado. A quantidade de água filtrada pela rede em todas as coletas apresentou um volume médio de $54,13 \pm 2,24 \text{ m}^3$. Para cada ponto de coleta foram registrados dados de temperatura (termômetro) e salinidade (refratômetro) superficiais e as coordenadas de latitude e longitude (GPS). O material coletado foi fixado em formaldeído 4% tamponado com tetraborato de sódio.

As amostras com mais de 400 espécimes foram subamostradas utilizando-se o subamostrador de Folsom (McEwan et al. 1954) em

frações que variaram de 1/2 até 1/4 para obter o mínimo de 100 indivíduos para identificação. Os eufausiáceos foram identificados até o menor nível taxonômico possível, em microscópios estereoscópico e ótico, com aumentos máximos de 6,3 e 100 vezes, de acordo com Antezana e Brinton (1981), Brinton (1975), Gopalakrishnan (1975), Gibbons et al. (1999), Lansac Tôha (1981), Lansac Tôha e Freire (1999), Lewis (1955) e Mauchline (1971a, b).

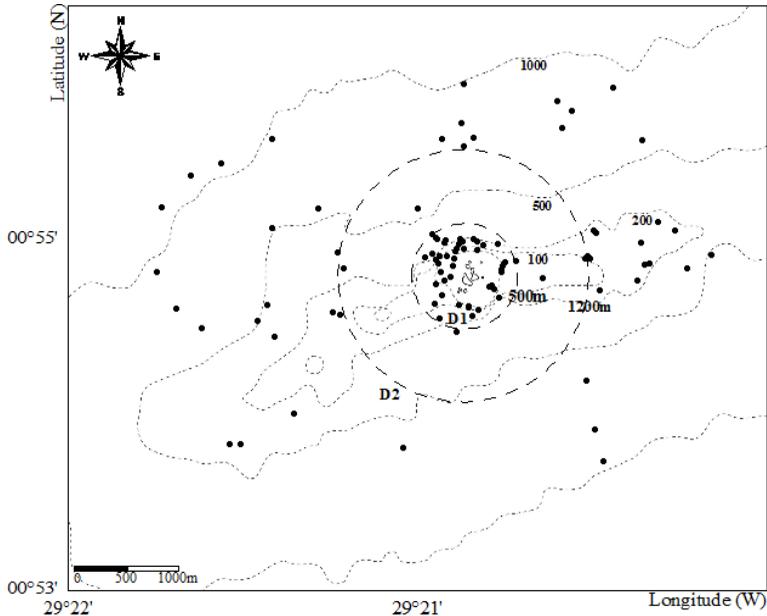


Fig. 4 - Localização das 96 coletas realizadas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Os círculos tracejados representam as distâncias < 500 m (D1) e > 1200 m (D2) em relação à ilha Belmonte. As isóbatas de 100, 200, 500 e 1.000 metros estão representadas pelas linhas pontilhadas.

Análise dos dados

A abundância de eufausiáceos foi padronizada em função do volume de água filtrada em cada arrasto e expressa em ind. • 100 m⁻³. Cada média foi expressa com seu respectivo erro padrão ($X \pm EP$). A curva cumulativa de espécies foi calculada através do programa EstimateS Win 8.20 com a finalidade de verificar se a amostragem foi suficiente para representar as espécies presentes na área, utilizando

apenas os táxon que representam apenas uma espécie (11 táxons). O teste *t* foi utilizado para verificar se há diferença na abundância total de eufausiáceos em relação ao fator nictemeral. A análise de variância (ANOVA) de dois fatores foi usada para investigar o efeito da profundidade e período do dia na abundância total, de larvas e de adultos de eufausiáceos. Os mesmos dados foram submetidos à outra ANOVA de dois fatores para verificar o efeito da distância de amostragem em conjunto com o período do dia. Os dados biológicos foram transformados em $\log(x+1)$ para atender as premissas da ANOVA. Os testes de Shapiro-Wilks e de Bartlett foram aplicados *a priori* e o de Tukey *a posteriori* (Zar 1996; Underwood 2006). Os testes foram realizados no programa STATISTICA 7.

A similaridade entre as amostras coletadas ao redor do ASPSP foi calculada pelo índice de Bray-Curtis a partir da raiz quadrada da abundância dos táxons, que foram separados em larvas (12 morfotipos) e adultos (10 espécies). A partir da matriz de similaridade, foi elaborado um dendrograma de agrupamento pelo método da associação média (Valentin 2000). Diferenças significativas entre os grupos formados foram testadas usando análise de similaridade de perfil (SIMPROF) para um nível de significância de 5%. Estas análises foram efetuadas no programa PRIMER-6 (Clarke e Warwick 2005). Em seguida, foi realizada uma análise das espécies indicadoras (ISA), que indicou as espécies responsáveis pelos agrupamentos e seus respectivos níveis de interferência ($p < 0,05$), utilizando-se o programa PC- ORD versão 4.1.

A técnica multivariada de Análise de Correspondência Canônica (ACC) foi realizada para avaliar a influência das variáveis ambientais na distribuição dos dados biológicos (Ter Braak 1986). A planilha dos dados abióticos inclui os meses, profundidade do local, salinidade e temperatura superficiais, distância de amostragem em relação ao ASPSP e período do dia em que os eufausiáceos foram coletados. A planilha de dados bióticos é composta pela abundância dos táxons divididos em larvas (12 morfotipos) e adultos (10 espécies). O programa utilizado foi o CANOCO for Windows 4.5. Os mapas de distribuição da abundância total e dos principais táxons foram elaborados no programa Golden Software Surfer 8, a partir da plotagem da abundância em cada ponto de coleta.

Resultados

Dados abióticos

A temperatura média superficial variou de 26,42°C em novembro de 2003 a 28,58°C em janeiro de 2005 (Fig. 5), e foi significativamente inferior em agosto e novembro de 2003 ($F_{(7, 87)} = 53,05$; $P < 0,001$). A salinidade média variou de 35,5 em maio de 2005 a 37,7 em março de 2004 (Fig. 5), sendo significativamente inferior em abril de 2003 e maio de 2005 ($F_{(7, 87)} = 24,70$; $P < 0,001$).

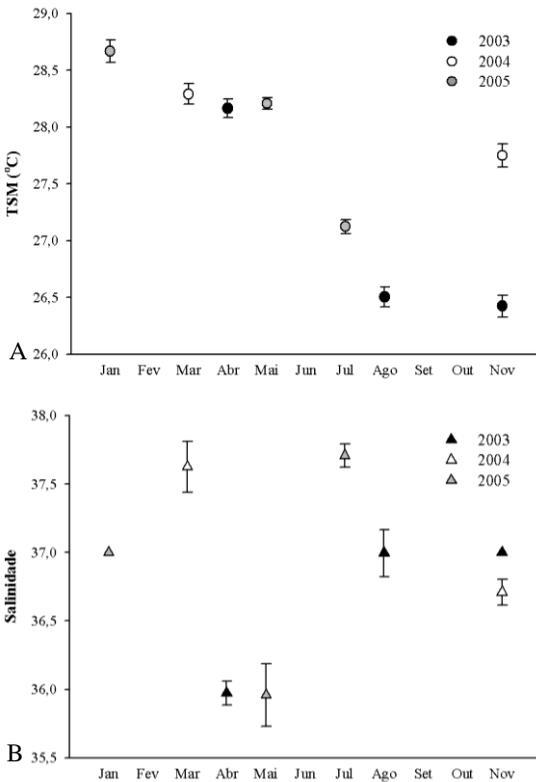


Fig. 5 - Dados de temperatura superficial do mar (TSM) (A) e salinidade superficial (A) no ASPSP.

Dados bióticos

Foram analisados 9.169 espécimes pertencentes a 15 táxons, sendo que quatro correspondem a mais de uma espécie (Tabela 1). Entre os táxons encontrados, destacam-se aqueles que apresentaram frequência de ocorrência e abundância relativa maiores que 45% e 5%, respectivamente: *Euphausia* spp., *Euphausia americana*, *Stylocheiron carinatum*, *Thysanopoda* spp., *Thysanopoda aequalis* e *Thysanopoda tricuspidata*. A curva de acumulação de espécies estabilizou com 69 amostras, indicando que o esforço de coleta foi suficiente para amostrar todas as espécies presentes nas águas superficiais em torno do ASPSP (Fig. 6).

Os eufausiáceos apresentaram uma abundância média de $245,38 \pm 50,66$ ind. $\cdot 100$ m⁻³, variando de $4,19 \pm 2,09$ ind. $\cdot 100$ m⁻³ em janeiro de 2005 a $1.918,48 \pm 993,78$ ind. $\cdot 100$ m⁻³ em novembro de 2004 (Fig. 7). O teste *t* mostrou que há diferença significativa entre os períodos do dia ($t_{94} = 3,41$; $P = 0,000950$), sendo que a abundância média das amostras noturnas ($269,81 \pm 50,70$ ind. $\cdot 100$ m⁻³) foi superior às amostras diurnas ($221,47 \pm 87,57$ ind. $\cdot 100$ m⁻³). A distribuição espacial dos eufausiáceos é mais homogênea no período noturno, enquanto que durante o dia os maiores valores estão em locais com profundidade de até 200 m (Fig. 8).

A ANOVA de 2 fatores mostrou interação entre profundidade e período do dia ($F_{(1, 91)} = 6,05$; $P = 0,01578$), mostrando que em maiores profundidades a média da abundância total é significativamente inferior durante o dia, enquanto nas áreas rasas não houve diferenças entre os períodos do dia. O mesmo resultado foi encontrado para a abundância total de larvas ($F_{(1, 91)} = 8,15$; $P = 0,005316$), enquanto que para os adultos apenas o fator nictemeral foi significativo ($F_{(1, 91)} = 12,55$; $P = 0,000626$), com a média noturna maior que a diurna (Fig. 9).

A distância do local em que as amostras foram coletadas em relação ao ASPSP não foi um fator significativo para a abundância total de eufausiáceos ($F_{(1, 91)} = 1,74$; $P = 0,19$) e larvas ($F_{(1, 91)} = 0,76$; $P = 0,38$), apenas a média dos indivíduos adultos teve interação entre os fatores distância e período do dia ($F_{(1, 91)} = 9,70$, $P = 0,00246$), sendo significativamente inferior a média das amostras coletadas em D2 (> 1200m) durante o dia (Fig. 10).

