



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE

RAIANE COSTA SANTANA

Efeito da abertura de malha de peneiras na descrição da macrofauna bentônica estuarina em experimentos *in situ* de eutrofização e recolonização

RECIFE, 2022

RAIANE COSTA SANTANA

Efeito da abertura de malha de peneiras na descrição da macrofauna bentônica estuarina em experimentos *in situ* de eutrofização e recolonização

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Linha de pesquisa: Ecologia de do Bentos, pela Mestranda: Raiane Costa Santana com Orientação da Profª Drª Mônica Lúcia Botter- Carvalho - UFRPE.

RECIFE, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S232e

Santana, Raiane

Efeito da abertura de malha de peneiras na descrição da macrofauna bentônica estuarina em experimentos in situ de eutrofização e recolonização / Raiane Santana. - 2021.
77 f. : il.

Orientadora: Monica Lucia Botter- .
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Recife, 2022.

1. Macrofauna. 2. Eutrofização. 3. Defaunação. I. , Monica Lucia Botter-, orient. II. Título

CDD 574.5

RAIANE COSTA SANTANA

Efeito da abertura de malha de peneiras na descrição da macrofauna bentônica estuarina em experimentos *in situ* de eutrofização e recolonização

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Ecologia,

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Mônica Lúcia Botter-Carvalho (Orientadora e Presidente da Banca)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Dra. Ana Paula Maria Cavalcanti Valença de Barros (Titular externo)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof^ª. Dra. Simone Maria de Albuquerque Lira (Titular interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. Dr. Ralf Tarciso Silva Cordeiro (Suplente interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof^ª. Dra. Paula Braga Gomes (Suplente interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

*À minha família e aos muitos que
me ajudaram nessa jornada.
DEDICO com amor.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo da minha vida e não somente nestes anos como Pós-graduanda, mas em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Ao programa de Pós-graduação em Ecologia-PPGE e seu corpo docente que contribuíram com o meu desenvolvimento profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Capes pela concessão da bolsa.

À minha orientadora Professora Dr^a. Mônica Lúcia Botter Carvalho, pela oportunidade, apoio e orientação. Obrigada pela paciência e pelos ensinamentos que levarei para sempre comigo.

Ao Laboratório de Ecologia do Bentos Costeiro-LEBENC, pela assistência e infraestrutura. Agradeço também, aos amigos de laboratório: Paulo, Larissa, Nídia, Joyce, Marcos, Victor, Falber, Duda, Gabi, Wylly e Swane pelos trabalhos desenvolvidos em conjunto, as amizades e importante aprendizado neste tempo de convivência. Obrigada pela força e companheirismo!

A todos meus amigos de turma, aos quais tive a sorte de conhecer e cursar: Will, Dane, Eliz, Luana, Tici e Thiago. Obrigada pelos momentos de descontração e pela ajuda que sempre me ofereceram.

Às minhas amigas de apartamento: Nídia e Aline, pela amizade, acolhimento e apoio durante essa jornada. Valeu por tudo!

À minha família: minha mãe (Ana Claudia) e minha avó (Balbina Maria), meus irmãos e sobrinhos, por todo amor, apoio e dedicação durante todas as etapas da minha vida. E a, meu marido Tiago Chaves, pela paciência, pelos conselhos dados e por estar sempre me apoiando em todos os momentos, e agora compartilhando comigo a espera do nosso já amado filho, Francisco.

Agradeço, previamente, aos membros da banca, pela participação e pelas contribuições futuras.

E por fim a todos aqueles que de maneira direta e indireta, me ajudaram a conquistar mais esse mérito, com o desfecho deste trabalho.

Meu muito obrigada a todos!

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização da ilha de Itamaracá com destaque para as áreas de estudo. Quadrados com listras indicam as parcelas do experimento de defaunação; os pontilhados, as de eutrofização. 31
- Figura 2.** Desenho experimental de recolonização realizado em uma planície de maré no Canal de Santa Cruz (Itamaracá – PE) (extraído de Botter-Carvalho et al., 2011). 32
- Figura 3.** Desenho experimental utilizado no presente estudo. Na tabela (denominados pseudoreplicados), a localização das unidades de amostragem de classificação (grade numerada) é indicada, em cada dia de amostragem nos nove quadrados (réplicas dos tratamentos de Controle, Baixa Dose e Alta Dose) (Botter- Carvalho et al., 2014). 33
- Figura 4.** Experimento de Defaunação. Comparação de atributos univariados entre os tratamentos Controle e Defaunados durante o período de estudo (média ± desvio-padrão). A- Riqueza (S). B- Abundância (N), C- Equitabilidade de Pielou (J') e D- Diversidade de Shannon (H'). Asterisco (*) indica diferenças significativas entre tratamento/dia (n=3; PERMANOVA, testes pareados, *p < 0,05, **p < 0,01 e ***p < 0,001). 37
- Figura 5.** Comparação de atributos univariados entre os tratamentos Controle, Baixa Dose e Alta Dose durante o período de estudo (média ± desvio padrão). A. riqueza (S). B- Abundância (N), C- equitabilidade de Pielou (J') e D- Diversidade de Shannon (H'). Asterisco (*) indicam diferenças significativas entre tratamento/dia (n=3; PERMANOVA, testes pareados, *p<0,05, **p<0,01 e *** P<0,001). 40
- Figura 6.** Experimento de defaunação. Ordenação multidimensional não-métrica (MDS) com as abundâncias médias de táxons para os tratamentos T e controle C ao longo dos dias, utilizando a distância de Bray Curtis, transformada em log(x+1). D em cima dos triângulos indica os dias. A- Malha de 0,5mm. B- Malhas combinadas (0,5 +0,3mm). 42
- Figura 7.** Experimento de eutrofização. Ordenação multidimensional não-métrica (MDS) com as abundâncias médias de táxons para os tratamentos Controle (C), Alta Dose (AD) e Baixa Dose (BD) ao longo do período de amostragem, utilizando a distância de Bray Curtis, transformada em log(x+1). A- Malha de 0,5mm. B- Malha combinada (0,5 +0,3mm). 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise PERMANOVA a 3 fatores utilizando a abundância da macrofauna. Fatores fixos: Di (Dias 0, 1, 3, 5, 18, 35, 93 e 153), Tr (Tratamentos: Controle e Defaunado) e Ma (malhas: 0,5 e 0,5+0,3). A análise foi baseada na matriz de similaridade de Bray Curtis, transformada em $\log(x+1)$. Os valores destacados em negrito indicam diferenças significativas.
.....36

Tabela 2. Análise PERMANOVA a 3 fatores utilizando a abundância da macrofauna. Fatores fixos: Di (Dias 0, 26, 43, 71, 91 e 118), Tr (Tratamentos: Controle, Alta Dose e Baixa Dose) e Ma (malhas: 0,5 e 0,5+0,3). A análise foi baseada na matriz de similaridade de Bray Curtis, transformada em $\log(x+1)$. Os valores destacados em negrito indicam diferenças significativas.
.....39

Tabela 3. Resultado da PERMANOVA entre os dias (Di) e tratamentos (Tr) (Controle e Defaunado), durante o experimento de defaunação nas malhas 0,5mm e as malhas combinadas (0,5mm + 0,3mm).41

RESUMO

O presente estudo analisou como a escolha da abertura da malha da peneira influencia a descrição da macrofauna estuarina bentônica exposta experimentalmente a dois tipos de impacto (1) após evento simulado de hipoxia, levando à defaunação na área; (2) após eutrofização do sedimento com nutrientes inorgânico. Os dados foram obtidos em uma planície de maré no estuário do Canal de Santa Cruz, Itamaracá, Pernambuco. O sedimento foi defaunado após a cobertura por meio de uma lona preta por 70 dias e a recolonização pela macrofauna foi monitorada ao longo de 5 meses. No experimento de eutrofização, duas dosagens distintas de nutrientes inorgânicos (NPK) (alta dosagem e baixa dosagem) foram usadas, aplicadas semanalmente por 4 meses. Em laboratório, todas as amostras foram lavadas em peneiras com aberturas de 0,5mm e 0,3mm. Os atributos da macrofauna foram analisados por meio de técnicas uni e multivariadas. No experimento de defaunação a abundância total da macrofauna foi de 9.302 indivíduos, distribuídos em 27 táxons, sendo Naididae o mais abundante (77% na malha combinada e 63% na malha de 0,5mm) seguido por *Laenereis acuta* (14% e 26%, respectivamente). No experimento de eutrofização um total de 27.140 organismos foram coletados e distribuídos em 27 táxons. O táxon mais abundante na malha combinada foi Naididae (50%) e *L. acuta* (31%), similarmente ao observado na malha de 0,5mm (43% e 35%, respectivamente). O experimento de defaunação analisado na malha de 0,5mm mostrou baixa diversidade ($H' = 0,55$) destacando que o material retido nas peneiras combinadas ($H' = 0,74$) é importante nesse tipo de experimento, pois traz melhor acurácia dos táxons. Os resultados mostraram que diferentes metodologias apresentam diferenças significativas nos atributos da comunidade (e.g., composição, diversidade, riqueza e abundância). Os resultados mostraram o mesmo padrão temporal usando diferentes aberturas de malhas, mas com recuperação em diferentes dias. Enquanto a malha de 0,5mm mostrou recuperação apenas no dia 153, a combinada mostrou recuperação no dia 93. Independentemente dos tipos de malha, a análise SIMPER mostrou que as diferenças entre os tratamentos dos experimentos Defaunação e Eutrofização, com suas respectivas áreas controles, foram ocasionadas pela redução e/ou ausência de espécies, causada principalmente por anelídeos. Com a PERMANOVA detectou-se diferenças entre os tratamentos Defaunado e dias, enquanto no tratamento de Eutrofização só houve diferença entre os tratamentos alta e baixa dosagem nos dias finais (91 e 118). O padrão observado, por meio do MDS, mostrou separação entre tratamentos de Eutrofização ao longo do tempo usando malha combinada; tais diferenças não foram detectadas com o uso de apenas uma malha. Já no experimento de Defaunação os resultados foram similares entre as malhas. Assim, os resultados confirmaram que os procedimentos metodológicos (abertura de malhas) influenciam na descrição da comunidade macrobentônica em estudos experimentais de defaunação e eutrofização em ambientes estuarinos.

Palavras-chave: Macrofauna, Eutrofização, Defaunação.

ABSTRACT

The present work analyzed methodological criteria such as the choice of mesh opening influences the description of estuarine benthic macrofauna experimentally exposed to two sources of impact (1) after a simulated hypoxia event, leading to defaunation of the area (2) after eutrophication of sediment with inorganic nutrients. Data were collected on a muddy tide plain in the estuary of the Santa Cruz canal, Itamaracá, Pernambuco. The sediment was defaunated after cover with black canvas for 70 days and recolonization by macrofauna was monitored over 5 months. In the Eutrophication experiment, two distinct dosages of inorganic nutrients (NPK) (High Dose and Low Dose) were used, applied weekly over 4 months. In the defaunation experiment, the total abundance of macrofauna was 9,302 individuals, distributed in 27 taxons, with Naididae being the most abundant (77% in the combined mesh and 63% in the 0.5mm mesh) followed by *Laenereis acuta* (14% and 26%, respectively). In the eutrophication experiment a total of 27,140 organisms were collected and distributed in 27 taxons. The most abundant taxon in the combined mesh was Naididae (50%) and *L. acuta* (31%), similarly to that observed in the 0.5mm mesh (43% and 35%, respectively). The defaunation experiment analyzed in the 0.5mm mesh showed low diversity ($H' = 0.55$) highlighting that the material retained in the combined sieves ($H' = 0.74$) is important in this type of experiment, as it brings better accuracy of the taxons. The results showed that different methodologies present significant differences in community attributes (e.g., composition, diversity, richness and abundance). The results showed the same temporal pattern using different mesh openings, but with recovery on different days. While the 0.5mm mesh showed recovery only on day 153, the combined sieve showed recovery on day 93rd. Regardless of the types of mesh, the SIMPER analysis showed that the differences between the treatments of the Defaunation and Eutrophication experiments, with their respective control areas, were caused by the reduction and/or absence of species, mainly caused by Annelida. With PERMANOVA, differences were detected between defaunated treatments and days, while in the treatment of Eutrophication there was only difference between the high and low dosage treatments on the final days (91st and 118th). The pattern observed, through the MDS, showed separation between Eutrophication treatments over time using combined mesh; such differences were not detected with the use of only one mesh. In the Defaunation experiment, the results were similar between the meshes. Thus, the results confirmed that the methodological procedures (mesh opening) influence the description of the macrobenthic community in experimental studies of defaunation and eutrophication in estuarine environments.

Keywords: Macrofauna, Mesh size, Eutrophication, Defaunation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 Estuários e impactos antropogênicos	13
2.2 Efeito dos processos metodológicos: Abertura de malha de peneiras geológicas	14
3 OBJETIVOS	16
3.1 Objetivo Geral	16
3.2 Objetivos específicos	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
Capítulo 1 De que forma a escolha da abertura de malha de peneiras interfere na descrição dos atributos da macrofauna bentônica estuarina exposta a diferentes fontes de impacto?.....	27
RESUMO	27
1 INTRODUÇÃO	28
2 MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1 Área de estudo	30
2.2 Metodologia em campo	31
2.2.1 Experimento 1: Defaunação por hipoxia	31
2.2.2 Experimento 2: Eutrofização	33
2.4 Análises estatísticas	34
3 RESULTADOS	35
3.1 Abertura de malha de peneiras	35
3.1.2 Índices de diversidade	35
3.1.3 Recrutamento e variação temporal da comunidade	41
4 DISCUSSÃO	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
6 Apêndices	56
7 Anexos	63

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os estuários são reconhecidos como regiões que abrigam alguns dos mais produtivos ecossistemas, sustentando uma alta biodiversidade inter-relacionada em uma complexa teia trófica (ESPINO e VERDUGO, 1998; MCLUSCKY e ELLIOTT, 2004). No entanto, a posição estratégica que ocupam enquanto áreas de transição entre o continente e o mar conduziu a histórica concentração das atividades antrópicas nas áreas litorâneas e estuarinas, tornando-as mais expostas às perturbações (UNESCO, 1984; MCLUSCKY e ELLIOTT, 2004; WASSMAN e OLLI, 2005).

Os impactos antrópicos sobre os sistemas costeiros têm efeito direto na comunidade bentônica, as quais desempenham um importante papel no funcionamento do ecossistema, sendo importante recurso alimentar para os níveis tróficos superiores, como grandes crustáceos, peixes e aves (STEVENS et al., 2006; PINTO, 2009), além de apresentar um papel fundamental na ciclagem de nutrientes (DOUGLAS et al., 2017).

A comunidade bentônica tem sido amplamente utilizada como indicadores biológicos para avaliar a saúde ambiental de áreas costeiras devido a diversas vantagens: 1) baixa mobilidade, sendo representativos da área em que são coletados; 2) vivem e se alimentam dentro, sobre e/ou próximos aos sedimentos, onde substâncias orgânicas e inorgânicas (p. ex. as toxinas) tendem a acumular; 3) possuem variados tipos de respostas ao estresse ambiental; 4) facilidade de coletas quantitativas; 5) tolerância a um amplo gradiente de poluição; 6) ciclo de vida relativamente longo quando comparados aos outros organismos, permitindo uma análise de padrões e alterações temporais causadas após distúrbios; 7) grande diversidade biológica, resultando em uma maior variabilidade de respostas frente a diferentes tipos de impactos ambientais; 8) taxonomia relativamente simples ao nível de Família; 9) extensa literatura sobre os efeitos de poluição sobre o macrobentos (WARWICK, 1993, HERMAN et al., 1999; BORJA et al., 2000; NASI et al., 2020).

Dentro das comunidades bentônicas, o zoobentos pode ser definido segundo critério dimensional (tamanho). Esta classificação é baseada na abertura da malha de peneiras geológicas usadas para separar os organismos do sedimento: a megafauna (que inclui organismos maiores de 2 cm), o macrobentos (animais que ficam retidos em peneiras de abertura de malhas de 0,5 mm), o meiobentos (animais que ficam retidos em malhas de aberturas de 0,062 mm) e o microbentos (que passam por uma abertura de peneira de 0,062mm) (SOARES-GOMES et al., 2002). Embora alguns autores relatem essa classificação para o zoobentos de modo geral, para os macrobentos (macrofauna) a definição de tamanho passa por diferentes tamanhos de acordo com diferentes autores. Há aqueles que consideram como

macrofauna os organismos retidos em peneira com abertura de 1mm (THOMPSON et al., 2003), outros, em peneiras com abertura de malha de 0,5mm (COUTINHO e BERNARDINO, 2017; EGRES et al., 2019), e outros que optam por usar peneiras 0,3 mm (CLEMENTE et al., 2018) ou até menores (FARACO e LANA, 2003), não existindo uma padronização na escolha da abertura de malha.

