



UFC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR

GABRIEL ABREU SILVESTRE COSTA

**ANÁLISE DO MICROZOOPLÂNCON DURANTE UMA ATIVIDADE DE
DRAGAGEM PORTUÁRIA**

FORTALEZA

2019

GABRIEL ABREU SILVESTRE COSTA

ANÁLISE DO MICROZOOPLÂNCON DURANTE UMA ATIVIDADE DE DRAGAGEM
PORTUÁRIA

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares.

Coorientadora: Dr. Tatiane Martins Garcia.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Universidade Federal do Ceará Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo autor.

C872a Costa, Gabriel Abreu Silvestre.
ANÁLISE DO MICROZOOPLÂNCON DURANTE UMA ATIVIDADE DE DRAGAGEM
PORTUÁRIA / Gabriel Abreu Silvestre Costa. – 2019.
38 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de
Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profa. Dra. Marcelo de Oliveira Soares.
Coorientação: Profa. Dra. Tatiane Martins Garcia.

1. Plâncton. 2. Impactos antrópicos. 3. Copepoda. I. Título.

CDD 551.46

GABRIEL ABREU SILVESTRE COSTA

ANÁLISE DO MICROZOOPLÂNCON DURANTE UMA ATIVIDADE DE DRAGAGEM
PORTUÁRIA

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares.

Coorientadora: Dr. Tatiane Martins Garcia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Wilson Franklin Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Carolina Coelho Campos

A minha querida avó, Nilza (in memoriam), por todo amor recebido. Creio que um dia nos encontraremos de novo, mas até esse dia chegar sentirei saudade!

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu companheiro sempre presente, por ter colocado pessoas incríveis no meu caminho.

A toda a minha família, em especial minha mãe, Ana Alice, e minhas tias, Ivone e Ivanilza, por todo investimento de tempo, dinheiro, energia e cuidado em mim. Tudo o que sou e que um dia eu venha a conquistar na vida devo a vocês. Aos meus irmãos insuportáveis Luciana e Ismael (obrigado pelas caronas).

Ao meu orientador, Professor Doutor Marcelo, por ter me recebido no laboratório de plâncton, estando sempre acessível e disposto a contribuir com aprendizado de todos. A minha co-orientadora, Doutora Tatiane, pela paciência em responder várias vezes a mesma pergunta, por todas as excelentes contribuições neste trabalho e pela generosidade em ensinar.

A todos do Laboratório de Plâncton, pela a convivência agradável todos os dias. Em especial, a Hortência e Talita por estarem sempre disponíveis para tirar dúvidas. A Cecília pelo aprendizado adquirido sobre o ictioplâncton. A Carol, pelo treinamento na identificação de zooplâncton (copépodes), que foi indispensável para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos que iniciaram a graduação comigo: Amanda, Andrezza, Anne, Camila, Celiane, Derley, Gabriel Gomes, Gustavo, Ígor, Johnatan, Larissa, Letícia, Lorena, Lucas, Mariana, Mariany, Marina, Nathaniel, Raíssa, Rute, Rebecca, Tayanne, Victor e Washington. Aos outros amigos que conheci durante a graduação Carlinhos, Oscar, Eveline, Bruna, Isaías e Lívia. Por todo companheirismo, pela a ajuda nos estudos, por cada momento vivido. Por me aturarem, rir das besteiras que eu falo, e por me ajudarem a crescer como pessoa.

Aos amigos queridos, Natalia, Lailson, Venícius, Lucas, Vladina, Hélyda, por todo apoio e carinho que tenho recebido durante quase 10 anos.

A todos que de alguma forma fizeram parte da minha caminhada e contribuíram para o meu crescimento, o meu muito obrigado!

“E não cansemos de fazer o bem, pois no tempo certo colheremos, se não houvermos desfalecido.” Gálatas 06:09.

RESUMO

O litoral de Fortaleza se encontra altamente urbanizado com a instalação de atividades antrópicas, como a atividade portuária, tornando o ambiente marinho suscetível a impactos. O zooplâncton é um importante componente da biota marinha, fundamental para a ciclagem de energia e biomassa na teia trófica. Variações na comunidade zooplanctônica podem fornecer um diagnóstico do ambiente devido ao curto ciclo vida dos organismos. Desse modo, este trabalho tem como objetivo geral investigar a influência de um distúrbio antrópico de dragagem na comunidade microzooplanctônica. Tem-se por hipótese que a dragagem influencia negativamente a estrutura da comunidade zooplanctônica, reduzindo o número de grupos taxonômicos e favorecendo altas densidades de poucas espécies. A amostragem da comunidade zooplanctônica foi realizada antes, durante e depois das atividades de dragagem do Porto do Mucuripe. Cinco pontos de coleta foram estabelecidos, sendo quatro na área de dragagem, identificados de D1 a D4, e um ponto de controle (PC). As amostras foram coletadas através de arrastos horizontais subsuperficiais, com duração de dez minutos, utilizando uma rede cônica (abertura de malha de 120 μm e 0,50 m de diâmetro de boca), equipada com fluxômetro mecânico. As amostras obtidas foram fixadas em formol 4% neutralizado e levadas para o Laboratório de Plâncton no Instituto de Ciências do Mar - Labomar (UFC), onde foi realizada a estimativa da biomassa orgânica, densidade e frequência de ocorrência. Comparando as etapas do estudo foram observadas variações na comunidade microzooplanctônica. Os valores de biomassa orgânica aumentaram durante a dragagem, seguido de uma redução depois da obra. A densidade de organismos e o número de grupos taxonômicos também reduziram ao final do estudo, corroborando com a hipótese inicial. A princípio, as variações observadas na comunidade zooplanctônica remetem à atividade de dragagem, haja visto que a dragagem foi o principal distúrbio antrópico registrado no meio, evidenciando o caráter bioindicador de organismos zooplanctônicos. Entretanto, para dimensionar a influência da dragagem na comunidade zooplanctônica se faz necessário um monitoramento ambiental para a região que inclua aspectos da dinâmica populacional e do ciclo de vida da comunidade zooplanctônica atrelado às variáveis oceanográficas físicas e químicas.

Palavras-chave: plâncton, impactos antrópicos, Copepoda.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Modelagem de correntes da região do Porto do Mucuripe (as setas indicam a direção das correntes formando um vórtice) 18
- Figura 2 - Precipitação (mm) durante o ano de 2018. Realce (setas) para as atividades de dragagem. Junho: Pré-dragagem. Agosto: Durante a dragagem. Outubro: Pós-dragagem. J: Janeiro; F: Fevereiro; M: Março; A: Abril; M: Maio; J: Junho; J: Julho; A: Agosto; S: Setembro; O: Outubro; N: Novembro; D: Dezembro..... 19
- Figura 3 - Velocidade dos ventos (m/s) na região costeira do Ceará durante os meses de junho a outubro de 2018 19
- Figura 4 - Mapa com a localização dos pontos de coleta (D1 a D4) na área de dragagem e o Ponto Controle (PC)..... 20
- Figura 5 - Arrasto subsuperficial do microzooplâncton através de rede cônica (malha de 120 μm e 0,50 m de diâmetro de boca) e equipada com fluxômetro mecânico..... 21
- Figura 6 - Biomassa orgânica (mg/m^3) durante as fases de pré, durante e pós dragagem do porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil). 23
- Figura 7 - Número de grupos taxonômicos identificados durante as fases de pré, durante e pós dragagem do porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil). 26
- Figura 8 - Densidade($\text{ind.}/\text{m}^3$) do microzooplâncton obtida durante as fases de pré, durante e pós dragagem do porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil)..... 27
- Figura 9: Variação da densidade média ($\text{ind.}/\text{m}^3$) do holoplâncton e meroplâncton encontrada antes, durante e depois da dragagem do porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil) 28
- Figura 10 - Análise de similaridade entre a densidade dos organismos encontrada em cada fase do estudo. 29

Figura 11 - Análise de similaridade entre a biomassa orgânica zooplanctônica encontrada em cada fase do estudo.	29
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização dos pontos de monitoramento de qualidade da água na área de dragagem	21
Tabela 2 - Frequência de ocorrência (%) e densidade (ind.m ³) do microzooplâncton encontrado nas fases de pré, durante e pós dragagem do Porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil) ..	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 HIPÓTESE	16
4 METODOLOGIA	17
4.1 Área de Estudo	17
4.2 Coleta de Dados.....	20
4.3 Análise de dados em Laboratório	22
5 RESULTADOS	23
5.1 Biomassa orgânica.....	23
5.2 Mesozooplâncton.....	23
6 DISCUSSÃO	30
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira é um ambiente dinâmico onde há interação entre os meios aquático, terrestre e aéreo. A maior parte da população mundial habita as zonas costeiras ou vivem a menos de 60 km do litoral, tornando o ambiente vulnerável, com a excessiva exploração de seus recursos naturais e o uso desenfreado do solo (Dias *et al.*, 2009). Este ambiente é sensível às variações do clima, particularmente à elevação do nível do mar e à erosão costeira. No Brasil, a presença antrópica na zona costeira remonta ao período colonial, com seus colonizadores advindos do mar e o ambiente costeiro sendo palco de um assentamento de pessoas e mercadorias (MORAES, 1999).

