



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia
Programa de Pós-graduação em Oceanografia

Cynthia Dayanne Mello De Lima

DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE EUPHAUSIACEA AO LARGO DO ARQUIPÉLAGO DE
SÃO PEDRO E SÃO PAULO

Recife

2016

Cynthia Dayanne Mello De Lima

DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE EUPHAUSIACEA AO LARGO DO ARQUIPÉLAGO DE
SÃO PEDRO E SÃO PAULO

Dissertação a ser apresentada ao curso de pós-graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Oceanografia

Área de concentração: Oceanografia Biológica

Orientador: Ralf Schwamborn

Recife

2016

Catálogo na fonte

Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

L732d Lima, Cynthia Dayanne Mello de Lima.

Distribuição vertical de EUPHAUSIACEA ao largo do arquipélago de São Pedro e São Paulo / Cynthia Dayanne Mello de Lima. - Recife: O Autor, 2016.

49 folhas, il.

Orientador: Prof. Dr. Ralf Schwamborn.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Oceanografia, 2016.

Inclui Referências.

Texto em português e inglês.

1. Oceanografia. 2. Atlântico tropical. 3. Eufausídeos. 4. Termoclina. 5. Holoplâncton. 6. Distribuição vertical. I. Schwamborn, Ralf (Orientador). II. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2016-279

DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE EUPHAUSIACEA AO LARGO DO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO

Cynthia Dayanne Mello De Lima

Dissertação submetida ao curso de pós-graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção de mestre

Dissertação aprovada em 29 de junho de 2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ralf Schwamborn (Orientador) – Presidente
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof^a. Dr^a. Sigrid Neumann-Leitão – Titular Interno
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior – Titular Externo
(Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE)

Prof^a. Dr^a. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha - Suplente Interno
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof. Dr. André Morgado Esteves – Suplente Externo
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Dedico este trabalho ao meu filho Daniel, que mesmo durante as extensas horas de trabalho exaustivo, me alegrava com as suas brincadeiras e sorrisos, fazendo esta caminhada se tornar mais feliz e prazerosa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus que me deu força e sabedoria para chegar até aqui. Às minhas irmãs em Cristo, Thays e Yohana, pelas conversas e risadas nas horas difíceis. Amo vocês.

À minha mãe, por todo o apoio durante a minha vida acadêmica. Nós sabemos o quanto foi difícil. Minha vozinha, obrigada por tudo! Você me ensina tanto, todos os dias. Te amo mais que tudo. À minha caçulinha Vivi, que não me esquece nem um único dia e deixa sempre uma mensagem dizendo que tá com saudade, mesmo morando há alguns metros de distância.

Ao meu esposo Igor, por sempre acreditar em mim. Ao meu filho Daniel pelos mil beijos que aliviava o cansaço depois do dia de trabalho no laboratório e pelo que ele é para mim, a melhor coisa que Deus podia me dar. Amos vocês! Filho, mamãe te ama do tamanho do universo como eu te falo todos os dias (Para ele ler no futuro).

Este trabalho não é só meu, para chegar ao produto final foram muitas as colaborações. Minha amiga Simone Lira, que mesmo com uma tese em andamento me acolheu com todo o amor do mundo, sempre aprendo muito com você como profissional e como pessoa. À pessoa que me introduziu nesse mundo dos Euphausiacea, Manoela Brandão. Manu, obrigada por ter me acolhido na sua casa em Floripa e ter me passado um pouco de todo o seu conhecimento sobre esses bichinhos nas longas horas de trabalho no laboratório. Quero agradecer também aos amigos do Laboratório de Crustáceos e Plâncton da Universidade de Santa Catarina (UFSC); à professora Andrea Freire que abriu as portas do laboratório para nós, a Babi e Luiz pelo carinho e é claro, ao Charles que trabalhou a vida inteira com os Euphausiacea e me deu o privilégio de ter um pouco do seu tempo dedicado a me ensinar sobre esses bichos pelo qual ele tem tanto carinho. Meu orientador Ralf Schwamborn; pelos ensinamentos valiosos, paciência e confiança depositada. A todos os parceiros e amigos do Laboratório de Zooplâncton da UFPE que de alguma forma contribuíram com este trabalho, direta ou indiretamente. Um agradecimento especial à Renata, Gleice e Simone Jorge, pelas palavras de apoio sempre. À Nathalia, que viveu intensamente essa jornada junto comigo.

Meu muito obrigado a João Camargo, pela grande ajuda na confecção do mapa e pela paciência durante este processo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por custear minha bolsa de pesquisa. Ao CNPq e à Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), pelo financiamento e apoio ao Projeto Turbplanc (CNPq 557150/2009-4) do qual são os dados utilizados neste trabalho.

À professora Sigrid, por permitir que eu trabalhasse com as amostras do Turbplanc, projeto coordenado por ela. Pelas grandes lições de amor, respeito e solidariedade durante as disciplinas ministradas e no convívio do laboratório.

Aos professores e funcionários do Programa e Pós-graduação em Oceanografia (PPGO), principalmente a Myrna que está sempre disponível a nos ajudar.

Um agradecimento especial a Pedro Melo, Gabi Oliveira, Gaby, Isaac e Keyla que participaram das expedições feitas no arquipélago. Principalmente a Pedro pela disponibilidade sempre que precisei e por tirar todas as minhas dúvidas. À toda tripulação do Transmar I, obrigada por levar e trazer toda a equipe sã e salva.

RESUMO

Este estudo descreve a distribuição vertical de eufausídeos na presença de uma termoclina permanente em águas oligotróficas do Atlântico Tropical (00° 55 'N, 29° 21' W). A amostragem foi realizada de junho de 2010 à outubro de 2011, com arrastos verticalmente estratificados de 100 a zero m durante o dia e à noite. Densidades foram analisadas quanto a sua relação com a profundidade, estações e sazonalidade. A média total da densidade de eufausídeos foi de 2,65 ind. m⁻³, com valor máximo de 30,4 ind. m⁻³. A comunidade foi composta principalmente de larvas (80%). As larvas de *Euphausia* foram mais abundantes, com 56,4% de todos os indivíduos. Eufausídeos foram sempre mais abundantes durante a noite. A distribuição vertical ontogenética de eufausídeos apresentou três padrões: (i) larvas caliptopis foram mais abundantes na camada de transição (ii) larvas furcilia na camada de mistura superior (iii) e para os adultos, os padrões variaram de acordo com a espécie. Padrões de distribuição distintos podem ser descritos para três espécies de *Euphausia* (*E. americana*, *E. tenera* e *E. similis*) e duas espécies de *Stylocheiron* (*S. carinatum* e *S. suhmii*), sugerindo que espécies congêneres desses dois gêneros realizam partição de recursos na coluna de água. Os nossos dados suportam a ideia de que a camada de transição na base da camada de mistura superior é um habitat importante para os eufausídeos na área de estudo. Este estudo revelou que espécies e estágios de desenvolvimento possuem padrões específicos de distribuição vertical para este táxon-chave nos oceanos tropicais oligotróficos.

Palavras-chave: Atlântico Tropical, Eufausídeos, Termoclina, Holoplâncton, Distribuição vertical.

ABSTRACT

This study describes the vertical distribution of euphausiid in the presence of a permanent thermocline in the oligotrophic waters of the Tropical Atlantic (00° 55 'N, 29° 21' W). Sampling was conducted from June 2010 to October 2011, from 100 to zero m in vertically stratified hauls during day and the night. Densities were analyzed regarding their relation to depth, temporal variability and station. Mean total euphausiids density was 2.65 ind. m⁻³ with values up to 30.4 ind. m⁻³. This community was mainly composed of larvae (80%). Larvae of the *Euphausia* were most abundant, with 56.4% of all individuals. Euphausiids were always most abundant during the night. The ontogenetic vertical distribution of euphausiids presented three patterns: (i) calyptopis larvae were most abundant in the transition layer (ii) furcilia larvae in the upper mixed layer. (iii) and for adults, patterns varied according to species. Distinct distribution patterns could be described three species of *Euphausia* (*E. americana*, *E. tenera* and *E. similis*) and two species of *Stylocheiron* (*S. carinatum* and *S. suhmii*), suggesting that congeneric species of these two genera perform resource partition in the water column. Our data support the idea that the transition layer at the base of the upper mixed layer is an important habitat for euphausiids in the study area. This study revealed species- and stage- specific patterns of vertical distribution for these key taxa in the oligotrophic tropical oceans.

Keywords: Tropical Atlantic, Euphausiids, Thermocline, Holoplankton, Vertical distribution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização das duas estações de amostragem (S1 e S2) no Atlântico Tropical. ASPSP: Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Brasil) (Fonte: Autoria própria)26

Figura 2: Perfis verticais de 0 a 100 m nas estações de amostragem S1 e S2 durante o dia e noite ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. A: perfis verticais de temperatura. B: perfis verticais de clorofila a. Área branca: Camada de Mistura Superior (ML); Área cinza claro: Camada de Transição (TR); Área cinza escuro: Termoclina (TH) (Fonte: Autoria própria)29

Figura 3: Distribuição vertical do total da densidade de Euphausiacea durante as três campanhas e estações de amostragem ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Barras brancas: Dia. Barras pretas: Noite. Área branca: Camada de Mistura Superior (ML); Área cinza claro: Camada de Transição (TR); Área cinza escuro: Termoclina (TH) (Fonte: Autoria própria) 32

Figura 4: Distribuição Vertical Diária Ontogenética de Euphausiacea durante as três campanhas ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. As barras brancas: Dia. Barras pretas: Noite. Área branca: Camada de Mistura Superior (ML); Área cinza claro: Camada de Transição (TR); Área cinza escuro: Termoclina (TH) (Fonte: Autoria própria)34

Figura 5: Densidade total de Euphausiacea (larvas e adultos) durante o dia e a noite ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. A: Dia vs Noite e B: Campanhas durante a noite. Área branca: Área branca: Camada de Mistura Superior (ML); Área cinza claro: Camada de Transição (TR); Área cinza escuro: Termoclina (TH) (Fonte: Autoria própria)35

Figura 6: Densidade total de Euphausiacea travado ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Brasil) em relação à termoclina para os dois períodos do dia. Esquerda: Dia. Direita: Noite. Área branca: Camada de Mistura Superior (ML); Área cinza claro: Camada de Transição (TR); Área cinza escuro: Termoclina (TH) (Fonte: Autoria própria)35

Figura 7: Distribuição vertical diária de Euphausiacea (adultos) encontrados ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Brasil) para os dois períodos do dia. Barras brancas: Dia. Barras pretas: Noite. Área branca: Camada de Mistura Superior (ML); Área cinza claro: Camada de Transição (TR); Área cinza escuro: Termoclina (TH) (Fonte: Autoria própria)37

Figura 8: Média da Profundidade Média Ponderada (WMD) das larvas (caliútopis e furcília) de Euphausiacea ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Brasil) para os dois períodos do dia, de junho de 2010 a outubro de 2011. Durante o dia (círculos brancos) e a noite (círculos pretos). ML = Camada de Mistura Superior; TR = Camada de Transição; TH = Termoclina (Fonte: Autoria própria)38

Figura 9: Média da Profundidade Média Ponderada (WMD) dos adultos de Euphausiacea ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Brasil) para os dois períodos do dia, de junho de 2010 a outubro de 2011. Durante o dia (círculos brancos) e a noite (preto círculos). ML = Camada de Mistura Superior; TR = Camada de Transição; TH = Termoclina (Fonte: Autoria própria)39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Abundância relativa (AR) e densidade média de eufausídeos ao redor do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Brasil), de junho de 2010 a outubro de 2011. n.id.: Não Identificado (Fonte: Autoria própria).....	31
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. ÁREA DE ESTUDO	16
3.OBJETIVO	17
3.1 Objetivo geral	17
3.2. Objetivos específicos	17
4. METODOLOGIA	17
5. REFERÊNCIAS	19
6. CAPÍTULO 1: Small-scale ontogenetic and diel vertical migration of euphausiids in relation to the permanent thermocline off the St. Peter and St. Paul's Archipelago (Tropical Atlantic)	24
Introduction	24
Material and methods	26
<i>Study area</i>	26
<i>Sampling method and treatment of samples</i>	27
<i>Data analysis</i>	28
Results	29
<i>Salinity, temperature and chlorophyll a</i>	29
<i>Species composition and density</i>	30
<i>Stage-specific vertical distributions</i>	33
<i>Species-specific vertical distribution</i>	36
<i>Stage- and species-specific variations in weighted mean depth</i>	38
Discussion	40
<i>Stage- and species-specific abundance</i>	40
<i>Temporal variability</i>	41
<i>Ontogenetic vertical migration</i>	41
<i>Species-specific vertical distribution</i>	42
<i>Comparison of species richness between regions</i>	42
Acknowledgements	44

References	44
7. CONCLUSÕES GERAIS	51

1. INTRODUÇÃO GERAL

A ordem Euphausiacea é constituída por organismos holoplanctônicos (animais que passam toda a sua vida no plâncton) e exclusivamente marinhos (MAUCHLINE, 1980). Estes animais são facilmente reconhecidos pela presença de podobrânquias - brânquias grandes e expostas (BAKER et al., 1991). Os eupausídeos geralmente apresentam uma distribuição bem definida, podendo ser bons indicadores de massas de água, sendo de grande interesse no estudo da oceanografia (BOLTOVSKOY, 1999; BRINTON, et al., 1999; GIBBONS, et al., 1999). A ordem se divide em duas famílias: Bentheuphausiidae com uma única espécie *Bentheuphausia amblyops* e Euphausiidae que inclui dez gêneros e aproximadamente 86 espécies (BRINTON, et al., 1999; GONZÁLEZ-CHAVÉZ & ARENAS-FUENTES, 2003). Estes animais constituem um dos grupos mais importantes de invertebrados marinho nos oceanos, uma vez que ocupam posições cruciais entre as cadeias alimentares pelágicas superficiais e as mais profundas por terem o comportamento de migrar verticalmente distâncias superiores a 200 m á noite (BOLTOVSKOY, 1999; BRINTON et al., 1999).