Vários estudos com macrofauna mostram que os descritores biológicos como a diversidade, biomassa e abundância são fortemente influenciados pelo critério metodológico adotado, como a abertura da malha de peneiras geológicas (SCHLACHER e WOOLDRIDGE, 1996; TANAKA e LEITE 1998; GAGE et al., 2002; RODRIGUES et al., 2007; VALENÇA e SANTOS, 2013). Portanto, a escolha da abertura da malha da peneira é um elemento importante no processamento da amostra, pois influencia no número e tipo de organismos bentônicos retidos.

A escolha da abertura da malha da peneira deve ser considerada de acordo com alguns critérios, entre eles, o objetivo da pesquisa e o *habitat* avaliado (SCHLACHER e WOOLDRIDGE, 1996; COUTO et al., 2010; MONTAGNA et al., 2017). Há estudos que utilizam peneira de 1,0mm com a finalidade de avaliação de poluição ambiental (THOMPSON et al., 2003), enquanto outros usam a de 0,5 mm para trabalhos descritivos temporais e espaciais (SERRANO et al., 2006; SOUZA et al., 2016; COUTINHO e BERNARDINO, 2017), para avaliação de comunidades relacionados a fatores físicos (FLEMER et al., 1998), estudos experimentais de recolonização (GUERRA-GARCÍA e GARCÍA-GÓMEZ, 2006 ; GERN e LANA, 2013) e recuperação após distúrbios físicos (DERNIE et al., 2003), derramamento experimental de óleo (EGRES et al., 2019), estudos de enriquecimento orgânico e exclusão de predadores (POSEY et al., 2006; STEVENS et al., 2006). Peneira de 0,3 mm são utilizadas em trabalhos de variação sazonal (COLLING et al., 2007) e estudos experimentais de exclusão de predador (FERREIRA et al., 2005), enriquecimento inorgânico (BOTTER-CARVALHO et al., 2014), recolonização (FARACO e LANA, 2003; BOTTER-CARVALHO et al., 2011) e poluição por plásticos (CLEMENTE et al., 2018).

É possível notar uma tendência no uso de aberturas de malhas de peneiras 0,5 mm em diferentes *habitats* bentônicos, como em praias (GUERRA-GARCÍA e GARCÍA-GÓMEZ; 2006 CABRINI et al., 2016; COUTINHO e BERNARDINO, 2017) e sedimentos estuarinos (FLEMER et al., 1998; POSEY et al., 2006; STEVENS et al., 2006; GERN e LANA, 2013; SOUZA et al., 2016). Por outro lado, peneiras de abertura de malhas menores que 0,5mm são usadas em ambientes com características de grande variabilidade ambiental como estuários (COLLING et al., 2007; BOTTER-CARVALHO et al., 2014; BOTTER-CARVALHO et al., 2011; CLEMENTE et al., 2018) e manguezais (FARACO e LANA, 2003).

Diversos trabalhos foram realizados testando o efeito de diferentes aberturas de malha sobre a macrofauna bentônica. Em geral, as malhas de peneiras menores que 0,5 mm aumentam o tempo de processamento das amostras (lavar, classificar e identificar), em comparação a amostras peneiradas com malhas maiores (ex. 1,0 mm) (JAMES et al., 1995; SCHLACHER e WOOLDRIDGE, 1996; COUTO et al., 2010). Embora peneiras com aberturas de malhas maiores tenham o potencial de reduzir tempo de processamento das amostras, elas podem fornecer resultados subestimados em relação ao número de organismos na amostra, visto que podem reter somente uma fração do material coletado (TANAKA e LEITE 1998; RODRIGUES et al., 2007; COUTO et al., 2010; MONTAGNA et al., 2017).

Apesar de peneiras com abertura de malha 0,5mm sejam frequentemente usadas em ambientes estuarinos, o modelo de Pearson e Rosenberg (1978) prevê que espécies com características oportunistas, como tamanho reduzido, que predominam em locais impactados e/ou naturalmente estressados, apresentariam uma maior abundância. Conseqüentemente, peneiras de malhas menores (e.g., 0,3 mm) conseguiriam melhor representar as comunidades bentônicas desses ambientes.

Assim, surge a necessidade de saber se o uso de diferentes aberturas de malha influencia nas respostas obtidas no processamento de organismos da macrofauna bentônica submetidos a diferentes fontes de distúrbios. Dessa forma o presente estudo visa contribuir na padronização de protocolos metodológicos, analisando como a escolha da abertura de malha influencia na descrição dos atributos da macrofauna bentônica estuarina exposta a duas fontes de impacto: (1) após um evento simulado de hipóxia, levando à defaunação da área e (2) após eutrofização do sedimento com nutrientes inorgânicos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Estuários e impactos antropogênicos

Os estuários, como sistemas de transição entre ecossistemas terrestres, de água doce e marinhos, possuem uma dinâmica ambiental com mudanças graduais na salinidade, além de variações na composição e granulometria do sedimento e na quantidade de matéria orgânica disponível, influenciando no dinamismo das comunidades bentônicas (SILVA, 2000; MEDEIROS et al., 2016; MENEGOTTO et al., 2019). Juntamente com esses estressores naturais, os estuários também são submetidos a alto grau de impacto antrópico, exercendo influência na composição e distribuição das espécies (MEDEIROS et al., 2016).

As principais causas dos impactos antropogênicos nas regiões costeiras incluem derramamentos de óleo (SONG et al., 2011; LEE et al., 2019; SOARES et al., 2020), poluição por resíduos sólidos (DE ARAÚJO e DA COSTA 2007; CLEMENTE et al., 2018; LIMA et al., 2020) e metais pesados (CABRINI et al., 2016; CABRINI et al., 2018), despejos de efluentes urbanos (ELÍAS et al., 2003; ELÍAS et al., 2005 SÁNCHEZ et al., 2013), industriais e agrícolas (GDARA et al., 2018; EL ZRELLI et al., 2019), distúrbios físicos (DERNIE et al., 2003; TEACA et al., 2019) e aporte de nutrientes inorgânicos (LI et al., 2017; LEMLEY et al. 2019).

As fontes antropogênicas de nutrientes vêm de efluentes de esgoto e escoamento de terras agrícolas, sendo os principais contribuintes para a eutrofização. Por definição, a eutrofização é caracterizada como o aumento excessivo de nutrientes (e.g., nitrogênio e fosforo) no ambiente, sendo a maior causa global da degradação ambiental (HEIP, 1995; ANDERSEN et al., 2006). O efeito mais extremo da eutrofização é a drástica depleção de oxigênio das águas, induzindo à hipóxia ou até mesmo anoxia, o que resulta na eliminação completa de organismos (HEIP, 1995; BOTTER-CARVALHO et al., 2011).

Muitos estudos têm sido desenvolvidos usando respostas biológicas para avaliar e monitorar os principais efeitos da eutrofização em ecossistemas costeiros (WARWICK, 1993; LINTON e WARNER, 2003). As associações bentônicas têm sido apontadas como o componente biótico mais utilizado para estabelecer mudanças ambientes causadas por esse distúrbio (WARWICK, 1993). Diante disto, as comunidades infaunais bentônicas estuarinas têm sido foco de pesquisas, documentando mudanças no tamanho e estrutura diante da variação no suprimento de matéria orgânica e estresse devido à deficiência de oxigênio (hipóxia e anoxia) (PEARSON E ROSENBERG, 1978; BOTTER-CARVALHO et al., 2011).

A adição de nutrientes é uma forma eficiente de estudar os efeitos da eutrofização e vários experimentos de campo e em laboratório foram desenvolvidos para testar o efeito do

enriquecimento sobre o bentos (LEE, 1999; SMITH et al., 2001; KRAUFVELIN et al., 2002; BOKN et al., 2003; MORRIS e KEOUGH, 2003; FITCH e CROWE, 2012; BOTTER-CARVALHO et al., 2014; DOUGLAS et al., 2016).

Uma outra abordagem para testar explicitamente os efeitos mais adversos da eutrofização (hipóxia/anoxia) que culmina em defaunação, é a elucidação dos processos de recolonização das comunidades bentônicas e recuperação da fauna e do ambiente pós-distúrbio. Em estudos experimentais de defaunação, a capacidade de recuperação da fauna é avaliada através das mudanças sucessionais que ocorrem na estrutura da comunidade durante determinado período após o distúrbio (BOLAM et al., 2004; NEGRELLO FILHO et al., 2006; BOTTER-CARVALHO et al. 2011).

2.2 Efeito dos processos metodológicos: A abertura de malha de peneiras geológicas

Reish (1959) enfatizou a importância da abertura de malha na lavagem de amostras em estudos quantitativos de sedimentos marinhos. Desde então vários autores demonstraram a influência desta variável em parâmetros bentônicos em sistemas estuarinos (SCHLACHER e WOOLDRIDGE, 1996; RODRIGUES et al., 2007; COUTO et al., 2010; VALENÇA e SANTOS, 2013), comunidades epifaunais associadas a macrófitas (TANAKA e LEITE, 1998), aquicultura no ambiente marinho (LAMPADARIOU et al., 2005; LAMPADARIOU et al., 2008), águas costeiras marinhas (BACHELET, 1990; JAMES et al., 1995) e mar profundo (GAGE et al., 2002; PAVITHRAN et al., 2009; KARAKASSIS et al., 2013; HARTWELL e FUKUYAMA, 2015).

Há uma predominância no uso de aberturas de malha de 1,0mm e 0,5mm nos estudos com a macrofauna bentônica (FLEMER et al., 1998; DERNIE et al., 2003; THOMPSON et al., 2003; GUERRA-GARCÍA e GARCÍA-GÓMEZ, 2006; POSEY et al., 2006; SERRANO et al., 2006; STEVENS et al., 2006; GERN e LANA, 2013; SOUZA et al., 2016; VALENÇA et al., 2016; COUTINHO e BERNARDINO, 2017; EGRES et al., 2019; YIM et al., 2020). Entretanto não há uma padronização clara e os critérios para a escolha da malha são atribuídos a (1) tempo/custo de processamento do material coletado (lavar, classificar e identificar amostras); (2) objetivo do estudo; (3) grupos taxonômicos estudados; (4) o histórico do uso da abertura da malha no local de estudo, permitindo uma comparação de dados entre áreas.

Estudos comparativos entre malhas de tamanhos 0,5mm e 0,3mm foram realizados principalmente em ambientes de águas profundas (PAVITHRAN et al., 2009; MONTAGNA et al., 2017). A literatura mostra o uso de aberturas de malhas variando de 0,25 e 0,5mm em estudos de mar profundo, sendo justificado por alguns autores que o uso de peneiras menores seria mais

viável devido ao fato da maioria dos organismos do fundo do mar normalmente diminuir em tamanho com a profundidade da água, como uma adaptação à limitação alimentar (GAGE et al. 2002; PAVITHRAN et al., 2009). Embora que, em estuários, a peneira de 0,5mm seja mais usada, alguns estudos utilizaram peneiras de aberturas de malha 0,3mm ou até mesmo menores em estudos com áreas impactadas por uma ou várias fontes de distúrbio (COLLING et al., 2007; BOTTER-CARVALHO et al., 2014; BOTTER-CARVALHO et al., 2011; CLEMENTE et al., 2018). De tal modo, o uso dessa abertura de malha pode ter sido baseado no modelo de sucessão bentônica ao longo de gradientes de enriquecimento orgânico, o qual prevê o predomínio de espécies oportunistas, as quais, entre outras características, possuem tamanho corporal reduzido (PEARSON e ROSENBERG, 1978).

Em ambientes estuarinos, estudos comparativos entre malhas de tamanhos menores que 0,3mm e maiores que 0,5mm já foram realizados (SCHLACHER e WOOLDRIDGE, 1996; RODRIGUES et al., 2007; COUTO et al., 2010; VALENÇA e SANTOS, 2013). Entre estes destaca-se o estudo realizado por Valença e Santos (2013) em 12 áreas estuarinas tropicais. Os autores sugeriram o uso de peneiras com abertura de malha de 0,5mm (em comparação a 1mm) em ambientes com maior gradiente de poluição, visto que o uso de peneiras com aberturas de malha maiores pode subestimar os valores de densidade da macrofauna destes ambientes.

Esta revisão de literatura mostra que embora estudos relacionados a abertura de malha de peneira já tenham sido realizados em ambientes estuarinos, não há estudos que relatem de que forma a abertura de malha de peneira (0,5mm ou 0,3mm) interferem na descrição dos atributos da macrofauna bentônica expostas a diferentes distúrbios em um mesmo ambiente.

Com isso, hipotetizamos que i) diferentes aberturas de malhas (0,5 mm x 0,3mm) fornecem resultados distintos na descrição da abundância, composição taxonômica e estrutura da macrofauna bentônica em resposta à adição contínua de nutrientes inorgânicos (eutrofização) e à defaunação e ii) aberturas de malhas menores apresentam uma maior acurácia na descrição dos processos de recolonização e recuperação da macrofauna após distúrbio por hipóxia/anoxia.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar se a escolha de diferentes aberturas de malha de peneiras influencia na descrição da macrofauna bentônica estuarina exposta a diferentes tipos de impacto (defaunação por hipoxia e eutrofização)

3.2 Objetivos específicos

1. Avaliar, dentre os atributos da macrofauna (composição, diversidade, riqueza e abundância), quais são influenciados pelo uso de diferentes aberturas de malha no experimento de defaunação por hipoxia.
2. Avaliar, dentre os atributos da macrofauna (composição, diversidade, riqueza e abundância), quais são influenciados pelo uso de diferentes aberturas de malha no experimento de eutrofização.
3. Identificar eventuais diferenças e/ou padrões temporais no processo de recolonização da macrofauna bentônica no experimento de defaunação dependendo da abertura de malha escolhida.
4. Identificar eventuais diferenças e/ou padrões temporais na macrofauna bentônica em tratamentos de alta e baixa dose de nutrientes inorgânicos (experimento de eutrofização) dependendo da abertura de malha escolhida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, J. H.; SCHLÜTER, L.; ÆRTEBJERG, G. Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. **Journal of Plankton Research**, v. 28, n. 7, p. 621-628, 2006. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbl001>

BACHELET, G. The choice of a sieving mesh size in the quantitative assessment of marine macrobenthos: a necessary compromise between aims and constraints. **Marine Environmental Research**, v. 30, n. 1, p. 21-35, 1990. [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(90\)90008-C](https://doi.org/10.1016/0141-1136(90)90008-C)

BOKN, T. L.; DUARTE, C. M.; PEDERSEN, M. F.; MARBA, N.; MOY, F. E.; BARRÓN, C.; BJERKENG, B.; BORUM, J.; CHRISTIE, H.; ENGELBERT, S.; FOTEL, F. L.; HOELL, E. E.; KAREZ, R.; KERSTING, K.; KRAUFVELIN, P.; LINDBLAD, C.; OLSEN, M.; SANDERUD, K. A.; SOMMER, U.; SØRENSEN, K. The response of experimental rocky shore communities to nutrient additions. **Ecosystems**, v. 6, n. 6, p. 577-594, 2003. <https://doi.org/10.1007/s10021-002-0108-6>

BOLAM, S.G.; WHOMERSLEY, P.; SCHRATZBERGER, M. Macrofaunal recolonization on intertidal mudflats: effect of sediment organic and sand content. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 306, n. 2, p. 157-180, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.01.007>

BORJA, A.; FRANCO, J.; PÉREZ, V. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 40, n. 12, p. 1100-1114, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00061-8](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00061-8)

BOTTER-CARVALHO, M.L.; CARVALHO, P.V.V.C.; VALENÇA, A.P.M.C.; SANTOS, P.J.P. Estuarine macrofauna responses to continuous in situ nutrient addition on a tropical mudflat. **Marine Pollution Bulletin**, v. 83, n. 1, p. 214-223, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.049>

BOTTER-CARVALHO, M.L.; CARVALHO, PVVC; SANTOS, PJP. Recovery of macrobenthos in defaunated tropical estuarine sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1867-1876, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.04.044>

CABRINI, T.; BARBOZA, C.; SKINNER, V.; HAUSER-DAVIS, R.; CHAVEZ ROCHA, R.; SAINT'PIERRE, T.; VALENTIN, J.; CARDOSO, R. Heavy metal contamination in sandy beach macrofauna communities from the Rio de Janeiro coast, Southeastern

Brazil. **Environmental Pollution**, v. 221, p. 116-129, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.053>

CABRINI, T.M.B.; BARBOZA, C.A.M.; SKINNER, V.B.; HAUSER-DAVIS, R.A.; ROCHA, R.C.; SAINTPIERRE, T.D.; VALENTIN, J.L.; CARDOSO, R.S. Investigating heavy metal bioaccumulation by macrofauna species from different feeding guilds from sandy beaches in Rio de Janeiro, Brazil. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 162, p. 655-662, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.077>

CLEMENTE, C.C.C; PARESQUE, K; SANTOS, P.J. The effects of plastic bags presence on a macrobenthic community in a polluted estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 135, p. 630-635, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.070>

COLLING, L.A.; BEMVENUTI, C.E.; GANDRA, M.S. Seasonal variability on the structure of sublittoral macrozoobenthic association in the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 97, n. 3, p. 257-262, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212007000300007>