O litoral de Fortaleza (Ceará, Nordeste do Brasil) apresenta uma forte influência antrópica, advinda de um acelerado adensamento urbano nas últimas décadas para fins habitacionais, comerciais, turísticos, portuários e industriais, desprovida de uma infraestrutura adequada, resultando na descarga de efluentes domésticos e industriais no ambiente marinho (FECHINE, 2007). O input de nutrientes no ambiente marinho contribui para a proliferação de microalgas, podendo ocasionar um processo de eutrofização e apresentar efeitos deletérios à biota com a depleção de oxigênio e o aumento da turbidez, influenciando todo o ecossistema e seus compartimentos tróficos (Aslan *et al.*, 2017).

Dentre as atividades comerciais que figuram na zona costeira de Fortaleza, o Porto do Mucuripe representa um ponto de entrada/saída, armazenamento e manipulação de granéis sólidos (trigo e fertilizantes) e líquidos (óleo diesel, gasolina, querosene de aviação, óleo combustível e etanol) (DOCAS, 2018). Apesar dos benefícios socioeconômicos produzidos pela atividade portuária, impactos negativos também são desencadeados, como a poluição marinha (resíduos sólidos, bioinvasão, óleos e graxas de embarcações) e atmosférica (emissão de gases) (GARCIA, 2012). Os contaminantes presentes nos resíduos e rejeitos da atividade portuária liberados no ambiente marinho podem desencadear os processos de bioacumulação, ao ser incorporado pela biota, e biomagnificação, à medida que vai sendo ciclado na teia trófica tendo sua concentração aumentada (Gomes *et al.*, 2000).

A dragagem é uma ferramenta amplamente utilizada para auxiliar a atividade portuária. No caso da dragagem de aprofundamento, a retirada de material de fundo é realizada com finalidade de aumentar a batimetria, possibilitando o tráfego e atracação de embarcações com maior calado e capacidade de carga (GOES-FILHO, 2004). A atividade de dragagem representa

uma perturbação antrópica no meio, podendo afetar a qualidade da água e importantes componentes da biota marinha como a comunidade planctônica.

O zooplâncton representa o componente heterotrófico do plâncton, que é composto de organismos que possuem capacidade natatória limitada ou ausente, e vivem à deriva na coluna d'água (GIBBONS, 1997). Podem ser classificados de acordo com o tempo de residência no plâncton, sendo denominados de meroplâncton, os organismos que possuem uma parte do ciclo de vida no plâncton (estágios iniciais de organismos nectônicos e bentônicos), e holoplâncton, os organismos que passam todo o ciclo de vida no plâncton (copépodes) (ALCARAZ; CALBET, 2003). Quanto a sua dimensão, podem ser classificados como microzooplâncton (20-200 μ m), mesozoplâncton (200 μ m-2mm) e macrozooplâncton (2-20mm) (OMORI; IKEDA, 1984).

O zooplâncton possui importância ecológica na produtividade secundária, exercendo o papel de consumidores primários atuando na ciclagem de biomassa e transferência de energia na teia trófica, como um elo entre os organismos produtores (fitoplâncton) e consumidores secundários (peixes) (PERBICHE-NEVES, 2012). O zooplâncton também é um importante item nutricional dos peixes planctívoros, que são predados por peixes maiores do terceiro e quarto nível trófico, recursos pesqueiros de importância comercial (FONTELES-FILHO, 2011). Desse modo, organismos zooplanctônicos são utilizados na aquicultura, devido à fácil estocagem, em beneficiamento da produção pesqueira (RODRIGUES, 2017).

Os organismos zooplanctônicos podem ser utilizados como bioindicadores devido ao seu curto ciclo de vida e rápida resposta a variações ambientais, podendo ocorrer a dominância de alguns grupos em condições de stress ambiental. (PERBICHE-NEVES, 2012). Um exemplo de organismos zooplanctônicos bioindicadores são os copépodes, um grupo de microcrustáceos holoplanctônicos de distribuição cosmopolita que está entre os animais mais abundante do planeta, e geralmente predominam no ambiente marinho. Em alguns casos, certos copépodes podem apresentar um hábito alimentar variável de acordo com a condição trófica do meio, comportamento chamado de mixotrofia (SILVA; CABRAL, 2010). Bem como, BONNET & FRID (2004), relacionaram a ocorrência de copépodes com as características físicas e químicas das massas d'água.

No Brasil, há estudos que ressaltam o caráter bioindicador do zooplâncton. Segundo MATSUMURA & TUNDISI (2003), a presença ou ausência de algumas espécies podem ser resultantes de variações no estado trófico da água. Porto-Neto *et al.* (1999), relatam uma redução na diversidade de organismos no ambiente em decorrência da descarga de efluentes urbanos industriais, gerando um desequilíbrio no ambiente. Desse modo, justifica-se a análise

da comunidade zooplanctônica em vista as perturbações antrópicas geradas no ambiente. Forte-Neto *et al.*, (2014), observaram um impacto negativo de uma dragagem na variação temporal da biomassa planctônica. Entretanto, estudos do zooplâncton em zonas portuárias ainda são escassos. Assim, este trabalho se propõe a analisar variações no microzooplâncton durante um distúrbio antrópico de dragagem.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar a influência da dragagem portuária na comunidade microzooplanctônica antes, durante e depois das atividades de dragagem.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar a biomassa orgânica antes, durante e depois das atividades de dragagem.
- Avaliar o microzooplâncton em termos de densidade e frequência de ocorrência antes, durante e depois das atividades de dragagem.
- Analisar as variações do holoplâncton e do meroplâncton antes, durante e depois das atividades de dragagem, enfatizando a análise de possíveis variações dos grupos taxonômicos.

3 HIPÓTESE

A dragagem influencia negativamente a estrutura da comunidade microzooplancônica, reduzindo o número de grupos taxonômicos e favorecendo altas densidades de poucas espécies.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

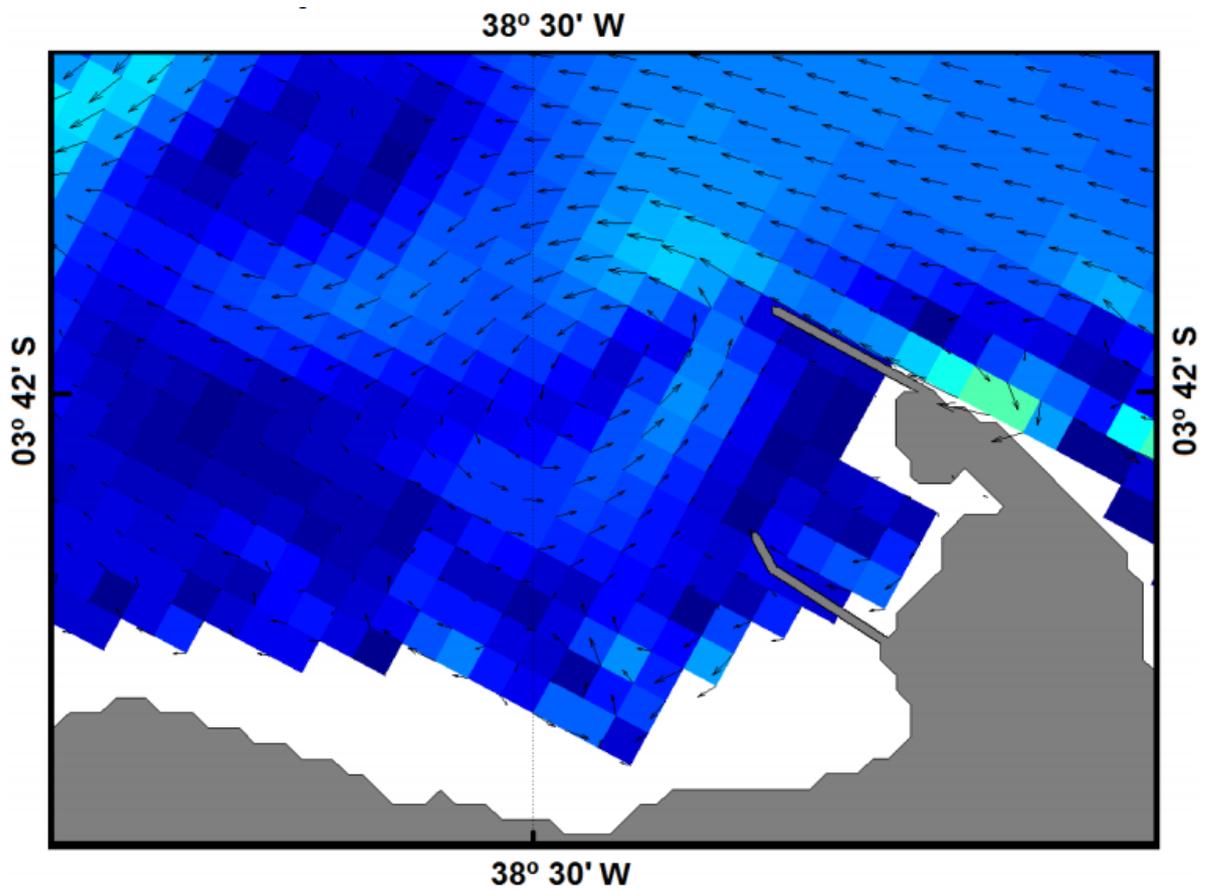
O Porto de Fortaleza, também conhecido como Porto do Mucuripe, está localizado na enseada do Mucuripe, figurando como um terminal marítimo de influência nacional e internacional. É um dos principais portos da navegação de cabotagem no Brasil, atendendo às regiões Nordeste, Norte, Centro-Oeste e ao Vale do Rio São Francisco. Além de possuir rotas regulares destinadas a portos dos Estados Unidos, Canadá, América Central, Europa, África e países do Mercosul (FORTALEZA, 2012).