Vários estudos concluem que a temperatura é um fator físico importante na migração destes organismos (BRINTON, 1962; 1979; PERALTA & MOURA, 2010; ROBLEDO & MUJICA, 1999). De um modo geral, a coluna d'água dos oceanos pode ser dividida em três camadas; uma camada mais superficial mais homogênea e com temperaturas mais elevadas, denominada camada de mistura; após essa camada há uma brusca queda de temperatura formando uma camada denominada “termoclina”, bastante evidente em regiões tropicais; e uma terceira camada onde a temperatura volta a ser constante (TOMCZAC & GODFREY, 1994).

Em um oceano tropical como o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPS) a termoclina está presente durante todo o ano. A presença desta camada impossibilita o transporte de nutrientes das águas mais profundas para a superfície e é responsável pelo empobrecimento dessas áreas (BOLTOVSKOY, 1999). Em função do gradiente térmico, a termoclina constitui uma zona de forte descontinuidade faunística, havendo espécies que se distribuem acima, dentro ou abaixo desta camada. Tem sido considerada como uma barreira física importante na migração vertical do zooplâncton (MOORE, 1950). Este estudo tem o

objetivo de descrever a influência da presença de uma termoclina permanente sobre a distribuição de Euphausiacea. Embora a distribuição vertical de eufausídeos esteja bem documentada em outras regiões (por exemplo, em áreas de ressurgência e ecossistemas polares), ela está principalmente restrita aos adultos (ANTEZANA, 1981; BAKER, 1970; BERKES, 1976; BRINTON, 1975; BRINTON et al 1999; DORMAN et al., 2005; FERNÁNDEZ et al., 2010; FRAGOPOULU & LYKAKIS, 1990; GONZÁLEZ -CHÁVEZ & ARENAS-FUENTES, 2003; GANGAI et al., 2012; MUJICA & PAVEZ, 2008; ROBLEDO & MUJICA, 1999), devido à complexidade de identificação das fases larvais.

Os trabalhos de Holthuis (1980) e Edwards & Lubbock (1983) foram os primeiros estudos sobre zooplâncton no ASPSP. O conhecimento sobre este grupo de organismos em torno de ilhas oceânicas no Atlântico Tropical ainda é escasso. No ASPSP, as poucas investigações foram baseadas principalmente em arrastos de superfície ou oblíquos, com copépodes (FERNÁNDEZ, 2010; MELO, 2013), larvas de decápodes (BRANDÃO et al., 2012; KOETTKER et al., 2010), larvas de peixes (MACEDO-SOARES et al., 2009) e zooplâncton em geral (CAVACANTI & LARRAZABAL, 2004). Apesar da sua relevância ecológica, relativamente pouca atenção tem sido dada ao estudo de eufausídeos nesta região, mesmo com a recente implantação da Estação Científica. Portanto, o conhecimento sobre a diversidade e padrões de distribuição pode proporcionar uma melhor compreensão do papel dos eufausídeos nos ciclos biológicos (LONGHURST & HARRISON, 1988) e no fluxo vertical de matéria orgânica particulada em uma área de enorme importância ecológica, estratégica, geopolítica e socioeconômica (pesca) do Atlântico Tropical (MINUTOLI & GUGLIELMO 2009, 2012).

O presente trabalho é o primeiro estudo de distribuição vertical de eufausídeos no ASPSP. Permitindo um maior conhecimento da fauna local, da dinâmica do zooplâncton e de aspectos relevantes destas populações visando à compreensão da ecologia trófica neste ambiente com dados de distribuição vertical destes organismos na coluna d'água num ambiente de grande importância ecológica e econômica do Atlântico.

Os dados obtidos foram utilizados para testar as seguintes hipóteses:

1. Existem diferenças na composição, abundância e densidade de Euphausiacea nas diferentes camadas (camada de mistura, transição e termoclina) no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, visto que a temperatura pode ser uma barreira física na migração vertical do zooplâncton.
2. Existem variações na composição, abundância e densidade de Euphausiacea ao longo do dia (coletas diurnas e noturnas), pois este grupo tem o comportamento de migrar verticalmente na coluna d'água para águas superficiais.

2. ÁREA DE ESTUDO

O Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (00° 55' N, 29° 21' W) é uma Área de Proteção Ambiental (APA) e um dos menores e mais isolado arquipélago pertencente a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira, caracterizando-se por ser uma área de grande importância do ponto de vista biológico e econômico (ARAÚJO & CINTRA, 2009). Localizado nas proximidades da cordilheira Meso-Atlântica, a cerca de 1000 km da costa nordeste brasileira e 1800 km da costa africana e formado por um grupo de dez pequenas ilhas que emergem de profundidades abissais até alguns metros acima da superfície, as quatro ilhotas principais, Barão de Teffé, São Pedro, São Paulo e Belmonte, formam entre si uma enseada em forma de ferradura com profundidade entre quatro e 25 m (CAMPOS et al., 2009) (Fig. 1). O oceano Atlântico tropical está inserido no clima tropical úmido e é uma região oceânica de baixa produtividade biológica, no entanto apresenta alta concentração de atividade pesqueira, devido à presença de um fenômeno denominado efeito-ilha, resultado do sistema de corrente e topografia do ASPSP responsáveis por um aumento da cadeia trófica marinha (HERNÁNDEZ-LÉON et al., 2001).

A corrente principal na área é a Corrente Sul Equatorial (CSE) que flui superficialmente no sentido Leste-Oeste, atingindo o ASPSP, com sua vertente Norte (CSEn), a uma velocidade máxima de $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ carregando águas superficiais vindas do Golfo da Guiné e da região e Cabo Verde e Serra Leoa. Em sentido contrário, a Sub-Corrente

Equatorial (SCE) carrega águas entre 40 e 150 m de profundidade com velocidade de até $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (ARAÚJO & CINTRA, 2009), originária da Corrente Norte do Brasil (CNB) (EDWARDS & LUBBOCK, 1983).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem o objetivo de caracterizar e quantificar a ordem Euphausiacea dentro da comunidade planctônica, através da composição, abundância e densidade, além de descrever possíveis padrões diários ao longo das diferentes camadas da coluna d'água no entorno do Arquipélago de São Pedro e São Paulo.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar os grupos de Euphausiacea em menor nível taxonômico;
2. Comparar a composição, abundância e densidade de Euphausiacea em diferentes camadas e ao longo dos períodos do dia (dia vs noite);
3. Verificar se a temperatura (termoclina) funciona como uma barreira na migração de Euphausiacea;
4. Verificar se existem padrões característicos de migração vertical diária para larvas e adultos de Euphausiacea em um ambiente tropical.

3. METODOLOGIA

As amostras foram obtidas no contexto do projeto intitulado “Efeito da turbulência sob a migração vertical do plâncton no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil”. A amostragem foi realizada durante três campanhas em junho de 2010 (C1), setembro de 2011 e outubro de 2011 (C2 e C3). Amostras noturnas e diurnas foram coletadas a partir de uma

profundidade de 100 m até a superfície em camadas de 20 m em duas estações fixas, uma a leste (S1) e uma a oeste (S2) do arquipélago (Fig. 1). Neste trabalho, usamos a isoterma de 20°C como referência para determinar a base da camada de mistura superior (CINTRA et al. 2015). O intervalo entre a 25,5°C e 27,5°C corresponde a camada de transição (40-60 m). Assim, este estudo divide a coluna de água, em três camadas: Camada de Mistura Superior (0-40 m), Camada de Transição (40-60 m) e Termoclina (60-100 m). Arrastos verticais foram realizados com uma rede de fechamento tipo Nansen com uma área da boca de 0,28 m² e malha de 200 µm. As amostras foram fixadas e armazenadas em formalina tamponada (4%). A amostragem foi realizada durante o dia (de 07h50 a 15h20) e durante a noite (18h40 a 02h20) (hora local). No total, 60 amostras de plâncton foram analisadas, sendo 30 amostras diurnas e 30 amostras noturnas.

Perfis verticais de temperatura foram obtidos com um CTD (SeaBird Eletrônica SeaCat SBE-19) para caracterizar a coluna de água nas estações S1 e S2 durante o dia e a noite. Somente foi possível obter esses perfis durante a primeira campanha (C1). Para as campanhas C2 e C3, os dados foram obtidos a partir das bóias PIRATA localizadas a leste e oeste do arquipélago (Atlas WOAselect World Ocean Select). Uma sonda PME-SCAMP (Self-Contained Autonomous Microstructure Profiler) foi equipada com um sensor de fluorescência para obter perfis de clorofila *a*. Amostras de águas superficiais foram coletadas para a determinação de clorofila *a* e posterior calibração dos perfis obtidos por PME-SCAMP. Três lançamentos do SCAMP foram realizados em cada ponto de amostragem, e os seus valores médios foram usados para cada estrato de profundidade para permitir maior representatividade estatística (MELO, 2013). Os perfis foram obtidos até 80 m na estação S1 e até 60 m na estação S2. Essas profundidades máximas dos perfis se devem à deriva da embarcação durante as perfilagens e a estratégia conservativa adotada para o uso do equipamento.

As amostras foram triadas em sua totalidade e os eufausídeos foram separados de acordo com o estágio de desenvolvimento (caliôtopis, furcilia e adulto) e identificados até o menor nível taxonômico possível, usando literatura disponível (ANTEZANA, 1976; BAKER et al., 1991; BODEN 1951, BRINTON, 1975; KNIGHT, 1975; KNIGHT, 1976; LEWIS, 1955; MONTÚ, 1983; PONOMAREVA, 1969). Indivíduos danificados que não puderam ser

identificados foram classificados como "Euphausiacea n.id". A Densidade (D) de eupausídeos foi calculada pela fórmula $D = N * V^{-1}$, onde N é o número total de indivíduos em cada grupo taxonômico na amostra; e V é o volume total de água filtrada. O volume de água filtrada foi determinada como $V = (\pi * R^2 * H)$, onde r é o raio da boca da rede em metros, e H representa a profundidade do arrasto, também em metros. A profundidade do arrasto foi corrigida pelo ângulo de inclinação do cabo (WALNE et al., 1998). O cálculo do comprimento de cabo necessário para submergir a uma profundidade de 10 m, de acordo com Calazans et al. (2011) pode ser definida utilizando a equação: $P = G \cos \alpha$, onde P é a profundidade da rede de arrasto, L a distância percorrida pelo cabo, e o ângulo α entre o cabo e a linha vertical obtida por um clinômetro durante o arrasto.

Dados de densidade foram transformados em $\log(x + 1)$ para normalidade e homoscedasticidade, e testadas com testes de Levene de Kolmogorov-Smirnov (normalidade) e (homoscedasticidade) (ZAR, 1996). Uma vez que os dados não seguem distribuição normal, o teste de Kruskal-Wallis ANOVA foi usado com um nível de significância (p) de 0,05 para identificar diferenças estatísticas na densidade entre as campanhas (C1, C2 e C3) e camadas (camada de mistura superior, camada de transição, Termoclina). Quando os resultados do teste de Kruskal-Wallis ANOVA foram significativos, o teste de Mann-Whitney foi realizado *a posteriori*. As diferenças entre estações (S1 vs S2) e variação diurna (dia vs noite) foram testadas usando testes de Mann-Whitney. Para permitir uma avaliação sinótica das diferenças na distribuição vertical entre estágios e espécies, foi calculada a profundidade média ponderada (WMD) dos táxons mais abundantes, usando as equações fornecidas pelo Bollens e Frost (1989).

5. REFERÊNCIAS

- ANTEZANA, T. **Diversidad y equilibrio ecológico en comunidades pelágicas**. In: Orrego F (ed) *Preservación del Medio Ambiente Marino*. Inst Estudios Internac Univ, Santiago, pp 40-54, 1976.
- ARAUJO, M., LHERITIER, D., SILVA, M.A., LUNA, M.C., MEDEIROS, C. Tidal Turbulence and Eddy-Viscosity in Coastal Waters at Northeastern Brazil. **Journal of Coastal Research**. 21:18-27. doi: 10.2112/02-144.1, 2005.

ARAUJO, M.; CINTRA, M. M. **Modelagem matemática da circulação oceânica na região equatorial**. In: D. L. Viana; F.H.V. Hasin; M. A. C. Souza. (Org.). O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 Anos de Estação Científica. Rio de Janeiro-RJ: SECIRM , v. 1, p. 106-113, 2009.

BAKER, A. The Vertical Distribution of Euphausiids Near Fuerteventura, Canary Islands ('Discovery' Sond Cruise, 1965). **Journal of Marine Biology**. Ass UK 50:301-342. doi: 10.1017/S0025315400004550, 1970.

BAKER ,A.C.; BODEN, B.P.; BRINTON, E. **A practical Guide to the Euphausiids of the World. Natural History Museum Publications**, London, pp 96, 1991.

BERKES, F. Ecology of euphausiids in the Gulf of St. Lawrence. **Journal Fisheries Research**. Bd Can 33:1894-1905. doi: 10.1139/f76-242, 1976.

BODEN, B.P. The egg and larval stages of *Nyctiphanes simplex*, a euphausiid crustacean from California. **Proceedings of The Zoological Society of London**. 121:515-527. doi: 10.1111/j.1096-3642.1951.tb00752.x, 1951.

BOLLENS, S.M.; FROST, B.W. Diel vertical migration in zooplankton: Rapid individual response to predators. **Journal Plankton Research**. 13:1359-1365. doi: 10.1093/plankt/25.9.1069, 1989.

BOLTOVSKOY, D. **South Atlantic Zooplankton**. Leiden: Backhuys Publishers. 1706 p., 1999.

BRANDÃO, M. C.; KOETTKER, A. G.; FREIRE, A. C. Abundance and composition of decapods larvae at Saint Paul's Rocks (equatorial Atlantnnic). **Marine Ecology**, p. 1-15. 2012.

BRINTON, E. The distribution of Pacific Euphausiids. **Bull Scripps Institution of Oceanography**. 8:51-269, 1962.