COUTINHO, S.C. e BERNARDINO, A.F. Spatial and seasonal changes in benthic macrofauna from two dissipative sandy beaches in eastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 65, n. 4, p. 666-677, 2017. <https://doi.org/10.1590/s1679-87592017115806504>

COUTO, T.; PATRÍCIO, J.; NETO, J.M; CEIA, F.R; FRANCO, J.; MARQUES, J.C. The influence of mesh size in environmental quality assessment of estuarine macrobenthic communities. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 6, p. 1162-1173, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.03.019>

DE ARAÚJO, M.C.B.; DA COSTA, M.F. Visual diagnosis of solid waste contamination of a tourist beach: Pernambuco, Brazil. **Waste Management**, v. 27, n. 6, p. 833-839, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.04.018>

DERNIE, K.M.; KAISER, M.J.; RICHARDSON, E.A.; WARWICK, R.M. Recovery of soft sediment communities and habitats following physical disturbance. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 285, p. 415-434, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(02\)00541-5](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(02)00541-5)

DOUGLAS, E.J.; PILDITCH, C.A.; HINES, L.V., KRAAN, C.; THRUSH, S.F. In situ soft sediment nutrient enrichment: A unified approach to eutrophication field experiments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 111, n. 1-2, p. 287-294, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.096>

DOUGLAS, E.J.; PILDITCH, C.A.; KRAAN, C.; SCHIPPER, L.A.; LOHRER, A.M.; THRUSH, S. Macrofaunal functional diversity provides resilience to nutrient enrichment in coastal sediments. **Ecosystems**, v. 20, n. 7, p. 1324-1336, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0113-4>

EGRES, A.G.; HATJE, V.; GALLUCCI, F.; MACHADO, M.E.; BARROS, F. Effects of an experimental oil spill on the structure and function of benthic assemblages with different history of exposure to oil perturbation. **Marine Environmental Research**, v. 152, p. 104822, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104822>

EL ZRELLI, R.; RABAOUI, L.; BEN ALAYA, M.; CASTET, S.; ZOUITEN, C.; BEJAOU, N.; COURJAULT-RADE, P. Decadal effects of solid industrial wastes on the coastal environment: Gulf of Gabes (Tunisia, Southern Mediterranean Sea) as an example. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 224, p. 281-288, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.04.021>

ELÍAS, R.; RIVERO, M.S; VALLARINO, E.A. Sewage impact on the composition and distribution of Polychaeta associated to intertidal mussel beds of the Mar del Plata rocky shore, Argentina. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 93, n. 3, p. 309-318, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212003000300009>

ELÍAS, R.; PALACIOS, J.R.; RIVERO, M.S.; VALLARINO, E.A. Short-term responses to sewage discharge and storms of subtidal sand-bottom macrozoobenthic assemblages off Mar del Plata City, Argentina (SW Atlantic). **Journal of Sea Research**, v. 53, n. 4, p. 231-242, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2004.08.001>

ESPINO, D. L.G; VERDUGO, F. F. Nutrient Fluxes in Sediment (NH₄⁺ and PO₄³⁻) in NW Coastal Lagoon Mexico Associated with an Agroindustrial Basin. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 107, n. 1-4, p. 105-120, 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1004913711608>

FARACO, L.F.D; LANA, P.C. Response of polychaetes to oil spills in natural and defaunated subtropical mangrove sediments from Paranaguá bay (SE Brazil). In: **Advances in Polychaete Research**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 321-328. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0655-1_30

FERREIRA, W.L.S; BEMVENUTI, C.E; ROSA, L.C. Effects of the shorebirds predation on the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon, south Brazil. **Thalassas: An International Journal of Marine Sciences**. 2005. <http://repositorio.furg.br/handle/1/1925>

FITCH, J.E.; CROWE, T. P. Combined effects of inorganic nutrients and organic enrichment on intertidal benthic macrofauna: an experimental approach. **Marine Ecology Progress Series**, v. 461, p. 59-70, 2012. <https://doi.org/10.3354/meps09819>

FLEMER, D.A. et al. The relative influence of hypoxia, anoxia, and associated environmental factors as determinants of macrobenthic community structure in a Northern Gulf of Mexico estuary. **Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery**, v. 6, n. 4, p. 311-327, 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1009997713109>

FLOTHMANN, S. WERNER, I. Experimental eutrophication on an intertidal sandflat: effects on microphytobenthos, meio- and macrofauna. **Marine Eutrophication and Population Dynamics**. Open and Olsen, 1992, 93-100.

GAGE, J.D.; HUGHES, D. J.; GONZALEZ V.J.L. Sieve size influence in estimating biomass, abundance and diversity in samples of deep-sea macrobenthos. **Marine Ecology Progress Series**, 225: 97–107. 2002. doi: 10.3354 / meps225097

GDARA, I.; ZRAFI, I.; BALDUCCI, C.; CECINATO, A.; GHRABI, A. Seasonal occurrence, source evaluation and ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in industrial and agricultural effluents discharged in Wadi El Bey (Tunisia). **Environmental Geochemistry and Health**, v. 40, n. 4, p. 1609-1627, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0075-2>

GERN, F.R.; LANA, P.C. Reciprocal experimental transplantations to assess effects of organic enrichment on the recolonization of benthic macrofauna in a subtropical estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 67, n. 1-2, p. 107-120, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.026>

GRALL, J.; CHAUVAUD, L. Marine eutrophication and benthos: the need for new approaches and concepts. **Global Change Biology**, v. 8, n. 9, p. 813-830, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00519.x>

GUERRA-GARCÍA, J.M.; GARCÍA-GÓMEZ, J.C. Recolonization of defaunated sediments: fine versus gross sand and dredging versus experimental trays. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 68, n. 1-2, p. 328-342, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.01.021>

HARTWELL, S.I.; FUKUYAMA, A.K. The effects of sieve size on benthic community composition analysis. **Journal of Coastal Research**, v. 31, n. 6, p. 1531-1536, 2015. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-14-00082.1>

HEIP, C. Eutrophication and Zoobenthos dynamics. **Ophelia**, 41(1), 113–136. 1995. <https://doi.org/10.1080/00785236.1995.10422040>

HERMAN, P.M.; MIDDELBURG, J.J.; KOPPEL, J.V.; HEIP, C.H. Ecology of estuarine macrobenthos. **Advances in ecological research**, v. 29, n. 780, p. 195-240, 1999.

ISLAM, M.S.; KHAN, S; TANAKA, M. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49, n. 1-2, p. 103-110, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.01.018>

JAMES, R.J.; SMITH, M.P.L.; FAIRWEATHER, P.G. Sieve mesh-size and taxonomic resolution needed to describe natural spatial variation of marine macrofauna. **Marine Ecology Progress Series**, v. 118, p. 187-198, 1995. doi: 10.3354 / meps118187

KARAKASSIS, I.; DIMITRIOU, P.D.; PAPAGEORGIOU, N.; APOSTOLAKI, E.T.; LAMPADARIOU, N.; BLACK, K.D. (2013). Methodological considerations on the coastal and transitional benthic indicators proposed for the Water Framework Directive. **Ecological Indicators**, v. 29, p. 26-33, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.12.020>

KRAUFVELIN, P., CHRISTIE, H.; Olsen, M. Littoral macrofauna (secondary) responses to experimental nutrient addition to rocky shore mesocosms and a coastal lagoon. **Hydrobiologia**. 484: 149-166. 2002. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3190-4_13

LAMPADARIOU, N.; KARAKASSIS, I.; PEARSON, T.H. Cost/benefit analysis of a benthic monitoring programme of organic benthic enrichment using different sampling and analysis methods. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, n. 12, p. 1606-1618, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.030>

LAMPADARIOU, N.; AKOUMIANAKI, I.; KARAKASSIS, I. Use of the size fractionation of the macrobenthic biomass for the rapid assessment of benthic organic enrichment. **Ecological Indicators**, v. 8, n. 5, p. 729-742, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.01.003>

LEE, S. Y. Tropical mangrove ecology: physical and biotic factors influencing ecosystem structure and function. **Australian Journal of Ecology**, v. 24, n. 4, p. 355-366, 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.1999.00984.x>

LEE, J.; KIM, T.; YOON, S.J.; KIM, S.; LEE, A.H.; KWON, B.O.; KHIM, J.S. Multiple evaluation of the potential toxic effects of sediments and biota collected from an oil-polluted area around Abu Ali Island, Saudi Arabia, Arabian Gulf. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 183, p. 109547, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109547>

LEMLEY, D.A.; ADAMS, J.B.; BORNMAN, T.G.; CAMPBELL, E.E.; DEYZEL, S.H. Land-derived inorganic nutrient loading to coastal waters and potential implications for nearshore plankton dynamics. **Continental Shelf Research**, v. 174, p. 1-11, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2019.01.003>

LI, H.; ZHANG, Y.; TANG, H.; SHI, X.; RIVKIN, R.B.; LEGENDRE, L. Spatiotemporal variations of inorganic nutrients along the Jiangsu coast, China, and the occurrence of macroalgal blooms (green tides) in the southern Yellow Sea. **Harmful Algae**, v. 63, p. 164-172, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2017.02.006>

LIMA, A.R.; SILVA, M.D.; POSSATTO, F.E.; FERREIRA, G.V.; KRELLING, A.P. Plastic Contamination in Brazilian Freshwater and Coastal Environments: A Source-to-Sea Transboundary Approach. In: The Handbook of Environmental Chemistry. **Springer, Berlin, Heidelberg**. 2020. https://doi.org/10.1007/698_2020_514

LINTON, D.M.; WARNER, G.F. Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated coastal management. **Ocean & Coastal Management**, v. 46, n. 3-4, p. 261-276, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(03\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(03)00007-3)

MCLUSKY, D.S.; ELLIOTT, M. **The estuarine ecosystem: Ecology, threats, and management**. Oxford University Press, 2004.

MEDEIROS, C.R.; HEPP, L.U.; PATRICIO, J.; MOLOZZI, J. Tropical estuarine macrobenthic communities are structured by turnover rather than nestedness. **PLoS One**, v. 11, n. 9, p. e0161082, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161082>

MENEGOTTO, A; DAMBROS, C.S.; NETTO, S.A. The scale-dependent effect of environmental filters on species turnover and nesting in an estuarine benthic community. **Ecology**, v. 100, n. 7, p. e02721, 2019. <https://doi.org/10.1002/ecy.2721>

MONTAGNA, P.A.; BAGULEY, J.G.; HSIANG, C.Y.; REUSCHER, M.G. Comparison of sampling methods for deep-sea infauna. **Limnology and Oceanography: Methods**, v. 15, n. 2, p. 166-183, 2017. <https://doi.org/10.1002/lom3.10150>

MORRIS, L.; KEOUGH, M.J. Variation in the response of intertidal infaunal invertebrate to nutrient additions: field manipulations at two sites within Port Phillip Bay, Australia. **Marine Ecology Progress Series**, 2003, 250: 35-49. doi: 10.3354 / meps250035

NEGRELLO FILHO, O. A.; UNDERWOOD, A. J.; CHAPMAN, M. G. Recolonization of infauna on a tidal flat: an experimental analysis of modes of dispersal. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 328, n. 2, p. 240-250, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2005.07.008>

WASSMANN, P.; OLLI, K.; Drainage basin nutrient inputs and eutrophication: an integrated approach. **University of Tromsø, Norway**, 2005.

PAVITHRAN, S.; INGOLE, B.; NANAJKAR, M.; GOLTEKAR, R. Importance of sieve size in deep-sea macrobenthic studies. **Marine Biology Research**, v. 5, n. 4, p. 391-398, 2009. <https://doi.org/10.1080/17451000802441285>

PEARSON, T. H. e ROSENBERG, R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the environment. **Oceanography and Marine Biology Annual Review**, 16: 229-311, 1978. <https://doi.org/10.1080/17451000802441285>

PINTO, V. C. **Ecologia e qualidade ecológica de comunidades de macroinvertebrados bentônicos em zonas costeiras e estuarinas: abordagem comparativa**. 2009. 111f. Dissertação (Mestrado em ecologia marinha). Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências. Almada. <http://hdl.handle.net/10451/1481>

POSEY, M.H.; ALPHIN, T.D.; CAHOON, L. Benthic community responses to nutrient enrichment and predator exclusion: influence of background nutrient concentrations and interactive effects. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 330, n. 1, p. 105-118, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2005.12.020>

REISH, D. J. A discussion of the screen size in washing quantitative marine bottom samples. **Ecology**, 10 (2): 307-309. 1959. <https://doi.org/10.2307/1930047>

RIEDEL, B.; ZUSCHIN, M.; HASELMAIR, A.; STACHOWITSCH, M. Oxygen depletion under glass: Behavioural responses of benthic macrofauna to induced anoxia in the Northern Adriatic. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 367, n. 1, p. 17-27, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.08.007>

RODRIGUES, A.M.; MEIRELES, S.; PEREIRA, T.; QUINTINO, V. Spatial heterogeneity recognition in estuarine intertidal benthic macrofaunal communities: influence of sieve mesh-size and sampling depth. **Hydrobiologia** 587, 37–50, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-0684-8>

SÁNCHEZ, M.A.; JAUBET, M.L.; GARAFFO, G.V.; ELÍAS, R. Spatial and long-term analyses of reference and sewage-impacted sites in the SW Atlantic (38 S, 57 W) for the assessment of sensitive and tolerant polychaetes. **Marine Pollution Bulletin**, v. 74, n. 1, p. 325-333, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.06.033>

SCHLACHER, T.A.; WOOLDRIDGE, T.H. How sieve mesh size affects sample estimates of estuarine benthic macrofauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 201, n. 1-2, p. 159-171, 1996. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(95\)00198-0](https://doi.org/10.1016/0022-0981(95)00198-0)

SERRANO, A. SÁNCHEZ, F.; PRECIADO, I.; PARRA, S.; FRUTOS, I. Spatial and time changes in benthic communities of the Galega continental shelf after the Prestige oil spill. **Marine Pollution Bulletin**, v. 53, n. 5-7, p. 315-331, 2006. doi: 10.1016/j.marpolbul.2005.09.030

SILVA, M. G. Estuário - Critérios para uma classificação ambiental. **Revista Brasileira De Recursos Hídricos**. v. 5, n. 1, 2000. p. 25-35

SMITH, J.E.; SMITH C.M.; HUNTER, C.L. An experimental analysis of the effects of herbivory and nutrient enrichment on benthic communities dynamics on a Hawaiian reef. **Coral Reefs**, 2001, 19: 332-342. <https://doi.org/10.1007/s003380000124>

SOARES, M.; TEIXEIRA, C.E.P.; BEZERRA, L.E.A.; PAIVA, S.V.; TAVARES, T.C.L.; GARCIA, T.M.; CAVALCANTE, R.M. Oil spill in South Atlantic (Brazil): Environmental and governmental disaster. **Marine Policy**, v. 115, p. 103879, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103879>

SOARES-GOMES, A.; PAIVA, P.C.; SUMIDA, P.Y.G. Bentos de Sedimentos Não Consolidados. In: Pereira, R.C.; Soares-Gomes, A. (eds.). *Biologia Marinha, Interciência*, p. 127-146, Rio de Janeiro, 2002.

SONG, S.K.; SHON, Z.H.; KIM, Y.K.; KANG, Y.H.; KIM, K.H. An oil spill accident and its impact on ozone levels in the surrounding coastal regions. **Atmospheric Environment**, v. 45, n. 6, p. 1312-1322, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.11.055>

SOUZA, F.M.; BRAUKO, K.M.; GILBERT, E.R.; MARTINS, C.C.; LANA, P.C.; CAMARGO, M.G. Complex spatial and temporal variation of subtropical benthic macrofauna under sewage impact. **Marine Environmental Research**, v. 116, p. 61-70, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.02.008>

STEVENS, M.; CUVELIERS, E.; MAES, J.; OLLEVIER, F. Direct and indirect effects of predation on an intertidal benthic community. **Intertidal and basin-wide habitat use of fishes in the Scheldt estuary**, p. 61, 2006.

TANAKA, M.O.; LEITE, F.P.P. The effect of sieve mesh size on the abundance and composition of macrophyte-associated macrofaunal assemblages. **Hydrobiologia**, 389: 21–28. 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1003589404593>

TEACA, A.; MURESAN, M.; BEGUN, T.; POPA, A.; ION, G. Marine benthic habitats within a physical disturbed site from the Romanian coast of the Black Sea. **Journal of Environmental Protection and Ecology**, v. 20, n. 2, p. 723-732, 2019.

THOMPSON, B.W.; RIDDLE, M.J.; STARK, J.S. Cost-efficient methods for marine pollution monitoring at Casey Station, East Antarctica: the choice of sieve mesh-size and taxonomic resolution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 2, p. 232-243, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00366-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00366-1)

UNESCO. Eutrophication in coastal marine areas and lagoons: a case study of ‘Lac de Tunis’. **UNESCO Reports in Marine Science**, 1984, n. 29. (eds. Kelly, M. e Naguib, M.). 52p.