Tabela 1 - Estágio de desenvolvimento, frequência de ocorrência (FO), abundância relativa (AR) e abundância média/100 m⁻³ (±EP) de Euphausiacea. Táxons em negrito são os mais abundantes e frequentes *correspondente a mais de uma espécie

Táxons	Estágio de desenvolvimento	Código do táxon	FO (%)	AR (%)	ind. • 100 m ⁻³		
					noite	dia	total
Náuplio*	náuplio I e II, metanáuplio	Naup	14,7	1,1	2,2±1,4	3,1±1,5	2,66±1,02
<i>Euphausia</i> spp.*	calytopis I-III, furcília I-VI	Euph	67,4	37,3	72,0±22,2	110,9±76,2	91,6±39,9
<i>E. americana</i>	juvenil, adulto	Eame	53,7	10,5	44,8±11,9	7,3±2,6	25,8±6,3
<i>E. similis</i>	juvenil, adulto	Esim	17,9	2,4	11,2±6,0	0,7±0,5	5,9±3,0
<i>E. tenera</i>	juvenil, adulto	Eten	33,7	4,1	7,1±2,0	13,1±6,4	10,2±3,3
<i>Nematoscelis atlantica</i>	furcília I-IV, juvenil, adulto	Natl	27,4	0,9	2,9±1,0	1,6±0,6	2,3±0,6
<i>Stylocheiron</i> spp.*	calytopis I-III	Styl	60,0	3,3	9,2±2,3	7,2±2,2	8,2±1,6
<i>S. abbreviatum</i>	furcília I-IV, juvenil, adulto	Sabb	25,3	2,8	11,0±3,9	2,9±1,4	6,9±2,1
<i>S. affine</i>	furcília I-IV, juvenil, adulto	Saff	4,2	0,1	0,46±0,4	0,1±0,1	0,29±0,2
<i>S. carinatum</i>	furcília I-IV, juvenil, adulto	Scar	52,6	7,2	26,2±6,7	9,3±5,3	17,7±4,3
<i>S. suhmii</i>	furcília I-IV, juvenil, adulto	Ssuh	28,4	1,3	5,4±1,5	1,0±0,5	3,2±0,8
<i>Thysanopoda</i> spp.*	calytopis I-III	Thys	55,8	5,8	6,6±1,6	21,6±8,9	14,2±4,6
<i>T. aequalis</i>	furcília I-IV, juvenil, adulto	Taeq	67,4	10,6	17,1±5,2	34,5±12,7	25,9±6,9
<i>T. tricuspidata</i>	furcília I-IV, juvenil, adulto	Ttri	46,3	12,0	51,6±20,4	7,9±2,8	29,5±10,4
Morfotipo 1	furcília I-VI	Morf	8,4	0,4	2,1±1,0	0,1±0,1	1,1±0,5

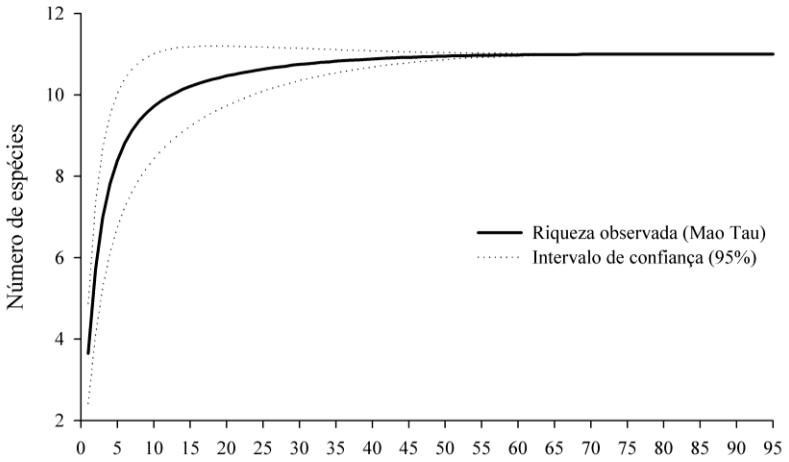


Fig. 6 - Curva de acumulação de espécies de eufausiáceos para as amostras coletadas ao redor do ASPSP.

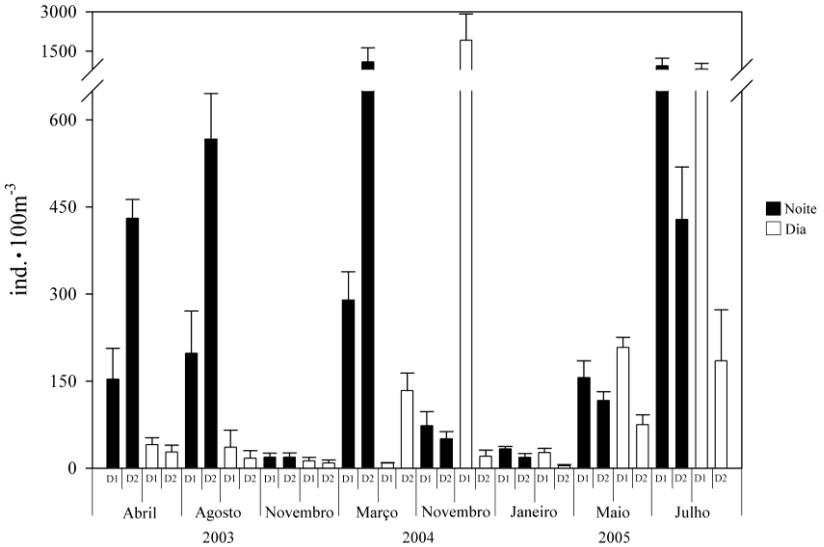


Fig. 7 - Abundância (média e erro padrão) de eufausiáceos coletados em 2 diferentes distâncias ao redor do ASPSP: D1 (< 500 m) e D2 (>1.200 m).

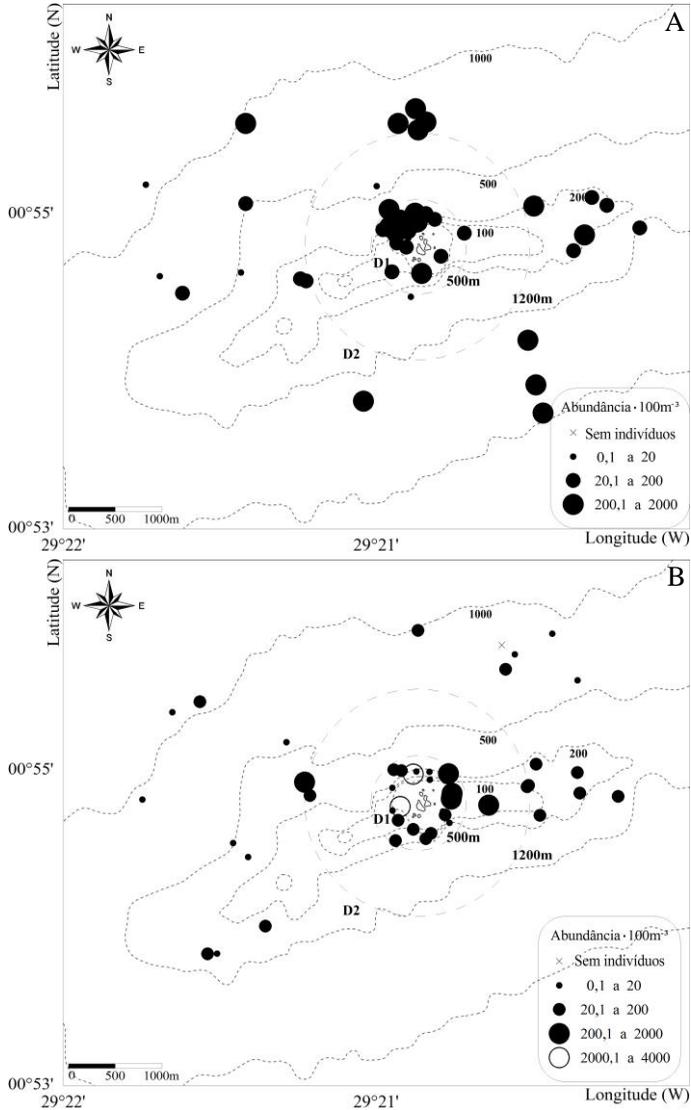


Fig. 8 - Distribuição da abundância total de eufausiáceos em relação ao ASPSP, nas amostras noturnas (A) e diurnas (B). D1: distância de até 500 m; D2: distância maior que 1.200 m.

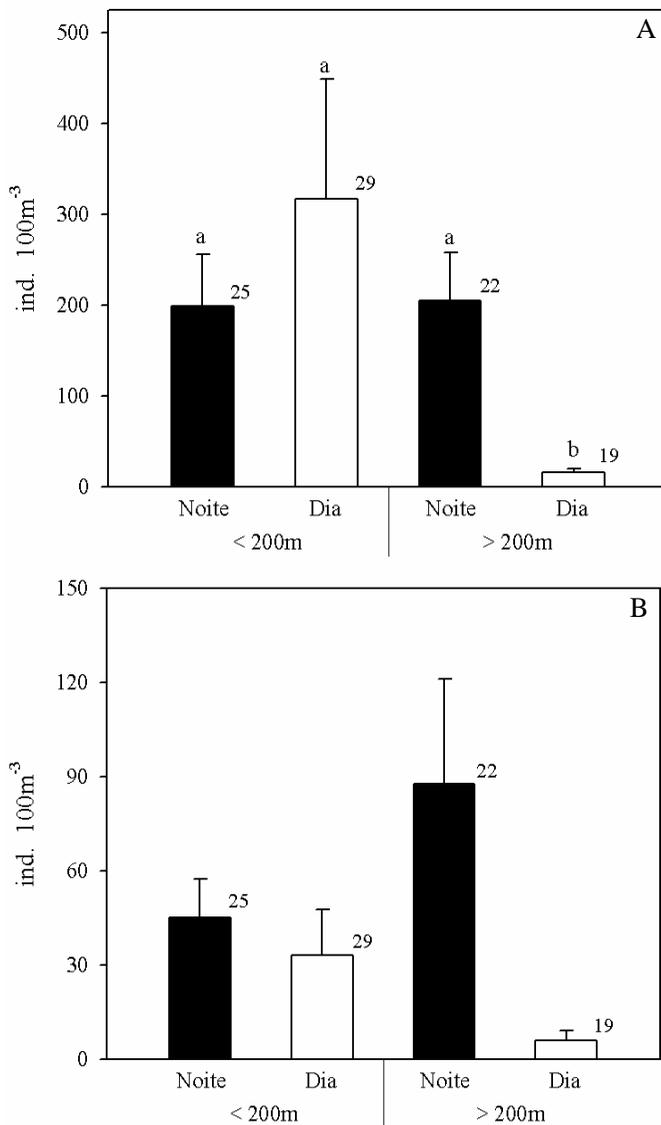


Fig. 9 - Abundância (média \pm EP) de larvas (A) e adultos (B) de eufausiáceos por 100 m⁻³ coletados na superfície de locais com profundidades de até 200 metros (< 200m) e maior que 200 metros (> 200m). Números representam o total de amostras (n). Letras indicam médias significativamente diferentes.