BRINTON, E. Euphausiids of Southeast Asian Waters. **Naga Report**. La Lolla, University of California, Scripps, Institution of Oceanography 4:1-287, 1975.

BRINTON, E. Parameters relating to the distributions of planktonic organisms especially euphausiids in the eastern tropical Pacific. **Program Oceanography** 8:125-189. doi: 10.1016/0079-6611(79)90001-6, 1979.

BRINTON, E.; OHMAN, M.D.; TOWNSEND, A.W.; KNIGHT, M.D.; BRIDGEMAN, A.L. Euphausiids of the World Ocean. **Springer Verlag**, New York, 1999.

- CALAZANS, D.K.; MUELBERT, J.H.; MUXAGATA, E. Organismos planctônicos. In: Calazans D (ed) **Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático**. Editora Textos, Pelotas, pp 200-274, 2011.
- CAMPOS, F. C. C.; PETTA, R. A.; THEYE, T.; SICHEL, S. E.; SIMÕES, L. S. A.; SRIVASTAVA, N. K.; MOTOKI, A.; VIRGENS NETO, J.; ANDRADE, F. G. G. 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. 2009.
- CAVALCANTI, E. A. H.; LARRAZÁBAL, M. E. L. Macrozooplâncton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição ocenográfica- REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea). **Revista Brasileira de Zoologia**, 21(3): 467-475. 2004.
- CINTRA, M.M.; LENTINI, C.A.D.; SERVAIN, J.; ARAUJO, M.; MARONE, E. Physical processes that drive the seasonal evolution of the Southwestern Tropical Atlantic Warm Pool. **Dynamics of Atmospheres and Oceans**. 72:1-11. doi: 10.1016/j.dynatmoce.2015.08.001, 2015.
- DORMAN, J.G.; BOLLENS, S.M.; SLAUGHTER, A.M. Population biology of euphausiids off northern California and effects of short time-scale wind events on *Euphausia pacifica*. **Marine Ecology Progress Series**. 288:183-198. doi: 10.3354/meps288183, 2005.
- EDWARDS, A.; LUBBOCK, R. The ecology of Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic). **Journal of Zoology**.: 51-69 200Doi: 10.1111/j.1469-7998.1983.tb06108.x, 1983.
- GANGAI, B.; LUČIĆ, D.; MOROVIĆ, M.; BRAUTOVIĆ, I.; MILOSLAVIĆ, M. Population structure and diel vertical migration of euphausiid larvae in the open southern Adriatic Sea (July 2003). **Crustaceana**. 6:659-684. doi: 10.1163/156854012X643942, 2012.
- GIBBONS, M.J.; SPIRIDINOV, V.A.; TARLING, G.A. Euphausiacea. In: Boltovskoy D (ed) South Atlantic Zooplankton. **Backhyus Publishers**, Leiden, pp 1241-1279, 1999.
- GONZÁLEZ-CHÁVEZ, G.; ARENAS-FUENTES, V. Distribución y abundancia de blancos acústicos usando hidroacústica de alta frecuencia en la costa norte de Baja California, México. **Ciencia y Mar**. 20:27-38, 2003.
- Hernández-León, S.; Almeida, C.; Gómez, M.; Torres, S.; Montero, I. & Portillo-Hahnefeld, A. Zooplankton biomass and indices of feeding and metabolism in island-generated eddies around Grand Canaria. **Journal of Marine Systems**, 30(1-2): 51-66, 2001.
- KNIGHT, M.D. The larval development of Pacific *Euphausia gibboides* (Euphausiacea). **United States Fish**. 73:145-168, 1975.

- KNIGHT, M.D. Larval development of *Euphausia sanzoi* Torelli (Crustacea: Euphausiacea). **Bulletin of Marine Science**. 26:538-557, 1976.
- KOETTKER, A.G.; FREIRE, A.S.; SUMIDA, P.Y.G. Temporal, diel and spatial variability of decapod larvae from St Paul's Rocks, an equatorial oceanic island of Brazil. **Journal Marine Biology**. Ass UK 90:1227-1239. doi: 10.1017/S0025315409990890, 2010.
- LEWIS, J.B. Some larval euphausiids of the genus *Stylocheiron* from the Florida Current. **Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean**. 5:190-202, 1955
- LONGHURST, A.R.; HARRISON, W.G. Vertical nitrogen flux from the oceanic photic zone by diel migrant zooplankton and nekton. **Deep-Sea Research**. 35:881-889. doi: 10.1016/0198-0149(88)90065-9, 1988.
- MACEDO-SOARES, L.C.P.; FREIRE, A.S.; KOETTKER, A.G.; MENEZES, B.S.; FERNÁNDEZ, D.B.; BRANDÃO, M.C. **Zooplâncton. In: Hazin FHV (ed) O arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica**. SECIRM, Brasília, pp 128-137, 2009.
- MAUCHLINE, J. The biology of mysids and euphausiids. **Advances in Marine Biology**. 18:373-595. doi: 10.1016/S0065-2881(08)60372-7, 1980.
- MELO, P. A. M. C. **Efeito da turbulência sobre a migração vertical dos Copepoda no Arquipélago de São Pedro e São Paulo – Brasil**. Tese (Doutorado em Oceanografia). Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 72 p., 2013.
- MINUTOLI, R.; GUGLIELMO, L. Zooplankton respiratory Electron Transport System (ETS) activity in the Mediterranean Sea: spatial and diel variability. **Marine Ecology Progress Series**. 381:199-211. doi: 10.3354/meps07862, 2009.
- MINUTOLI, R.; GUGLIELMO, L. Mesozooplankton carbon requirement in the Tyrrhenian Sea: its vertical distribution, diel variability and relation to particle flux. **Marine Ecology Progress Series**. 446:91-105. doi: 10.3354/meps09500, 2012.
- MONTÚ, M.A. Chave de fases larvais, calíptopis e furcílias de eufausídeos subantárticos, setor patagônico. **Brazilian archives of biology and technology**. 26:523-534, 1983.
- MOORE, H.B. The relation between the scattering layer and the Euphausiacea. **Biological Bulletin**. 99:181-212. doi: 10.2307/1538738, 1950.
- MUJICA, A.; PAVEZ, C. Eufáusidos de la zona central de Chile, archipélago Juan Fernández e islas Desventuradas. **Latin American Journal of Aquatic Research**. 36:271-282. doi: 0.4067/S0718-560X2008000200010, 2008.

PONOMAREVA, L.A. Investigations on some tropical euphausiid species of the Indian **Oceanography Marine Biology**. 3:81-86. doi: 10.1007/BF00353426, 1969.

ROBLEDO, O.; MUJICA, A. Eufáusidos de isla de Pascua. **Investigaciones marinas**. 27:65-72. doi: 10.4067/S0717-71781999002700007, 1999.

STRÖHER, P. R. **Desenvolvimento de um método molecular para a detecção de larvas de Grapsus grapsus Linnaeus, 1758 (Decapoda, Grapsoidea) em amostras de plâncton**. Graduação em Ciências Biológicas. Curitiba: Universidade Federal de Paraná. 35 p. 2010.

TOMCZAK, M.; GODFREY, J. S. Regional Oceanography: An Introduction. London: Pergamon Press. 422 p. 1994.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1996.

7. Capítulo 1: Small-scale ontogenetic and diel vertical migration of euphausiids in relation to the permanent thermocline off the St. Peter and St. Paul's Archipelago (Tropical Atlantic)

Cynthia Dayanne Mello de Lima¹, Simone Maria de Albuquerque Lira¹, Manoela Costa Brandão², Ralf Schwamborn¹

¹Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Pernambuco, Brasil.

²Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil.

INTRODUCTION

Euphausiids are among the most important zooplankton in the oceans, since they occupy crucial positions in the food web of pelagic zones (BRINTON et al., 1999). All species of this group are planktonic and exclusively marine (MAUCHLINE, 1980). During their diel vertical migration (DVM), they transport organic matter vertically, and are among major secondary producers of the mesopelagic zones (MUJICA & PAVEZ, 2008; MACEDO-SOARES et al., 2009; PERALTA & MOURA, 2010).

The down flow of carbon can happen in two ways: by gravity, where there is sedimentation of particulate organic material; and to actively, where the zooplanktonic organisms that vertically migrate are responsible for the carbon transport to deeper layers (HERNÁNDEZ-LEÓN et al., 2010). The diel vertical migration of these organisms has an important role in the vertical flow of organic matter, since they feed at night on the surface and metabolize food in the deeper layers (STEINBERG et al., 2002). Understanding the processes that affect the vertical transport of organic matter is vital to the comprehension of carbon capture in the ocean inside (STEINBERG et al., 2002). Evaluating the vertical migration of organisms as euphausiids from different oceanic areas can clarify some of the

issues of ecological processes involving these organisms and organic matter. In spite of their huge importance, there are no data available on the vertical distribution of euphausiids in the Tropical Atlantic.

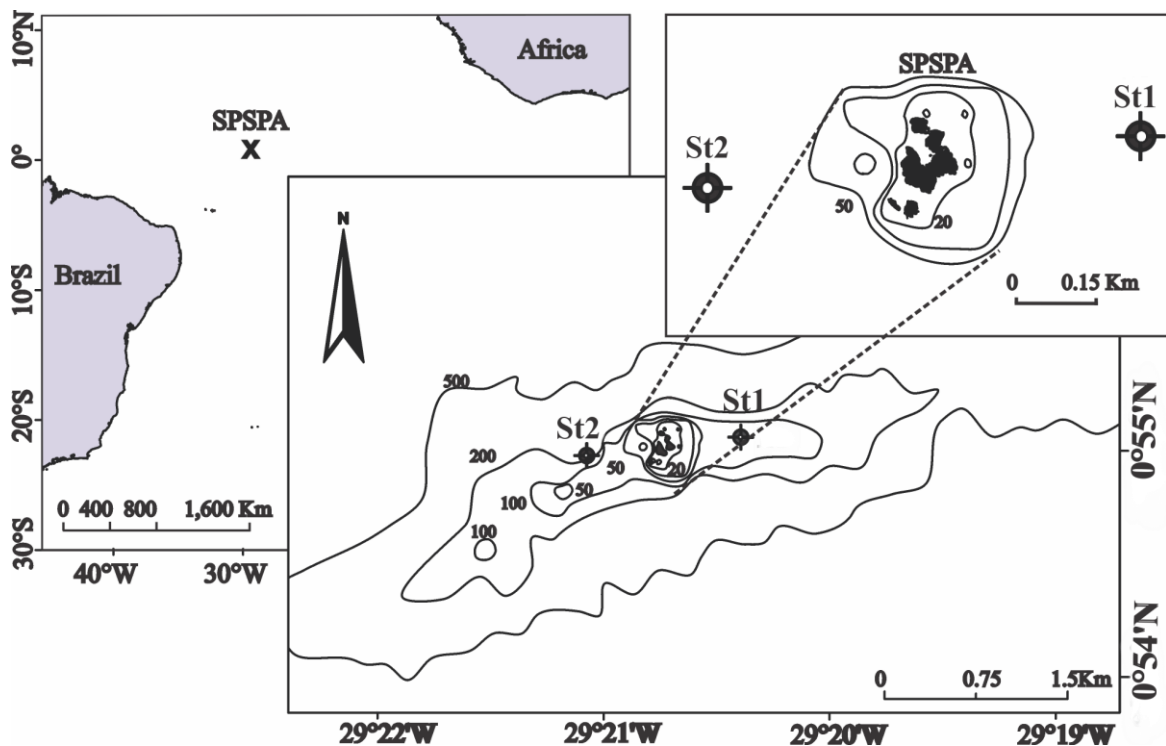
Several studies conclude that temperature is an important physical factor in the migration of these organisms (BRINTON, 1962, 1979; MAUCLINE & FISHER, 1969; PERALTA & MOURA, 2010; ROBLEDO & MUJICA, 1999). The thermocline is considered the most important physical barrier for these migrations (MOORE, 1950). In this study, we show the influence of the presence of a permanent thermocline on these distributions. Furthermore, although the vertical distribution of euphausiids is well documented in other regions (e.g. upwelling and polar ecosystems), the analysis of the vertical distribution is mostly restricted to adults (ANTEZANA, 1981; BAKER, 1970; BERKES, 1976; BRINTON, 1975; BRINTON et al 1999; DORMAN et al., 2005; FERNÁNDEZ et al., 2010; FRAGOPOULU & LYKAKIS, 1990; GONZÁLEZ -CHÁVEZ & ARENAS-FUENTES, 2003; GANGAI et al., 2012; MUJICA & PAVEZ, 2008; ROBLEDO & MUJICA, 1999) mostly due to the complexity of identification of larval stages.

Knowledge of the zooplankton around oceanic island environments in the Tropical Atlantic is still scarce. At the Saint Peter and Saint Paul's Archipelago, the few investigations were mainly based on surface or oblique hauls and focused on surface studies with copepods (MELO et al., 2012), decapod larvae (BRANDÃO et al. 2012; KOETTKER et al. 2010) and on the gross zooplankton community (CAVACANTI & LARRAZABAL, 2004). Knowledge of diversity and vertical distribution can provide a better understanding of their role in biological cycles (LONGHURST & HARRISON, 1988) and the vertical flux of particulate organic matter (MINUTOLI & GUGLIELMO, 2009; 2012) in an area of huge ecological, strategic, geopolitical and socio-economic (fishery) importance in the Tropical Atlantic (MINUTOLI & GUGLIELMO 2009, 2012).

The working hypothesis is that the permanent thermocline has an influence on the distribution and diel vertical migration of euphausiids. Thus, the aim of this study was (1) to verify the occurrence of ontogenetic vertical migration of euphausiids in the presence of a

permanent thermocline; and (2) to describe the density and check the displacement of these organisms in the upper 100 m, comparing distribution between the day and night periods, and in different sampling stations.

Figure 1: Location of the two sampling stations (S1 and S2) in the Tropical Atlantic. SPSPA: St. Peter and St. Paul's Archipelago (Brazil) (Fonte: Autoria Própria).