O Porto do Mucuripe teve sua construção iniciada em 1939, seguida da realização de obras de melhoramento, tais como o prolongamento rochoso na ponta do Mucuripe e a construção do molhe da Praia do Futuro (molhe do Titanzinho), que afetaram a dinâmica sedimentar costeira, e através da difração de ondas é ocasionada a sedimentação dentro da bacia portuária (MORAES, 1980). Vale destacar a presença do vórtice próximo à bacia portuária do Mucuripe, influenciando a hidrodinâmica local (PARENTE, 2013) (Figura 1).

Esta região se enquadra no clima tropical quente subúmido (IPECE, 2007). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema que influencia os regimes de chuvas e ventos da região. As precipitações pluviométricas são concentradas entre os meses de fevereiro e maio, período conhecido como quadra chuvosa, correspondendo ao período que a ZCIT está mais próxima do continente, aproximadamente 2 a 4°S entre fevereiro e abril (Figura 2). Os ventos possuem componente predominante de leste, sendo mais intensos no segundo semestre do ano (Figura 3), quando a ZCIT está mais próxima do hemisfério norte aproximadamente 14°N (FERREIRA; MELO, 2005).

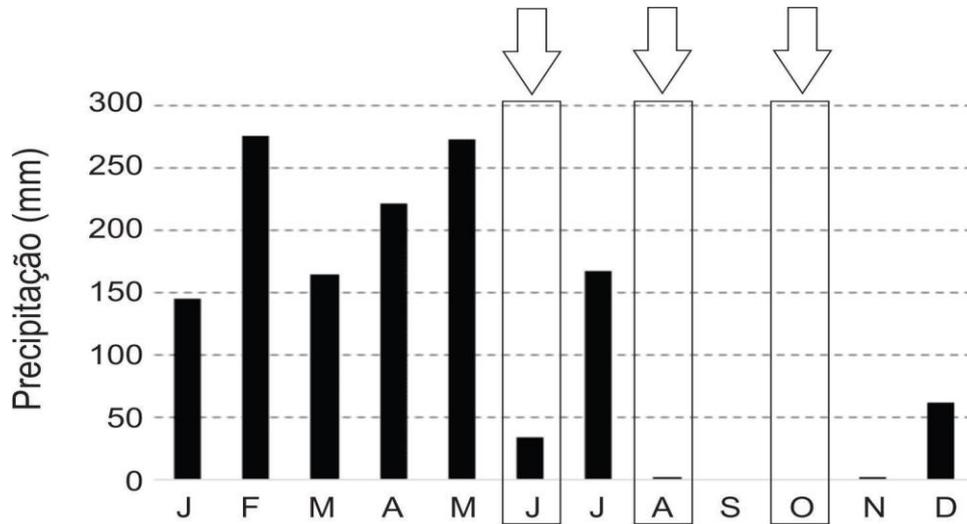
Segundo Rebouças (2010), no litoral de Fortaleza há ocorrência predominante de dois tipos de ondas: “*sea*” e “*swell*”. As ondas “*sea*” são geradas pelo atrito superficial do vento, possuem período máximo de 10s e seguem a direção da sua força geradora. As ondas “*swell*” que incidem na costa local são formadas no Hemisfério Norte, geralmente possuem período entre 10 e 20s, podendo se deslocarem por milhares de quilômetros. As Marés são semidiurnas (ocorrem duas vezes ao dia) e com amplitude entre 2-4 metros (mesomarés) (MORAES, 1980).

Figura 1: Modelagem de correntes da região do Porto do Mucuripe (as setas indicam a direção das correntes formando um vórtice).



Fonte: Parente, 2013.

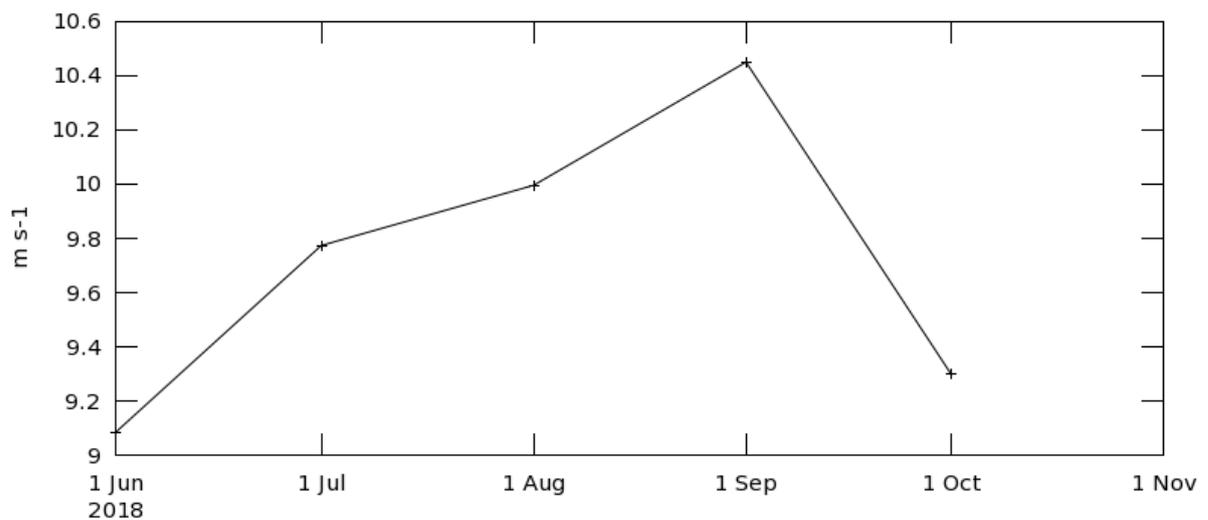
Figura 2: Precipitação (mm) durante o ano de 2018. Realce (setas) para as atividades de dragagem. Junho: Pré-dragagem. Agosto: Durante a dragagem. Outubro: Pós-dragagem. J: Janeiro; F: Fevereiro; M: Março; A: Abril; M: Maio; J: Junho; J: Julho; A: Agosto; S: Setembro; O: Outubro; N: Novembro; D: Dezembro.



Fonte: Funceme, 2018.

Figura 3: Velocidade dos ventos (m/s) na região costeira do Ceará durante os meses de junho a outubro de 2018.

Time Series, Area-Averaged of Surface wind speed monthly 0.5 x 0.625 deg. [MERRA-2 Model M2TMNXFLX v5.12.4] m s⁻¹ over 2018-Jun - 2018-Oct, Shape Sea Only 1800x3600 0.1 x 0.1 deg, Region 40.6769W, 4.7131S, 36.1176W, 2.0544S

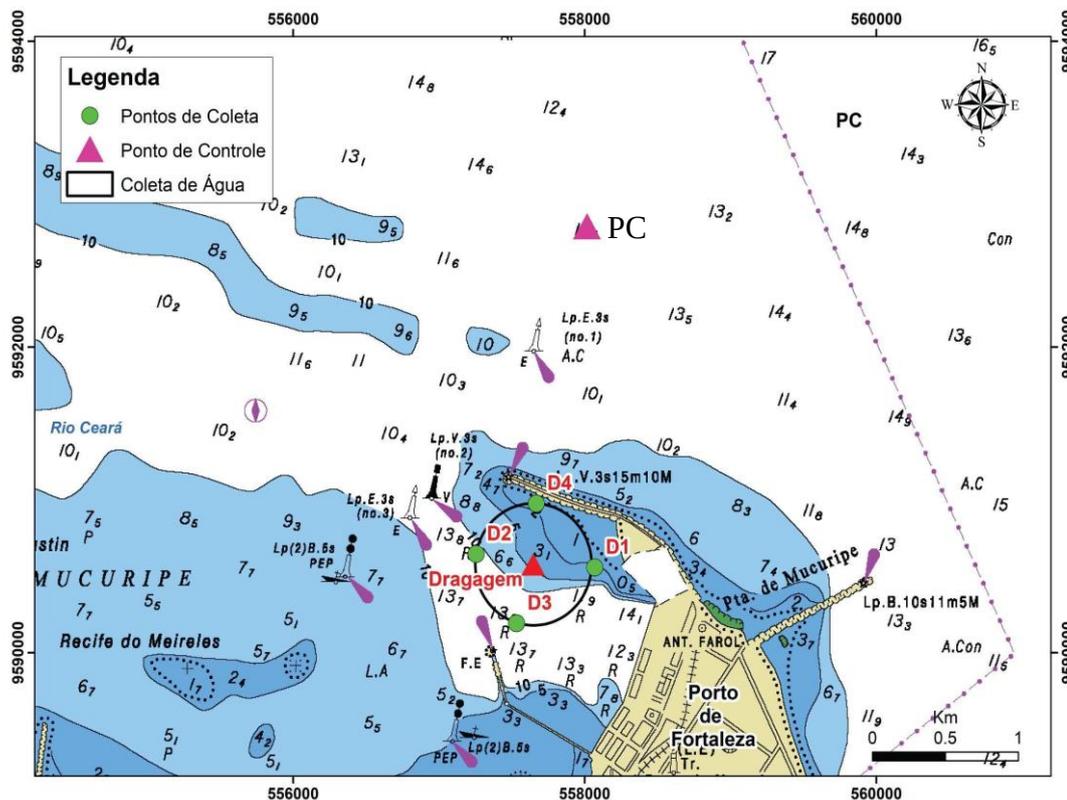


Fonte: Giovanni Platform (SITE), 2018.