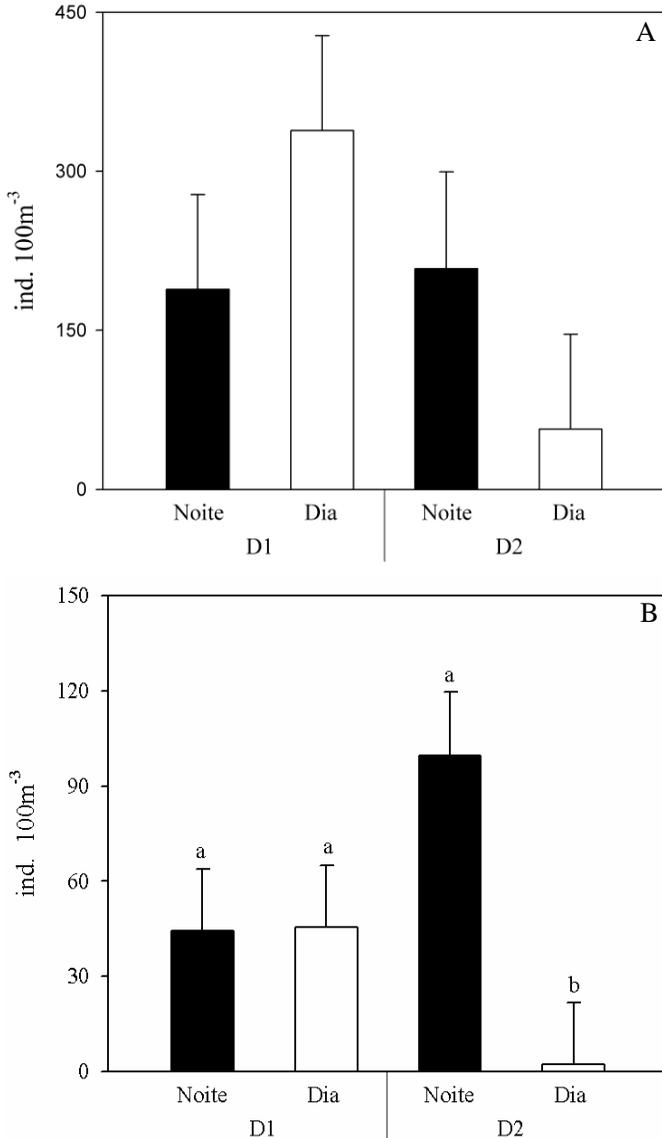
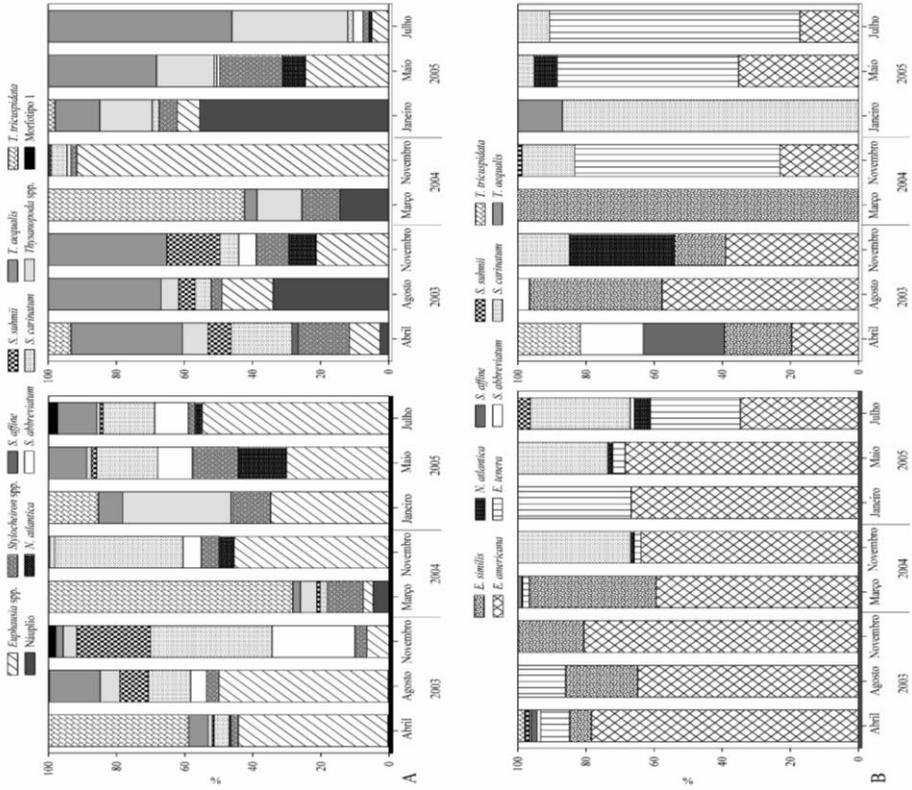


Fig. 10 - Abundância (média \pm EP) de larvas (A) e adultos (B) de eufausiáceos nos períodos noturno e diurno e em duas distâncias em relação ao ASPSP: D1 (< 500 m) e D2 (>1.200 m). Letras indicam médias significativamente diferentes.

As larvas foram dominantes de agosto de 2003 a julho de 2005, representando mais de 70% da composição. Em abril de 2003, as larvas corresponderam a 44% da abundância total. A composição de larvas e adultos apresenta variação nictemeral e temporal (Fig. 11), com maior predominância de algumas espécies no período noturno.

Entre as larvas, há tendência de maior dominância à noite, que é repartida entre *Euphausia* spp., predominante na maioria dos meses, *T. tricuspidata* (abril e março) e *S. carinatum* (novembro de 2003 e 2004). As amostras diurnas de abril, agosto, novembro de 2003 e maio apresentam menor dominância na composição de larvas do que os outros meses, que mostraram predominância de *T. tricuspidata* (março), *Euphausia* spp. (novembro de 2004), náuplio (janeiro) e *Thysanopoda* spp. e *T. aequalis* (julho) (Fig. 11).

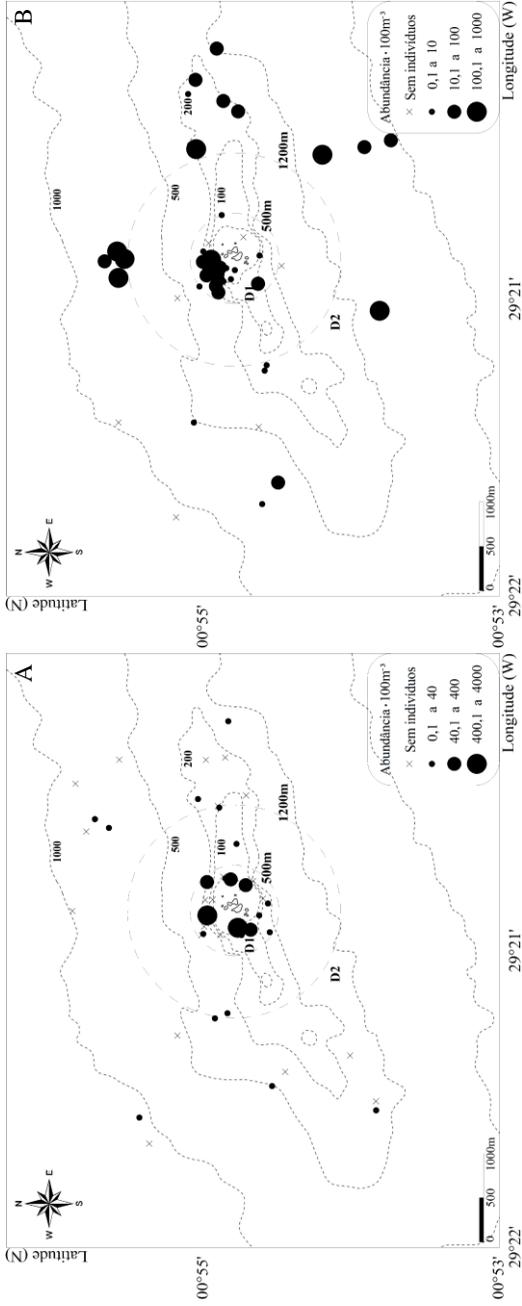
Entre os adultos, *E. americana* foi a espécie com maior abundância relativa durante a noite, enquanto no período diurno a dominância foi alternada entre *E. similis* (março), *E. tenera* (novembro de 2004, maio e julho), e *S. carinatum* (janeiro) (Fig. 11).



Euphausia spp. foi o táxon com maior frequência de ocorrência e abundância relativa, com abundância média de $91,65 \pm 39,87$ ind. $\cdot 100$ m⁻³. O pico de abundância dessas larvas foi observado em novembro durante o dia, com a média de $1.660,85 \pm 948,48$ ind. $\cdot 100$ m⁻³. Os mapas de distribuição mostram que a abundância foi maior nas amostras coletadas em locais mais rasos e próximos do durante o dia e igualmente distribuída durante a noite (Fig. 12). *Euphausia americana* apresentou abundância média de $25,85 \pm 6,29$ ind. $\cdot 100$ m⁻³, com a abundância máxima de $227,24 \pm 17,99$ ind. $\cdot 100$ m⁻³ em abril durante a noite. A distribuição espacial de *E. americana* foi semelhante as larvas de *Euphausia* (Fig. 12).

Stylocheiron carinatum (adultos e larvas) teve abundância média de $17,67 \pm 4,34$ ind. $\cdot 100$ m⁻³, com pico de abundância de $161,15 \pm 5,10$ ind. $\cdot 100$ m⁻³ em julho. Assim como *Euphausia* spp., nas coletas diurnas, os indivíduos desta espécie foram mais abundantes nas águas rasas e próximas ao ASPSP. Durante a noite observa-se a mesma distribuição, mas com alguns pontos de maior concentração em locais mais distantes e com maior profundidade (Fig. 12).