MATERIAL AND METHODS

Study area

The study area is located in the Tropical Atlantic (00° 55 'N, 29° 21' W) (Fig. 1). This region is under the climatic influence of the Intertropical Convergence Zone (ICZ). It is characterized by being a Marine Protected Area (MPA), one of the smallest and most isolated oceanic islands in the Brazilian Exclusive Economic Zone (EEZ) (ARAÚJO & CINTRA,

2009). The station S1 to the east of the archipelago is 145 m deep and the station S2, the West has 200 m.

Sampling method and treatment of samples

Samples were obtained as part of a project to study the effect of the turbulence in the vertical migration of plankton off the Saint Peter and Saint Paul's Archipelago. Sampling was conducted during three campaigns in June 2010 (C1), September 2011 and October 2011 (C2 and C3). Night and day samples were collected from a depth of 100 m to the surface in layers of 20 m at two fixed stations, one to the east (S1) and one to the west (S2) of the archipelago (Fig. 1). In this paper, we use the isotherm of 20°C as a reference to determine the base of the Upper Mixed Layer (CINTRA et al., 2015). The range between 27.5° to 25.5°C corresponds as the Transition Layer (40-60 m). Thus, this study divides the water column in three layers: Upper Mixed Layer (0-40 m), Transition Layer (40-60 m) and Thermocline (60-100 m). Vertical hauls were performed with a Nansen type closing net with a mouth area of 0.28 m² and a mesh size of 200 µm. Specimens were fixed and stored in buffered formalin (4%). Sampling was performed during the day (from 07:50 to 15:20) and overnight (18:40 to 02:20h) (local time). In total, 60 plankton samples were analyzed, being 30 from daytime samplings and 30 from nighttime samplings.

Vertical profiles of temperature were obtained with a CTD (SeaBird Electronics SeaCat SBE-19) to characterize the water column at stations S1 and S2 during day and night. It was only possible to obtain these profiles during the first year (C1). For campaigns C2 and C3, data were obtained from the PIRATA buoys located east and west of the archipelago (WOAselect World Ocean Atlas Select). A PME-SCAMP (Self-Contained Autonomous Microstructure Profiler) profiling probe equipped with a fluorescence sensor was used to obtain chlorophyll *a* profiles. Surface water samples were collected for the determination of chlorophyll *a* and subsequent calibration of profiles obtained by PME-SCAMP. Three releases of SCAMP were performed on each sampling point, and their mean values were used for each depth stratum (ARAUJO et al. 2005). Profiles were obtained down to 80 m at station S1 and down to 60 m at station S2. These maximum depths are due to the drift of the vessel during the profiling and the conservative strategy adopted for the use of this probe.

Data analysis

Samples were analyzed in their totality and the Euphausiids were separated according to larval stages (calyptopis and furcilia) and identified to the lowest possible taxonomic level, using all available literature (ANTEZANA, 1976; BAKER et al., 1991; BODEN 1951, BRINTON, 1975; KNIGHT, 1975; KNIGHT, 1976; LEWIS, 1955; MONTÚ, 1983; PONOMAREVA, 1969). Damaged individuals that could not be identified were classified as “Euphausiacea n.id”. Density (D) of euphausiids was calculated by the formula $D = N * V^{-1}$, where N is the total number of individuals in each taxon in the sample; and V is the total volume of filtered water. The volume of water filtered by the net was determined as $V = (\pi * r^2 * H)$, where r is the radius of the mouth of the net in meters, and H is the tow depth, also in meters. The depth of the tow has been corrected by the net cable inclination angle (WALNE et al., 1998). The calculation for the length of cable designed to submerge a depth of 10 m, according to Calazans et al. (2011) may be defined using the equation: $P = L \cos \alpha$, where P is the depth of the trawl, L a cable distance traveled, and the angle α between the cable and the vertical line obtained by an clinometer during tow.

Density data were $\log(x + 1)$ transformed to improve the normality and homoscedasticity, and tested with Kolmogorov-Smirnov (normality) and Levene tests (homoscedasticity) (ZAR, 1996). Since the data were not normally distributed, the Kruskal-Wallis ANOVA was used at a significance level of 0.05 to identify statistical differences in density between campaigns (C1, C2 and C3) and depth layers (Upper Mixed Layer, Transition Layer, Thermocline). When the results of the Kruskal-Wallis ANOVA were significant, a Mann-Whitney test was performed *a posteriori*. Differences between stations (S1 vs S2) and diurnal variation (day vs night) were tested using Mann-Whitney tests. To permit a synoptic assessment of differences in vertical distribution between stages and species, the Weighted Mean Depth (WMD) of the most abundant taxa was calculated for each vertical profile and each station, using the equations provided by Bollens and Frost (1989).

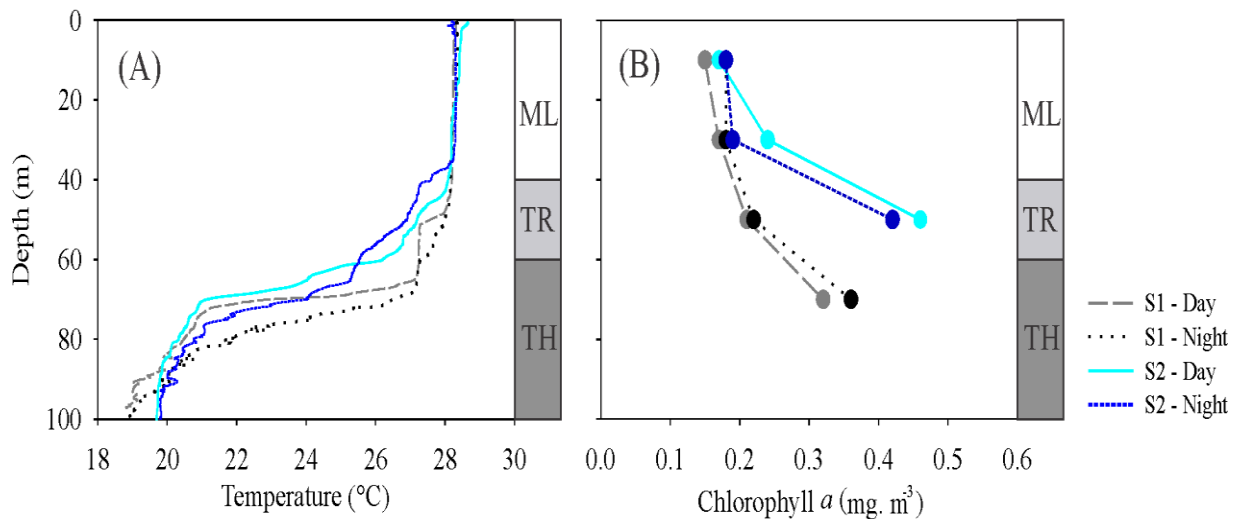
RESULTS

*Salinity, temperature and chlorophyll *a**

One water masse were identified in the upper 100m: Tropical Surface Water (TSW), with temperature $> 28^{\circ}\text{C}$, associated to the upper mixed layer (Fig. 2a). Considering CTD and WOAslect data, we observed a transition layer, which includes the base of the mixed layer and the beginning of the thermocline, with temperatures ranging between 25.5°C and 27.5 . The transition layer (Fig. 2a) is located at 40-60 m depth in all temperature profiles.

Surface temperature varied between 28.2 and 28.4°C , decreasing to approximately 19.5°C near 100 m depth (Fig. 2). Salinity was practically constant, between 36.1 e 36.3 from the surface until 100 m depth in all profiles. An increase in the concentration of chlorophyll *a* was observed towards greater depths, with 0.17 mg m^{-3} on the surface and 0.90 mg. m^{-3} at 70 m depth (Fig. 2).

Figure 2: Vertical profiles from 0 to 100 m at the sampling stations S1 and S2 during the day and night off the St. Peter and St. Paul's Archipelago, Brazil. A: vertical profiles of temperature. B: vertical profiles of chlorophyll *a*. White area: Upper Mixed Layer (ML); Light grey area: Transition Layer (TR); Dark grey area: Thermocline (TH) (Fonte: Autoria Própria).



Species composition and density

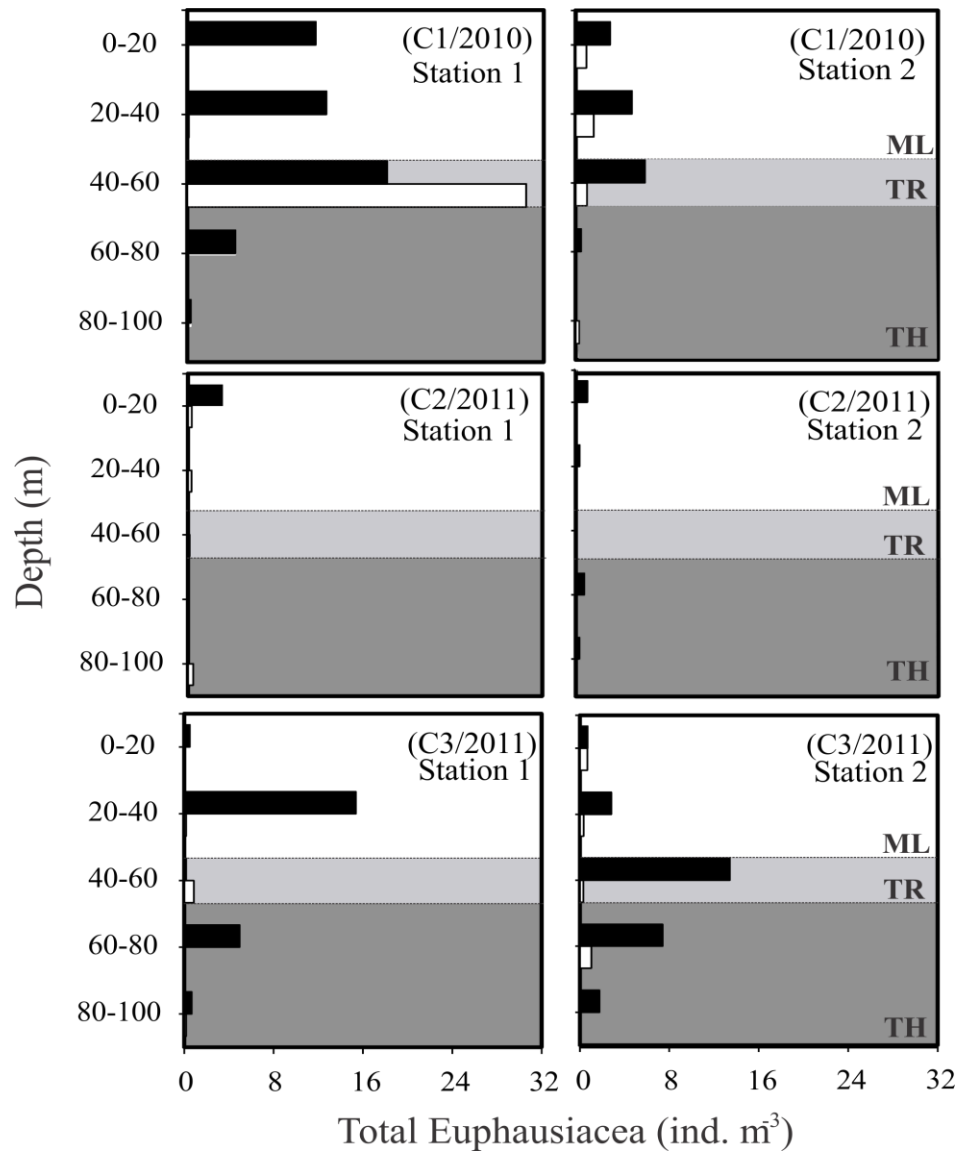
A total of 948 individuals were identified, with an average density of 2.65 ind.m⁻³ (up to 30.4 ind. m⁻³). Twelve species that belong to four genera of the Euphausiidae were identified: *Euphausia* Dana, 1850; *Nematoscelis* G. O. Sars, 1883; *Stylocheiron* G. O. Sars, 1883 and *Thysanopoda* Milne Edwards, 1830 (Table1). The euphausiid community was mostly composed by larvae (calyptopis and furcilia stages), comprising more than 80% of all individuals (43.4% and 37.6%, respectively). Larvae of the genus *Euphausia* were most abundant, with 56.4% of all individuals caught (31.6% calyptopis and 24.8% furciliae). During the day, *Euphausia* larvae were clearly dominant, in spite of overall lower densities (mean: 0.4 ind. m⁻³). At night, *Euphausia* larvae (1.2 ind. m⁻³) and *E. americana* (0.29 ind. m⁻³) showed the highest mean densities. *Nematoscelis megalops* G. O. Sars, 1885, *Stylocheiron abbreviatum* G. O. Sars, 1883 and *Stylocheiron affine* Hansen, 1910 were exclusively diurnal, while *Euphausia similis* G. O. Sars, 1885, *Euphausia diomedaea* Ortmann, 1894 and *Thysanopoda aequalis* Hansen, 1905 were exclusively nocturnal (Table 1).

When comparing total euphausiid density (adults and larvae) between the three campaigns, highest values were found during C1, which contributed with 63.8% of total organisms. During this campaign, euphausiids were present in all layers, and an increase in density with depth was observed until the transition layer during the night with 17.9 ind.m⁻³ at S1 and 6.1 ind.m⁻³ at S2 (Fig. 3). During C2 and C3, no clear pattern of vertical distribution was found. During C2, lower densities were observed, contributing only with 7% of all euphausiids. Despite this, some taxa were exclusively found in campaign C2: *E. diomedaea*, *Nematoscelis* spp., *N. megalops*, *Thysanopoda* spp. and *T. aequalis*. During C3, vertical distribution varied considerably between the two stations (Fig. 3). At station S1, highest nocturnal densities were observed in the upper mixed layer, while at station S2, higher values were found in the transition and deeper layers (Fig. 3).

Table 1: Relative abundance (RA) and mean density of euphausiids caught off the St. Peter and St. Paul's Archipelago, Brazil, from June 2010 to October 2011. n. id.: Not Identified (Fonte: Autoria Própria).