VALENÇA, A.P.M.C; DOS SANTOS, P.J.P. Macrobenthic community structure in tropical estuaries: the effect of sieve mesh-size and sampling depth on estimated abundance, biomass and composition. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 93, n. 6, p. 1441-1456, 2013. DOI:10.1017/S0025315413000039

VALENÇA, A.P.; CLEMENTE, C. C.; NEVES, J.R.; SILVA, J.F.; BEZERRA, R.S.; BOTTER-CARVALHO, M.L.; SANTOS, P.J. Effects of algal mats on a tropical estuarine benthic system: sediment biogeochemistry and macrofauna. **Hydrobiologia**, v. 775, n. 1, p. 197-211, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2730-x>

VETTER, E.W. Enrichment experiments and infaunal population cycles on a Southern California sand plain: response of the leptostracan *Nebalia daytoni* and other infauna. **Marine Ecology Progress Series**, v. 137, p. 83-93, 1996. doi: 10.3354 / meps137083

WARWICK, R.M. Environmental impact studies on marine communities: Pragmatical considerations. **Australian Journal of Ecology**. 18: 63-80. 1993. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00435.x>

WIDBOM, B.; FRITHSEN, J.B. Structuring factors in a marine soft bottom community during eutrophication – an experimental with radio-labelled phytodetritus. **Oecologia**. 101: 156-168. 1995. <https://doi.org/10.1007/BF00317279>

YIM, U.H.; HONG, S.; LEE, C.; KIM, M.; JUNG, J.H.; HA, S.Y.; SHIM, W. J. Rapid recovery of coastal environment and ecosystem to the Hebei Spirit oil spill's impact. **Environment International**, v. 136, p. 105438, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105438>

Manuscrito a ser submetido à revista *Marine Pollution Bulletin*

(A1 em Biodiversidade)

(Normas do periódico no anexo II)

Capítulo 1: De que forma a escolha da abertura de malha de peneiras interfere na descrição dos atributos da macrofauna bentônica estuarina exposta a diferentes fontes de impacto?

RESUMO

Os efeitos da eutrofização e hipóxia têm impacto direto na biodiversidade, abundância e biomassa das comunidades bentônicas. Trabalhos que buscam analisar tais impactos utilizam peneiras para triagem dos organismos, muitas vezes de tamanhos diferentes, o que pode gerar vieses nos resultados. Dessa forma o presente trabalho analisou como a escolha da abertura da malha da peneira influencia na avaliação da macrofauna estuarina em duas situações experimentais: na recolonização após um evento simulado de hipóxia e após eutrofização do sedimento com nutrientes inorgânicos em diferentes dosagens: baixa e alta. Os experimentos foram conduzidos em áreas de uma planície de maré, no Cana de Santa Cruz, Pernambuco. Os resultados demonstraram que a abertura de malha influenciou na descrição dos atributos da comunidade, e.g. Riqueza, Equitabilidade, Diversidade e, principalmente, na Abundância, nos diferentes distúrbios (Defaunação e Eutrofização). Diferenças obtidas com diferentes tamanhos de malha foram evidentes em ambos os experimentos, sobretudo na dosagem da eutrofização, onde o uso das malhas combinadas não detectou diferença entre o tratamento Baixa Dosagem com o Controle, enquanto para o experimento de Defaunação a diferença foi menor. Mesmo com o diferente uso de malhas, houve detecção de mudança temporal, embora com pequenas diferenças dos dias. Considera-se que a escolha da abertura da peneira seja de forma planejada de acordo com objetivos e hipóteses e que pesquisadores levem em consideração as aberturas utilizadas nos demais estudos para fins de comparação.

Palavras chaves: Abertura de malha, Eutrofização, Defaunação, Experimentos.

1. INTRODUÇÃO

O aporte excessivo de nutrientes nos estuários e águas costeiras leva à eutrofização e hipóxia, comprometendo significativamente a saúde do ecossistema (LE MOAL et al., 2019). Embora a eutrofização e a hipoxia e/ou anoxia ocorram naturalmente em muitos ecossistemas, a entrada de nutrientes de forma antrópica tem aumentado em termos de frequência e extensão (ANDERSEN et al., 2006).

Os efeitos da eutrofização e hipóxia têm impacto direto na biodiversidade, abundância e biomassa das comunidades bentônicas, podendo levar a perda dos serviços ecossistêmicos oferecidos por estas comunidades (DIAZ e ROSENBERG 2011; HALE et al., 2016). As funções do ecossistema impulsionadas pela biodiversidade bentônica têm importância global, que inclui o ciclo biogeoquímico, metabolismo e soterramento de poluentes (bioturbação) (KRISTENSEN et al., 2014; EHRNSTEN et al., 2020), além da produção secundária (SALIMI, et al., 2021). Além disso, os componentes desta comunidade são fontes de alimentos para níveis tróficos mais elevados (PINTO, 2009), e, devido sua ampla distribuição, alta biodiversidade, mobilidade limitada e requisitos ecológicos específicos (WARWICK, 1993), assembleias da macrofauna têm sido amplamente utilizadas para detecção e monitoramento dos efeitos dos distúrbios antropogênicos (THOMPSON et al., 2003; CABRINI et al., 2018).

A análise dos descritores bentônicos (e.g., diversidade, biomassa e abundância) pode ser influenciada pelo tamanho da abertura das malhas de peneiras geológicas usadas no processamento das amostras biológicas, podendo levar a diferentes interpretações sobre a comunidade bentônica, visto que influencia no tipo e número de organismos retidos (GAGE et al., 2002; RODRIGUES et al., 2007; VALENÇA e SANTOS 2013; MONTAGNA et al., 2017). Embora seja extremamente fundamental no processamento da amostra, não há uma padronização na escolha da abertura da malha, sendo selecionada de forma mais logística e cultural da equipe de pesquisa.

De modo geral, o tamanho da abertura da malha usada depende do habitat e dos objetivos do estudo. Em ambientes de águas rasas, como estuários, frequentemente são usadas peneiras com aberturas de malhas 0,5 mm para o processamento da amostra (VALENÇA e SANTOS, 2013; AMORIM et al., 2020). Entretanto há pesquisas realizadas em ambientes estuarinos com aberturas de malhas menores, i.e., 0,3 mm. Trabalhos que objetivaram comparar a eficiência da abertura da malha da peneira de tamanho 0,5 mm e 0,3 mm foram realizados principalmente em mar profundo, visto que, o tamanho da macrofauna bentônica normalmente diminui com a profundidade da água (PAVITHRAN et al., 2009; MONTAGNA et al., 2017). Tais autores destacam que o uso da peneira 0,5 mm subestima a abundância da macrofauna, e

a estrutura da comunidade bentônica é alterada quando espécies menores que são retidas apenas na malha fina de 0,3 mm são descartadas, sendo peneiras de abertura de malha de menor tamanho mais adequadas para avaliação da macrofauna de águas profundas.

Em ambientes impactados o modelo de Pearson e Rosenberg (1978) prevê a predominância de espécies com características oportunistas, como tamanho reduzido. Dessa forma, é necessário rever se as aberturas de malhas das peneiras de 0,5 mm (ou maiores) interferem na descrição dos atributos da macrofauna bentônica estuarina sob influência de distúrbios. A literatura tem mostrado o uso recorrente de peneiras 0,3 mm em estudos de ambientes impactados e com características de grande variabilidade ambiental, como os estuários (COLLING et al., 2007; CLEMENTE et al., 2018). No entanto, não há um consenso sobre qual tamanho de abertura de malha seria o mais apropriado para descrição e análise da macrofauna bentônica estuarina exposta a uma ou mais fontes de impacto, dentro de uma relação de custo-benefício (tempo de processamento de amostras e acurácia da informação).

Diante do exposto, temos as seguintes hipóteses: i) Diferentes aberturas de malhas (0,5 mm x 0,3mm) fornecem resultados distintos na descrição da abundância, composição taxonômica e estrutura da macrofauna bentônica em resposta à adição contínua de nutrientes inorgânicos (eutrofização) e à defaunação. ii) Aberturas de malhas menores apresentam uma maior acurácia na descrição dos processos de recolonização e recuperação da macrofauna após distúrbio por hipóxia/anoxia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo ($7^{\circ}46.184'S$ e $34^{\circ}52.926'W$) está geograficamente situada na Ilha de Itamaracá, no litoral Norte de Pernambuco e pertence a Área de Proteção Ambiental (APA) de Santa Cruz. A ilha é separada do continente por um braço de mar (Canal de Santa Cruz), no qual desembocam vários rios insulares e continentais pertencentes às bacias dos rios Botafogo-Arataka e Itapessoca, ao norte e à bacia do rio Igarassu, ao sul (Figura 1). O complexo estuarino do Canal de Santa Cruz, em Itamaracá, pode ser considerado um dos ecossistemas mais importantes do estado de Pernambuco por sua alta diversidade faunística e elevada produtividade. É constituído por diferentes ambientes, representado pelo Canal de Santa Cruz propriamente dito, áreas ribeirinhas e plataforma continental adjacente. Cada um dos subsistemas ecológicos apresenta condições físico-químicas peculiares, associações bióticas particulares, entre as quais se incluem grupos micro- e macrofaunísticos específicos (CPRH, 2014).

A Área de Proteção Ambiental (APA) de Santa Cruz foi criada através do Decreto Estadual nº 32.488 de 17 de outubro de 2008, com objetivos básicos de proteger a diversidade biológica, organizar o processo de ocupação humana e garantir a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Ainda assim, o Canal de Santa Cruz vem enfrentando problemas ambientais decorrentes de descargas de dejetos. Atualmente, a carcinicultura, as indústrias, monocultura de cana de açúcar, a poluição por esgotos domésticos, a pesca predatória realizada com bombas, veneno e redes de malha fina e a ocupação antrópica desordenada vem sendo os principais motivos que geram degradação a este sistema estuarino (COUTINHO et al., 2018).

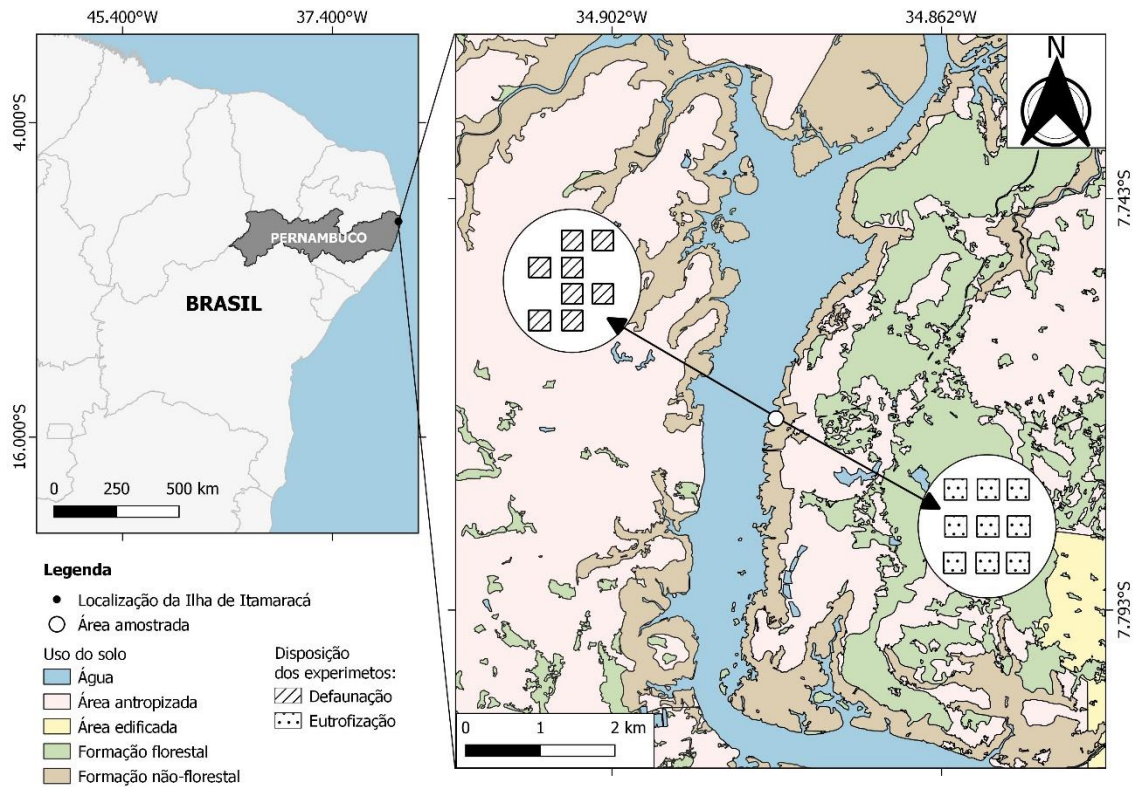


Figura 1. Localização da ilha de Itamaracá com destaque para as áreas de estudo. Quadrados com listras indicam as parcelas do experimento de defaunação; os pontilhados, as de eutrofização.

2.2 Metodologia em campo

Este estudo teve como base os dados biológicos descritos nos experimentos de defaunação por hipoxia de Botter-Carvalho et al. (2011) e de eutrofização de Botter-Carvalho et al. (2014). Ambos os experimentos ocorreram na mesma planície lamosa estuarina, porém a uma distância de aproximadamente 16m entre as áreas reservadas para cada experimento e as coletas foram realizadas durante a baixa-mar (BOTTER-CARVALHO, 2007).

2.2.1 Experimento 1: Defaunação por hipoxia

A defaunação do sedimento foi obtida através do método de cobertura (adaptado de GAMENICK et al., 1996). O sedimento foi mantido coberto com lonas plásticas de cor preta (2,4m x 2,4m) durante 70 dias, de forma a obter uma área de cobertura final de 4m² (2mx2m).

Foram delimitadas oito áreas quadrangulares de 4m², equidistantes em 3m, cerca de 320m do nível da maré baixa, sendo quatro destas defaunadas (Áreas Defaunadas) e as demais mantidas ao natural (Áreas Controle) (Figura 2). O experimento foi iniciado imediatamente após a remoção da cobertura, em 05 de abril de 2005 (Dia 0). As amostras foram coletadas em

oito dias distintos (dias 0, 1, 3, 5, 18, 35, 93 e 153 após o início do experimento). A última amostragem ocorreu em 05 de setembro de 2005, totalizando cinco meses de experimento.

A macrofauna foi coletada com um amostrador cilíndrico de aço-inoxidável, com área de 40,71cm² (7,2x22cm). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e fixadas com formol salino a 10%.

O sedimento foi submetido ao peneiramento úmido, com peneiras geológicas acopladas com aberturas de malha de 0,5mm e 0,3 mm. O material retido nas peneiras foi preservado em formol a 4%, sendo adicionado o corante Rosa Bengala. A triagem e contagem dos organismos foram realizadas sob estereomicroscópio e, posteriormente, os indivíduos foram identificados até o menor nível taxonômico possível. Os táxons Nematoda e Ostracoda não foram contabilizados. Para informações mais detalhadas ver Botter- Carvalho et al. (2011).

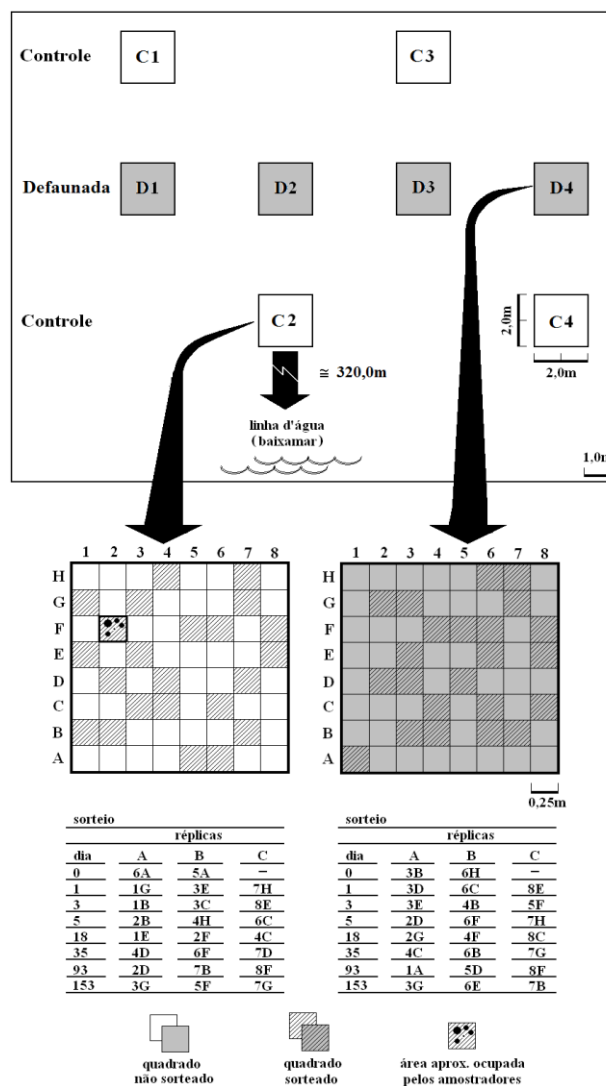


Figura 2. Desenho experimental de recolonização realizado em uma planície de maré no Canal de Santa Cruz (Itamaracá – PE) (extraído de Botter-Carvalho et al., 2011).