Thysanopoda tricuspidata (adultos e larvas) apresentou média de $29,53 \pm 10,38$ ind. $\cdot 100$ m⁻³, com a maior média de $633,99 \pm 231,80$ ind. $\cdot 100$ m⁻³ em março de noite. Esta espécie foi muito abundante em março de 2004 e maio de 2005 e não ocorreu nos meses de novembro de 2003 e 2004. A abundância em torno do ASPSP é maior no período noturno e em locais de profundidades entre 100 e 200 metros (Fig. 13). *Thysanopoda* spp. teve uma abundância média total de $14,19 \pm 4,60$ ind. $\cdot 100$ m⁻³ e a máxima de $195,20 \pm 65,25$ ind. $\cdot 100$ m⁻³ em julho durante o dia. Os mapas mostram uma distribuição da abundância ao acaso em relação à distância do ASPSP e profundidade do local (Fig. 13), e não houve diferença entre os períodos do dia. A abundância média de *T. aequalis* (adultos e larvas) foi de $25,89 \pm 231,80$ ind. $\cdot 100$ m⁻³, com a maior média ($332,12 \pm 86,85$ ind. $\cdot 100$ m⁻³) em julho de dia. Esta espécie também teve uma distribuição ao acaso (Fig. 13).



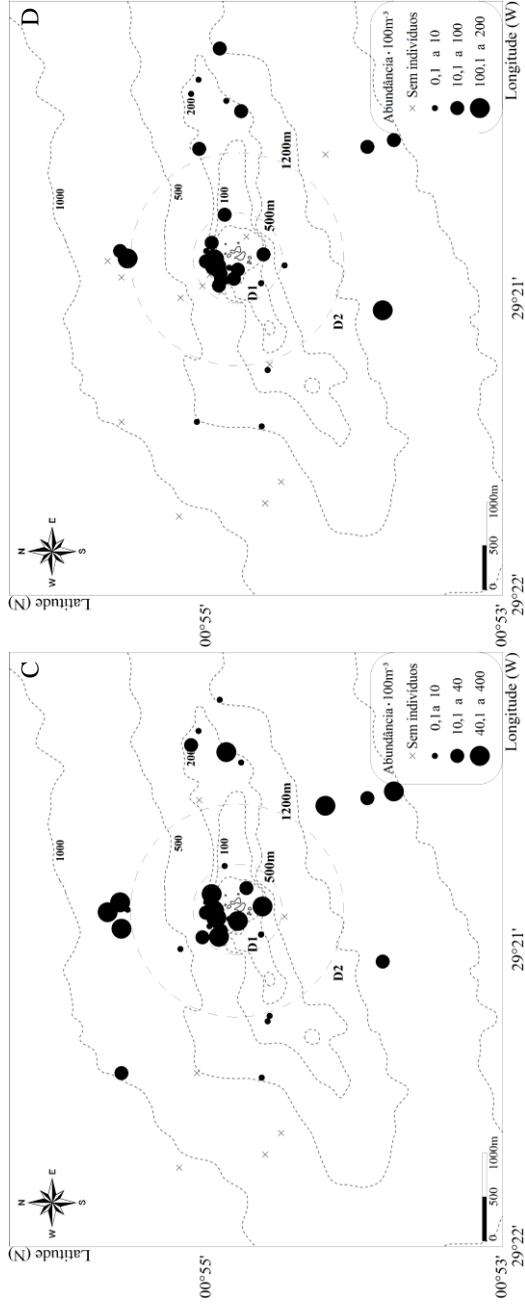


Fig. 12 - Distribuição da abundância de *Euphausia* spp. nas amostras noturnas (A) e diurnas (B), e de *E. americana* (C) e *S. carinatum* (D) nas amostras noturnas em relação ao ASPSP. D1: distância de até 500 m; D2: distância maior que 1.200 m.

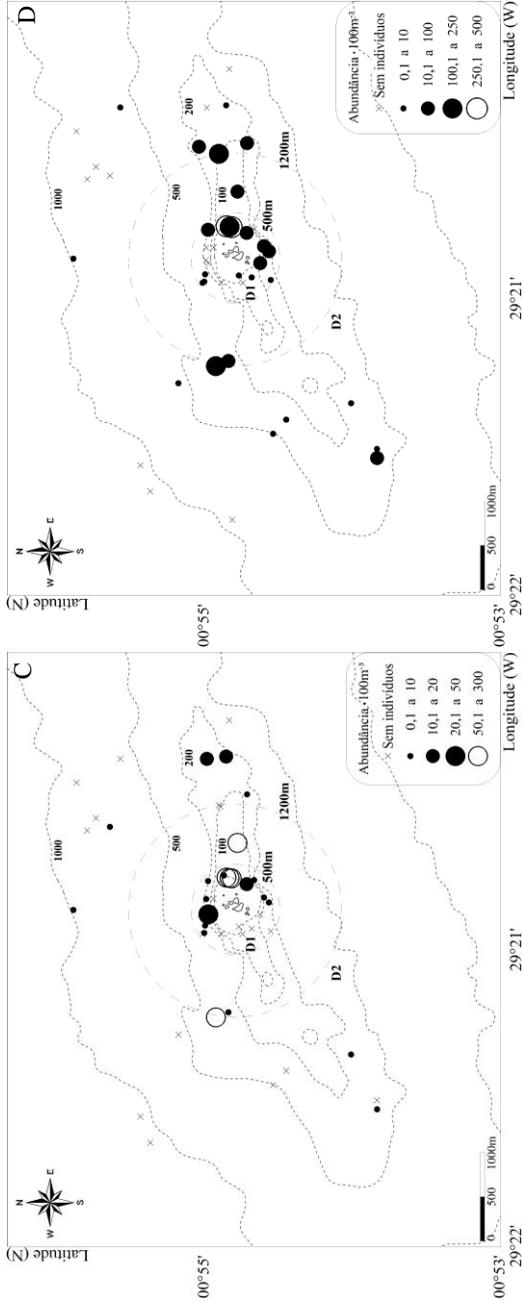


Fig. 13 - Distribuição da abundância de *T. tricuspidata* nas amostras noturnas (A) e diurnas (B), e de *Thysanopoda* spp. (C) e *T. aequalis* (D) nas amostras diurnas em relação ao ASPSP. D1: distância de até 500 m; D2: distância maior que 1.200 m.

O dendrograma de agrupamento mostrou a formação de quatro grupos, 2 com 30% (A e B) e outros 2 com 40% (C e D) de similaridade (Fig. 14). O teste SIMPROF indicou que os grupos são estatisticamente diferentes. Os grupos A e B, compostos por amostras de baixa abundância total de eufausiáceos, não apresentaram táxons indicadores. O grupo C, formado principalmente por amostras com alta abundância total e coletadas em julho e agosto, teve 10 táxons indicadores, a maioria na forma de larvas. O grupo D, com mais amostras noturnas e dos meses de abril e março, apresentou *E. similis* e 2 táxons larvais como indicadores (Tabela 2).

O diagrama da análise de correspondência canônica explicou 60,3% da variação da abundância dos táxons em função das variáveis ambientais (Fig. 15). Não houve colinearidade entre as variáveis ambientais ($VIF < 20$), e o teste de permutação de Monte Carlo foi significativo (eixo I: $F = 15,753$; $p = 0,002$; todos os eixos: $F = 5,007$; $p = 0,002$), indicando que as variáveis ambientais tem correlação com a distribuição dos táxons. O eixo I, com 38% de explicação, foi definido pela variação temporal, com correlação de 0,703 com o mês de março e -0,386 com o mês de julho, meses de temperaturas extremas (Fig. 5), e de 0,494 com a temperatura. Já o eixo II, que apresentou 22% de explicação, foi representado pela variação nictemeral, com uma correlação de 0,487 e -0,487 com amostras diurnas e noturnas, respectivamente, e pela batimetria, que teve correlação de 0,350 com o eixo II.

O plano fatorial (Fig. 15) permite descrever a variação sazonal de alguns táxons, demonstrando a alta concentração de *Euphausia* spp. em novembro, já descrita na Fig. 7 e 11, a ocorrência de larvas e adultos de *N. atlantica* em julho, que são indicadores dos meses frios (Tabela 2), e *E. similis*, náuplios e larvas de *T. tricuspidata* no mês mais quente, conforme indicado na tabela 2. Com exceção de *T. tricuspidata* e *T. aequalis*, as outras espécies apresentam adultos e larvas ocorrendo nas mesmas épocas do ano e período do dia. Os adultos de *E. americana* e *T. tricuspidata* estão associados à amostras noturnas e de maior profundidade, assim como na Fig. 12 e 13. Adultos e larvas de diferentes espécies de *Stylocheiron*, com exceção de *S. affine*, não demonstram associação temporal ou nictemeral definida.

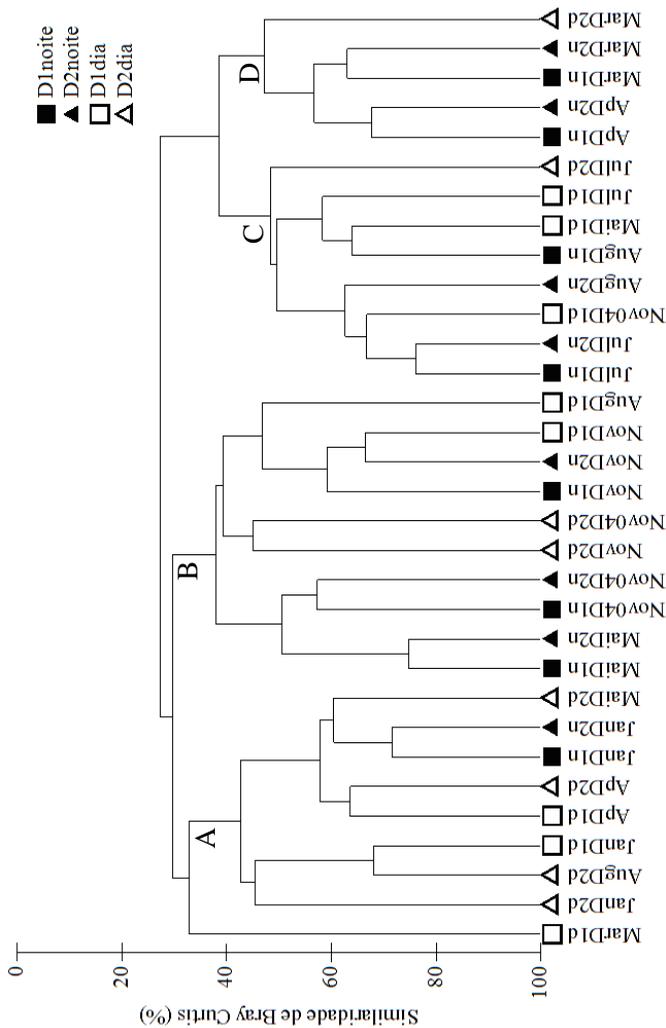


Fig. 14 - Dendrograma de agrupamento realizado a partir da raiz quadrada da abundância média de todos os táxons identificados, utilizando o método da associação média e o índice de similaridade de Bray Curtis. Ap: abril, Aug: agosto, Nov: novembro de 2003, Mar: março, Nov04: novembro de 2004, Jan: janeiro, Mai: maio, Jul: julho, N: noite, D: dia, D1: < 500 m, D2: > 1.200 m.