4.2 Coleta de Dados

A amostragem da comunidade microzooplânctônica foi realizada antes, durante e depois das atividades de dragagem do Porto do Mucuripe, totalizando três campanhas oceanográficas. A primeira campanha ocorreu no dia 16 de junho de 2018, a segunda campanha, no dia 02 de agosto de 2018, e a terceira campanha, no dia 17 de outubro de 2018. A primeira e segunda campanha foram realizadas em maré de sizígia, a bordo da embarcação Selmar I e a terceira campanha, em maré de quadratura, a bordo da embarcação Vida Mar. Cinco pontos de coleta foram estabelecidos, sendo quatro na área de dragagem, identificados de D1 a D4, e um ponto de controle (PC) (Figura 4, Tabela 1). As amostras foram coletadas através de arrastos horizontais subsuperficiais, com duração de dez minutos, utilizando uma rede cônica (abertura de malha de 120 μm e 0,50 m de diâmetro de boca), equipada com fluxômetro mecânico. As amostras obtidas foram fixadas em formol 4% neutralizado e levadas para o Laboratório de Plâncton no Instituto de Ciências do Mar - Labomar (UFC) e serão tombadas na Coleção de Plâncton Professora Mariana Ferreira de Menezes.

Figura 4: Mapa com a localização dos pontos de coleta (D1 a D4) na área de dragagem e o Ponto Controle (PC). Porto do Mucuripe (Ceará, Brasil).



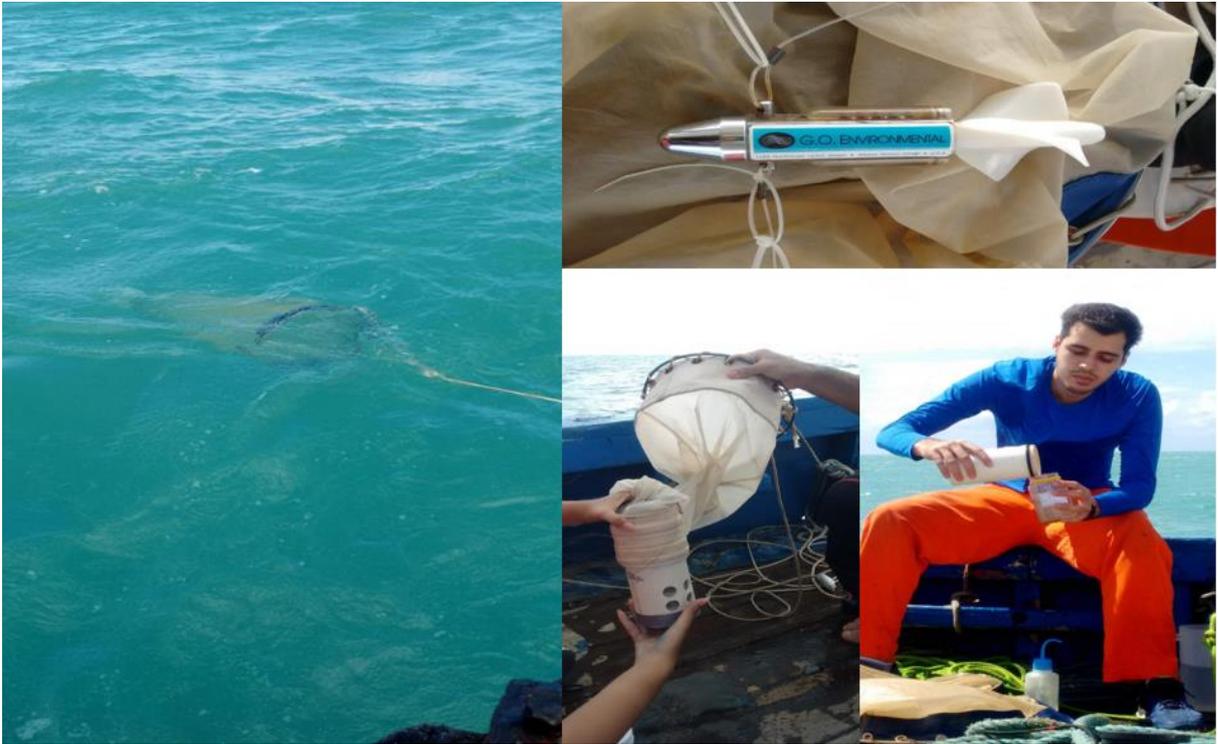
Fonte: Programa de monitoramento da biota aquática (Plâncton), 2018

Tabela 1. Localização dos pontos de monitoramento de qualidade da água na área de dragagem.

Ponto	Ponto de monitoramento (Coordenadas UTM, WGS84, Zona 24 M)	
	X	Y
D1	558.070	9.590.559
D2	557.255	9.590.646
D3	557.533	9.590.193
D4	557.669	9.590.976
PC	558.025	9.592.728

Fonte: Programa de monitoramento da biota aquática (Plâncton), 2018.

Figura 5: Arrasto subsuperficial do microzooplâncton através de rede cônica (malha de 120 μ m e 0,50 m de diâmetro de boca) e equipada com fluxômetro mecânico.



Fonte: Programa de monitoramento da biota aquática (Plâncton), 2018.

4.3 Análise de dados em Laboratório

As amostras foram fracionadas com um subamostrador do tipo Motoda, onde a metade da amostra foi usada para a de organismos e a outra metade, para a estimativa da biomassa. Para a determinação do peso seco, as amostras foram secas em uma estufa a 60 °C, durante 24 horas, e, posteriormente, pesadas em balança analítica (0,0001g de precisão). Para a determinação do peso seco livre de cinzas (biomassa orgânica), as amostras foram incineradas em uma mufla a 500 °C, durante quatro horas. Por fim, as amostras foram colocadas em um dessecador e, após resfriarem, foram novamente pesadas.

Em relação à análise de contagem de organismos, as amostras foram identificadas até o menor nível taxonômico possível e os táxons foram quantificados. Através dos dados obtidos foram efetuados os cálculos de densidade (org.m^{-3}), frequência de ocorrência (%) e a quantidade de táxons presente em cada fase do estudo. A densidade foi calculada através da fórmula: $D = N/V$, onde o N corresponde ao número total de cada táxon na amostra e o V corresponde ao volume de água filtrado. A frequência de ocorrência de cada organismo foi calculada pela fórmula: $Fo = (Ta \cdot 100) / TA$, Onde o Fo corresponde a frequência de ocorrência, o Ta corresponde ao número de amostras em que o táxon ocorreu e o TA corresponde ao número total de amostras.

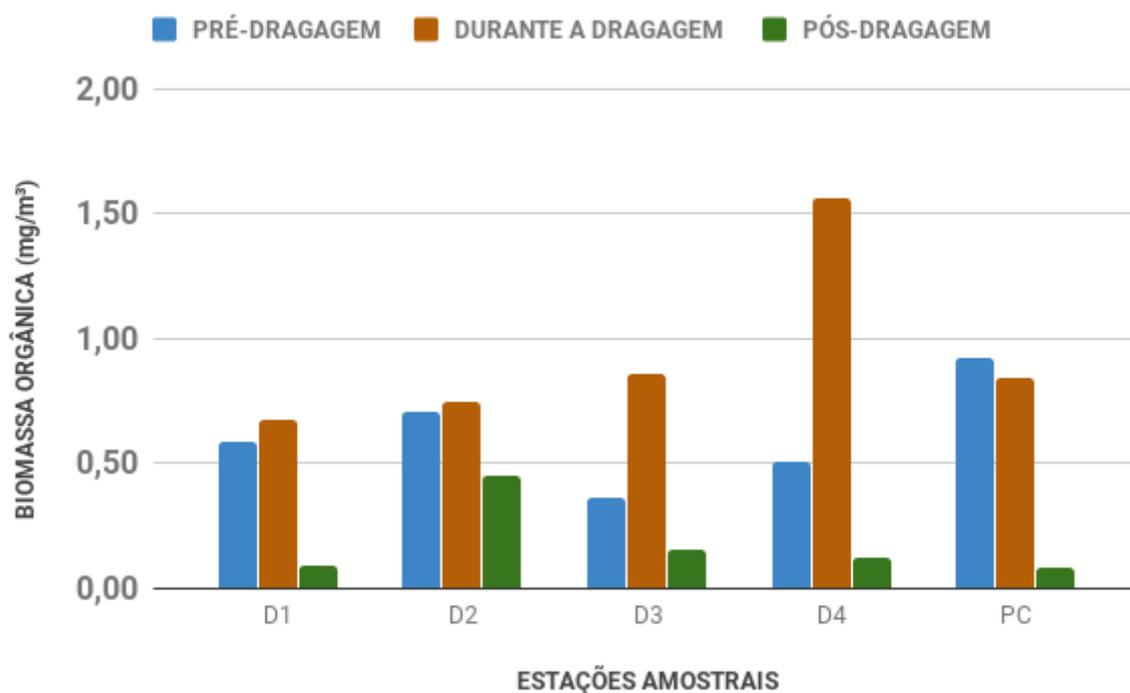
A análise de similaridade entre a comunidade microzooplanctônica encontrada durante as fases do estudo foi obtida através do programa Primer 6.0.