2.2.2 Experimento 2: Eutrofização

O experimento foi realizado em nove áreas de 4m² (unidades experimentais), equidistantes em 3m, cerca de 300m do nível da maré baixa. Os tratamentos Baixa Dose e Alta Dose receberam aplicação semanal de fertilizante completo (NPK) como NH₄: P₂O₅: K₂O (20:10:20) por 16 semanas, com três repetições cada (Figura 3). O fertilizante foi adicionado direto na superfície do sedimento, em duas dosagens: Baixa Dose (750g/4m²) e Alta Dose (1500g/4m²). Além de tais tratamentos, houve o Controle. As coletas foram realizadas em intervalos de 4 semanas (dias 0, 26, 43, 71, 91 e 118 após o início do experimento) em cada área experimental. O experimento começou em 5 de outubro de 2005 e terminou em 8 de fevereiro de 2006. Para mais detalhes ver Botter-Carvalho et al. (2014).

A metodologia de coleta em campo e laboratório foram as mesmas descritas no experimento 1.

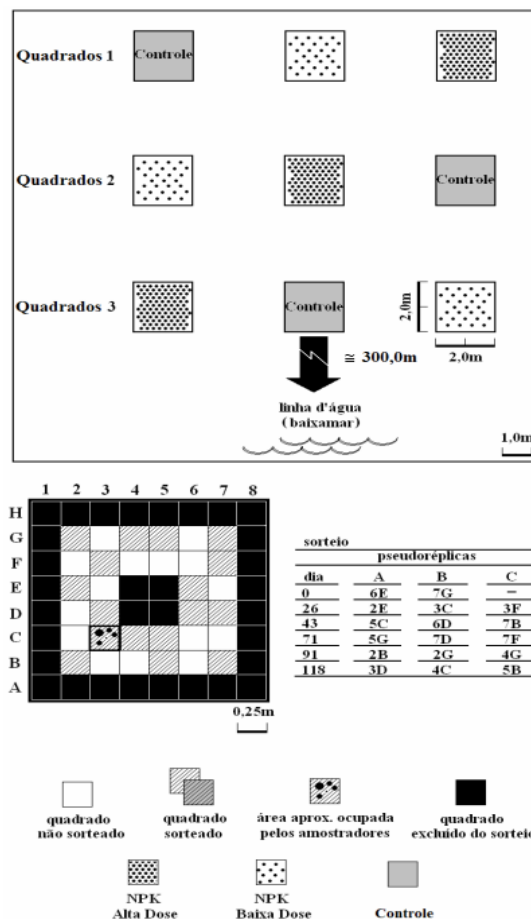


Figura 3. Desenho experimental utilizado no presente estudo. Na tabela (denominados pseudoreplicados), a localização das unidades de amostragem de classificação (grade numerada) é indicada, em cada dia de amostragem nos nove quadrados (réplicas dos tratamentos de Controle, Baixa Dose e Alta Dose) (Botter- Carvalho et al., 2014).

Em ambos os experimentos foram comparados os organismos retidos na peneira com abertura de malha de 0,5mm e aqueles retidos em peneiras de 0,3mm, que representa o somatório dos organismos retidos nas duas malhas (combinação de 0,5mm + 0,3mm).

2.3 Análises estatísticas

Para comparar a escolha da abertura de malha da peneira (malha 0,5mm x malhas combinadas 0,5+0,3mm) em cada situação experimental (Defaunação e Eutrofização) foram verificados se houve diferenças significativas nos principais descritores de diversidade. Os índices de abundância (N), riqueza de táxons (S), equitabilidade de Pielou (J') e Diversidade de Shannon-Wiener (H') foram calculados em cada experimento para cada malha usando a Rotina DIVERSE.

Para o experimento de Defaunação foi realizada uma Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA) para cada descritor (N, S, J' e H'), considerando três fatores: Tratamento, com dois níveis (Controle e Defaunado); Dia, com oito níveis (0, 1, 3, 5, 18, 35, 93 e 153); Malha da peneira, com dois níveis (0,5 e combinado). Em caso de significância observada na PERMANOVA para um determinado fator, comparações pareadas foram realizadas *a posteriori*. Para testar a heterogeneidade das dispersões foi aplicado a análise PERMDISP. A estrutura da comunidade analisada para cada malha durante o experimento de Defaunação foi graficamente representada pela Análise de Escalonamento Multidimensional não métrico (nMDS), a partir da matriz de similaridade de Bray-Curtis. Os dados de abundância foram transformados previamente usando $\log(x+1)$ e aplicada a variável dummy. A distribuição temporal dos pontos observados no MDS foi testada através da PERMANOVA 3-fatores.

Para o experimento de Eutrofização, as análises estatísticas usadas foram semelhantes às descritas acima. Os fatores analisados para a eutrofização foram: Tratamento, com três níveis (Controle, Baixa Dose e Alta Dose); Dia, com seis níveis (0, 26, 43, 71, 91 e 118); Malha da peneira, com dois níveis (0,5 e combinado).

Em ambos os experimentos, foi aplicada a análise SIMPER (Percentual das Similaridades) (Clarke, 1993) para determinar quais espécies foram mais importantes em termos de contribuição (%) para a dissimilaridade média ($\delta_{média}$) de Bray-Curtis entre os tratamentos ao longo dos dias para cada abertura de malha.

As análises PERMANOVA, PERMDISP, MDS e SIMPER foram calculadas usando o programa PRIMER + PERMANOVA 6.0 (Clarke e Gorley, 2006). Para todas as análises estatísticas, o nível de significância adotado foi $\alpha = 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1 A abertura de malha de peneiras

3.1.2 Índices de diversidade

No experimento de Defaunação foi identificado um total de 9.302 indivíduos compreendendo 27 táxons. A malha combinada apresentou uma maior riqueza (24 táxons) em relação a malha de 0,5 mm (14 táxons). Apenas dois táxons foram exclusivos da malha de 0,5 mm, Acarina e o poliqueta *Typosyllis* sp, enquanto 11 táxons foram exclusivos da malha combinada: os moluscos *Anomalocardia* sp, Gastropoda, *Lucina* sp e *Tellina* sp; o crustáceo *Cyrtoplax* sp; os poliquetas Eunicidae, *Heteromastus* sp e *Polydora* sp; Insecta sp1, Insecta sp2 e Nemertea. A malha de 0,5mm reteve apenas 37,68% (n = 3.505) do total de indivíduos em comparação as malhas combinadas, enquanto as malhas combinadas obtiveram um valor total de 5.797 indivíduos. Os táxons mais abundantes foram anelídeos, com os oligoquetas Naididae (63% na peneira de 0,5mm e 77% na malha combinada) seguido pelo poliqueta *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) (26% e 14% respectivamente), sendo os demais grupos representados por menos de 4%.

A riqueza (S) e a abundância (N) mostraram diferenças significativas para os fatores Tratamentos, Dias e Malhas e para a interação entre os fatores Tratamentos x Dias (Tabela 1). Para a riqueza, os tratamentos Controle e Defaunado se diferenciaram estatisticamente apenas nos dias 0 e 1 ($p < 0,05$) quando usada a malha de 0,5 mm, e nos dias 0, 1 e 3 ($p < 0,05$) para a malha combinada (Figura 4 A). Já a abundância tanto na malha de 0,5 mm quanto nas malhas combinadas, os tratamentos se diferenciaram estatisticamente nos dias 0, 1, 3 e 5; no dia 18 Controle e Defaunado se distinguiram apenas na malha de 0,5 mm (Figura 4 B). A equitabilidade (J') mostrou diferenças significativas apenas para o fator Dia e para a interação entre os fatores Tratamentos x Dias (Tabela 1). Os tratamentos Controle e Defaunado se diferenciaram estatisticamente para o índice J' nos dias 0 ($p < 0,01$) e 18 ($p < 0,05$), para a malha de 0,5 mm e nos dias 3 ($p < 0,001$), 5 e 18 ($p < 0,05$) para malhas combinadas (Figura 4 C). Para a diversidade (H') foram encontradas diferenças significativas para os fatores Tratamento, Dia e para as interações entre os fatores Tratamentos x Dias e Tratamentos x Malhas (Tabela 1). O índice H' mostrou diferenças significativas apenas no dia 0 ($p < 0,001$) quando usada a malha de 0,5 mm (Figura 4 D).

Tabela 1. Análise PERMANOVA a 3 fatores utilizando a abundância da macrofauna. Fatores fixos: Di (Dias 0, 1, 3, 5, 18, 35, 93 e 153), Tr (Tratamentos: Controle e Defaunado) e Ma (malhas: 0,5 e 0,5+0,3). A análise foi baseada na matriz de similaridade de Bray Curtis, transformada em $\log(x+1)$. Os valores destacados em negrito indicam diferenças significativas.

Source	Riqueza Geral			Abundância geral			Equitabilidade Geral			Diversidade geral		
	DF	Pseudo-F	P (perm)	DF	Pseudo-F	P (perm)	DF	Pseudo-F	P (perm)	DF	Pseudo-F	P (perm)
Di	7	83.423	0.0001	1	27.755	0.0001	7	24.339	0.0085	7	35.709	0.0004
Tr	1	73.681	0.0001	1	255.88	0.0001	1	0.3466	0.6685	1	51.091	0.0143
Ma	1	51.559	0.0168	7	48.739	0.0082	1	0.46448	0.6032	1	0.77567	0.4268
DixTr	7	11.207	0.0001	7	26.863	0.0001	7	31.892	0.0006	7	30.831	0.0009
DixMa	7	0.47858	0.9052	1	0.38506	0.9832	7	0.16929	0.9989	7	0.65275	0.7946
TrxMa	1	0.97874	0.3388	7	17.969	0.1715	1	22.158	0.1154	1	50.364	0.0135
DixTrxMa	7	0.37764	0.9558	96	0.38019	0.9858	7	0.29098	0.9896	7	0.82379	0.6113
Res	96			127			96			96		
Total	127						127			127		

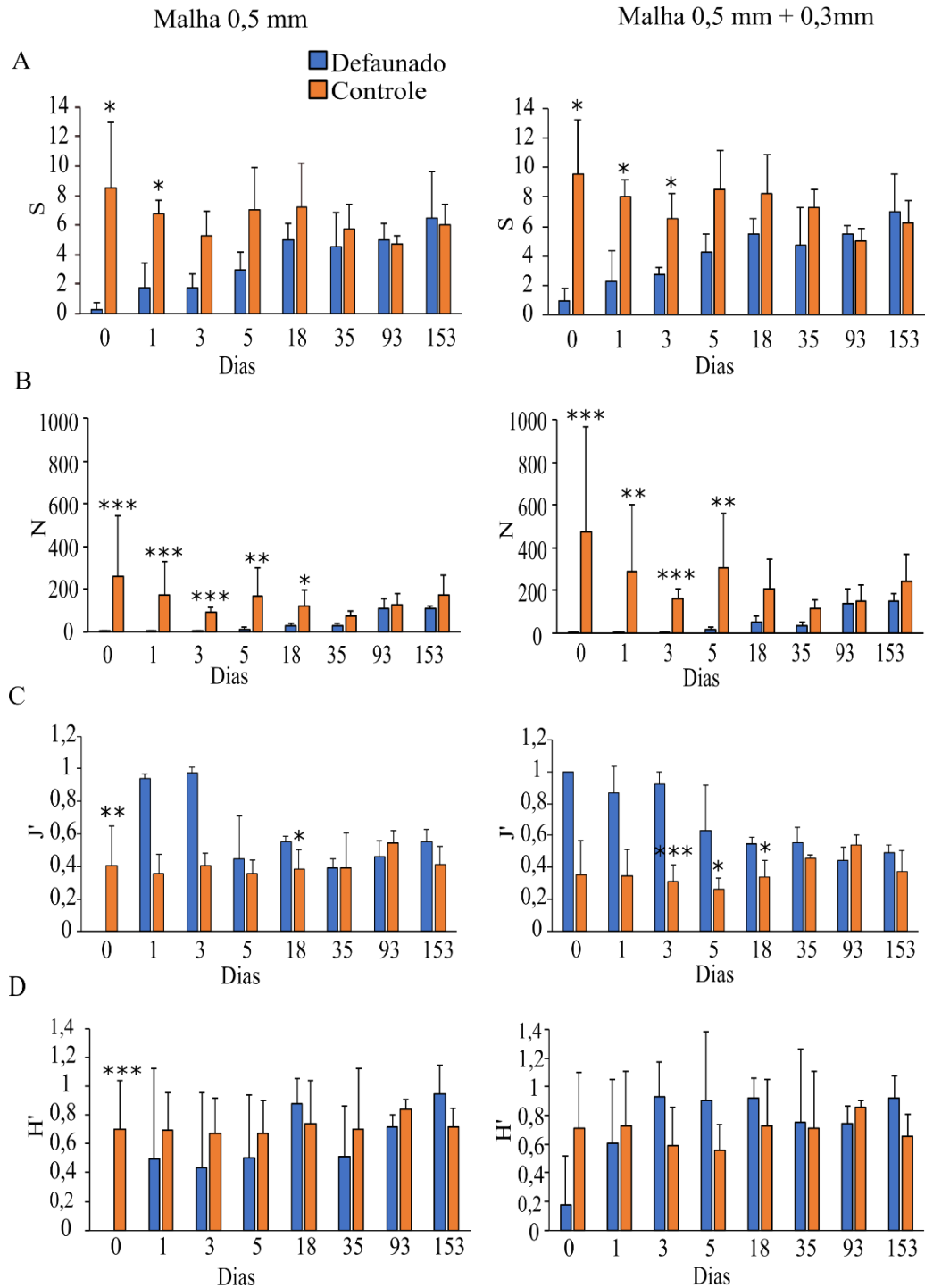


Figura 4. Experimento de Defaunação. Comparação de atributos univariados entre os tratamentos Controle e Defaunados durante o período de estudo (média \pm desvio-padrão). A- Riqueza (S). B- Abundância (N), C- Equitabilidade de Pielou (J') e D- Diversidade de Shannon (H'). Asterisco (*) indica diferenças significativas entre tratamento/dia (n=3; PERMANOVA, testes pareados, *p < 0,05, **p < 0,01 e ***p < 0,001).

Já no experimento de Eutrofização a macrofauna foi constituída por uma média total de 27.141 organismos distribuídos em 27 táxons, sendo que a abundância na malha de 0,5 mm foi de 10.149 contra total de 16.992 indivíduos na malha combinada. Os táxons oligoqueta Naididae (50% na malha combinada e 43% na peneira de 0,5mm) e o poliqueta *Laonereis acuta* (31% e 35%, respectivamente) foram os mais abundantes. Apenas o poliqueta *Typosyllis* sp. e ovos de oligoquetas foram exclusivos da malha combinada.

A riqueza (S) mostrou diferenças significativas para os fatores Tratamentos, Dias e Malhas e na interação entre os fatores Tratamentos x Dias e Tratamentos x Malhas (Tabela 2). Na malha 0,5 mm os valores de riqueza do tratamento AD apresentaram diferenças em relação ao tratamento Controle nos dias 26 ($p < 0,01$), 71 ($p < 0,05$), 91 ($p < 0,01$) e 118 ($p < 0,01$); os valores de riqueza do tratamento BD foram reduzidos significativamente em relação ao Controle a partir do dia 71 ($p < 0,05$). Ao combinar as malhas, os tratamentos AD x Controle apresentaram padrão similar de riqueza observado para malha 0,5 mm; enquanto os valores de riqueza do tratamento BD não se diferenciaram do Controle em nenhum momento do experimento (Figura 5 A).

A abundância (N) mostrou diferenças significativas para todos os fatores e interações (Tabela 2). A malha de 0,5 mm apresentou diferenças significativas nos valores de abundância entre os tratamentos AD e Controle a partir do dia 71 ($p < 0,05$) e entre os tratamentos BD e Controle apenas no dia 91 ($p < 0,05$). Ao usar as malhas combinadas, os tratamentos AD e Controle se diferenciaram quanto à abundância a partir do dia 26 ($p < 0,01$) do experimento; os tratamentos BD x Controle mostraram padrão similar ao observado para malha 0,5 mm (Figura 5B).

A equitabilidade (J') mostrou diferenças significativas para o fator Tratamento e todas as interações entre os fatores (Tabela 2). Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos Alta Dose (AD) e Controle seja para a malha 0,5 mm ou malha combinada durante todo experimento. Esse foi observado para tratamento Baixa Dose (BD) e Controle (Figura 5 C). A diversidade (H') mostrou diferenças significativas para quase todos os fatores e interações, exceto entre Tratamento e Malha (Tabela 2). Os valores de diversidade para a malha 0,5 mm foram estatisticamente distintos entre os tratamentos AD e Controle a partir do dia 91 ($p < 0,01$), mesmo dia observado para os tratamentos BD e Controle ($p < 0,05$). Ao usar malhas combinadas, os valores de diversidade se diferenciaram estatisticamente entre os tratamentos AD e Controle a partir do dia 71 ($p < 0,05$) e entre os tratamentos BD e Controle nos dias 43 ($p < 0,05$), 91 ($p < 0,01$) e 118 ($p < 0,01$) (Figura 5 D).