Tabela 2 - Resultado da análise de espécies indicadoras, mostrando os táxons com nível de interferência significativo ($p < 0,05$). *valor destacado: indica em que grupo o táxon é indicador.

Táxons indicadores	Valor indicador (%) *				p
	A	B	C	D	
Náuplio	9	0	6	<u>45</u>	0,022
<i>Euphausia</i> spp.	7	9	<u>66</u>	13	0,003
<i>E. tenera</i>	0	3	<u>55</u>	23	0,006
<i>E. similis</i>	0	2	5	<u>73</u>	0,001
<i>N. atlantica</i> (larva)	1	12	<u>44</u>	0	0,013
<i>N. atlantica</i> (adulto)	0	5	<u>42</u>	0	0,031
<i>S. abbreviatum</i> (larva)	0	10	<u>83</u>	0	0,001
<i>S. carinatum</i> (larva)	2	17	<u>59</u>	10	0,001
<i>S. carinatum</i> (adulto)	1	11	<u>50</u>	1	0,011
<i>S. suhmii</i> (larva)	1	9	<u>44</u>	7	0,033
<i>T. aequalis</i> (larva)	11	6	<u>57</u>	20	0,002
<i>T. tricuspidata</i> (larva)	7	2	8	<u>69</u>	0,001
Morfotipo 1 (larva)	0	1	<u>47</u>	0	0,011

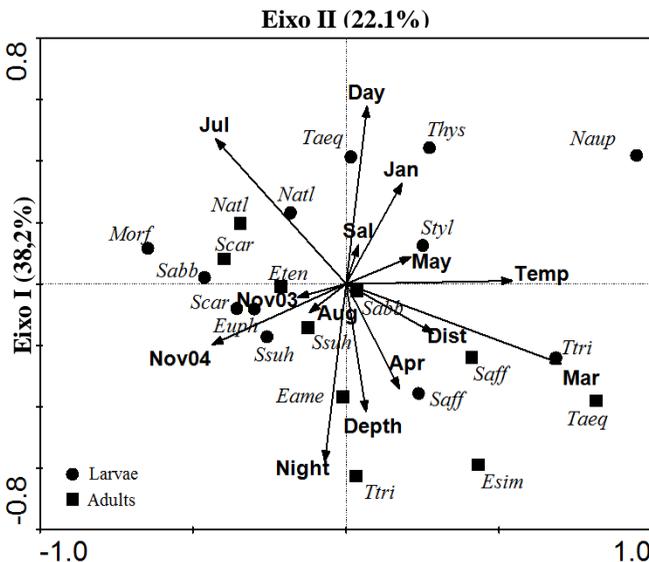


Fig. 15 - Diagrama fatorial resultante da análise de correspondência canônica, mostrando a distribuição dos táxons em função dos meses, períodos do dia, temperatura, salinidade, batimetria e distância em relação ao ASPSP. Códigos das espécies de acordo com a tabela 1. Day: dia, Night: noite, Jan: janeiro, Mar: março, Apr: abril, May: maio, Jul: julho, Aug: agosto, Nov03: novembro de 2003, Nov04: novembro de 2004, Temp: temperatura, Sal: salinidade, Dist: distância, Depth: profundidade.

Discussão

A temperatura registrada no período estudado está de acordo com o registrado para a área em trabalhos anteriores (Pérez et al. 2005; Skielka et al. 2006). O período em que a salinidade superficial do mar foi significativamente inferior corresponde ao período de maior precipitação mensal acumulada, que ocorre em abril (Soares et al. 2009). A temperatura e salinidade encontradas no ASPSP são compatíveis com a caracterização da Água Tropical Superficial, que é descrita como a massa d'água dominante na camada superficial da região, e que apresenta, aproximadamente, 27°C de temperatura e 36,0 de salinidade (Stramma e Schott 1999; Medeiros et al. 2009).

A presença de 10 das 11 espécies no ASPSP está de acordo com a distribuição descrita por Mauchline e Fisher (1969), Mauchline (1980) e Brinton et al. (2000). A exceção é *E. similis*, que tem sua distribuição descrita como circunglobal entre aproximadamente 25-55°S. A ocorrência dessa espécie apenas no período de abril de 2003 a março de 2004 e a ausência de fêmeas com espermatóforo (observação pessoal) sugere que a espécie não está estabelecida no local, e que esses adultos podem ter chegado ao ASPSP através de circulação de correntes marinhas. A longevidade estimada para *E. similis* é de 6 meses a um ano (Hirota et al. 1990), o que explica o fato dessa espécie não ter sido encontrada nos meses seguintes, caso tenha vindo com as correntes sazonais.

A curva de acumulação de espécies mostrou que as 11 espécies registradas correspondem a todas as espécies presentes nas águas superficiais ao redor do ASPSP, apesar de serem atualmente registradas 22 espécies na região (Letessier et al. 2009). Ao largo da costa brasileira foram registradas 16 espécies na costa leste, 14 espécies na costa sudeste e 19 espécies no extremo sul do Brasil (Freire 1991; Lansac Tôha 1981; Gorri 1995), valores também inferiores aos registros de Gibbons (1997) devido às amostragens serem realizadas sempre na zona epipelágica e os eufausiáceos alcançarem grandes profundidades, nem sempre migrando até a superfície no período noturno. Mesmo utilizando arrastos oblíquos, a captura de eufausiáceos na costa oeste da península da Baja California foi muito inferior ao número registrado na área (5 e 25 espécies, respectivamente) (De Silva-Dávila et al. 2002), não sendo o arrasto horizontal o determinante nessa discrepância e sim o comportamento migratório das espécies.

Ao largo da costa brasileira, dominada por água tropical, existe um gradiente de espécies dominantes; *E. americana* é a espécie mais

abundante na área entre o Parcel de Abrolhos (BA) e Cabo Frio (RJ), e a maior quantidade de larvas em águas rasas é associada à influência da Água Tropical durante o verão na região (Freire 1991). Na região entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC), *Euphausia similis* é a espécie mais abundante, com distribuição mais nerítica, e *Stylocheiron carinatum* é a mais frequente, com uma distribuição mais oceânica (Lansac Tôha 1981). A composição de eupausiáceos no extremo sul do Brasil possui variação temporal ao longo do ano, estando diretamente relacionada com a entrada das massas de água na região, e adultos das espécies dominantes, *Euphausia lucens* e *E. similis*, mostram preferência por áreas de plataforma externa e talude (Gorri 1995). No ASPSP, Euphausiacea foi considerada um dos organismos chave da comunidade zooplantônica na camada superficial (García Díaz 2007).

Os dados da costa brasileira não evidenciaram um gradiente latitudinal na riqueza de eupausiáceos. Compilação de dados sobre distribuição latitudinal no Atlântico, de 80°N a 70°S, mostrou que a diversidade de eupausiáceos entre esses dois paralelos o aumento é muito pequeno ou inexistente e aumenta do Polo Norte até 50°N e do Polo Sul a 40°S (Macpherson 2002). Ao longo da Cordilheira Meso-Atlântica o mesmo padrão de diversidade latitudinal é observado, com um aumento da diversidade do Polo Sul até 30°S e do Polo Norte a 25°N aproximadamente (Letessier et al. 2009).

A riqueza de espécies de eupausiáceos no ASPSP é inferior aos valores registrados em plataformas continentais, com exceção da costa do Chile, mas comparável em relação à variação e média da abundância (Tabela 3), indicando que, apesar da rede utilizada ter menores dimensões e do menor volume filtrado por arrastos horizontais, os eupausiáceos foram bem amostrados ao redor do ASPSP.

Tabela 3 - Abundância e número de espécies registradas (riqueza) de eufausiáceos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e em outras regiões costeiras e oceânicas.

Localidade	Arrasto	Rede		Riqueza	Referência
		diâmetro (cm) / malha (µm)	Ind. • 100 m ⁻³		
Plataforma sudeste do Brasil	Oblíquo	60 / 333 e 505	0 a 1.600 (costa) 1 a 70 (oceano)	14	Lansac Tôha (1981)
Plataforma leste brasileira	Oblíquo	60 / 300 e 500	63,92 a 1.599,77	16	Freire (1991)
Plataforma do extremo sul do Brasil	Oblíquo	60 / 300	> 600 (<i>E. lucens</i>)	19	Gorri (1995)
Enseada do ASPSP	Horizontal	30 / 300	1.444 (<i>calyptopis</i>)	3	García Díaz (2007)
ASPSP	Horizontal	50 / 200	4,19 a 1.918,48 245,38 (média)	11	Trabalho atual
Ilha de Páscoa	Oblíquo	61 / 330	7,4 a 55,1	6	Robledo e Mujica (1999)
Costa oeste da Índia	Oblíquo	60 / 330	394,2 (média)	17	Mathew et al. (2003)
Concepción, Chile	Oblíquo	60 / 335	32,1 a 2.300,6	8	Linacre e Palma (2004)

Com exceção de *S. abbreviatum*, *S. affine* e *S. suhmii*, as espécies encontradas no ASPSP são migradoras, e todas alcançam a superfície durante a noite, exceto *N. atlantica*, que teve sua distribuição vertical descrita entre 100 e 600m da superfície (Mauchline 1980). Embora a amostragem tenha sido realizada somente na superfície, a migração vertical dos eufausiáceos foi determinante nos resultados obtidos, visto que foi encontrada maior abundância significativa no período noturno, de acordo com o resultado do teste *t*. A abundância de copépodes e larvas de Decapoda no ASPSP também foi maior no período noturno, indicando a ocorrência de migração vertical no zooplâncton local (Fernández 2010; Brandão 2010, Koettker et al. 2010). Em relação ao ictioplâncton, foram identificadas duas assembléias oceânicas caracterizadas pela variação nictemeral, sugerindo alterações na distribuição vertical das larvas de peixes (Macedo-Soares et al. 2012).

A composição de espécies apresenta variação nictemeral, como mostra a Fig. 11; larvas de grandes migradores, como *T. tricuspидata* e *Euphausia* spp., que devido a semelhança de distribuição vista na Fig. 12, são provavelmente, em sua maioria de *E. americana*, são predominantes durante o período noturno, acompanhadas dos adultos de *E. americana*, predominante durante todo o estudo, além de *E. tenera*, *E. similis* e *S. carinatum*. Durante o dia, essas espécies dão lugar na superfície às larvas iniciais, como calyptopis de *Thysanopoda* spp. e náuplios, e de espécies que não apresentam migração vertical expressiva, como espécies do gênero *Stylocheiron*. A migração ontogenética, ou seja, que varia com o desenvolvimento do animal, também foi registrada nas larvas de Decapoda do ASPSP, onde as larvas em estágio avançado foram capturadas quase exclusivamente durante o período noturno (Koettker et al. 2010).