5 RESULTADOS

5.1 Biomassa orgânica

Os resultados totais de biomassa orgânica obtidos nas etapas antes, durante e após a dragagem, foram de $0,62 \pm 0,21 \text{ mg/m}^3$, $0,94 \pm 0,36 \text{ mg/m}^3$ e $0,18 \pm 0,16 \text{ mg/m}^3$, respectivamente. Durante a dragagem, os valores aumentaram em todos os pontos localizados dentro da bacia portuária, variando de $0,68 \text{ mg/m}^3$ (D1) a $1,56 \text{ mg/m}^3$ (D4), onde foi encontrado um pico de biomassa orgânica (Figura 6). Na terceira campanha, que ocorreu depois da dragagem, observou-se uma redução da biomassa orgânica em todos os pontos coletados, com os valores variando de $0,45 \text{ mg/m}^3$ (D2) a $0,08 \text{ mg/m}^3$ (PC).

Figura 6: Biomassa orgânica (mg/m^3) durante as fases de pré, durante e pós dragagem do porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil).



5.2 Microzooplâncton

A fauna microzooplânctônica foi constituída de 45 táxons (Tabela 2). Sete táxons ocorreram em todos os pontos coletados, apresentando 100% de frequência, são eles: véliger de Bivalvia e de Gastropoda, a apendiculária *Oikopleura* sp. e os copépodes *Parvocalanus* spp.,

Oithona spp., *Euterpina acutifrons* e náuplios de Copepoda. Comparando as etapas de pré, durante e pós dragagem observa-se que ovos de invertebrado, larvas de invertebrado, Tintinidea, *Microsetella novergica* (Copepoda), copepoda bentônico, copepoda parasita e Ostracoda, presentes na primeira campanha, não ocorreram ao longo as demais etapas da dragagem. Em outros organismos, observou-se um aumento na frequência de ocorrência, tais como: copépodes *Acartia (Odontocartia) lilljeborgi*, *Corycaeus amazonicus* e *Farranula* sp., *Sagitta* spp., larvas ophiopluteus e ovos de peixes (ictioplâncton). Vale destacar, a ocorrência da espécie de copépode *Temora stylifera* apenas na terceira campanha, após a dragagem, com 60% de frequência.

Tabela 2: Frequência de ocorrência (%) e densidade (ind.m³) do microzooplâncton encontrado nas fases de pré, durante e pós dragagem do Porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil).

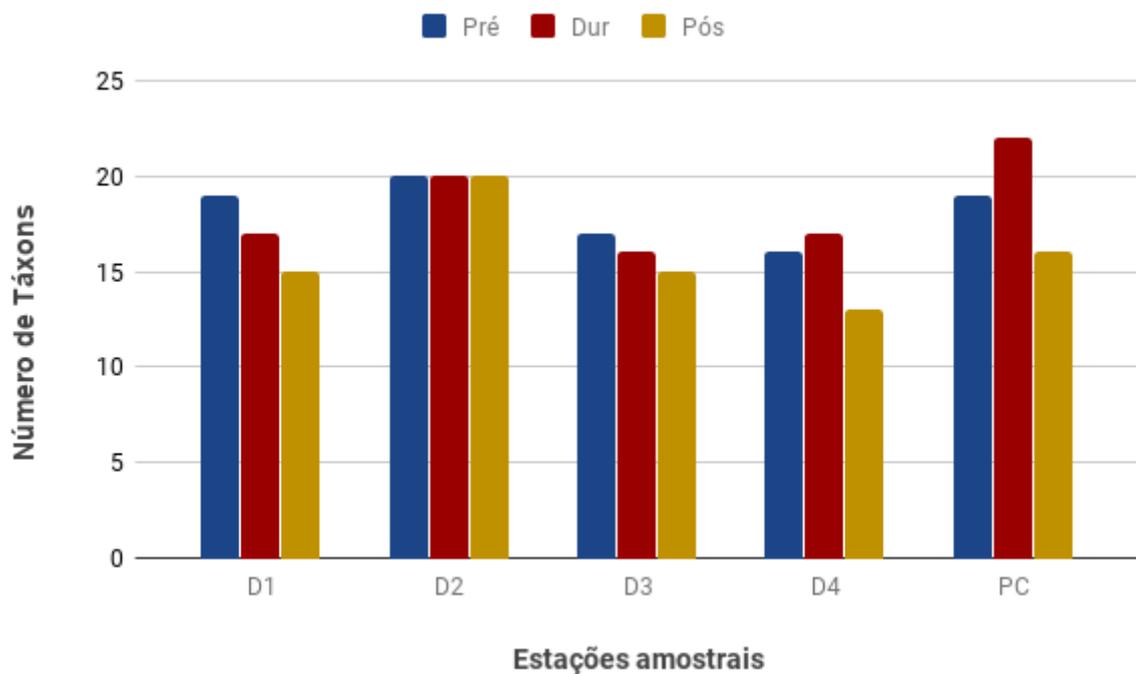
	Fo (%)			Densidade (ind.m ³)		
	Pré	Dur	Pós	Pré	Dur	Pós
Invertebrado						
Ovo de invertebrado	80	60	0	97,8 ± 144,9	1,6 ± 1,8	0,0
Larva de invertebrado	20	0	0	0,7 ± 1,5	0,0	0,0
Protozoa						
Tintinidea	40	20	0	1,1 ± 1,5	0,5 ± 1,1	0,0
Foraminifera						
Foraminifera	60	0	60	3,3 ± 4,3	0,0	0,4 ± 0,5
Mollusca						
Bivalvia (véliger)	100	100	100	385,4 ± 457,1	73,0 ± 10,0	20,1 ± 14,6
Gastropoda (véliger)	100	100	100	151,1 ± 220,4	18,9 ± 11,4	13,4 ± 15,0
<i>Lamelaria</i> sp.	0	20	0	0,0	0,5 ± 1,1	0,0
Annelida						
Polychaeta (larva)	100	80	60	8,5 ± 10,7	2,4 ± 0,2	1,7 ± 1,6
Arthropoda						
Copepoda						
<i>Acartia (Odontocartia) lilljeborgi</i>	0	40	60	0,0	3,3 ± 4,6	2,0 ± 2,7
<i>Calanopia americana</i>	40	20	60	0,9 ± 1,5	1,4 ± 3,2	1,1 ± 1,5

<i>Centropages velificatus</i>	20	60	0	2,7 ± 6,1	3,7 ± 6,0	0,0
<i>Paracalanus aculeatus</i>	20	100	40	0,3 ± 0,7	4,3 ± 2,9	0,5 ± 0,8
<i>Parvocalanus</i> spp.	100	100	100	281,6 ± 357,5	459,9 ± 150,7	31,9 ± 34,0
<i>Pseudodiaptomus acutus</i>	0	20	0	0,0	0,3 ± 0,6	0,0
<i>Temora turbinata</i>	100	100	80	405,8 ± 361,7	79,4 ± 34,2	24,4 ± 18,0
<i>Temora stylifera</i>	0	0	60	0,0	0,0	6,0 ± 8,3
<i>Oithona</i> sp.	100	100	100	1267,4 ± 2041,3	376,5 ± 155,9	99,0 ± 48,8
<i>Corycaeus amazonicus</i>	20	80	80	2,7 ± 6,1	6,4 ± 8,7	1,1 ± 1,1
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	60	20	20	5,3 ± 7,7	1,4 ± 3,2	0,1 ± 0,3
<i>Farranula</i> sp.	0	40	100	0,0	2,4 ± 3,4	3,6 ± 3,1
<i>Euterpina acutifrons</i>	100	100	100	262,0 ± 371,9	92,7 ± 48,7	18,1 ± 15,0
<i>Microsetella novergica</i>	80	0	0	3,5 ± 3,5	0,0	0,0
<i>Microsetella rosea</i>	0	20	0	0,0	0,5 ± 1,1	0,0
Harpacticoida sp. 1	0	20	0	0,0	0,4 ± 1,0	0,0
Copepoda bentônico	40	0	0	4,3 ± 7,8	0,0	0,0
Copepoda parasita	40	0	0	2,2 ± 3,9	0,0	0,0
Náuplio de Copepoda	100	100	100	317,3 ± 359,2	58,6 ± 25,4	25,4 ± 19,0
Crustacea (Outros)						
Brachyura (Zoea)	0	20	0	0,0	1,4 ± 3,2	0,0
Cirripedia (Nauplius)	80	80	20	30,5 ± 40,2	10,2 ± 8,9	0,3 ± 0,7
Larva de crustáceo	20	0	20	1,4 ± 3,1	0,0	0,2 ± 0,4
Larva de Paguridae	0	20	0	0,0	0,3 ± 0,6	0,0
<i>Belzebub faxoni</i>	20	20	0	0,7 ± 1,5	2,2 ± 4,8	0,0
Protozoa de <i>Belzebub faxoni</i>	80	80	40	6,8 ± 8,0	10,6 ± 9,8	0,5 ± 0,7
Ostracoda	20	0	0	1,8 ± 4,0	0,0	0,0
Echinodermata						
Echinopluteus	20	20	0	3,6 ± 8,1	0,9 ± 1,9	0,0
Ophiopluteus	20	40	80	0,1 ± 0,2	1,0 ± 1,4	0,9 ± 0,8
Chaetognatha						
<i>Sagitta</i> spp.	20	40	80	0,3 ± 0,7	2,6 ± 3,7	1,0 ± 0,5