Tabela 2. Análise PERMANOVA a 3 fatores utilizando a abundância da macrofauna. Fatores fixos: Di (Dias 0, 26, 43,71, 91 e 118), Tr (Tratamentos: Controle, Alta Dose e Baixa Dose) e Ma (malhas: 0,5 e 0,5+0,3). A análise foi baseada na matriz de similaridade de Bray Curtis, transformada em $\log(x+1)$. Os valores destacados em negrito indicam diferenças significativa.

Dizer que os valores em negrito indicam diferenças significativas

Source	Riqueza geral			Abundância geral			Equitabilidade geral			Diversidade geral		
	df	Pseudo-F	P (perm)	df	Pseudo-F	P (perm)	df	Pseudo-F	P (perm)	df	Pseudo-F	P (perm)
Di	5	10.09	0.0001	5	62.294	0.0001	5	21.416	0.0506	5	4.712	0.0002
Tr	2	91.331	0.0001	2	50.86	0.0001	2	53.944	0.0025	2	24.637	0.0001
Ma	1	35.957	0.0001	1	52.657	0.0001	1	10.338	0.3171	1	60.876	0.0094
DixTr	10	49.914	0.0001	10	44.264	0.0001	10	1.701	0.0743	10	31.257	0.0011
DixMa	5	0.5129	0.8249	5	28.143	0.0025	5	44.359	0.0003	5	3.692	0.0014
TrxMa	2	39.686	0.0116	2	11.541	0.0001	2	29.157	0.0449	2	11.539	0.3243
DixTrxMa	10	0.41955	0.9751	10	19.454	0.0162	10	25.361	0.0056	10	21.735	0.0141
Res	72			72			71			71		
Total	107			107			106			106		

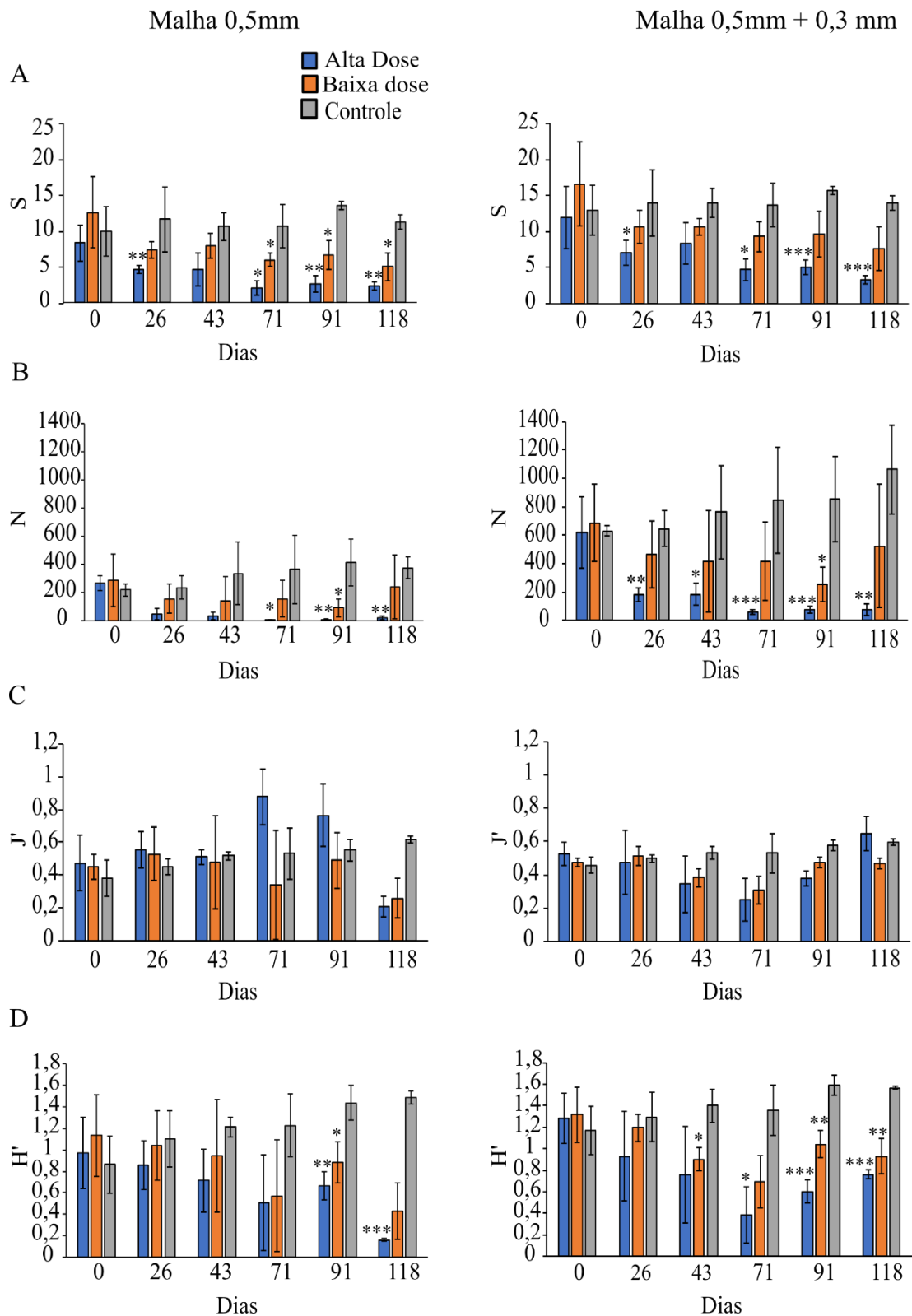


Figura 5. Comparação de atributos univariados entre os tratamentos Controle, Baixa Dose e Alta Dose durante o período de estudo (média \pm desvio padrão). A. riqueza (S). B- Abundância (N), C- equitabilidade de Pielou (J') e D- Diversidade de Shannon (H'). Asterisco (*) indicam diferenças significativas entre tratamento/dia ($n=3$; PERMANOVA, testes pareados, * $p<0,05$, ** $p<0,01$ e *** $P<0,001$).

3.1.3 Recrutamento e variação temporal da comunidade

No experimento de Defaunação, a análise MDS mostrou um padrão similar na separação das séries temporais entre os tratamentos Defaunado e Controle tanto para a malha 0,5 mm quanto para malhas combinadas (Figura 6). A PERMANOVA mostrou diferenças significativas para os fatores Tratamento, Dia e a interação entre Tratamento x Dia para 0,5 mm e para peneiras combinadas (Tabela 3). A peneira de malha 0,5 mm mostrou uma similaridade entre os tratamentos apenas no dia 153 ($t = 0,8754$; $p = 0,52$), a malha combinada indicou uma similaridade nos dias 93 ($t = 1,68$; $p = 0,07$) e 153 ($t = 0,92$; $p = 0,47$).

Os resultados da análise SIMPER revelaram que as diferenças entre os tratamentos Defaunado e Controle estiveram associados principalmente à ausência ou ao número reduzido de muitas espécies no tratamento Defaunado (Tabelas 4 e 5). De modo geral, as oligoquetas da família Naididae foram as que mais contribuíram para as diferenças entre os tratamentos Controle e Defaunado seja na malha 0,5 mm, seja nas malhas combinadas (Tabela 4 e 5). O aumento da similaridade entre os tratamentos Defaunado e Controle foi observado ao longo do tempo para as malhas. Na malha 0,5 mm, no Dia 0, os tratamentos apresentavam uma dissimilaridade média de 95.92 % sendo reduzida para 23.08 % ao final do experimento (Tabela 4); já para as malhas combinadas, no Dia 0, os tratamentos apresentavam uma dissimilaridade média entre elas de 92.38 %, sendo reduzida para 23.14 % ao final do experimento (Tabela 5).

Tabela 3. Resultado da PERMANOVA entre os dias (Di) e tratamentos (Tr) (Controle e Defaunado), durante o experimento de defaunação nas malhas 0,5mm e as malhas combinadas (0,5mm + 0,3mm).

Malhas	df	Pseudo-F	P(perm)
0,5mm			
Di	7	65.672	0.0001
Tr	1	54.755	0.0001
DixTr	7	53.004	0.0001
Res	48		
Total	63		
combinadas			
Di	7	60.884	0.0001
Tr	1	46.465	0.0001
DixTr	7	47.838	0.0001
Res	48		
Total	63		

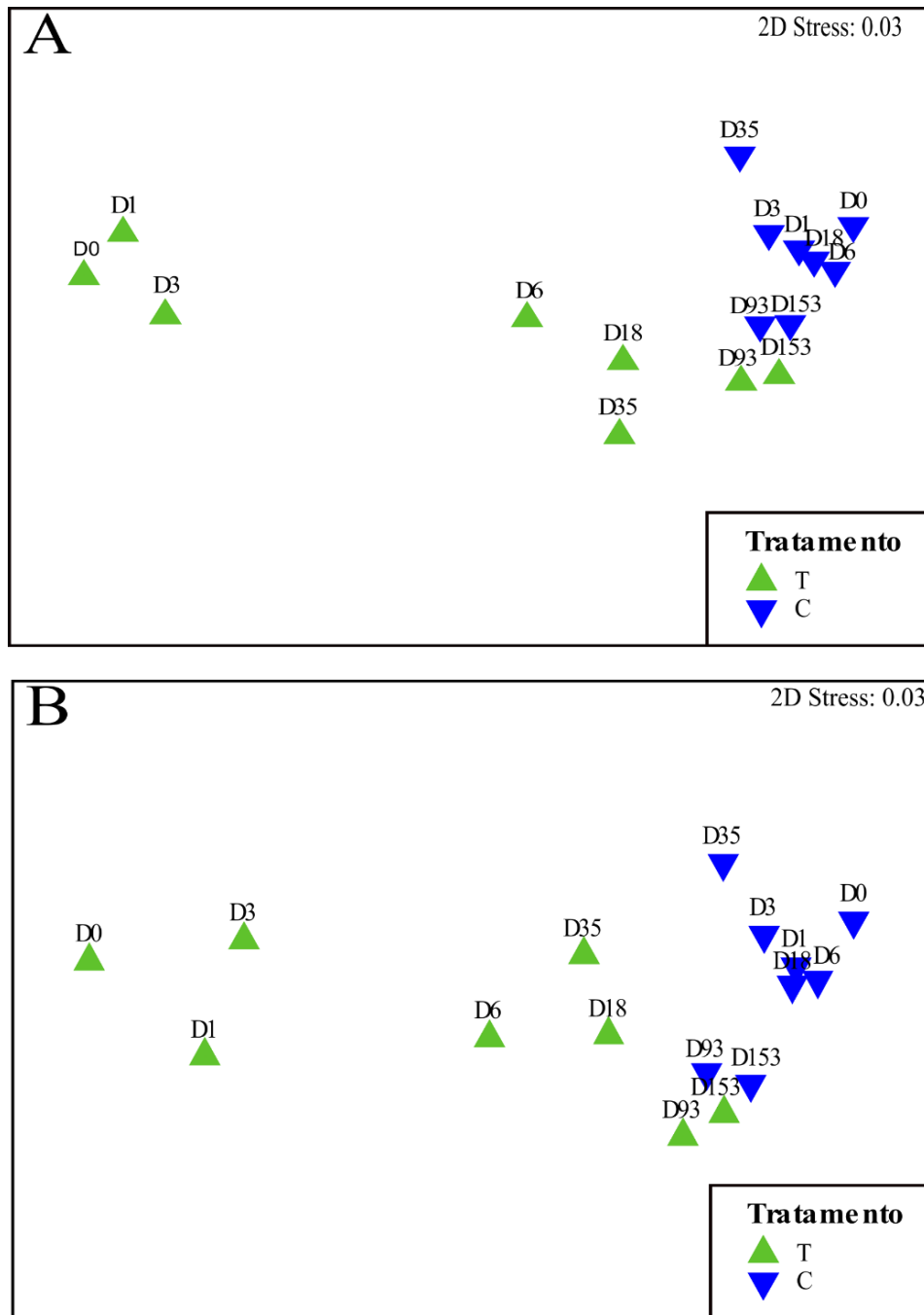


Figura 6. Experimento de defaunação. Ordenação multidimensional não-métrica (MDS) com as abundâncias médias de táxons para os tratamentos T e controle C ao longo dos dias, utilizando a distância de Bray Curtis, transformada em $\log(x+1)$. D em cima dos triângulos indica os dias. A- Malha de 0,5mm. B- Malhas combinadas (0,5 +0,3mm).

Tabela 4. Táxons mais importantes da malha 0,5mm na diferenciação entre tratamentos Defaunado e Controle em termos de contribuição (%) para dissimilaridade média de Bray-Curtis ao longo do período de amostragem. Os valores em negrito destacam o táxon cuja abundância média foi a mais elevada no tratamento Defaunado para cada dia experimental.

Dia 0				Dia 1				Dia 3				Dia 5			
δmédia = 95.92				δmédia = 92.37				δmédia = 88.82				δmédia = 68.92			
Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %
Nai	0.23	4.62	37.35	Nai	0.27	4.62	38.61	Nai	0.20	4.30	44.75	Nai	0.89	4.64	38.06
Sig	0.00	1.88	57.13	Sig	0.00	2.08	58.43	Sig	0.00	1.49	61.20	Sig	0.10	1.83	56.97
Lae	0.00	1.68	69.30	Lae	0.20	1.68	69.71	Cap	0.00	1.11	72.38	Cap	0.00	1.15	66.79
Cap	0.00	1.20	76.84	Str	0.00	1.09	77.75	Lae	0.30	1.23	80.77	Lae	1.53	1.88	76.08
Cer	0.00	0.81	82.99	Cap	0.00	0.92	85.03					Str	0.10	0.89	82.61

Dia 18				Dia 35				Dia 93				Dia 153			
δmédia = 57.82				δmédia = 71.30				δmédia = 22.76				δmédia = 23.08			
Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %
Nai	1.68	4.32	26.75	Nai	0.72	3.98	35.33	Sig	0.43	1.62	25.92	Nai	3.62	3.56	20.14
Lae	2.89	1.34	47.99	Lae	2.93	0.72	57.80	Str	1.40	0.72	48.34	Sig	0.68	1.39	37.43
Sig	0.23	1.69	63.85	Sig	0.58	2.25	77.36	Nai	3.05	3.66	66.16	Str	1.70	1.60	54.40
Str	0.33	1.08	72.93	Exo	0.52	0.20	81.32	Het	0.45	0.00	75.63	Het	0.65	0.10	64.81
Cap	0.27	0.83	79.62					Lae	4.27	4.21	84.49	Lae	4.03	4.38	72.78
								Cap	0.10	0.23	77.62	Cap	0.10	0.23	77.62
								Tel	0.10	0.20	81.36	Tel	0.10	0.20	81.36

Def. – Área Defaunada; Contr.- Controle; Sig: *Sigambra grubii*; Nai: Naididae spp; Cer: Ceratopogonidae; Sph: *Sphaerosyllis* sp; Exo: *Exogone* sp; Cap: Capitella spp; Lae: *Laonereis acuta*; Tel: *Tellina* sp; Str: *Streblospio benedicti*; Het: *Heteromastus* sp;

Tabela 5. Táxons mais importantes das malhas combinadas na diferenciação entre tratamentos Defaunado e Controle em termos de contribuição (%) para dissimilaridade média de Bray-Curtis ao longo do período de amostragem. Os valores em negrito destacam táxons cuja abundância média foi mais elevada no tratamento Defaunado para cada dia experimental.

Dia 0				Dia 1				Dia 3				Dia 5			
δ média = 92.38				δ média = 85.89				δ média = 78.66				δ média = 59.59			
Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %
Nai	0.43	5.20	32.70	Nai	0.79	5.09	32.20	Nai	0.61	4.91	41.36	Nai	1.73	5.31	31.34
Sig	0.00	1.88	48.19	Sig	0.00	2.08	48.65	Sig	0.00	1.51	55.96	Sig	0.10	1.83	48.04
Lae	0.10	1.85	59.43	Lae	0.20	1.88	59.28	Cap	0.00	1.25	67.00	Cap	0.00	1.25	57.48
Sph	0.00	1.75	70.36	Sph	0.17	1.32	67.51	Sph	0.17	1.01	74.54	Lae	1.63	2.02	66.35
Cer	0.00	1.25	77.83	Str	0.00	1.35	75.68	Exo	0.00	0.93	81.64	Exo	0.27	1.10	73.21
Cap	0.00	1.21	84.17	Cap	0.00	1.12	83.09					Str	0.10	0.99	79.67
Dia 18				Dia 35				Dia 93				Dia 153			
δ média = 52.58				δ média = 65.35				δ média = 24.05				δ média = 23.14			
Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %	Taxon	Abund. Def.	Abund. Contr.	Cum. %
Nai	2.15	4.81	23.67	Nai	1.12	4.42	32.08	Sig	0.43	1.62	22.48	Nai	3.99	3.80	20.02
Lae	3.35	1.69	44.48	Lae	2.96	0.75	51.98	Str	1.59	0.75	44.91	Sig	0.68	1.39	35.78
Sig	0.23	1.69	58.24	Sig	0.58	2.25	69.41	Nai	3.33	3.97	60.08	Str	1.92	1.83	50.74
Sph	0.46	1.57	69.65	Sph	0.76	0.78	76.90	Lae	4.46	4.33	69.30	Het	0.65	0.10	60.18
Str	0.45	1.20	79.00	Exo	0.93	0.80	83.63	Sph	0.38	0.31	78.31	Lae	4.33	4.66	68.73
												Sph	0.50	0.23	76.75
												Cap	0.10	0.33	82.11

Def. – Área Defaunada; Contr.- Controle; Sig: *Sigambra grubii*; Nai: Naididae spp; Cer: Ceratopogonidae; Sph: *Sphaerosyllis* sp; Exo: *Exogone* sp; Cap: Capitella spp; Lae: *Laeonereis acuta*; Str: *Streblospio benedicti*; Het: *Heteromastus* sp.