Entre os adultos a dominância das espécies também muda no período diurno, com maior ocorrência de *E. similis* no primeiro ano e *E. tenera* e *S. carinatum* no ano seguinte, havendo também mudança de táxons entre meses quentes (*E. similis*, náuplios e larvas de *T. tricuspидata*) e frios (*N. atlantica*). As cadeias alimentares em que os eufausiáceos atuam durante o dia são diferentes durante a noite. Os eufausiáceos, como *E. americana* e *T. tricuspидata*, associados as amostras noturnas e profundas no plano fatorial e nas figuras 12 e 13, participam ativamente das cadeias de detritos fornecendo pelotas fecais em abundância durante a noite, que podem ser remineralizadas pelas cadeias de bactérias e aproveitadas como fonte de nutrientes, enquanto

que durante o dia são predados pelo micronecton não migrador, abaixo da zona eufótica (Lansac Tôha e Freire, 1999).

A dominância de larvas durante o período estudado indica que estes crustáceos têm uma taxa de reprodução alta e contínua ao longo dos meses. Maior abundância de larvas também foi encontrada na costa leste e no extremo sul do Brasil (Freire 1991; Gorri 1995). No ASPSP, larvas de *Euphausia* spp. foram as mais frequentes entre 2003 e 2005, indicando que a reprodução desse gênero ocorre durante todo o ano. O pico de abundância em novembro de 2004 durante o dia é composto, principalmente, por calyptopis do gênero *Euphausia* (Fig. 7, 11 e 15), que são larvas iniciais ainda sem capacidade de realizar migração vertical. Os dados de temperatura e salinidade não mostraram diferenças significativas no mês de novembro de 2004 que tenha causado esse pico atípico de larvas durante o dia. Assim, outros fatores ambientais podem ter causado um pico reprodutivo anterior ao evento. A reprodução no local foi registrada também pela presença de fêmeas com espermatóforo acoplado ao télico; *E. americana* foi a espécie com maior ocorrência de espermatóforos, seguida de *E. tenera*, e ocasionalmente fêmeas de *T. aequalis*, *S. carinatum* e *S. abbreviatum* também apresentaram espermatóforo (observação pessoal).

Maiores concentrações de eupausiáceos podem ocorrer sobre topografias abruptas, como quebras de plataformas continentais, cordilheiras e montes submarinos (Genin 2004; Letessier et al. 2009), e isso pode ser resultante da combinação da circulação através dessa topografia com o comportamento de migração vertical desses organismos (Barange et al. 1991). Apesar de não haver evidências claras de que existe ressurgência resultante de uma interação corrente-topografia (Travassos et al. 1999), os resultados da ANOVA mostram que houve uma interação entre a migração vertical e a profundidade do local, fazendo com que os eupausiáceos, principalmente larvas, se concentrem na superfície onde a profundidade da coluna d'água é menor, tanto de dia quanto de noite, e que nos locais onde há maior profundidade esses crustáceos migram para camadas mais profundas durante o dia, diminuindo sua abundância na superfície. O mesmo foi encontrado em relação à distância, onde os eupausiáceos adultos são menos abundantes na superfície durante o dia nas coletas mais afastadas da ilha. Vários estudos próximos à plataforma continental (e.g. Freire 1991; Gibbons et al. 1999) mostram que os adultos se concentram logo após a quebra da plataforma, onde há maior profundidade, e que as larvas são encontradas em locais mais rasos, na região sobre a plataforma. No ASPSP, a profundidade aumenta abruptamente

conforme aumenta a distância no sentido Norte-Sul, e no sentido Leste-Oeste a profundidade aumenta gradativamente, fazendo com que pontos de coleta mais afastados da ilha tenham, tanto profundidades de até 200 m, quanto locais com valores acima de 200 m.

Os adultos foram mais abundantes no período de abril de 2003 a março de 2004 do que nos meses seguintes. Isto pode estar relacionado ao ciclo de vida das espécies epipelágicas, que possuem crescimento mais rápido e expectativa de 9 meses a 3 anos de idade (Mauchline 1980). A espécie mais frequente entre os adultos, *E. americana*, também é a mais abundante na costa leste brasileira e é endêmica do Atlântico (Antezana e Brinton 1981; Freire 1991). No Pacífico, a também endêmica *Euphausia mucronata* também é a mais frequente e apresenta alta densidade, contribuindo com 50% do peso úmido do mesozooplâncton no inverno na região da Corrente de Humboldt (Antezana 2010).

Adultos do gênero *Euphausia* alternaram a abundância relativa com adultos de *S. carinatum*. Esse resultado indica que pode haver uma mudança na disponibilidade de recursos alimentares, causando variação temporal, visto que *Euphausia* são “filtradores” preferencialmente herbívoros e *S. carinatum* são seletivos, alimentando-se principalmente de organismos menores do zooplâncton (Mauchline e Fisher 1969). A baixa abundância de adultos de *T. aequalis* e *T. tricuspidata* na superfície é consequência do seu comportamento de migração; espécies do gênero *Thysanopoda* são tipicamente de águas profundas, apesar de aparecerem com frequência na superfície (Brinton 1962), e as duas espécies encontradas podem atingir profundidades de 700 m durante o dia (Mauchline 1980).

Variações sazonais registradas em regiões tropicais e equatoriais são principalmente determinadas por fenômenos oceanográficos, que muitas vezes derivam de acontecimentos singulares ou irregulares (Nybakken 1996). Houve alternância de espécies ao longo dos meses, relacionada em parte à pequena variação de temperatura equatorial, e também houve variação de acordo com a profundidade e distância do ASPSP, influenciada pelo comportamento migratório diário dos adultos e larvas. A dominância da grande migradora *E. americana* e da epipelágica *S. carinatum* mostram a participação dos eupausiáceos nas cadeias oceânicas, enquanto o registro de *E. similis* 25° ao norte do seu limite de distribuição evidencia o desconhecimento sobre esses crustáceos. Estudos locais devem considerar a utilização de redes adequadas à captura de espécies maiores e arrastos estratificados em

maiores profundidades para quantificar com maior precisão o papel dos euphausiáceos nas águas em torno do ASPSP.

Referências

Antezana T (2010) *Euphausia mucronata*: A keystone herbivore and prey of the Humboldt Current System. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 57:652-662

Antezana T, Brinton E (1981) Euphausiacea. In: Boltovskoy D (ed). Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con zooplancton marino. Publicación INIDEP, Ministerio de Comercio e Intereses Marítimos. Argentina, pp. 681-698

Barange M, Gibbons M, Carola M (1991) Diet and feeding of *Euphausia hanseni* and *Nematoscelis megalops* (Euphausiacea) in the northern Benguela current: ecological significance of vertical space partitioning. Mar Ecol Prog Ser, 73:173-181

Boltovskoy E (1981) Masas de agua en el Atlántico Sudoccidental. In: Boltovskoy D (ed). Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con zooplancton marino. Publicación INIDEP, Ministerio de Comercio e Intereses Marítimos. Argentina, pp. 227-237

Brandão MC (2010) Variação espaço-temporal das larvas de Decapoda do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

Brinton E (1962) The distribution of Pacific euphausiids. Bulletin of Scripps Institute of Oceanography, University of California, 8:51-269

Brinton E (1975) Euphausiids of Southeast Asian Waters. Naga Report 4(5): 1-287

Brinton E, Ohman MD, Townsend AW, Knight MD, Bridgeman AL (2000) Euphausiids of the world ocean world biodiversity database CD-ROM Series

Campos FCC, Petta RA, Theye T, Sichel SE, Simões LSA, Srivastava NK, Motoki A, Virgens Neto J, Andrade FGG (2009) Posição ímpar do Arquipélago de São Pedro e São Paulo na diversidade geológica da Terra. In: Hazin FHV (ed). O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica. SECIRM. Brasília, pp. 55-63

Chapman EW, Hofmann EE, Patterson DL, Fraser WR (2010) The effects of variability in Antarctic krill (*Euphausia superba*) spawning behavior and sex/maturity stage distribution on Adélie penguin (*Pygoscelis adeliae*) chick growth: A modeling study. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 57:543-558

Clarke KR, Warwick RM (2005) PRIMER-6 Computer Program. Natural Environmental Research Council, Plymouth

De Silva-Dávila R, Palomares-García R, Martínez-López A, Carballido-Carranza MA (2002) Standing stock of *Nyctiphanes simplex* in the southern region of the California Current System. Journal of Plankton Research, 24:1057–1066

Edwards A, Lubbock R (1983) Marine zoogeography of St Paul's Rocks. Journal of Biogeography, 10:65-72

Fernández DB (2010) Distribuição de Copepoda (Crustacea) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP): variação temporal e espacial. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

Freire AS (1991) Variação espaço-temporal do zooplâncton e das espécies de Euphausiacea (Crustacea) ao largo da costa Leste do Brasil (18°-23°S, 38°-41°W). Dissertação, Universidade de São Paulo, São Paulo

García Díaz XF (2007) Zooplâncton do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação. Universidade Federal de Pernambuco, Recife

Genin A (2004) Bio-physical coupling of the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies. Journal of Marine Systems, 50:3–20

Gibbons MJ (1997) Pelagic biogeography of the south Atlantic Ocean. *Mar Biol* 129:757–768

Gibbons MJ, Spiridinov VA, Tarling GA (1999) Euphausiacea. In: Boltovskoy D (ed). *South Atlantic Zooplankton*. Backhyus Publishers. Leiden, The Netherlands, pp. 1241-1279

Gómez J (1995) Distribution patterns, abundance and population dynamics of the euphausiids *Nyctiphanes simplex* and *Euphausia eximia* off the west coast of Baja California, México. *Mar Ecol Prog Ser*, 119: 63-76

Gómez-Gutiérrez J, Palomares-García R, Gendron D (1995) Community structure of the euphausiids populations along the west coast of Baja California, México, during the weak ENSO 1986–1987. *Mar Ecol Prog Ser*, 120:45–51

Gopalakrishnan K (1975) Biology and taxonomy of the genus *Nematoscelis* (Crustacea, Euphausiacea). *US Fish Bull*, 73(4):797-814

Gorri C (1995) Distribuição espaço-temporal e estrutura populacional de Euphausiacea (Crustacea) na região do extremo Sul do Brasil (31°40'S–33°45'S). Dissertação. Universidade do Rio Grande, Rio Grande.