Taxon	Stage of development	RA (%)	ind.m ⁻³		ind.m ⁻³	
			Mean		Maximum	
			Day	Night	Day	Night
<i>Euphausia</i> Dana, 1850 n. id	calytopis larvae	31.6	0.45	1.20	12.66	10.97
<i>Euphausia</i> n. id	furcilia larvae	24.8	0.35	0.90	9.56	9.39
<i>Euphausia</i> n. id	adult	7.6	0.10	0.30	2.73	1.92
<i>E. americana</i> Hansen, 1911	adult	5.6	< 0.01	0.29	0.17	2.88
<i>E. tenera</i> Hansen, 1905	adult	2.1	0.05	0.07	1.36	0.85
<i>E. similis</i> G.O. Sars, 1885	adult	1.1		0.06		1.19
<i>E. diomedae</i> Ortmann, 1894	adult	0.1		< 0.01		0.16
<i>Nematoscelis</i> G. O. Sars, 1883 n. id	larvae, adult	0.3		0.01		0.16
<i>N. atlantica</i> Hansen, 1916	adult	0.6	0.02	0.02	0.17	0.16
<i>N. megalops</i> G.O. Sars, 1883	adult	0.1	0.01		0.17	
<i>Stylocheiron</i> G. O. Sars, 1883 n. id	calytopis larvae	0.2	0.01		0.34	
<i>Stylocheiron</i> n. id	furcilia larvae	3.8	0.08	0.12	1.19	0.48
<i>Stylocheiron</i> n. id	adult	0.4		0.02		0.69
<i>S. abbreviatum</i> G.O. Sars, 1883	adult	0.2	0.01		0.17	
<i>S. affine</i> Hansen, 1910	adult	0.1	< 0.01		0.17	
<i>S. carinatum</i> G.O. Sars, 1883	calytopis larvae, adult	6.2	0.05	0.30	1.44	2.24
<i>S. carinatum</i>	furcilia larvae	4.8	0.05	0.20	0.68	1.12
<i>S. suhmi</i> G.O. Sars, 1883	larvae, adult	1.1	0.06	0.03	0.85	0.17
<i>Thysanopoda</i> Milne Edwards, 1830 n. id	larvae, adult	0.6		0.03		0.32
<i>T. aequalis</i> Hansen, 1905	larvae, adult	0.6		0.03		0.64
<i>T. tricuspidata</i> Milne Edwards, 1837	larvae, adult	0.6	< 0.01	0.03	0.17	0.17
Euphausiacea Dana, 1852 (others)	larvae	6.5	0.07	0.27	0.66	3.58
Euphausiacea (total)	larvae, adult	100	1.3	4.0	32.5	37.1

Figure 3: Vertical distribution of the total euphausiids density during the three campaigns and stations off the St. Peter and St. Paul's Archipelago, Brazil. White bars: daytime. Black bars: nighttime. White area: Upper Mixed Layer (ML); Light grey area: Transition Layer (TR); Dark grey area: Thermocline (TH) (Fonte: Autoria Própria).



Stage-specific vertical distributions

Larvae were always more abundant (~ 80%) than adults, independent of the campaign. Each life history stage showed a different vertical distribution pattern (Fig. 4). Calyptopis larvae showed peak densities in the transition layer. Furciliae were concentrated in the upper mixed layer (Fig. 4). For adults, different vertical patterns were observed for each taxon during at night; *Euphausia* spp. were present in higher densities in the upper mixed layer (C1), *Stylocheiron* spp. were observed only in the thermocline and *S. carinatum* below the upper mixed layer (C2/C3) (Fig. 4).

Density of calyptopis larvae, ranged from 0.1 to 14 ind. m⁻³, with significantly higher values at night (Mann-Whitney U test, U= 262, N1= 30, N2= 30, P = 0.005; Fig. 5a). Significant differences in calyptopis density were detected between the three campaigns (Kruskal-Wallis test, H2= 8.02, P = 0.02, night samples only), with significantly higher density during the campaign C3 (Mann-Whitney U test, P < 0.05; Fig. 5b). Calyptopis larvae did not show any differences between the three layers, during day and night. For the furciliae, density varied between 0.1 and 11.1 ind. m⁻³, with higher values also at night (Mann-Whitney U test, U= 271.5, N1= 30, N2= 30, P = 0.008; Fig. 5a.). Similarly, a significant difference between campaigns was also found for these larvae (Kruskal-Wallis test, H2= 6.97, P = 0.03, night samples only), which were more abundant in C1 (Mann-Whitney U test, P = 0.02; Fig. 5b). In contrast to calyptopis, furcilia larvae presented a distinct vertical distribution, with significant differences between layers (Kruskal-Wallis test, H2= 7.97, P = 0.02; night samples only). Significantly higher density of furciliae was found in the upper mixed layer (Mann-Whitney U test, P = 0.002; Fig. 6). During daytime, no difference between layers was observed, probably due to the low densities during the day. No significant differences were found between the sampling stations S1 and S2 for both larval stages.

Adults comprised 24.5% of the euphausiid community. The most abundant taxa were *Euphausia* spp. (30.8%), *E. americana* (23%), *S. carinatum* (19.1%), *E. tenera* (8.6%), *E. similis* (4.3%), and *S. suhmii* (4.3%) (Table 1). Considering all adults, density varied between 0.1 and 2.8 ind.m⁻³, with higher abundance at night (Mann-Whitney U test, U= 251, N1= 30, N2= 30, P = 0.003; Fig. 5a). When analyzing the vertical distribution of adults, significant differences between layers were detected at day (Kruskal-Wallis test, H2= 10.01, P < 0.007)

and night (Kruskal-Wallis test, $H_2 = 8.13$, $P < 0.01$). Total adults were significantly more abundant in the transition layer at day and in the upper mixed layer at night (Mann-Whitney U test, $P < 0.05$; Fig. 5). In contrast to the larvae, no significant difference was found in adult density between the three campaigns. Also, no significant difference was found in adult density between sampling stations S1 and S2, similarly to the larvae.

Figure 4: Ontogenetic diel vertical distribution during the three campaigns off the St. Peter and St. Paul's Archipelago, Brazil. White bars: daytime. Black bars: nighttime. White area: Upper Mixed Layer (ML); Light grey area: Transition Layer (TR); Dark grey area: Thermocline (TH) (Fonte: Autoria Própria).

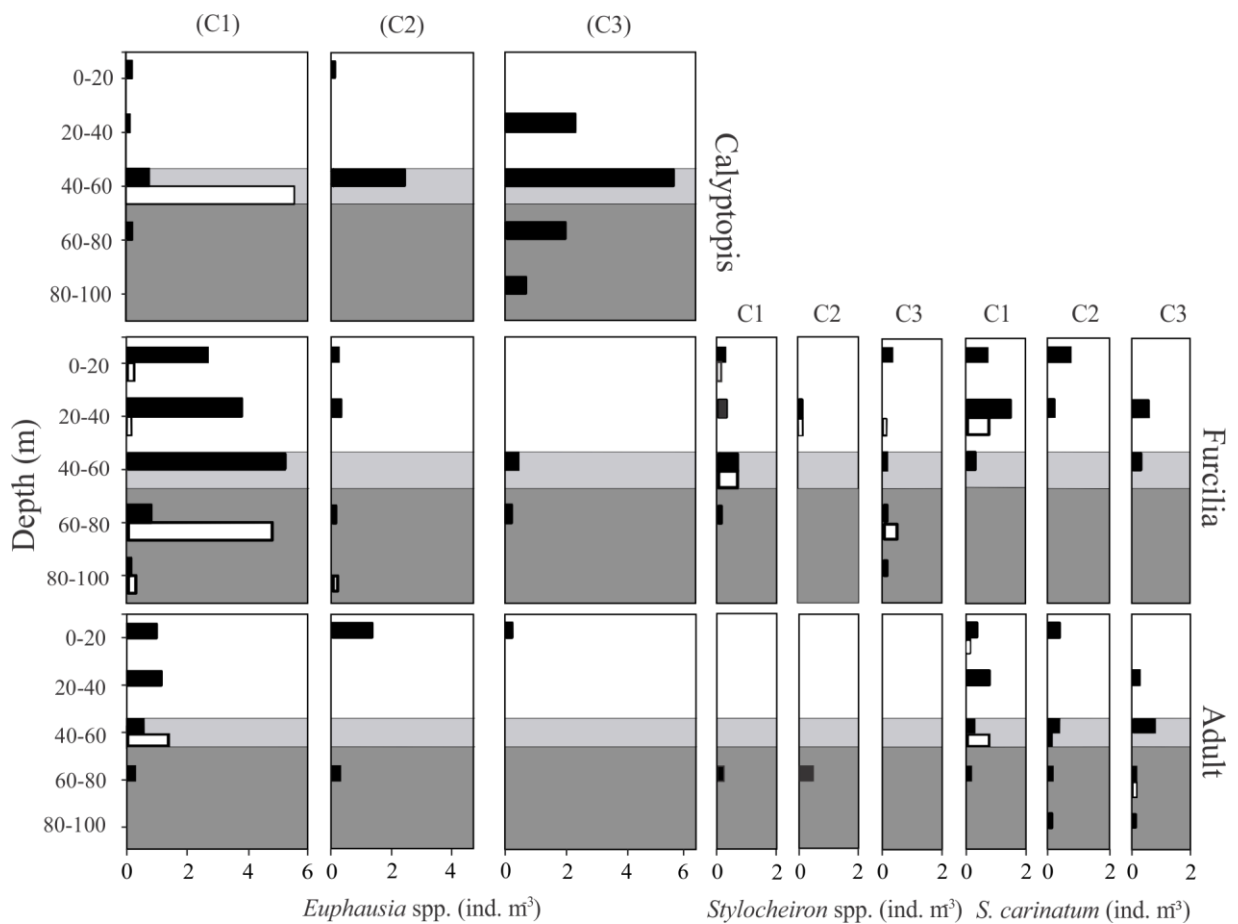


Figure 5: Total density of euphausiids (larvae and adults) during the day and night off the St. Peter and St. Paul's Archipelago, Brazil. A: day vs night and B: campaigns during of night. White area: Upper Mixed Layer (ML); Light grey area: Transition Layer (TR); Dark grey area: Thermocline (TH) (Fonte: Autoria Própria).

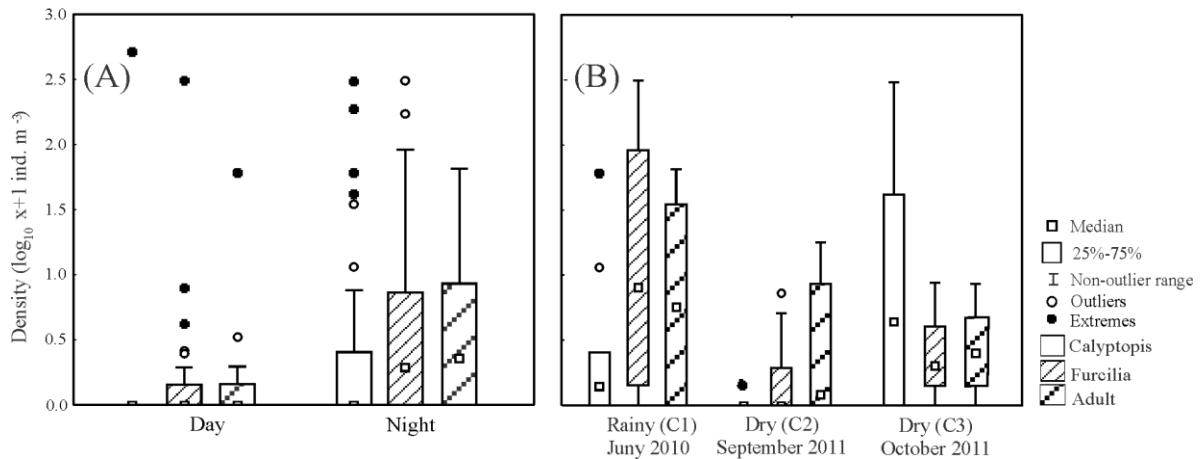
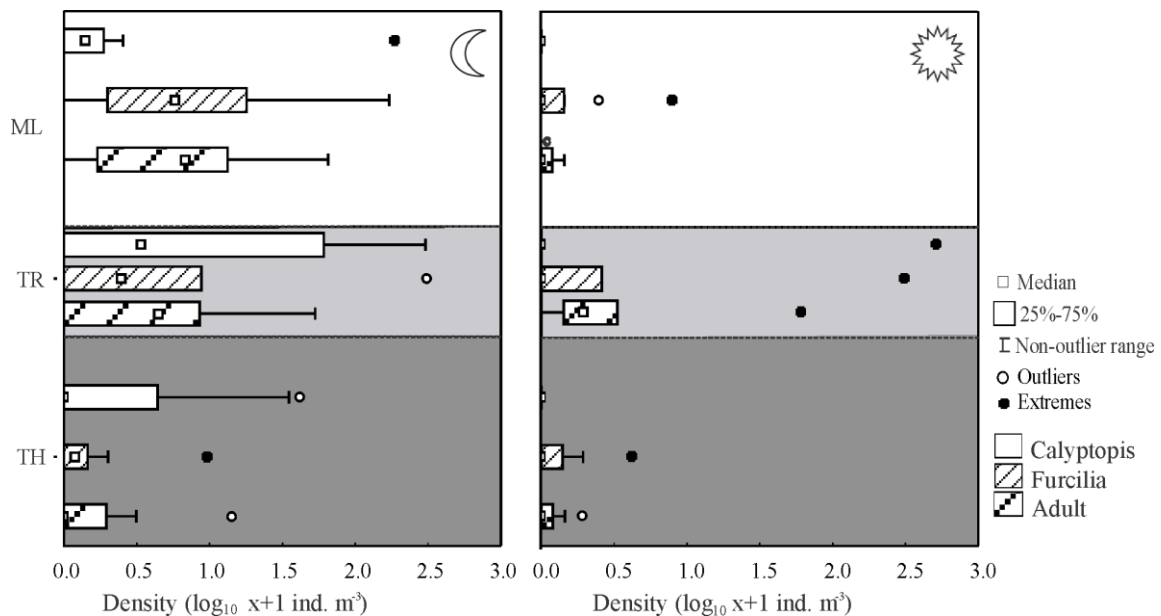