No experimento de Eutrofização, a análise MDS (Figura 7) mostrou que no Dia 0, a estrutura da comunidade era similar entre os tratamentos AD, BD e Controle independente da malha usada (0,5 mm e malhas combinadas). Entretanto, o padrão de separação das séries temporais entre os tratamentos foi visualmente distinto: na malha 0,5 mm há uma tendência de agrupamento dos tratamentos BD e Controle, enquanto o tratamento AD apresentou pontos mais espalhados. Para o dia 118, ambos os tratamentos AD e BD se afastaram dos demais pontos temporais (Figura 7 A). Nas malhas combinadas, os três tratamentos se mostraram mais espalhados, com os pontos do tratamento AD mais à esquerda, seguido pela posição mais centralizada dos pontos do tratamento BD e dos pontos do tratamento Controle mais à direita (Figura 7 B).

Na malha de 0,5 mm não foram observadas diferenças significativas na PERMANOVA entre os tratamentos BD x Controle nos dias 0 ($t = 0,79$, $p = 0,55$) e dia 26 ($t = 1,09$ $p = 0,34$); entre os tratamentos AD x Controle nos dias 0 ($t = 0,49$ $p = 0,85$) e dia 26 ($t = 1,09$ $p = 0,34$). Já entre os tratamentos AD x BD foram encontradas diferenças significativas nos dias 91 ($t = 2,36$ $p = 0,02$) e 118 ($t = 3,17$ $p = 0,01$). Nas malhas combinadas a PERMANOVA mostrou uma similaridade entre os tratamentos AD x Controle apenas nos dias 0 ($t = 0,49$ $p = 0,84$) e 43 ($t = 1,97$ $p = 0,06$), e entre os tratamentos BD x Controle apenas nos dias 0 ($t = 0,61$ $p = 0,69$) e 26 ($t = 1,24$ $p = 0,25$), já para os tratamentos AD x BD foram encontradas diferenças significativas apenas nos dias 91 ($t = 2,04$ $p = 0,03$) e 118 ($t = 2,60$ e $p = 0,02$).

De um modo geral, os resultados da análise SIMPER revelaram que as diferenças entre as áreas Controle e áreas enriquecidas estiveram associadas principalmente à ausência e/ou ao número reduzido de indivíduos da maioria dos táxons (Tabelas 5 e 6), assim como no experimento de Defaunação. Quando comparada as áreas enriquecidas, foi verificada um aumento da dissimilaridade até o dia 71, seguido de um decréscimo até o fim do experimento. Para ambas as malhas, os táxons que mais contribuíram para as diferenças entre as áreas experimentais foram poliquetas das espécies *Streblospio benedicti* Webster, 1879, *Laeonereis acuta* (Treadwell, 1923) e oligoquetas da família Naididae, que somaram cerca de 40% de contribuição para as dissimilaridades totais entre tratamentos (Tabelas 5 e 6). Já a poliqueta *Isolda* sp. mostrou-se particularmente importante na diferenciação entre BD e AD na malha 0,5 mm por apresentar cerca de 12 % da dissimilaridade (Tabela 6), enquanto na malha combinada não foi tão expressiva com 7% (Tabela 7). Os dados diários e porcentagem cumulativa estão no material suplementar (Apêndice I, Tabela A e B).

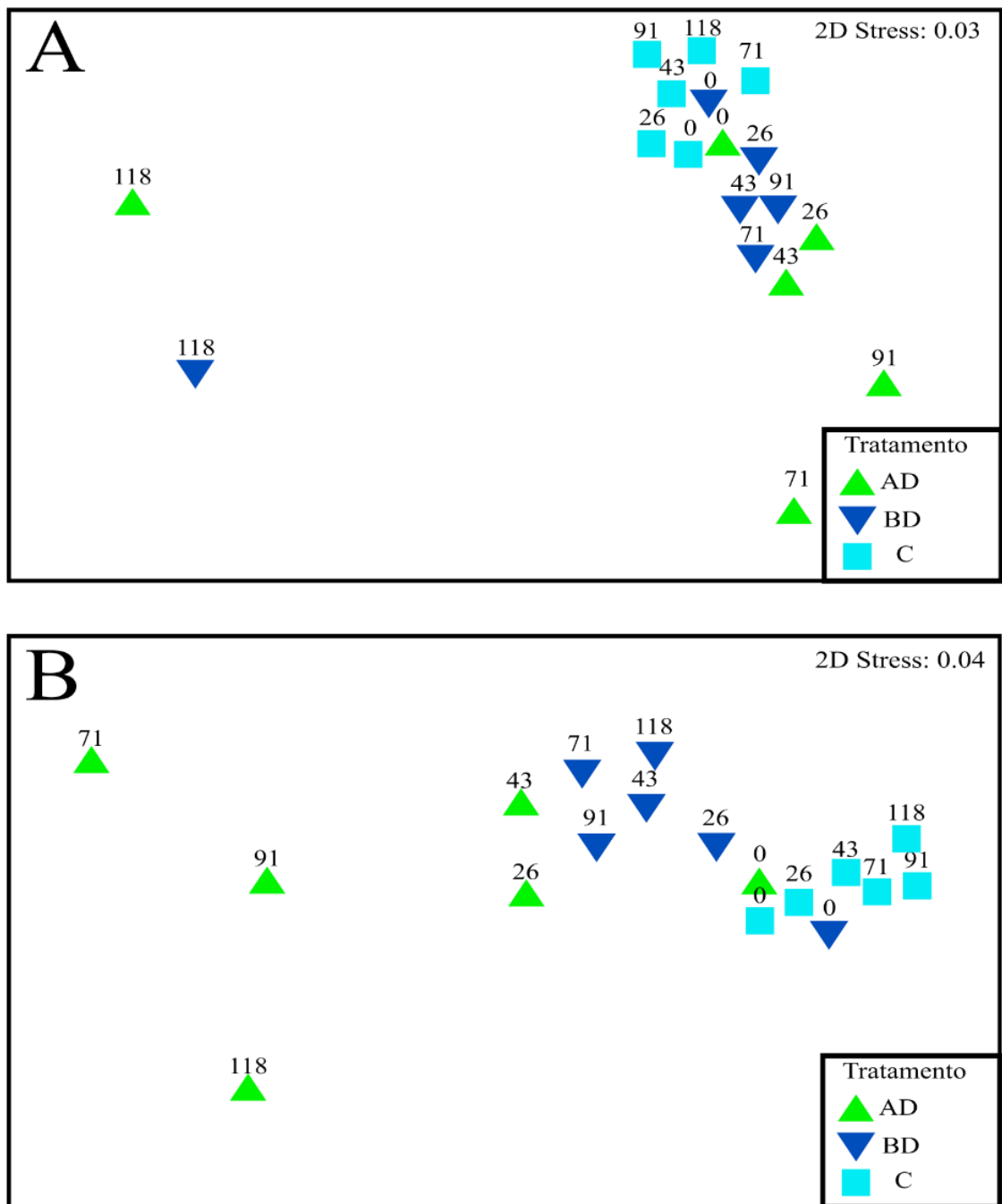


Figura 7. Experimento de eutrofização. Ordenação multidimensional não-métrica (MDS) com as abundâncias médias de táxons para os tratamentos Controle (C), Alta Dose (AD) e Baixa Dose (BD) ao longo do período de amostragem, utilizando a distância de Bray Curtis, transformada em $\log(x+1)$. A- Malha de 0,5mm. B- Malha combinada (0,5 +0,3mm).

Tabela 6. Percentuais de contribuição dos principais táxons da malha 0,5 mm, para a dissimilaridade média (δ média) (Índice de Bray-Curtis) entre áreas experimentais (C-Controle; BD-Baixa Dose; AD- Altas Dose).

C x BD				C x AD				BD x AD			
δ média= 49.32				δ média= 65.53				δ média= 63.49			
Táxon	Abund. média		Contrib. (%)	Táxon	Abund. média		Contrib. (%)	Táxon	Abund. média		Contrib. (%)
	C	BD			C	AD			BD	AD	
Str	3.63	1.14	16.25	Str	3.63	0.74	17.26	Nai	3.27	1.58	24.00
Lae	4.64	2.51	14.00	Lae	4.64	2.09	16.45	Lae	2.51	2.09	16.34
Nai	4.16	3.27	12.69	Nai	4.16	1.58	16.38	Iso	0.98	0.55	12.81
Cap	2.71	0.99	11.20	Cap	2.71	0.38	12.88	Str	1.14	0.74	9.79
Iso	0.57	0.98	6.85	Sig	1.54	0.71	6.05	Sig	1.25	0.71	8.81
Exo	1.12	0.02	5.97	Exo	1.12	0.02	5.38	Cap	0.99	0.38	8.05
Sig	1.54	1.25	5.07	Iso	0.57	0.55	4.79	Tel	0.71	0.16	6.09
Tel	0.60	0.71	4.89	Pot	0.92	0.00	4.45	Pyg	0.26	0.02	2.81
Pot	0.92	0.05	4.86	Ano	0.62	0.11	3.19	Het	0.34	0.06	2.62
Ano	0.62	0.23	3.47	Het	0.62	0.06	3.18				
Het	0.62	0.34	3.11								
Sph	0.55	0.19	3.04								
Total			91.4	Total			90.01	Total			91,32

Str: *Streblospio benedicti*; Lae: *Laeonereis acuta*; Nai: Naididae; Cap: *Capitella* sp; Iso: *Isolda* sp; Exo: *Exogone* sp; Sig: *Sigambra grubii*; Tel: *Tellina* sp; Pot: *Potamilla* sp; Ano: *Anomalocardia* sp; Het: *Heteromastus* sp; Sph: *Sphaerosyllis* sp; Pyg: *Pygospio* sp.

Tabela 7. Percentuais de contribuição dos principais táxons das malhas combinadas, para a dissimilaridade média (δ média) (Índice de Bray-Curtis) entre áreas experimentais (C-Controle; BD-Baixa Dose; AD- Altas Dose).

C x BD				C x AD				BD x AD			
δ média= 46.50				δ média= 62.91				δ média= 58.58			
Táxon	Abundância média		Contrib. (%)	Táxon	Abundância média		Contrib. (%)	Táxon	Abundância média		Contrib. (%)
	C	BD			C	AD			BD	AD	
Str	3.81	1.27	15.71	Str	3.81	0.83	16.60	Nai	3.73	1.85	23.68
Lae	4.83	3.07	11.76	Nai	4.47	1.85	15.40	Lae	3.07	2.49	16.45
Nai	4.47	3.73	11.69	Lae	4.83	2.49	14.34	Str	1.27	0.83	10.10
Cap	2.81	1.14	10.72	Cap	2.81	0.58	11.74	Sig	1.39	0.72	8.84
Exo	1.42	0.11	6.99	Exo	1.42	0.05	6.24	Cap	1.14	0.58	8.71
Sph	1.16	0.37	5.43	Sig	1.57	0.72	5.73	Iso	0.60	0.30	7.78
Pot	0.99	0.05	4.94	Sph	1.16	0.13	4.85	Ovo	0.58	0.18	4.67
Iso	0.57	0.60	4.79	Pot	0.99	0.01	4.41				
Sig	1.57	1.39	4.42	Ano	0.79	0.14	3.69				
Ovo	0.49	0.58	4.08								
Total			80,53	Total			83	Total			80,23

Str: *Streblospio benedicti*; Lae: *Laeonereis acuta*; Nai: Naididae; Cap: *Capitella* sp; Iso: *Isolda* sp; Exo: *Exogone* sp; Sig: *Sigambra grubii*; Pot: *Potamilla* sp; Ano: *Anomalocardia* sp; Sph: *Sphaerosyllis* sp; Ovo: Ovo de Oligochaeta.

4. DISCUSSÃO

De forma geral, a malha de 0,5 mm reteve menor porcentagem de organismos (37,6%), em comparação às malhas combinadas (62,4%). Tais resultados seguem a tendência observada nas comparações entre malhas 1,0 e 0,5 mm utilizadas em estudos de macrofauna bentônica estuarina, na qual a abundância e riqueza são maiores quando se utiliza a malha combinada (Rodrigues et al., 2007). Além disso, nos trabalhos comparativos entre malhas ou que usaram malhas combinadas, a de menor tamanho tende a reter maior número de espécies e de organismos (Schlacher e Wooldridge, 1996; Tanaka e Leite, 1998; Gage et al., 2002, Rodrigues et al., 2007). Neste trabalho, a malha combinada (05+0,3mm) seguiu o padrão descrito acima, corroborando com nossa hipótese de que diferentes tipos de malhas fornecem resultados distintos na descrição da abundância e riqueza. Além disso a composição taxonômica foi diferente, como discutiremos mais à frente.

Um dos motivos que fazem a malha menor reter mais organismos deve-se aos estágios juvenis que passam por malhas maiores, sendo retidos nas menores (Hammerstrom et al., 2012). Apesar de malhas de menor abertura reterem maior número de indivíduos e de espécies, Hartwell e Fukuyama (2015) ressaltam que com o uso delas há um aumento de horas de laboratório e de número de táxons não identificados.

No experimento de defaunação, a riqueza (S) e a abundância (N) mostraram diferenças significativas para os fatores Tratamentos, Dias e Malhas e para a interação entre os fatores Tratamentos x Dias. Foi possível detectar diferenças na riqueza entre o tratamento defaunado e o controle, com ressalva de que a malha de 0,5 detectou diferenças apenas nos dias 0 e 1, enquanto a combinada foi até o dia 03. Quanto à abundância, ambos os métodos detectaram diferenças até o dia 05. Apenas a malha de 0,5 detectou diferença no dia 18. Isso mostra que a malha combinada pode subestimar a ação da defaunação (ou, por outro lado, detectar mais rapidamente o recrutamento), provavelmente porque ela é mais sensível na retenção dos organismos juvenis que ficam na menor peneira (0,3mm neste trabalho). É necessário que em estudos de comparação de comunidade bentônica leve em consideração o diferente tamanho de malhas, pois a riqueza de espécies pode ser diferente entre amostras processadas com malhas maiores e menores que 0,5 mm (BACHELET, 1990; TANAKA e LEITE, 1998; PAVITHRAN et al., 2009; COUTO et al., 2010).

Houve diferença na Equitabilidade (J') entre os tratamentos para os dois métodos de peneiragem e, quanto à Diversidade (H'), só houve diferença no primeiro dia para malha de 0,5 mm. Botter-Carvalho et al. (2011) não encontraram diferenças entre a H' e J' ao longo do tempo

de recolonização em áreas defaunadas em ambientes similares ao deste estudo e ainda comentam que o tempo de recolonização completa depende dos atributos utilizados pelos pesquisadores, onde uns irão indicar uma estabilização mais rápida (e.g., índice taxonômico, riqueza) e outros, uma estabilização mais lenta (e.g., abundância).

Em contexto geral, através do MDS e SIMPER, verificou-se que ambas as metodologias detectaram diferenças entre tratamento Defaunação e o controle. A diferença se deu devido à ausência ou redução de táxons, principalmente da família Naididae. Ainda no experimento de defaunação, tanto a variação temporal, quanto a dissimilaridade dos tratamentos resultaram em resultados similares em ambos os empregos de malhas.

No experimento de eutrofização, os organismos mais abundantes nas áreas eutrofizadas foram aqueles já conhecidos como típicos de ambientes estuarinos eutrofizados (*Oligochaeta* e o *Polychaeta Laeonereis acuta*) (Brauko, 2020). De modo geral os anelídeos são comumente o táxon mais abundante em estuários tropicais e subtropicais, conforme relatado em diversos estudos (SOUZA et al., 2013; VALENÇA e SANTOS, 2013; BERNARDINO et al., 2018; CLEMENTE et al., 2018). Esta dominância deve-se a uma série de características do grupo, entre elas, a tolerância às variações de salinidade e a capacidade de sobreviver em ambientes pobres em oxigênio (PEARSON e ROSENBERG, 1978; GLASBY et al., 2021)

Seguindo o padrão encontrado por outros estudos apontados acima, a maior abundância no experimento de eutrofização foi vista na malha combinada. Quanto à riqueza, observou-se que a malha combinada não detectou diferença em nenhum momento para o tratamento BD, apenas para o AD, enquanto a de 0,5 mm detectou para ambos. Provavelmente isso aconteceu devido às espécies com tolerância moderada à eutrofização serem de tamanho menor (ver material complementar) ficando retidas na malha de 0,3 mm no experimento BD fazendo com que não houvesse diferença com o tratamento controle.