Hirota Y, Nemoto T, Marumo R (1990) Life history of *Euphausia similis* (Crustacea, Euphausiacea) in Sagami Bay, Central Japan. *J Oceanogr Soc Jpn*, 46:237–249

Koettker AG, Freire AS, Sumida PYG (2010) Temporal, diel and spatial variability of decapod larvae from St Paul's Rocks, an equatorial oceanic island of Brazil. *J Mar Biol Assoc UK* 90:1227–1239

Lansac Tôha FA (1981) Sistemática e distribuição geográfica de Euphausiacea (Crustacea) ao largo das costas sul do Brasil (Lat. 22°S – 30°S). Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Lansac Tôha, FA, Freire AS (1999) Ordem Euphausiacea (krill). In: Backup L, Bond-Backup G (orgs) *Os crustáceos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Ed Universidade/UFRGS, pp 257-274

Lessa RP, Mafalda Jr. P, Advíncula R, Lucchesi RB, Bezerra Jr. J L, Vaske Jr. T, Hellebrandt D (1999) Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil. Arch Fish Mar Res, 47(2/3):133-146

Letessier TB, Cox MJ, Brierley AS (2009) Drivers of euphausiid species abundance and numerical abundance in the Atlantic Ocean. Mar Biol, 156:2539–2553.

Letessier TB, Cox MJ, Brierley AS (2011) Drivers of variability in Euphausiid species abundance throughout the Pacific Ocean. Journal of Plankton Research, 33(9):1342-1357.

Lewis JB (1955) Some larval euphausiids of the genus *Stylocheiron* from the Florida Current. Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean, 5:190-202

Linacre L, Palma S (2004) Variabilidad espacio temporal de los eufáusidos frente a la costa de Concepción, Chile. Investigaciones Marinas, Valparaíso, 32:19–32

Macedo-Soares LCP (2011) Distribuição do Ictioplâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

Macedo-Soares LCP, Freire AS, Koettker AG, Menezes BS, Fernández DB, Brandão MC (2009) Zooplâncton. In: Hazin FHV (ed). O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica. SECIRM. Brasília, pp. 128–137

Macedo-Soares LCP, Freire AS, Muelbert JH (2012) Small-scale spatial and temporal variability of larval fish assemblages at an isolated oceanic island. Mar Ecol Prog Ser, 444:207–222

Macpherson E (2002) Large-scale species-richness gradients in the Atlantic Ocean. Proc R Soc Lond B, 269:1715-1720

Mafalda Jr. PO, Sinque C, Muelbert JH, Souza CS (2004) Distribuição e abundância do ictioplâncton na costa norte da Bahia, Brasil. *Tropical Oceanography*, 32(1):69-88

Martins AS, Haimovici M, Palacios R (2005) Diet and feeding of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the Subtropical Convergence Ecosystem of southern Brazil. *Mar Biol Ass U K*, (85):1223-1229

Mathew KJ, Gisha Sivan, Somy Kuriakose (2003) Euphausiids of the west coast of India. *CMFRI Spl Publ*, 75:155 pp

Mauchline J (1971a) Crustacea, Euphausiacea: adults. *Council International pour l'Exploration de la Mer, Zooplankton Sheet No.* 134:1-8

Mauchline J (1971b) Crustacea, Euphausiacea: larvae. *Council International pour l'Exploration de la Mer, Zooplankton Sheet No.* 135/137:1-16

Mauchline J (1980) The biology of mysids and euphausiids. *Adv Mar Biol* 18:373-595

Mauchline J, Fisher LR (1969) The biology of euphausiids. *Adv Mar Biol* 7:1-454

McEwan GE, Johnson MW, Folsom TR (1954) A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton splitter, based upon test observation. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 7:502-527

Medeiros C, Araújo M, Freitas I, Rollnic M (2009) Massas d'água da região oeste do Atlântico Tropical. In: Hazin FHV (ed) *Meteorologia e sensoriamento remoto, oceanografia física, oceanografia química e oceanografia geológica. (REVIZEE - SCORE-NE)*. Fortaleza, ed. Martins & Cordeiro, pp 56-69

Morato T, Hoyle S, Allain V, Nicol S (2010) Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean. *Proc Natl Acad Sci USA*, 107(21):9707-9711

Muto EY, Soares LSH (2011) Spatio-temporal variations in the diet and stable isotope composition of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 of the continental shelf of southeastern Brazil. *Mar Biol*, 158:1619-1630

Nybakken JW (1996) *Marine Biology: An Ecological Approach*. 4th ed, Addison Wesley Longman. Menlo Park, CA. 481 pp

Nicol S, Brierley AS (2010) Through a glass less darkly—New approaches for studying the distribution, abundance and biology of Euphausiids. *Deep Sea Research II*, 57:496-507

Pérez V, Fernández E, Marañón E, Serret P, García-Soto C (2005) Seasonal and interannual variability of chlorophyll a and primary production in the Equatorial Atlantic: in situ and remote sensing observations. *J Plankton Res*, 27:189–197

Robinson CLK (2000) The consumption of euphausiids by the pelagic fish community off southwestern Vancouver Island, British Columbia. *Journal of Plankton Research*, 22:1649-1662

Robledo O, Mujica A (1999) Eufáusidos de isla de Pascua. *Invest Mar, Valparaíso*, 27:65-72

Roger C (1971) Distribution verticale des euphausiacés (crustacés) dans les courants équatoriaux de l'Océan Pacifique. *Mar Biol*, 10:134–144

Roger C (1973) Recherches sur la situation trophique d'un groupe d'organismes pélagiques (Euphausiacea). IV. Relations avec les autres éléments du micronecton. *Mar Biol*, 19:54-60

Satoh K, Yokawa K, Saito H, Matsunaga H, Okamoto H, Uozumi Y (2004) Preliminary stomach contents analysis of pelagic fish collected by Shoyo-Maru 2002 research cruise in the Atlantic ocean. *Col Vol Sci Pap ICCAT*, 56(3):1096-1114

Skielka U, Soares J, Oliveira AP (2006) Investigação dos fluxos turbulentos na interface ar-mar no Arquipélago de São Pedro e São

Paulo. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Santa Catarina

Soares J, Oliveira AP, Skielka UT, Servain J (2009) O ar. In: Hazin FHV (ed). O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica. SECIRM. Brasília, pp. 38–44

Stramma L, England M (1999) On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 104(C9):20863-20883

Stramma L, Schott F (1999) The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research II*, 46:279-303

Tanabe T (2001) Feeding habits of skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* and other tuna *Thunnus* spp. juveniles in the tropical western Pacific. *Fisheries Science*, 67(4):563-570

Tanasichuk RW, Luedke W (2002) Euphausiid availability explains marine survival variation for Barkley Sound Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and Sockeye Salmon (*O. nerka*). NPAFC Technical Report, 4:88

Ter Braak CJF (1986) Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5):1167-1179

Travassos P, Hazin FHV, Zagaglia Jr, Advíncula R, Schober J (1999) Thermohaline structure around seamounts and islands off North-Eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47(2-3):211-222

Underwood AJ (2006) *Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*, 9th ed. Cambridge: Cambridge University Press

Valentin JL (2000) *Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Interciência, 117 pp

Vaske T, Castello J (1998) Conteúdo estomacal da albacora-laje, *Thunnus albacares*, durante o inverno e primavera no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 58:639–647

Verity PG, Smetacek V, Smayda TJ (2002) Status, trends and the future of the marine pelagic ecosystem. *Environ Conserv* 29:207–237

Watanabe H, Kawaguchi K, Hayashi A (2002) Feeding habits of juvenile surface migratory myctophid fishes (family Myctophidae) in the Kuroshio region of the western North Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 236:263-272

Zar JH (1996) *Biostatistical analysis*. 3rd ed, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ

2 ANEXOS

Eufausiáceos são crustáceos pouco conhecidos pelo público em geral, a não ser pela referência ao nome *krill*, e até no meio acadêmico científico que não está relacionado à oceanografia biológica é raro encontrar alunos ou pesquisadores que conheçam algo sobre sua biologia, ecologia ou atual exploração econômica. Os anexos a seguir foram incluídos para fornecer aos leitores da dissertação outras informações sobre esses crustáceos que não seriam pertinentes no texto de um artigo a ser submetido.

Anexo 1 – Ecologia do krill

Eufausiáceos, ou *krill*, são crustáceos holoplanctônicos exclusivamente marinhos e estão distribuídos em todas as águas neríticas e oceanos do mundo (Antezana e Brinton 1981; Gibbons et al. 1999). A ordem Euphausiacea é composta por 86 espécies distribuídas em 2 famílias e 11 gêneros. A maioria das espécies é oceânica e se dividem em epipelágicas, mesopelágicas e batipelágicas (Mauchline e Fisher 1969; Antezana e Brinton 1981). Apesar de amostras planctônicas coletadas sobre a plataforma continental serem ricas em larvas e juvenis de eufausiáceos, apenas dois gêneros, *Nyctiphanes* e *Pseudeuphausia*, são estritamente neríticos quando adultos (Brinton et al. 2000).

A característica que os diferencia de outros crustáceos nas amostras de zooplâncton é a presença de podobrânquias expostas. Além disso, os espécimes são identificados em nível específico a partir de características morfológicas externas, como formato dos olhos, rosto, número de dentículos e espinhos na carapaça (Figura 1).

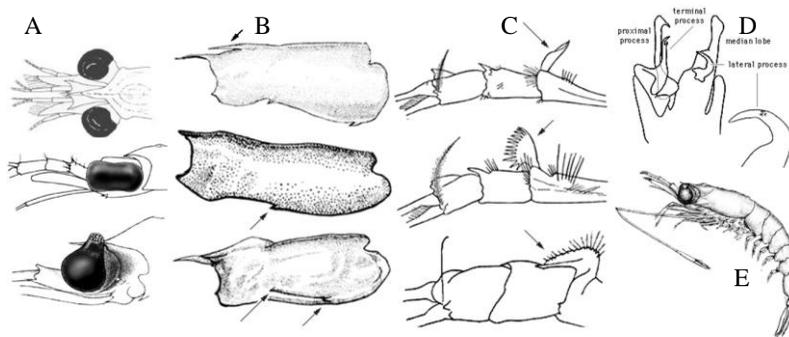


Fig. 16 - Características morfológicas utilizadas na identificação, como o formato dos olhos (A), espinhos no cefalotórax (B), lapela antenular (C), processos e espinhos do petasma em machos (D) e formato geral do corpo (E). Adaptado de Brinton et al. (1999).

A maioria dos eufausiáceos é bioluminescente e o corpo é pontilhado por 10 fotóforos que lembram olhos (Ruppert et al. 2005). Estes órgãos produzem uma luz azul e estão distribuídos no cefalotórax, base dos pleópodos, perto as mandíbulas e no pedúnculo ocular (Nicol e Endo 1997). A luminescência é provavelmente uma adaptação para formação de grandes concentrações e para a corte, e algumas espécies apresentam dimorfismo sexual quanto à distribuição e tamanho dos fotóforos (Mauchline 1980; Ruppert et al. 2005).