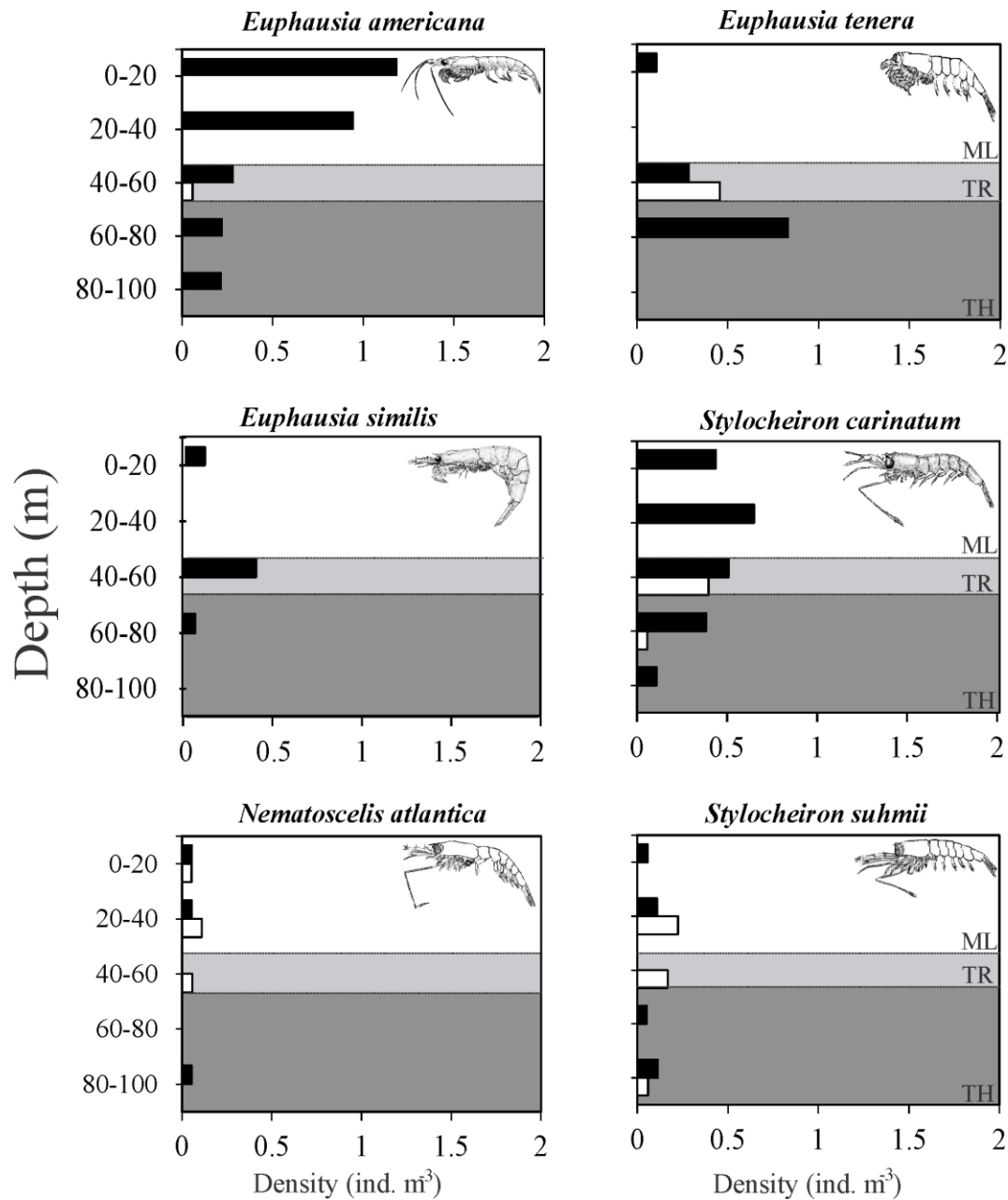
Figure 6: Total density of Euphausiacea caught off the St. Peter and St. Paul's Archipelago (Brazil) in relation to the thermocline for the two periods of the day. Left: day. Right: night. White area: Upper Mixed Layer (ML); Light grey area: Transition Layer (TR); Dark grey area: Thermocline (TH) (Fonte: Autoria Própria).



Species-specific vertical distribution

Characteristic species-specific vertical distribution patterns were found for the adults of the most abundant species (Fig. 7). The vertical distribution of adults could be well described for three species of the genus *Euphausia*. These three *Euphausia* species showed very distinct vertical patterns, especially during the night. *E. americana*, the most abundant species in this study, showed highest nocturnal densities in the upper layers, in contrast to *E. tenera*, which increased density with depth (Fig. 7). On the other hand, *E. similis* showed higher nocturnal densities in the transition layer. All *Euphausia* species showed very low densities or were totally absent during the day. *E. similis* did not occur in the upper 100m during the day, while *E. americana* and *E. tenera* occurred in the transition layer during the day, at very low densities (Fig. 7). Two species of the genus *Stylocheiron* could be separately described regarding their adult vertical distribution. *S. carinatum* during the day was absent in the upper mixed layer and showed a density decrease with depth from the transition layer, while *S. suhmii* clearly showed a density decrease pattern with depth. During the night *S. carinatum* showed a distribution pattern similar to *E. americana* with a density decrease with respect to depth. During the day, most species did not occur in the upper mixed layer, except for *S. suhmii* and *Nematoscelis atlantica*. (Fig. 7). These two species occurred in higher densities during the day than during the night (Fig. 7).

Figure 7: Diel vertical distribution of adults found in the St. Peter and St. Paul's Archipelago for the two periods of the day. White bars: day. Black bars: night. White area: Upper Mixed Layer (ML); Light grey area: Transition Layer (TR); Dark grey area: Thermocline (TH) (Fonte: Autoria Própria).



Stage- and species-specific variations in weighted mean depth

The synoptic analysis of the vertical distribution through the calculation of weighted mean depth. The larvae of *Euphausia* spp. and *Stylocheiron* spp. had their WMD concentrated in the upper mixed layer during the night. Furcilia larvae of these taxa also had WMDs in the upper mixed layer during the day. Calyptopis larvae of *Euphausia* spp. had their WMD in the transition layer, during day and night (Fig. 8). Among adults, *Euphausia* spp., *E. tenera*, *E. americana* and *S. carinatum* had their WMD concentrated in the upper mixed layer during the night and in the transition layer during the day (Fig. 9).

Figure 8: Mean of weighted mean depth (WMD) of the larvae (calyptopis and furcilia) in the St. Peter and St. Pauls's Archipelago for the two periods of the day, from June 2010 to October 2011. During the day (white circles) and night (black circles). ML = Upper Mixed Layer; RT = Transition Layer; TH = Thermocline (Fonte: Autoria Própria).

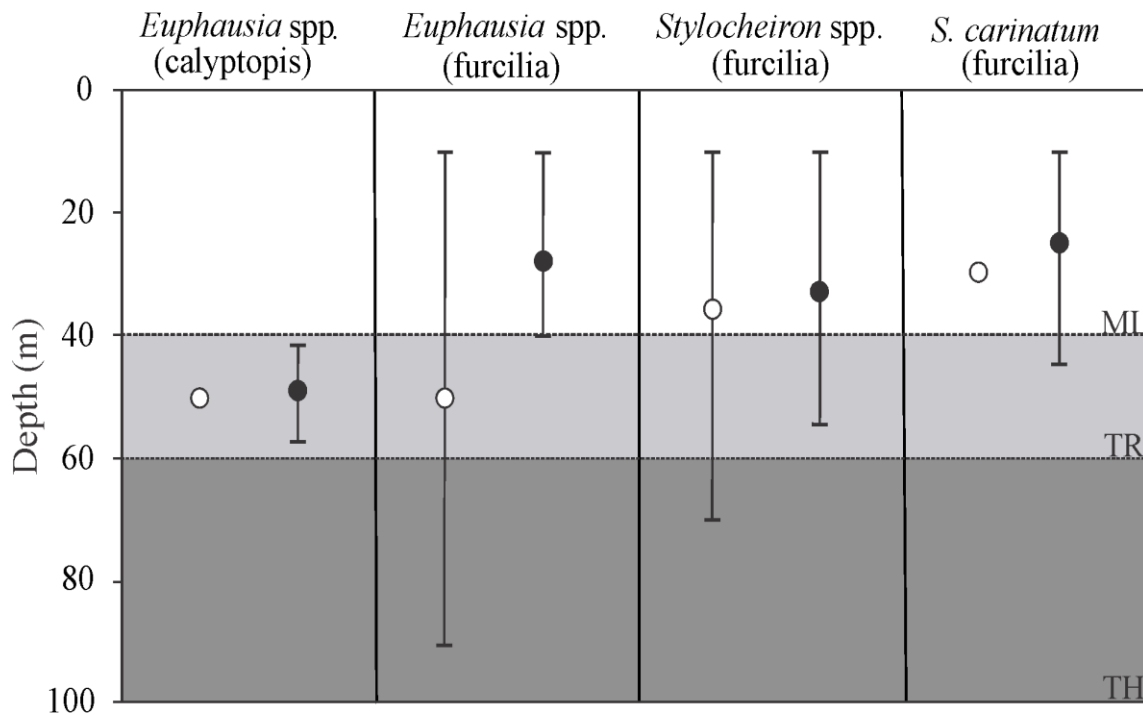
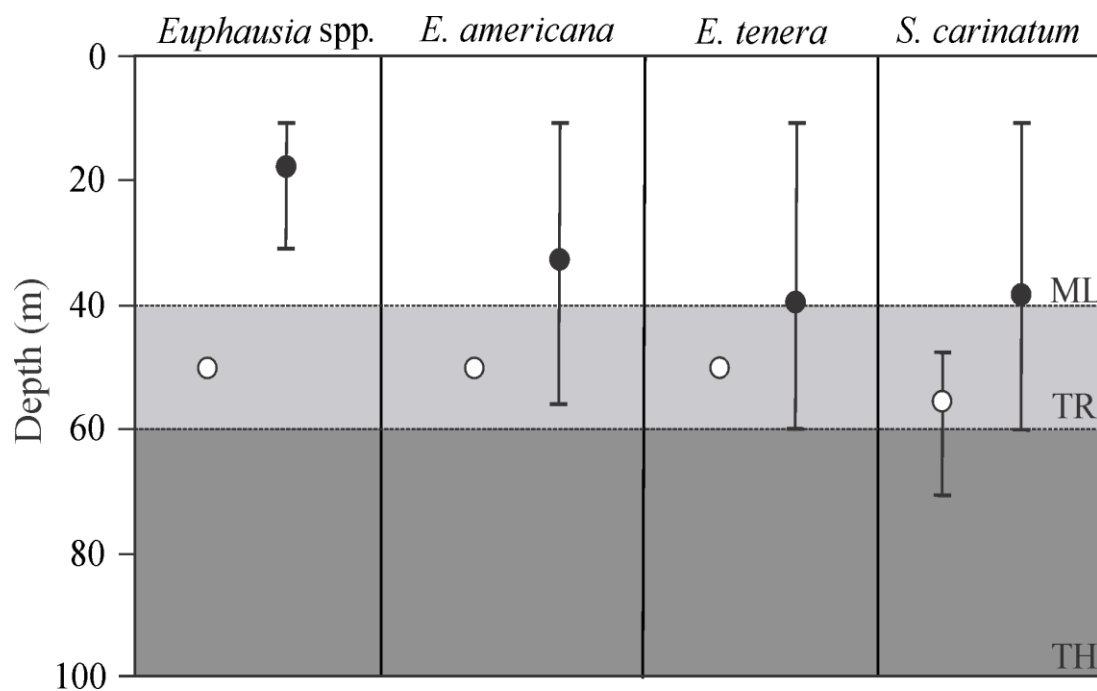


Figure 9: Mean of weighted mean depth (WMD) of the adults in the St. Peter and St. Pauls's Archipelago for the two periods of the day, from June 2010 to October 2011. During the day (white circles) and night (black circles). ML = Upper Mixed Layer; RT = Transition Layer; TH = Thermocline (Fonte: Autoria Própria).



DISCUSSION

The findings from this study brought important and new information regarding Euphausiacea in the tropical Atlantic. Most of the previous studies were performed in upwelling ecosystems (BRINTON, 1979; SAMEOTO et al., 1987; BARANGE, 1990; FRAGOPOULO & LYKAKIS, 1990; GIBBONS, 1993; LAVANIEGOS, 1996), boreal and polar ecosystems (TODD et al., 1996; GATEN et al., 2008; BUCHHOLZ et al., 2010; ORLOVA et al., 2015). Several new features have been observed for euphausiids in this research. This study describes, for the first time, how the ontogenetic distribution of Euphausiacea behaves vertically in the water column in relation to a permanent thermocline in tropical areas of the Atlantic Ocean, in addition to describing diel vertical patterns for the species registered in oligotrophic to environmental at tropical Atlantic. These organisms are one of the most important zooplankton groups, given that they play a relevant role in the vertical flow of organic matter, micro- and macro-nutrients, radioisotopes and heavy metals (KEEN, 2012). Despite their extreme importance within the zooplankton community, the group remains poorly studied, particularly in tropical environments.