Bryozoa							
	Cyphonautes	100	100	60	34,3 ± 44,2	10,0 ± 8,5	0,8 ± 0,8
Chordata							
Appendicularia							
	<i>Oikopleura</i> sp.	100	100	100	12,5	5,3	17,6
Vertebrata							
	Ictioplâncton (ovo de peixe)	20	20	60	0,4	0,4	1,0

Comparando as fases de pré e pós dragagem, observa-se uma redução no número de grupos taxonômicos encontrados, exceto no ponto D2 onde não houve variação quantitativa de grupos taxonômicos. Durante a dragagem houve um aumento nos pontos D4 e PC, que diminuíram após a dragagem (Figura 7).

Figura 7: Número de grupos taxonômicos identificados durante as fases de pré, durante e pós dragagem do porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil).



Em relação à densidade dos táxons, observa-se que durante as fases pré, durante e pós-dragagem a densidade do zooplâncton diminuiu tanto na área dragada como no ponto de

controle (Figura 8). Apenas no ponto D3 houve um aumento durante a dragagem, seguido de uma redução após o período de dragagem. Foi encontrado um pico de densidade de organismos no Ponto D2 na fase de pré-dragagem. Apesar da redução na densidade média dos organismos observada, o holoplâncton predominou sobre o meroplâncton em todas as fases do estudo (Figura 9). A representatividade do holoplâncton pode ser observada nos copépodes, que foram os organismos com maiores densidades observadas em todas as campanhas, destacando-se os táxons *Oithona* spp., *Parvocalanus* spp., *Euterpina acutifrons* e *Temora turbinata*. Observa-se uma redução na densidade de véligeres de *Bivalvia* e *Gastropoda*, componentes do meroplâncton, no decorrer do estudo.

Figura 8: Densidade (ind./m³) do microzooplâncton obtidos durante as fases de pré, durante e pós dragagem do porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil).

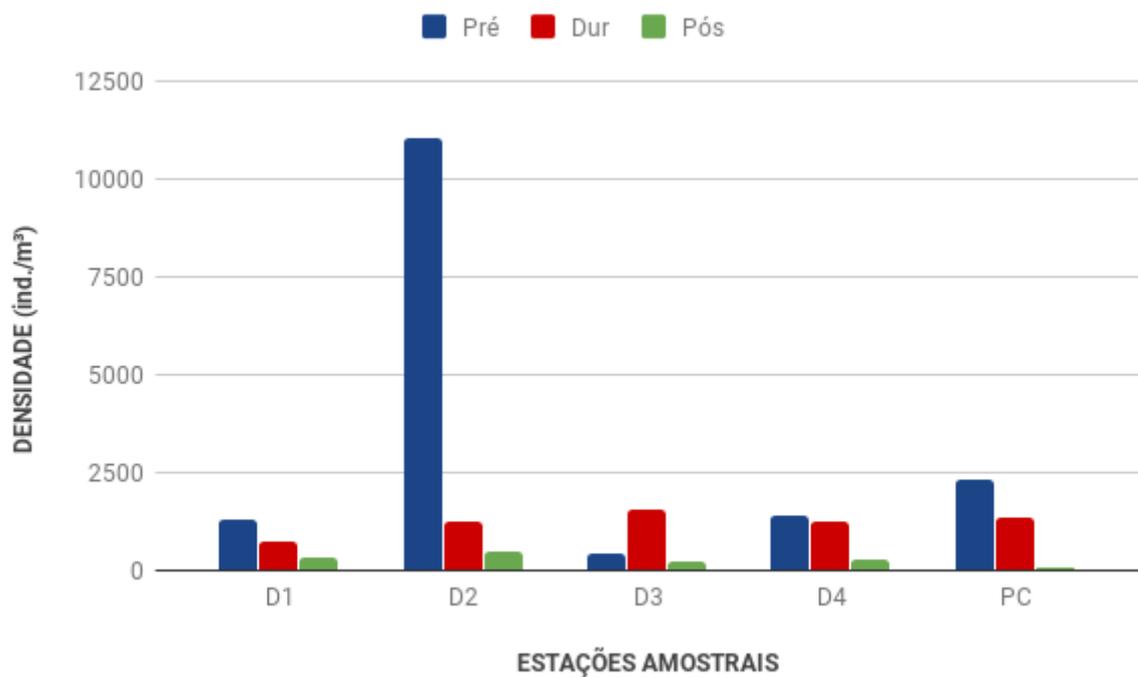
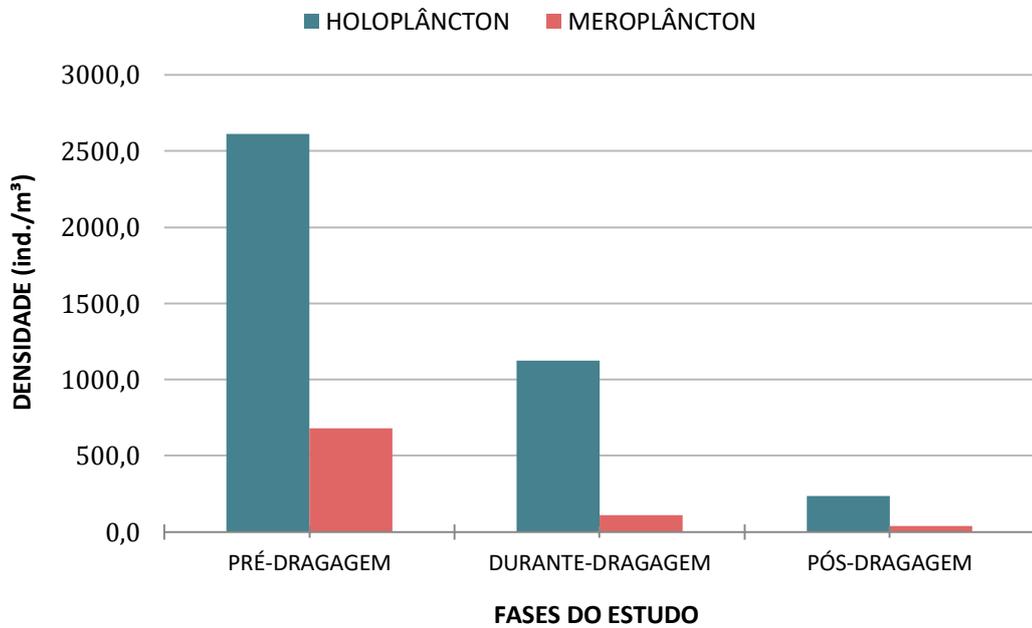


Figura 9: Variação da densidade média (ind./m³) do holoplâncton e do meroplâncton encontrada antes, durante e pós dragagem do porto de Fortaleza, Ceará (Nordeste – Brasil).



Na análise de similaridade da comunidade zooplanctônica encontrada em cada fase do estudo, observa-se que as fases de pré e durante da dragagem apresentou uma similaridade de 90% para a densidade de organismos (Figura 9) e de 95% para biomassa (Figura 10). Para ambos os indicadores (biomassa e densidade) a fase de pós-dragagem foi bastante diferente (Figuras 10 e 11) não se agrupando com as fases anteriores da obra.

Figura 10: Análise de similaridade entre a densidade dos organismos encontrada em cada fase do estudo.