A reprodução ocorre por meio da transferência de um espermatóforo do macho para a fêmea utilizando pleópodos modificados, conhecidos como petasma. A fecundação é interna e pode ocorrer várias semanas após a cópula. Algumas espécies liberam os ovos diretamente na água, enquanto que em outras espécies os ovos são retidos pela fêmea em um saco de ovos preso entre os apêndices torácicos, com um curto período de incubação. A forma de eclosão é uma larva náuplio, que passa por um segundo estágio naupliar e torna-se um metanáuplio. Estes primeiros estágios de desenvolvimento são nutridos pela reserva de vitelo (Ruppert et al. 2005; Gibbons et al. 1999).

Após passar por três fases de calyptopis, quando os apêndices bucais e olhos se desenvolvem, a larva passa ao estágio de furcília, e o número de fases varia de acordo com a espécie e o ambiente. Nesse estágio, ocorrem várias mudas, crescimento corporal, desenvolvimento de pleópodos e fotóforos e redução do número de espinhos no telson. A

transformação de furcília para juvenil não é muito clara, embora alguns aparatos bucais incompletos na furcília se desenvolvam completamente durante o estágio de juvenil. A idade adulta é alcançada com o desenvolvimento dos órgãos reprodutores e características sexuais secundárias (Gibbons et al. 1999). Os eufausiáceos sofrem mudas frequentes mesmo após atingir a maturidade sexual. Algumas espécies podem diminuir seu tamanho corpóreo quando a oferta de alimento é insuficiente, realizando sucessivas mudas (Ruppert et al. 2005).

Os eufausiáceos são verdadeiramente onívoros, mas diferentes gêneros tendem a ser herbívoros ou carnívoros (Gibbons et al. 1999). Mauchline (1980) os classificou em filtradores, onívoros ou predadores, e cada espécie pode utilizar mais que um desses métodos de alimentação. Os filtradores possuem pereópodos com cerdas proeminentes usadas para a captura e filtração de partículas de alimentos (Suh e Choi, 1998). Os predadores são principalmente espécies que possuem um par de pereópodos modificados; estes apêndices são alongados e possuem na extremidade uma quela verdadeira ou cerdas em forma de quela, chamada pseudoquela (Mauchline e Fisher 1969).

Entre os organismos planctônicos, os eufausiáceos são relativamente grandes e frequentemente dominam as comunidades zooplantônicas; algumas espécies, principalmente herbívoras, formam imensas concentrações que somente se comparam aos copépodes (Gibbons et al. 1999; Antezana e Brinton 1981). Essas características fazem destes crustáceos alvos de pesca comercial e presas de muitos vertebrados e outros organismos marinhos, tornando-os componentes vitais de muitas cadeias alimentares oceânicas (Nicol e Brierley 2010; Gibbons et al. 1999; Antezana e Brinton 1981). Os eufausiáceos contêm concentrações de vitamina A muito superiores às dos outros invertebrados e formam os principais reservatórios desse nutriente nos oceanos, sendo importantes fontes de vitamina A para os organismos marinhos (Mauchline e Fisher 1969).

Existem atualmente pelo menos seis espécies de eufausiáceos pescados comercialmente: o krill antártico (*Euphausia superba*), pescado na Antártida; o krill do Pacífico Norte (*Euphausia pacifica*), pescado no Japão e ao largo da costa oeste do Canadá; *Euphausia nana*, pescada na costa do Japão; *Thysanoessa inermis*, pescada na costa do Japão e ao largo da costa leste do Canadá, e *Thysanoessa raschii* e *Meganycitiphanes norvegica*, que têm sido pescados experimentalmente na costa leste do Canadá (Nicol e Endo 1999). Dentre essas espécies, apenas *Euphausia superba* e *Euphausia pacifica* estão sendo exploradas comercialmente de forma significativa, e estima-se que o estoque natural

de krill antártico seja de aproximadamente 500 milhões de toneladas (Nicol e Endo 1997; 1999). Vários produtos são fabricados a partir do krill antártico, e apesar do esforço despendido no desenvolvimento de produtos para o consumo humano, a maior parte da pesca do krill tem sido utilizada para produção de rações utilizadas em aquários e na aquicultura (Nicol e Endo 1999).

Referências

Antezana T, Brinton E (1981) Euphausiacea. In: Boltovskoy D (ed). Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con zooplancton marino. Publicación INIDEP, Ministerio de Comercio e Intereses Marítimos. Argentina, pp. 681-698

Brinton E, Ohman MD, Townsend AW, Knight MD, Bridgeman AL (2000) Euphausiids of the world ocean world biodiversity database CD-ROM Series

Gibbons MJ, Spiridinov VA, Tarling GA (1999) Euphausiacea. In: Boltovskoy D (ed). South Atlantic Zooplankton. Backhyus Publishers. Leiden, The Netherlands, pp. 1241-1279

Mauchline J (1980) The biology of mysids and euphausiids. *Adv Mar Biol* 18:373–595

Mauchline J, Fisher LR (1969) The biology of euphausiids. *Adv Mar Biol* 7:1–454

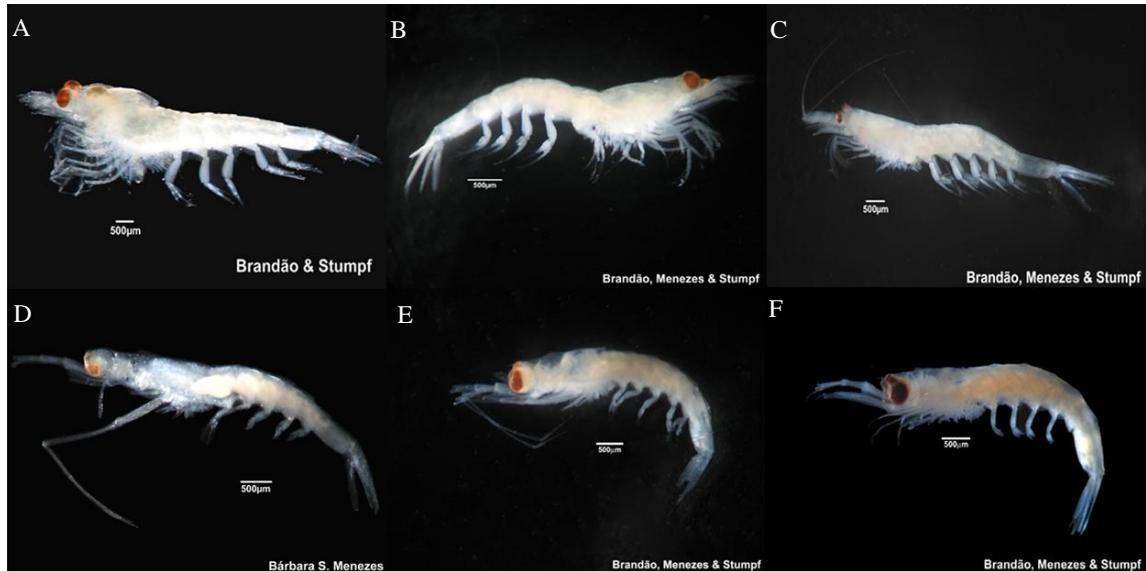
Nicol S, Brierley AS (2010) Through a glass less darkly—New approaches for studying the distribution, abundance and biology of Euphausiids. *Deep Sea Research II*, 57:496-507

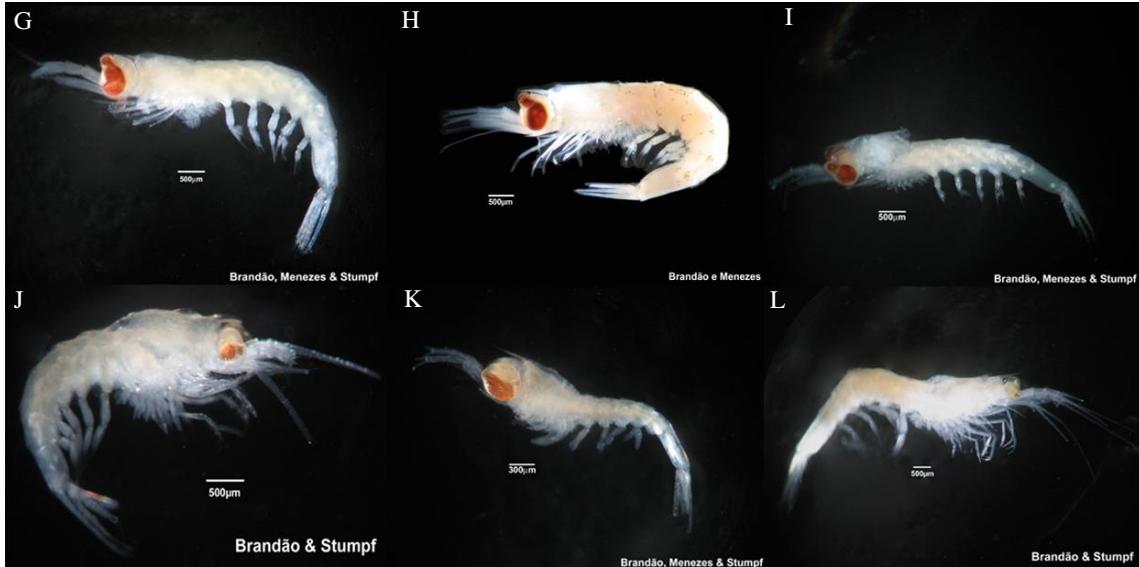
Nicol S, Endo Y (1997) Krill fisheries of the world. *FAO Fisheries Technical Paper*, 367: 100 pp

Nicol S, Endo Y (1999) Krill fisheries: Development, management and ecosystem implications. *Aquatic Living Resources*, 12:105-120

Ruppert EE, Fox RS, Barnes RD (2005) Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. São Paulo: Roca.

Suh H.-lip, Choi S.-duk (1998) Comparative morphology of the feeding basket of five species of *Euphausia* (Crustacea, Euphausiacea) in the western North Pacific, with some ecological considerations. Kluwer Academic Publishers, Hydrobiologia, 385:107-112

Anexo 2 – Fotos ilustrativas dos táxons identificados



Euphausia americana (A), *E. similis* (B), *E. tenera* (C), *Nematoscelis atlantica* (D, E), *Stylocheiron abbreviatum* (F), *S. affine* (G), *S. carinatum* (H), *S. suhmii* (I), *Thysanopoda aequalis* (J), Morfotipo 1 (K), *T. tricuspидata* (L).