Stage- and species-specific abundance

In this study, a greater abundance of Euphausiacea larvae (calyptopis and furcilia) was observed when compared to adults. This may be explained by the continuous process of reproduction of these organisms, typical of a tropical environment (ROGER, 1976; FERNÁNDEZ et al., 2002). The species *E. americana*, *E. tenera*, *S. carinatum*, *S. suhmii*, *S. affine*, *S. abbreviatum* and *T. aequalis* are common in the tropical regions of the oceans (CASTELLANOS & GASCA, 2002). The most abundant euphausiid species (*E. americana*, *S. carinatum* and *E. tenera*) are known for having high density values in epipelagic regions, especially at night. Among the species found in this study, *E. americana* is endemic of the Atlantic and also the most abundant on surface surface off the Brazilian east coast (ANTEZANA & BRINTON, 1981). While *E. diomedae* and *E. similis* are known to occur from about 75 to 300 m depth, they are not abundant species in tropical regions (GIBBONS et al., 1999). *S. suhmii* and *S. abbreviatum* are species typical of epipelagic regions (CASTELLANOS & GASCA, 2002). The lower abundance of *S. affine* in relation to other species of this genus might be associated with its distribution, since this species occurs at depths greater than 200 m (GIBBONS et al., 1999). The species *T. aequalis* and *T.*

tricuspidata also reflect on its migration behavior; species of the genus *Thysanopoda* are typical of deep water, reaching 700 m during the day (MAUCHLINE 1980) and also were registered rarely, as *N. megalops* and *N. atlantica* which usually occurs from 250-400 m to 600 m depth, respectively (GIBBONS et al., 1999, WERNER & BUCHHOLZ, 2013).

Temporal variability

In this study, there was a large variability temporal density and species composition, principalmente entre as campanhas C2 e C3, despite the short time between campaigns. Euphausiids were most abundant during a campanha 1, with a stronger contribution of the genus *Euphausia*. In contrast, a larger number of species was recorded when compared to the campanhas, *E. diomedae*, *Nematoscelis* spp., *N. megalops*, *Thysanopoda* spp. and *T. aequalis* were only observed during the campanha 2.

Ontogenetic vertical migration

This study provides evidence for ontogenetic vertical migration patterns of euphausiids in the study area. When viewed in its entirety (12 species), the vertical distribution ranges of euphausiids were very different. These patterns are very relevant to understand the behavior of these animals in relation to a permanent thermocline. During the day, calyptopis larvae were registered at the surface, which are initial larvae with inexpressive significant vertical migration. Even the early calyptopis larvae have functional mouths and therefore require food; it is suspected that these larvae move to layers with greater food availability (MAUCHLINE & FISHER, 1969; LAVANIEGOS, 1992). In the present study, calyptopis larvae were concentrated in the transition layer, coincidently with higher chlorophyll a concentrations obtained in this study. In addition, furciliae larvae and adults were most abundant in upward thermocline. This pattern is well described for various oceanic systems, including the Saint Peter and Saint Paul Archipelago for several species of zooplankton (MELO et al., 2012, BRANDÃO et al., 2012). *Stylocheiron* spp. achieved greater density in the thermocline, this probably happened due to low overall density of this group at this stage. During the day, the densities are even lower, since most euphausiids species migrate to layers below 200 m during this period and so it was not possible to observe patterns (GIBBONS et al., 1999).

Species-specific vertical distribution

Larval (furchiliae) and adult density was significantly higher at night, which indicates that vertical migration is being carried out by these organisms as well as the differences between epipelagic communities during day and night. This behavior may be a response to several factors, such as light intensity, food availability, depth, and physical features of the water column (ANTEZANA & BRINTON, 1981; GIBBONS et al., 1999). Despite of absent of studies for the distribution of Euphausiacea in the Tropical Atlantic, some studies have described the migration pattern for adults of some species, such as *E. Americana*, *E. tenera*, *T. aequalis*, *N. megalops*, *N. atlantica*, *C. carinatum*, *S. suhmii* e *S. abbreviatum*, in the others areas (BARANGE, 1990; LEWIS, 1954, WERNER & BUCHHOLZ, 2013). Species of the genus *Euphausia* are known to perform large amplitude DMV and are often found on the surface at night (ROGER, 1971; MAUCLINE, 1980, WERNER & BUCHHOLZ, 2013). *S. carinatum* was also abundant at night in the surface layers, but unlike the genus *Euphausia*, the genus *Stylocheiron* is epipelagic and does not perform large migrations, remaining in this layer during the day and at night (BRINTON, 1975). Were registered *S. carinatum* and *S. suhmii* at a depth range between 50 and 150 m during the day and between 0 and 75 m at night in the California Current region (BRINTON, 1967). The species *E. americana*, *E. similis* and *E. tenera* alternated abundance peaks between the layers at night, possibly indicating resource partitioning in the environment. The differences of the density values for species of *S. carinatum* and *S. suhmii* also may by results of interaction intraespecifc. Spatial partitioning of ecosystem by holopelagic crustacean species has been reported in different zones of the Mid Atlantic Ridge (CARDOSO et al., 2014).

Comparison of species richness between regions

The number of species (12) registered for the SPSPA was similar to the species richness recorded for highly productive ecosystems, such as across a front off Southern California, with 11 species (LARA-LOPEZ et al., 2012) and for upwelling ecosystem in Chile with 10 species (FERNÁNDEZ et al., 2002). The diversity of species was higher than the species richness found around Easter Island, another extremely oligotrophic area, between the surface and 250 m depth, with only 6 species registered there (ROBLEDO & MUJICA, 1999). In addition, it was also higher than the species richness observed at higher latitudes, such as on the Norwegian shelf, where only five species were registered (DALPADADO, 2006). In the waters around the Antarctic Peninsula, only three species were described (ZHOU et al., 1994). This pattern of lower species richness at higher latitudes is common in

all oceans (LETESSIER et al., 2009). Eleven of the species found have been cited for the archipelago (MACEDO-SOARES, et al. 2009)

The oceanic regions that circle islands as SPSPA are favorable environments to increase the planktonic biomass, as these environments can occur deep water upwelling of nutrient enriched (HERNANDEZ-Leon et al., 2001). Changing topography of the ocean flow caused by the presence of an island has no effect on the marine ecosystem. This effect is called island-mass effect, it has been extensively studied in SPSPA and may have a relation to the largest number of species found in this region (HERNANDEZ-Leon et al., 2001).

Our data support the idea that the transition layer is an important habitat for euphausiids in the study area, since several taxa and stages (e.g. calytopis) showed density peaks and WMDs concentrated in this layer. The excessive surface light in these latitudes makes that the organisms focus on depths in which the light and the nutrient concentration are closer to the ideal (MOSER et al., 2015; MARÍN et al., 2006), which may lead to an optimal vertical strategy which in this area would be in the transition layer at the base of the mixed layer (~ 40 to 60m).

Despite the robust results for the euphausiid community, the vertical distributions of some groups could not be detailed because of their low density. The dominance of a few species and rare occurrence of the majority of the others is very well documented in community ecology (e.g. RICKLEFS, 1987; VELLEND, 2010), particularly in the pelagic environment, when taking into account the high patchiness found among planktonic organisms (FOLT & BURNS, 1999).

The permanent thermocline around of the SPSPA suffers temporal changes, in May and June the presence strong winds modify hydrodynamics and lead to increased turbulence and a shallower thermocline (CINTRA et al., 2015). However, this study indicates that the thermocline does not present a barrier for euphausiids in our study area. In tropical regions, the strong vertical stability and permanent stratification of the environment separates the water column in a warm and nutrient-poor top layer, which is richer nearer the thermocline, influenced (by diffusion) of the deepest and nutrient-rich layer (MANN & LAZIER, 1991; LONGHURST, 1985).

In summary, our findings shed new light to the role of the permanent thermocline in the distribution and diel vertical migration of euphausiids in the Tropical Atlantic. Our results indicate that at night, there is a strong vertical segregation of the main species of euphausiids, such as reported in for highly stratified upwelling areas (BARANGE, 1990). The night distribution was well described since these organisms rise to the surface during the night.

However, they could not be observed diurnal distribution patterns, as euphausiids are present in the layers below 100 m during this period. Since euphausiids constitute one of the most important links in the oceanic trophic webs, this study has a great ecological relevance (LETESSIER et al., 2009).

ACKNOWLEDGEMENTS

Many thanks to the National Science and Technology Development Council (CNPq) and The Secretariat of the Interministerial Commission for Marine Resources (SECIRM), for funding and supporting the Turbplanc project (Turbulence effects on the vertical migration of copepods off Saint Peter and Saint Paul's Archipelago – Brazil – CNPq 557150/2009-4). The authors thank the CNPq for the fellowship granted to the first author. Many thanks to the Professor Sigrid Neumann-Leitão, the project coordinator, for providing the samples. To Pedro Melo and collaborators who were responsible for data collection. To the crew of “*Transmar I*”. To João Camargo for the great help in map making.

REFERENCES

- ANTEZANA, T. Eufáusidos de la costa de Chile. Su rol en la economía del mar. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. 14: 19-27, 1970.
- ANTEZANA, T. **Diversidad y equilibrio ecológico en comunidades pelágicas**. In: Orrego F (ed) Preservación del Medio Ambiente Marino. Inst Estudios Internac Univ, Santiago, pp 40-54, 1976.
- ANTEZANA, T. **Zoogeography of euphausiids of the South Eastern Pacific Ocean**. In: UNESCO (ed) Memorias del Seminario sobre Indicadores Biológicos del Plancton. ROSTLAC, Montevideo, pp 5-23, 1981.
- ANTEZANA, T.; BRINTON, E. Euphausiacea. In: Boltovskoy D (ed) **Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con zooplancton marino**. INIDEP, Mar del Plata, pp 681-698, 1981.
- ARAUJO, M., LHERITIER, D., SILVA, M.A., LUNA, M.C., MEDEIROS, C. Tidal Turbulence and Eddy-Viscosity in Coastal Waters at Northeastern Brazil. **Journal of Coastal Research**. 21:18-27. doi: 10.2112/02-144.1, 2005.

BAKER, A. The Vertical Distribution of Euphausiids Near Fuerteventura, Canary Islands ('Discovery' Soud Cruise, 1965). **Journal of Marine Biology**. Ass UK 50:301-342. doi: 10.1017/S0025315400004550, 1970.

BAKER, A.C.; BODEN, B.P.; BRINTON, E. **A practical Guide to the Euphausiids of the World**. Natural History Museum Publications, London, pp 96, 1991.

BARANGE, M. Vertical migration and habitat partitioning of six euphausiid species in the northern Benguela upwelling system. **Journal Plankton Research**. 12:1223-1237. doi: 10.1093/plankt/12.6.1223, 1990.

BERKES, F. Ecology of euphausiids in the Gulf of St. Lawrence. **Journal Fisheries Research**. Bd Can 33:1894-1905. doi: 10.1139/f76-242, 1976.

BODEN, B.P. The egg and larval stages of *Nyctiphanes simplex*, a euphausiid crustacean from California. **Proceedings of The Zoological Society of London**. 121:515-527. doi: 10.1111/j.1096-3642.1951.tb00752.x, 1951.

BOLLENS, S.M.; FROST, B.W. Diel vertical migration in zooplankton: Rapid individual response to predators. **Journal Plankton Research**. 13:1359-1365. doi: 10.1093/plankt/25.9.1069, 1989.

BRANDÃO, M.C.; KOETTKER, A.G.K.; FREIRE, A.S. Abundance and composition of decapod larvae at Saint Paul's Rocks (Equatorial Atlantic). **Marine Ecology**. 34:171-185. doi: 10.1111/j.1439-0485.2012.00531.x, 2013.

BRINTON, E. The distribution of Pacific Euphausiids. **Bull Scripps Institution of Oceanography**. 8:51-269, 1962.

BRINTON, E. Distributional atlas of Euphausiacea (Crustacea) in the California Current region. **California Cooperative Oceanic Fisheries**. Invest Atlas 5:1-275, 1967.

BRINTON, E. Euphausiids of Southeast Asian Waters. **Naga Report**. La Jolla, University of California, Scripps, Institution of Oceanography 4:1-287, 1975.

BRINTON, E. Parameters relating to the distributions of planktonic organisms especially euphausiids in the eastern tropical Pacific. **Program Oceanography** 8:125-189. doi: 10.1016/0079-6611(79)90001-6, 1979.

BRINTON, E.; OHMAN, M.D.; TOWNSEND, A.W.; KNIGHT, M.D.; BRIDGEMAN, A.L. Euphausiids of the World Ocean. **Springer Verlag**, New York, 1999.

BUCHHOLZ, F.; BUCHHOLZ, C.; WESLAWSKI, J.M. Ten years after: krill as indicator of changes in the macro-zooplankton communities of two Arctic fjords. **Polar Biology**. 33:101-113. doi: 10.1007/s00300-009-0688-0, 2010.

CALAZANS, D.K.; MUELBERT, J.H.; MUXAGATA, E. Organismos planctônicos. In: Calazans D (ed) **Estudos oceanográficos: do instrumental ao prático**. Editora Textos, Pelotas, pp 200-274, 2011.

CARDOSO, A., FALKENHAUG, T., FERNANDES, L.F.L. Comparison between the shrimp species richness (Caridea and Dendrobranchiata, Decapoda, Crustacea) of the south and north Mid Atlantic Ridge. **Brazilian Journal Oceanography**. 62:47-56. doi: 10.1590/s1679-87592014060706201, 2014.

CASTELLANOS, I.; GASCA, R. Eufausidos (Crustacea: Malacostraca) del centro y sur del Mar Caribe mexicano. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. 50:77–85, 2002.

CAVALCANTI, E.A.H.; LARRAZÁBAL, M.E.L. Macrozooplâncton da Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica - REVIZEE/NE II) com ênfase em Copepoda (Crustacea). **Revista Brasileira de Zoologia**. 21:467–475. doi: 10.1590/S0101-81752004000300008, 2004.

CINTRA, M.M.; LENTINI, C.A.D.; SERVAIN, J.; ARAUJO, M.; MARONE, E. Physical processes that drive the seasonal evolution of the Southwestern Tropical Atlantic Warm Pool. **Dynamics of Atmospheres and Oceans**. 72:1-11. doi: 10.1016/j.dynatmoce.2015.08.001, 2015.

DALPADADO, D. Distribution and reproduction strategies of krill (Euphausiacea) on the Norwegian shelf. **Polar Biology**. 29:849–859. doi: 10.1007/s00300-006-0123-8, 2006.