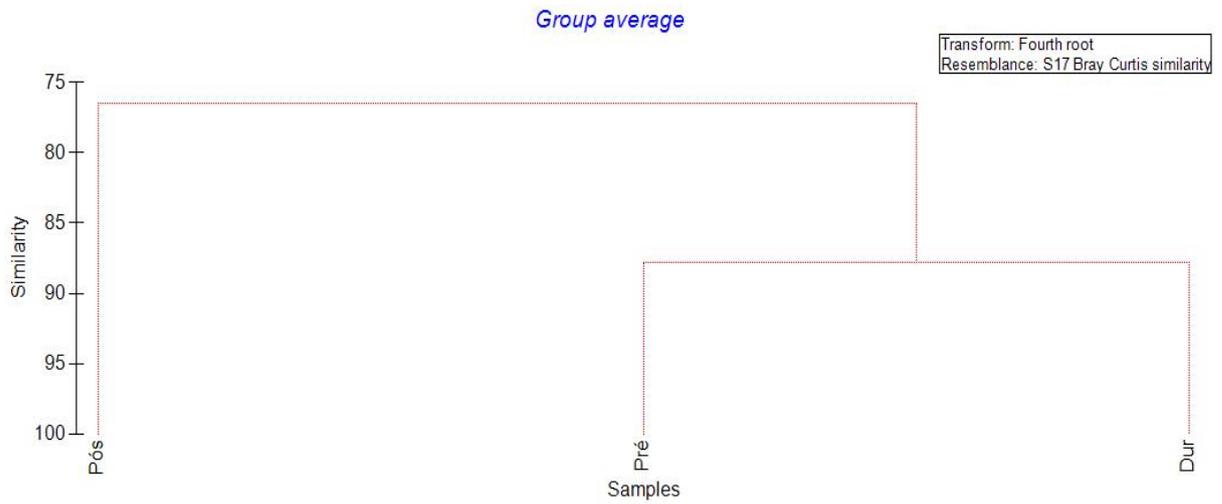
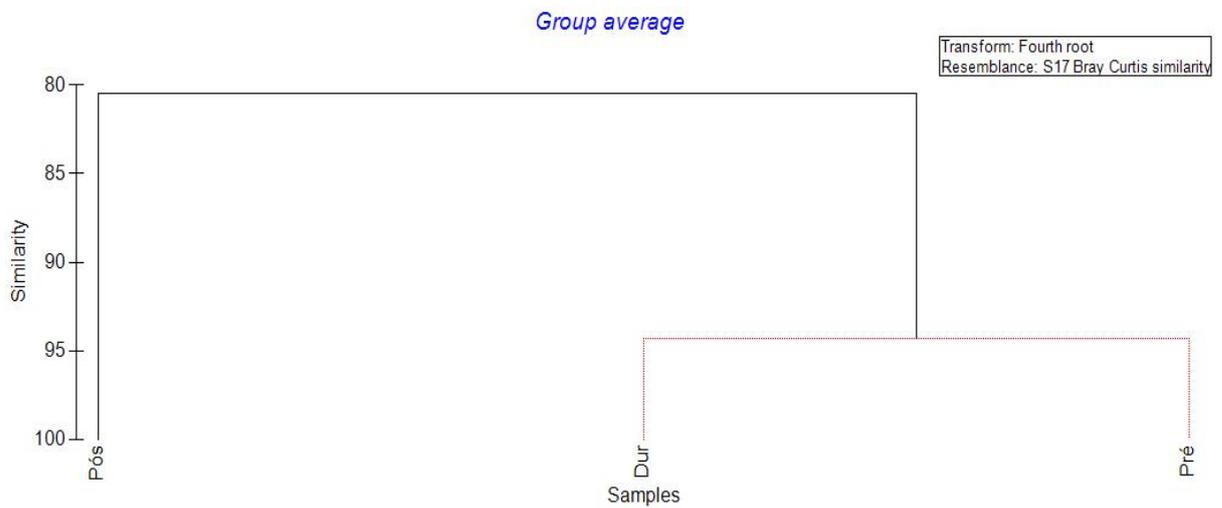


Figura 11: Análise de similaridade entre a biomassa orgânica zooplanctônica encontrada em cada fase do estudo.



6 DISCUSSÃO

Durante o estudo, foram observadas variações na comunidade zooplanctônica em termos de biomassa orgânica, densidade, frequência de ocorrência dos organismos ao longo das fases de atividade da obra de dragagem. O aumento na biomassa orgânica durante a dragagem em todos os pontos coletados localizados dentro da bacia portuária, pode sugerir que não se deve a um fator natural, mas sim à escavação de fundo que provocou uma ressuspensão de nutrientes e matéria orgânica, que aumentou a produtividade primária, e conseqüentemente a biomassa de zooplâncton por um efeito direto de disponibilidade de alimento. Este padrão foi observado no trabalho de Forte-Neto et al., 2014, que constataram um aumento de microfitoplâncton e mesozooplâncton durante a dragagem, resultante do aumento na concentração de nutrientes (fósforo e amônia) no ambiente.

A redução drástica da biomassa orgânica na fase de pós-dragagem pode sugerir que a ausência do aporte de nutrientes advindo da dragagem provocou uma redução na produtividade primária, afetando a produtividade secundária. Entretanto, também houve redução na biomassa orgânica encontrada no ponto de controle (PC) que está localizado fora da bacia portuária, o qual não foi afetado pela atividade de dragagem. Supõe-se que a redução na biomassa orgânica pode fazer parte da dinâmica natural do ambiente como a entrada de águas costeiras na bacia portuária. Logo, são necessários dados de oceanografia física e química que identifiquem esse padrão.

Apesar do aumento de biomassa orgânica constatado durante a dragagem, a densidade de organismos diminuiu. Vale ressaltar o aumento na densidade de organismos maiores na fase durante a dragagem, como *Acartia (Odontocartia) lilljeborgi*, *Centropages velificatus*, *Paracalanus aculeatus*, *Sagitta* spp., *Belzebub faxoni* e Protozoa de *Belzebub faxoni*. A exemplo da influência do tamanho de cada organismo para valor total de biomassa, Martineli-Filho (2013), relatou que copépodes maiores (100-200µm), expressaram valores de biomassa mais elevados dos que os menores (20-100µm).

O número de grupos taxonômicos reduziu na fase de pós dragagem, corroborando com a hipótese inicial. Entretanto, não é possível atribuir a redução da biomassa orgânica, densidade de organismos e do número de grupos taxonômicos unicamente à atividade de dragagem, em decorrência das campanhas de pré e durante, terem sido realizadas em maré de sizígia, enquanto que a terceira campanha foi realizada em maré de quadratura, que possui menor amplitude, influenciando no valor obtido. Tal padrão foi registrado nos trabalhos de CABRAIL (2009) e Melo-Júnior et al. (2007), que obtiveram maiores valores de zooplâncton nas coletas realizadas

em maré de sizígia.

Em águas costeiras é comum a predominância do holoplâncton, enquanto em ambientes estuarinos o meroplâncton é quem geralmente predomina (Silva *et al.*, 2010). A contribuição dos copépodes, integrantes do holoplâncton, para a estabilidade da comunidade planctônica pode ser observada na representatividade numérica dos organismos durante todo o estudo. Pequenos copépodes investem energia em estratégias reprodutivas, aumentando as taxas de fecundidade e crescimento (TURNER, 2004). Bem como, possuem hábito alimentar adaptável, como o caso da *Euterpina acutifrons* que se alimenta de microalgas e matéria orgânica em suspensão (SAUTOUR; CASTEL, 1993). Em Hopcroft *et al.* (1998), a dominância de pequenos copépodes, com destaque para *Parvocalanus* spp. e *Oithona* spp., foi observada em um ambiente eutrofizado, sendo resultante da sua adaptabilidade alimentar e melhor aproveitamento energético, permitindo que os mesmos resistam a condições ambientais adversas. *Parvocalanus* spp. possui espécies estenohalinas e estenotérmicas, sendo comumente encontrado em águas estuarinas e costeiras da região nordeste do Brasil (MATSUMURA-TUNDISI, 1972) (Neumann-Leitão *et al.*, 1992) (Silva *et al.*, 2004). *Oithona* spp., possui distribuição global nos oceanos, amparado por seu comportamento inerte na maior parte do tempo, a fim de reduzir as chances de chamar a atenção de predadores, realizando saltos apenas no momento do forrageio (GALLIENNE; ROBINS, 2001; Paffenhofer, 1993).

A densidade dos organismos que compõem o meroplâncton possui flutuações de acordo com o período reprodutivo de cada espécie (Silva *et al.*, 2010). Larvas véliger de bivalves foram encontradas em todas as amostras e em todas as três campanhas realizadas, tendo sua maior densidade na campanha realizada antes da dragagem, com média de $385,4 \pm 457,1$ indivíduos/m³. Soares *et al.* (2018), observaram que a dragagem afetou consideravelmente a comunidade bentônica, reduzindo a presença dos moluscos. Entende-se que a produção de larvas autóctones foi impossibilitada, sendo necessário a recolonização através de larvas alóctones, dando início a um processo de sucessão ecológica.

Apesar da densidade de táxons não ter apresentando grandes variações durante as fases do estudo, a frequência de ocorrência variou. Na fase de pós-dragagem destaca-se a presença da espécie *Temora stylifera*, com 60% de frequência, que não havia sido encontrada nas campanhas anteriores. A espécie teve sua ocorrência registrada anteriormente a partir da plataforma continental média (Campos *et al.*, 2017). A presença desse organismo próximo à costa sugere uma movimentação de água mais externa para dentro da bacia portuária. Esta hipótese é corroborada pela análise de similaridade da comunidade microzooplânctônica durante o estudo, que agrupou as fases de pré e durante, e indicou que a fase pós dragagem;

teve menor similaridade.