DORMAN, J.G.; BOLLENS, S.M.; SLAUGHTER, A.M. Population biology of euphausiids off northern California and effects of short time-scale wind events on *Euphausia pacifica*. **Marine Ecology Progress Series**. 288:183-198. doi: 10.3354/meps288183, 2005.

FERNÁNDEZ, D.; ESCRIBANO, R.; HIDALGO, P. Distribución de eufáusidos en el sistema de surgencia frente a la península de Mejillones (23°S) asociada a condiciones previas y durante El Niño 1997-98. **Investigaciones marinas**. 30:25-43. doi: 10.4067/S0717-71782002000100002, 2002.

FOLT, C.L.; BURNS, C.W. Biological drivers of zooplankton patchiness. **Trends in Ecology & Evolution**. 8:300-305. doi: 10.1016/S0169-5347(99)01616-X, 1999.

FRAGOPOULU, N.; LYKAKIS, J.J. Vertical distribution and nocturnal migration of zooplankton in relation to the development of the seasonal thermocline in Patraikos Gulf. **Marine Biology**. 104:381-387. doi: 10.1007/BF01314340, 1990.

GANGAI, B.; LUČIĆ, D.; MOROVIĆ, M.; BRAUTOVIĆ, I.; MILOSLAVIĆ, M. Population structure and diel vertical migration of euphausiid larvae in the open southern Adriatic Sea (July 2003). **Crustaceana**. 6:659-684. doi: 10.1163/156854012X643942, 2012.

GATEN, E.; TARLING, H.; DOWSE, C.; KYRIACOU, C.; ROSATO, E. Is vertical migration in Antarctic krill (*Euphausia superba*) influenced by an underlying circadian rhythm? **Journal of Genetics and Genomics**. 87:473-483, 2008.

GIBBONS, M.J. Vertical migration and feeding of *Euphausia lucells* at two 72 h stations in the southern Benguela upwelling region. **Marine Biology**. 116:257-268, 1993.

GIBBONS, M.J.; SPIRIDINOV, V.A.; TARLING, G.A. Euphausiacea. In: Boltovskoy D (ed) South Atlantic Zooplankton. **Backhyus Publishers**, Leiden, pp 1241-1279, 1999.

GONZÁLEZ-CHÁVEZ, G.; ARENAS-FUENTES, V. Distribución y abundancia de blancos acústicos usando hidroacústica de alta frecuencia en la costa norte de Baja California, México. **Ciencia y Mar**. 20:27-38, 2003.

HERNÁNDEZ-LÉON, S.; ALMEIDA, C.; GÓMEZ, M.; TORRES, S.; MONTERO, I.; PORTILLO-HAHEFELD, A. Zooplankton biomass and indices of feeding and metabolism in island- generated eddies around Gran Canaria. **Journal of Marine Systems**, 30:51-66, 2001.

HERNÁNDEZ-LEÓN, S.; FRANCHY, G.; MOYANO, M.; MENÉNDEZ, I.; SCHMOKER, C.; PUTZEYS, S. Carbon sequestration and zooplankton lunar cycles: Could we be missing a major component of the biological pump? **Limnology Oceanography**. 55:2503-2512. doi: 10.4319/lo.2010.55.6.2503, 2010.

KEEN, E.M. **Euphausiidae of the coastal northeast Pacific: A Field Guide**. Unpublished, SIO275 Taxon Project, 2012.

KNIGHT, M.D. The larval development of Pacific *Euphausia gibboides* (Euphausiacea). **United States Fish**. 73:145-168, 1975.

KNIGHT, M.D. Larval development of *Euphausia sanzoi* Torelli (Crustacea: Euphausiacea). **Bulletin of Marine Science**. 26:538-557, 1976.

KOETTKER, A.G.; FREIRE, A.S.; SUMIDA, P.Y.G. Temporal, diel and spatial variability of decapod larvae from St Paul's Rocks, an equatorial oceanic island of Brazil. **Journal Marine Biology**. Ass UK 90:1227-1239. doi: 10.1017/S0025315409990890, 2010.

LARA-LOPEZ, A.L.; DAVISON, P.; KOSLOW, J.A. Abundance and community composition of micronekton across a front off Southern California. **Journal Plankton Research**. 34:828-848. doi: 10.1093/plankt/fbs016, 2012.

LAVANIEGOS, B.E. Growth and larval development of *Nyctiphanes simplex* in laboratory conditions. **California Cooperative Oceanic Fisheries**. 33:162-171, 1992.

LAVANIEGOS, B.E. Vertical distribution of euphausiid life stages in waters adjacent to Baja California. **Fishery Bulletin NOAA**. 94:300-312, 1996.

LETESSIER, T.B.; COX, M.J.; BRIERLEY, A.S. Drivers of euphausiid species abundance and numerical abundance in the Atlantic Ocean. **Marine Biology**. 156:2539-2553. doi: 10.1093/plankt/fbr033, 2009.

LETESSIER, T.B.; COX, M.J.; BRIERLEY, A.S. Drivers of variability in Euphausiid species abundance throughout the Pacific Ocean. **Journal Plankton Research**. 33:1342-1357. doi: 10.1093/plankt/fbr033, 2011.

LEWIS, J.B. The occurrence and vertical distribution of the Euphausiacea of the Florida Current. **Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean**. 4:266-301, 1954.

LEWIS, J.B. Some larval euphausiids of the genus *Stylocheiron* from the Florida Current. **Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean**. 5:190-202, 1955.

LONGHURST, A. The structure and evolution of plankton communities. **Progress in Oceanography**. 15:1-35. doi: 10.1016/0079-6611(85)90036-9, 1985.

LONGHURST, A.R.; HARRISON, W.G. Vertical nitrogen flux from the oceanic photic zone by diel migrant zooplankton and nekton. **Deep-Sea Research**. 35:881-889. doi: 10.1016/0198-0149(88)90065-9, 1988.

LÓPEZ-CORTÉZ, D.J. Distribución de la familia Euphausiidae (Euphausiacea: Crustacea) em el Golfo de Tchuantepec, México. **Revista de biología tropical**. 38: 21-28, 1990.

MACEDO-SOARES, L. C. P.; FREIRE, A. S.; KOETTKER, A. G.; MENEZES, B. S.; FERNÁNDEZ, D. B.; BRANDÃO, M. C. **Zooplâncton**. In O arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de estação científica (D.L. Viana, F.H.V. Hazin & M.A.C Souza, orgs.). SECIR, Brasília, p.129-137, 2009.

MANN, K.H.; LAZIER, J.R.N. Dynamics of Marine Ecosystems: Biological-Physical Interactions in the Oceans. **Blackwell Scientific Publications**. 3rd Edition, ISBN: 978-1-4051-1118-8, pp 512, 1991.

MARÍN, B.; LODEIROS, C.; FIGUEROA, D.; MÁRQUEZ, B. Distribución vertical y abundancia estacional Del microzooplankton y su relación con los factores ambientales en Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. **Veterinaria**. 14:1-14, 2006.

MAUCHLINE, J. The biology of mysids and euphausiids. **Advances in Marine Biology**. 18:373-595. doi: 10.1016/S0065-2881(08)60372-7, 1980.

MAUCHLINE, J.; FISHER, L.R. The biology of euphausiids. **Advances in Marine Biology**. 7:1-454. doi: 10.1016/S0065-2881(08)60471-X, 1969.

MELO, P.A.M.C.; DIAZ, X.F.G.; MACEDO, S.J.D.; NEUMANN-LEITÃO, S. Diurnal and spatial variation of the mesozooplankton community in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial Atlantic. **Marine Biodiversity Research**. 5:1-14. doi: 10.1017/S1755267212001054, 2012.

MINUTOLI, R.; GUGLIELMO, L. Zooplankton respiratory Electron Transport System (ETS) activity in the Mediterranean Sea:spatial and diel variability. **Marine Ecology Progress Series**. 381:199-211. doi: 10.3354/meps07862, 2009.

MINUTOLI, R.; GUGLIELMO, L. Mesozooplankton carbon requirement in the Tyrrhenian Sea:its vertical distribution, diel variability and relation to particle flux. **Marine Ecology Progress Series**. 446:91-105. doi: 10.3354/meps09500, 2012.

MONTÚ, M.A. Chave de fases larvais, calítopis e furciliás de eufausídeos subantárticos, setor patagônico. **Brazilian archives of biology and technology**. 26:523-534, 1983.

MOORE, H.B. The relation between the scattering layer and the Euphausiacea. **Biological Bulletin**. 99:181-212. doi: 10.2307/1538738, 1950.

MOSER, G.A.O.; TAKANOHASHI, R.A.; BRAZ, M.C.; LIMA, D.T.; KIRSTEN, F.V.; GUERRA, J.V.; FERNANDES, A.M.; POLLERY, R.C.G. Phytoplankton spatial distribution

on the Continental Shelf off Rio de Janeiro, from Paraíba do Sul River to Cabo Frio. **Hydrobiology**. 728:1-21. doi: DOI: 10.1007/s10750-013-1791-3, 2014.

MUJICA, A.; PAVEZ, C. Eufáusidos de la zona central de Chile, archipélago Juan Fernández e islas Desventuradas. **Latin American Journal of Aquatic Research**. 36:271-282. doi: 0.4067/S0718-560X2008000200010, 2008.

ORLOVA, E.L.; DOLGOV, A.V.; RENAUD, P.E.; GREENACRE, M.; HALSBAND, C.; IVSHIN, V.A. Climatic and ecological drivers of euphausiid community structure vary spatially in the Barents Sea: relationships from a long time series (1952–2009) **Front Marine Science**. 1:1-13. doi: 10.3389/fmars.2014.00074, 2015.

PERALTA, R.H.L.; MOURA, J.M. Distribution of euphausiids (Crustacea: Malacostraca) in the Colombian Pacific ocean during the period 02 to 27 September 2005. **Revista Faciências**. Universidad Militar Nueva Granada, Bogota. p 240-255, 2005.

PONOMAREVA, L.A. Investigations on some tropical euphausiid species of the Indian **Oceanography Marine Biology**. 3:81-86. doi: 10.1007/BF00353426, 1969.

QUEIROZ, A.R.; MONTES, M.F.; MELO, P.A.M.C.; SILVA, R.A.; KOENING, M.L. Vertical and horizontal distribution of phytoplankton around an oceanic archipelago of the Equatorial Atlantic. **Marine Biodiversity Research** 8: 1-13 doi: 10.1017/S175526721500130X, 2015.

RICKLEFS, R. Community Diversity: Relative Roles of Local and Regional Processes. **Science**. 235:167-171. doi: 10.1126/science.235.4785.167, 1987.

ROBLEDO, O.; MUJICA, A. Eufáusidos de isla de Pascua. **Investigaciones marinas**. 27:65-72. doi: 10.4067/S0717-71781999002700007, 1999.

ROGER, C. Distribution verticale des euphausiacés (crustacés) dans les courants équatoriaux de l'Océan Pacifique. **Marine Biology**. 10:134-144. doi: 10.1007/BF00354829, 1971.

ROGER, C. Fecundity of tropical euphausiids from central and western Pacific Ocean. **Crustaceana**. 31:103-105. doi: 10.1163/156854076X00846, 1976.

SAMEOTO, D.; GUGLIELMO, L.; LEWIS, M.K. Day/night vertical distribution of euphausiids in the eastern tropical Pacific. **Marine Biology**. 96:235-245. doi: 10.1007/BF00427023, 1987.

STEINBERG, D.; CARLSON, C.A.; BATES, N.R.; GOLDTHWAIT, S.A.; MADIN, L.P.; MICHAELS, A.F. Zooplankton vertical migration and the active transport of dissolved organic and inorganic carbon in the Sargasso Sea. **Deep-Sea Research**. 47:137-158. doi:10.1016/S0967-0637(99)00052-7, 2000.

TODD, C.D.; LAVERACK, M.S.; BOXHALL, G.A. **Coastal Marine Zooplankton: a practical manual for students**. Cambridge University Press, Hampshire, 1996.

VELLEND, M. Conceptual synthesis in community ecology. **The Quarterly Review of Biology**. 85:183-206. doi: 10.1086/652373, 2010.

WALNE, A.W.; HAYS, G.C.; ADAMS, P.R. Measuring the filtration efficiency of the Continuous Plankton Recorder. **Journal Plankton Research**. 20:1963-1969. doi: 10.1093/plankt/20.10.1963, 1998.

WERNER, T.; BUCHHOLZ, F. Vertical migration behaviour in Euphausiids of the northern Benguela current: Seasonal adaptations to food availability and strong gradients of temperature and oxygen. **Journal Plankton Research**. 35(4): 792-812. doi: 10.1093/plankt/fbt030, 2013.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1996.

ZHOU, M.; NORDHAUSEN, W.; HUNTLEY, M. ADCP measurements of the distribution and abundance of euphausiids near the Antarctic Peninsula in winter. **Deep-Sea Research**. I 41:1425-1445. doi: 10.1016/0967-0637(94)90106-6, 1994.

7. CONCLUSÕES GERAIS

- Foram registrados eufausídeos em todas as profundidades, com uma diferença marcante entre os períodos diurnos e noturnos; sugerindo que estes organismos realizam amplas migrações diárias.
- Foram descritos pela primeira vez, padrões de distribuição verticais para larvas e adultos de Euphausiacea em ambiente oligotrófico, com destaque para espécies do gênero *Euphausia*.
- A camada de transição é um hábitat importante para eufausídeos na área de estudo. Esta camada inclui o topo da termoclina, onde há maior concentração de fitoplâncton e a intensidade da luz não é muito alta, ideal para fotossíntese. Desta forma, eufausídeos que se alimentam do fitoplâncton apresentaram picos de densidade nesta camada (ex.: caliptopis).
- Apesar da distribuição ontogenética ter apresentado padrões distintos com relação a termoclina, a mesma não funciona como uma barreira para as espécies de Euphausiacea registradas neste estudo.