A princípio, as variações observadas na redução na biomassa orgânica, densidade de organismos e número de grupos taxonômicos durante o estudo remetem à atividade de dragagem, haja visto que a dragagem foi o principal distúrbio antrópico registrado no meio, evidenciando o caráter bioindicador de organismos zooplanctônicos. Desse modo, a hipótese inicial foi corroborada. Entretanto, para dimensionar a influência da dragagem na comunidade zooplanctônica se faz necessário um monitoramento ambiental para a região que inclua aspectos da dinâmica populacional e do ciclo de vida da comunidade zooplanctônica atrelado às variáveis oceanográficas físicas e químicas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A associação das variações do microzooplâncton com um distúrbio antrópico de dragagem foi observada. Entretanto, se faz necessário um melhor entendimento acerca da interferência da atividade de dragagem na comunidade zooplanctônica. Dados abióticos não estavam disponíveis, porém serão incorporados em trabalhos publicados futuramente.

A atividade de dragagem durou cerca de um mês, logo seriam necessárias mais coletas o período onde um distúrbio estava sendo gerado no meio. Dados abióticos (temperatura, salinidade, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, clorofila) e de qualidade da água (nutriente) podem ser utilizados para o entendimento do comportamento da comunidade zooplanctônica durante uma dragagem. Bem como, a modelagem das correntes pode fornecer uma visão acerca da dispersão do distúrbio de turbidez gerado pela ressuspensão de sedimentos. Desse modo, fica evidenciado a importância de um monitoramento ambiental para a região que inclua aspectos da dinâmica populacional e do ciclo de vida da comunidade zooplanctônica.

8 REFERÊNCIAS

ALCARAZ, M & CALBET, Albert. (2003). **Zooplankton Ecology**. Marine ecology. pp 16. 2003.

ANUÁRIO DE FORTALEZA, 2012-2013. Disponível em:

<<http://www.docasdoceara.com.br/o-porto><http://www.anuariodefortaleza.com.br/infraestrutura/porto-do-mucuripe.php>>

ASLAN, J. PINTO, A. OLIVEIRA, M. **Poluição do meio ambiente marinho: um breve panorama dos princípios, instrumentos jurídicos e legislação brasileira**. Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas. 175. 10.18468/planetaamazonia.p175-186. 2017.

BONNET, D. FRID, C. **Seven copepod species considered as indicators of water-mass influence and changes: results from a Northumberland coastal station**. ICES Journal of Marine Science, Volume 61, Issue 4, Pages 485–491. 2004.

CABRAL, C. R. **Spatial-temporal dynamics of zooplankton in the Caravelas river estuary (Bahia, Brazil)**. 2009. 142 f. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

CAMPOS, C. C. GARCIA, T. M. NEUMAN-LEITÃO, S. SOARES, O. M. **Ecological indicators and functional groups of copepod assemblages**. *Ecological Indicators*. 83. 416. 10.1016/j.ecolind.2017.

COMPANHIA DOCAS DO CEARA. 2019. Disponível em:

<<http://www.docasdoceara.com.br/o-porto>>. Acesso em: 03 de março de 2019.

DIAS, J. A. POLETTE, M. Carmo, J.A. **Prefácio - As Zonas Costeiras no contexto dos Recursos Marinhos**. Revista da Gestão Costeira Integrada , v. 9, p. 3-5, 2009. Disponível em: < http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-168_Prefacio.pdf>.

FECHINE, J. A. L. **Alterações no Perfil Natural da Zona Costeira da Cidade de Fortaleza,**

Ceará, ao longo do Século XX. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

FERREIRA, A. G. MELLO, N. G. S. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região.** Revista brasileira de climatologia, v. 1, n. 1, 2005.

FONTELES-FILHO, Antonio Adauto. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros.** Expressão Gráfica e Editora: Ceará, 2011.

FORTE-NETO, J. B. BERETTA, M. FERREIRA, A. N. SOUZA, C. S. MAFALDA-JÚNIOR, P. O. **A variabilidade da biomassa planctônica sob influência da sazonalidade e da dragagem do porto de Aratú, Baía de Todos os Santos, Brasil.** TROPICAL OCEANOGRAPHY, v. 42, p. 230-242, 2014.

GARCIA, S. S. D. **A atividade portuária como garantidora do princípio da sustentabilidade.** Revista de Direito Econômico e Socioambiental. 3. 375. 10.7213/rev.dir.econ.socioambientalL. 2012.

GALLIENNE, C. P. ROBINS, D. B. **Is Oithona the most important copepod in the world's oceans?.** Journal of Plankton Research, v. 23, n. 12, p. 1421-1432, 2001.

GIBBONS, M. **An Introduction to the Zooplankton of the Benguela Current Region.** (1997).

GOMES, Abílio S.; PALMA, Jorge J. C. SILVA, C. G. **Causas e consequências do impacto ambiental da exploração dos recursos minerais marinhos.** Rev. Bras. Geof. 2000, vol.18, n.3, pp.447-454.

GOES FILHO, H. A. **Dragagem e Gestão de Sedimentos.** Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2004.

HOPCROFT, R. R.; ROFF, J. C.; LOMBARD, D. **Production of tropical copepods in Kingston Harbour, Jamaica: the importance of small species.** Marine Biology, v. 130, n. 4,

p. 593-604, 1998.

MELO-JUNIOR, M. NOGUEIRA, M. P. SCHWAMBORN, R. NEUMAN-LEITÃO, S. EKAU, W. **Fluxes of zooplankton biomass between a tidal estuary and the sea in Northeastern Brazil**. Brazilian Journal of Oceanography. (2007).

MORAES, A. C. R. A ocupação da zona costeira do Brasil: uma introdução. 1996. In: MORAES, A. C. R. **Contribuições Para a Gestão da Zona Costeira do Brasil. Elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro**. São Paulo: Hucitec/Edusp, 1999.

MORAIS, Jader Onofre de. **Aspectos do transporte de sedimentos no litoral do Município de Fortaleza, Estado do Ceará**. Arq. Ciên. do Mar, Fortaleza, v. 20. p. 71-100. 1980.

MATSUMURA-TUNDISI, T. **Aspectos ecológicos do zooplâncton da região lagunar de Cananéia com especial referência aos Copepoda (Crustácea)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. 1972.

NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. de O.; NASCIMENTO, D. **Zooplâncton dos estuários dos rios Massangana e Tatuoca, Suape (PE-Brasil)**. Arq. Biol. Tecnol, 35(2):341-360. 1992.

OMORI, M.; IKEDA, T. **Methods in marine zooplankton ecology**. New York: Wiley, 1984.

PARENTE, F. T. F. **Dispersão de materiais na região costeira de Fortaleza, CE - Brasil**. 64f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

PERBICHE-NEVES, G. PORTINHO, J. SERAFIM, M. **Zooplâncton**. Estudo de biologia: ambiente e diversidade. v. 34 n. 83. 2012.

REBOUÇAS, Roberto Bruno Moreira. **A influência portuária no modelado e reconfiguração da orla: o caso do Porto do Mucuripe e da Praia do Serviluz (Fortaleza, Ceará, Brasil)**. Dissertação de Mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia). Universidade Estadual do Ceará – UECE. Fortaleza – Ceará, 2010.

RODRIGUES, R. V. **A importância do zooplâncton na larvicultura de peixes marinhos.**

Aquaculture Brasil LTDA - ME. CNPJ 24.377.435/0001-18. 2017. Disponível em:

<<http://www.aquaculturebrasil.com/2017/09/26/importancia-do-zooplanton-na-larvicultura-de-peixes-marinhos>>.

SAUTOUR, B. CASTEL, J. **Feeding behaviour of the coastal copepod *Euterpina acutifrons* on small particles.** Cah. Biol. Mar, v. 34, n. 2, p. 239-251, 1993.

SILVA, A. P. et al. **Mesozooplankton of an impacted bay in North Eastern Brazil.** Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 47, n. 3, p. 485-493, 2004. ISSN 1516-8913.

Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151689132004000300020&nrm=i
[so](#)>.

SILVA, A. P. CABRAL, C. R. 62ª Reunião Anual da SBPC. **Mini-curso: Larvas do Plâncton Marinho.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 26 a 30 de julho de 2010.

Disponível em:

<<http://www.sbpnet.org.br/livro/62ra/minicursos/MC%20Andr%C3%A9%20Pinto%20Silva%20Camiila%20Rodrigues%20Cabral.pdf>>.

SIMPSON, J. H.; SHARPLES, J. **Introduction to the physical and biological oceanography of shelf seas.** Cambridge University Press, 2012.

SOARES, M.O. MATTHEWS-CASCON, H. RABAY, S. G. **Relatório da comunidade bentônica inconsolidada antes, durante e após a dragagem do porto do Mucuripe.** 2018.

TURNER, Jefferson T. **The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs.** Zoological studies, v. 43, n. 2, p. 255-266, 2004.