Para a abundância, ambas as malhas detectaram diferença, entretanto a combinada detectou efeitos de forma mais rápida (dia 26) do que a de 0,5 mm (dia 71) no tratamento AD, provavelmente porque organismos menores (i.e., jovens) são mais sensíveis, assim ao desaparecerem mais rápido, malhas combinadas conseguem sentir o efeito mais rápido. Além disso, a malha combinada foi mais sensível na separação dos pontos de amostragem entre os tratamentos AD, BD e Controle.

Tais dados ajudam na corroboração da hipótese levantada aqui: aberturas de malhas menores apresentam uma maior acurácia na descrição dos processos de recolonização e recuperação da macrofauna após distúrbio por hipóxia/anoxia. Porém, vale ressaltar que essa

acurácia faz com que ela seja tão sensível ao ponto de não detectar diferença com tratamento controle, como descrito acima. Alguns autores relatam que a escolha de uma malha de peneira mais fina não adicionou nenhuma informação extra para distinguir os locais potencialmente impactados dos tratamentos controles (THOMPSON et al., 2003; LAMPADARIOU et al., 2005; LAMPADARIOU et al., 2008). Aqui, vimos que ao usar a malha combinada, pode melhorar na detecção do efeito de juvenis, como visto por Thompson et al. (2003). Eles relatam que o uso da peneira de 0,5mm tenha subestimado as abundâncias de juvenis e de espécies menores, o que se assemelha com o presente estudo. Porém vale ressaltar que a retenção desses organismos pode mascarar uma diferença entre os tratamentos com os controles.

Quanto a diferença entre os dias no tratamento de eutrofização, observou-se com o MDS diferenças apenas dos dias 118 para alta e baixa dosagem utilizando a malha de 0,5. Quando utilizado a malha combinada a diferença ficou mais acentuada para todos os dias do tratamento de alta dosagem e a de baixa ficou intermediária. Com isso percebe-se que o uso de malhas combinadas interfere diretamente na interpretação dos dados. Os pesquisadores precisam ter critérios de escolha das malhas em relação aos atributos e descritores que serão analisados, bem como os tipos de impactos que serão testados, dado que em alguns experimentos (como o de Eutrofização analisado aqui) os resultados podem mudar quando malhas combinadas são utilizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R.M. et al. The benthic macrofauna along the estuarine gradient of the Paranaguá estuary. **Regional Studies in Marine Science**, v. 39, p. 101459, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101459>

ANDERSEN, J. H.; SCHLÜTER, L.; ÆRTEBJERG, G. Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. **Journal of plankton research**, v. 28, n. 7, p. 621-628, 2006. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbl001>

BACHELET, G. The choice of a sieving mesh size in the quantitative assessment of marine macrobenthos: a necessary compromise between aims and constraints. **Marine Environmental Research**, v. 30, n. 1, p. 21-35, 1990. [https://doi.org/10.1016/0141-1136\(90\)90008-C](https://doi.org/10.1016/0141-1136(90)90008-C)

BERNARDINO, Angelo Fraga et al. Mangrove clearing impacts on macrofaunal assemblages and benthic food webs in a tropical estuary. *Marine Pollution Bulletin*, v. 126, p. 228-235, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.008>

BOLAM, S.G.; WHOMERSLEY, P.; SCHRATZBERGER, M. Macrofaunal recolonization on intertidal mudflats: effect of sediment organic and sand content. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 306, n. 2, p. 157-180, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.01.007>

CABRINI, T.M.B et al. Investigating heavy metal bioaccumulation by macrofauna species from different feeding guilds from sandy beaches in Rio de Janeiro, Brazil. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 162, p. 655-662, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.077>

CLEMENTE, C.C.C; PARESQUE, K; SANTOS, P.J. The effects of plastic bags presence on a macrobenthic community in a polluted estuary. **Marine pollution bulletin**, v. 135, p. 630-635, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.070>

COLLING, L.A.; BEMVENUTI, C.E.; GANDRA, M.S. Seasonal variability on the structure of sublittoral macrozoobenthic association in the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 97, n. 3, p. 257-262, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212007000300007>

COUTINHO, S.M.V.; SULAIMAN, S.N.; CARBONE, A.S. **ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) DE SANTA CRUZ: (re)conhecendo o valor ecológico, histórico-cultural e econômico**. Recife: CPRH, 2018. 48p

COUTO, T. et al. The influence of mesh size in environmental quality assessment of estuarine macrobenthic communities. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 6, p. 1162-1173, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.03.019>

CPRH. **Companhia Pernambucana do Meio Ambiente**. 2014. Disponível em : http://www.cprh.pe.gov.br/perfis_ambientais/gestao_comunitaria/Uma_vis%C3%A3o_do_complexo_estuarino_do_Canal_de_Santa_Cruz_Itamarac%C3%A1/39751;30488;180701;0;0.as p . Acesso em: 03 set. 2020.

DAVIS, R. B. Stratigraphic effects of tubificids in profundal lake sediments 1. **Limnology and oceanography**, v. 19, n. 3, p. 466-488, 1974. <https://doi.org/10.4319/lo.1974.19.3.0466>

DIAZ, R.J.; ROSENBERG, R. Introduction to environmental and economic consequences of hypoxia. **International Journal of Water Resources Development**, v. 27, n. 1, p. 71-82, 2011. <https://doi.org/10.1080/07900627.2010.531379>

EHRNSTEN, E. et al. Understanding Environmental Changes in Temperate Coastal Seas: Linking Models of Benthic Fauna to Carbon and Nutrient Fluxes. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, p. 450, 2020. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00450>

GAGE, J.D.; HUGHES, D. J.; GONZALEZ V.J.L. Sieve size influence in estimating biomass, abundance and diversity in samples of deep-sea macrobenthos. **Marine Ecology Progress Series**, 225: 97–107. 2002. doi: 10.3354 / meps225097

GLASBY, C. J.; ERSÉUS, C.; MARTIN, P. Annelids in Extreme Aquatic Environments: Diversity, Adaptations and Evolution. **Diversity**, v. 13, n. 2, p. 98, 2021.2021. <https://doi.org/10.3390/d13020098>

HALE, S.S.; CICHETTI, G.; DEACUTIS, C.F. Eutrophication and hypoxia diminish ecosystem functions of benthic communities in a New England estuary. **Frontiers in Marine Science**, v. 3, p. 249, 2016. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00249>

JAMES et al. Sieve mesh-size and taxonomic resolution needed to describe natural spatial variation of marine macrofauna. **Marine Ecology Progress Series**, v. 118, p. 187-198, 1995. doi: 10.3354 / meps118187

KRISTENSEN, E. et al. Influence of benthic macrofauna community shifts on ecosystem functioning in shallow estuaries. **Frontiers in Marine Science**, v. 1, p. 41, 2014. <https://doi.org/10.3389/fmars.2014.00041>

LAMPADARIOU, N.; AKOUMIANAKI, I.; KARAKASSIS, I. Use of the size fractionation of the macrobenthic biomass for the rapid assessment of benthic organic enrichment. **Ecological indicators**, v. 8, n. 5, p. 729-742, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.01.003>

LAMPADARIOU, N.; KARAKASSIS, I.; PEARSON, T.H. Cost/benefit analysis of a benthic monitoring programme of organic benthic enrichment using different sampling and analysis methods. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, n. 12, p. 1606-1618, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.06.030>

LE MOAL, M et al. Eutrophication: a new wine in an old bottle?. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1-11, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.139>

MONTAGNA, P.A. et al. Comparison of sampling methods for deep-sea infauna. **Limnology and Oceanography: Methods**, v. 15, n. 2, p. 166-183, 2017. <https://doi.org/10.1002/lom3.10150>

PAVITHRAN, S. et al. Importance of sieve size in deep-sea macrobenthic studies. **Marine Biology Research**, v. 5, n. 4, p. 391-398, 2009. <https://doi.org/10.1080/17451000802441285>

PEARSON, T. H. e ROSENBERG, R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the environment. **Oceanography Marine Biology**. Annual Review, 16: 229-311.1978. <https://doi.org/10.1080/17451000802441285>

PINTO, V. C. **Ecologia e qualidade ecológica de comunidades de macroinvertebrados bentónicos em zonas costeiras e estuarinas: abordagem comparativa**. 2009. 111f. Dissertação (Mestrado em ecologia marinha). Universidade de Lisboa. Faculdade de Ciências. Almada. <http://hdl.handle.net/10451/1481>

RODRIGUES, A.M. et al. Spatial heterogeneity recognition in estuarine intertidal benthic macrofaunal communities: influence of sieve mesh-size and sampling depth. **Hydrobiologia** **587**, 37–50, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-0684-8>

SALIMI, E. et al. Composition, biomass and secondary production of the macrobenthic invertebrate assemblage in a mangrove forest in Nayband Bay, Persian Gulf. **Regional Studies in Marine Science**, v. 42, p. 101636, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101636>

SCHLACHER, T.A.; WOOLDRIDGE, T.H. How sieve mesh size affects sample estimates of estuarine benthic macrofauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 201, n. 1-2, p. 159-171, 1996. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(95\)00198-0](https://doi.org/10.1016/0022-0981(95)00198-0)

SOUZA, F. M. et al. The effect of urban sewage on benthic macrofauna: a multiple spatial scale approach. **Marine pollution bulletin**, v. 67, n. 1-2, p. 234-240, 2013.

SOUZA, F.M. et al. Complex spatial and temporal variation of subtropical benthic macrofauna under sewage impact. **Marine environmental research**, v. 116, p. 61-70, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.02.008>

SOUZA, G.B.G; BARROS, F. Analysis of sampling methods of estuarine benthic macrofaunal assemblages: sampling gear, mesh size, and taxonomic resolution. **Hydrobiologia**, v. 743, n. 1, p. 157-174, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2033-z>

TANAKA, M.O.; LEITE, F.P.P. The effect of sieve mesh size on the abundance and composition of macrophyte-associated macrofaunal assemblages. **Hydrobiologia**, 389: 21–28. 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1003589404593>

THOMPSON, B.W.; RIDDLE, M.J.; STARK, J.S. Cost-efficient methods for marine pollution monitoring at Casey Station, East Antarctica: the choice of sieve mesh-size and taxonomic resolution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 46, n. 2, p. 232-243, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00366-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00366-1)

VALENÇA, A.P.M.C; DOS SANTOS, P.J.P. Macrobenthic community structure in tropical estuaries: the effect of sieve mesh-size and sampling depth on estimated abundance, biomass and composition. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 93, n. 6, p. 1441-1456, 2013. DOI:10.1017/S0025315413000039

WARWICK, R.M. Environmental impact studies on marine communities: Pragmatical considerations. **Australian Journal of Ecology**. 18: 63-80. 1993. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00435.x>

5. APÊNDICES

APÊNDICE I

Tabela A. Percentuais de contribuição dos principais táxons da malha 0,5mm, para a dissimilaridade média (δ média) (Índice de Bray-Curtis) entre áreas experimentais ao longo do período de estudo. Eutrofização

Táxon	Controle (C) x Baixa Dose (BD)				Táxon	Controle (C) x Alta dose (AD)				Táxon	Baixa Dose (BD) x Alta Dose (AD)			
	Abund. média		Contribuição (%)			Abund. média		Contribuição (%)			Abund.média		Contribuição (%)	
	C	BD	Individual	Cumulativa		C	AD	Individual	Cumulativa		BD	AD	Individual	Cumulativa
Dia 0				Dia 0				Dia 0						
$\delta = 26.56$				$\delta = 20.84$				$\delta = 24.68$						
Nai	3.38	4.20	18.25	18.25	Nai	3.38	3.81	22.72	22.72	Nai	4.20	3.81	16.56	16.56
Str	2.99	3.42	11.69	29.93	Sig	1.97	1.72	11.13	33.85	Str	3.42	3.42	11.61	28.17
Cap	0.84	0.96	9.35	39.28	Lae	4.46	4.93	10.40	44.25	Cap	0.96	1.07	10.94	39.11
Lae	4.46	4.50	7.55	46.83	Het	0.86	0.23	9.49	53.74	Sph	0.76	0.31	8.04	47.15
Dia 26				Dia 26				Dia 26						
$\delta = 29.92$				$\delta = 48.67$				$\delta = 37.97$						
Str	3.27	1.39	18.88	18.88	Str	3.27	0.67	20.06	20.06	Nai	3.77	2.18	27.31	27.31
Nai	3.53	3.77	16.45	35.33	Nai	3.53	2.18	15.23	35.29	Cap	2.36	0.72	21.74	49.06
Lae	4.73	3.64	11.15	46.48	Lae	4.73	2.94	14.61	49.90	Str	1.39	0.67	13.90	62.96
Sig	1.19	1.58	8.48	54.96	Cap	2.50	0.72	13.93	63.83	Sig	1.58	1.00	10.50	73.45
Dia 43				Dia 43				Dia 43						
$\delta = 39.98$				$\delta = 58.06$				$\delta = 38.71$						
Lae	4.99	2.15	21.91	21.91	Str	3.40	0.14	20.68	20.68	Nai	3.98	2.35	34.86	34.86
Str	3.40	0.96	18.55	40.46	Lae	4.99	1.93	19.69	40.37	Cap	1.38	0.37	15.70	50.56
Cap	2.84	1.38	11.64	52.10	Cap	2.84	0.37	16.10	56.47	Str	0.96	0.14	13.52	64.07
Nai	4.29	3.98	10.92	63.02	Nai	4.29	2.35	14.35	70.82	Sig	1.34	1.09	10.31	74.38
Dia 71				Dia 71				Dia 71						
$\delta = 55.23$				$\delta = 87.66$				$\delta = 74.16$						
Str	4.06	0.50	21.46	21.46	Str	4.06	0.00	19.69	19.69	Nai	3.90	0.42	43.45	43.45
Lae	4.31	1.78	15.24	36.70	Nai	4.43	0.42	18.50	38.19	Lae	1.78	0.83	17.31	60.76
Cap	2.87	0.44	14.69	51.40	Lae	4.31	0.83	17.02	55.21	Sig	1.10	0.00	14.05	74.81
Nai	4.43	3.90	13.51	64.91	Cap	2.87	0.14	13.28	68.48	Str	0.50	0.00	7.54	82.35
Dia 91				Dia 91				Dia 91						

$\delta = 50.43$					$\delta = 79.04$					$\delta = 53.26$				
Str	4.40	0.60	19.94	19.94	Str	4.40	0.23	17.07	17.07	Nai	3.75	0.69	40.86	40.86
Cap	3.34	0.67	13.94	33.88	Nai	4.78	0.69	16.30	33.38	Lae	2.97	1.90	15.05	55.91
Exo	2.00	0.00	10.31	44.19	Cap	3.34	0.00	13.64	47.02	Sig	1.32	0.46	11.68	67.60
Pot	1.98	0.00	9.92	54.11	Lae	4.49	1.90	10.59	57.61	Cap	0.67	0.00	9.12	76.72
Dia 118					Dia 118					Dia 118				
$\delta = 92.62$					$\delta = 93.02$					$\delta = 47.17$				
Lae	4.85	0.00	14.64	14.64	Lae	4.85	0.00	17.79	17.79	Tel	2.89	0.41	32.09	32.09
Nai	4.57	0.00	13.58	28.22	Nai	4.57	0.00	16.45	34.25	Iso	4.62	2.91	29.13	61.22
Iso	0.78	4.62	11.63	39.85	Cap	3.84	0.00	14.09	48.34	Pyg	1.55	0.00	24.96	86.18
Str	3.66	0.00	11.26	51.11	Str	3.66	0.00	13.73	62.07	Spi	0.37	0.14	4.63	90.81

Sig: *Sigambra grubii*; Nai: Naididae; Sph: *Sphaerosyllis* sp; Exo: *Exogone* sp; Cap: *Capitella* spp; Lae: *Laeonereis acuta*; Iso: *Isolda* sp; Tel: *Tellina* sp; Str: *Streblospio bene dicti*; Het: *Heteromastus* sp; Pot: *Potamilla* sp; Pyg: *Pygospio* sp; Spi: *Spio* sp.

Tabela B. Percentuais de contribuição dos principais táxons das malhas combinadas, para a dissimilaridade média (δ média) (Índice de Bray-Curtis) entre áreas experimentais ao longo do período de estudo.

Táxon	Controle (C) x Baixa Dose (BD)				Táxon	Controle (C) x Alta dose (AD)				Táxon	Baixa Dose (BD) x Alta Dose (AD)			
	Abundância média		Contribuição (%)			Abundância média		Contribuição (%)			Abundância média		Contribuição (%)	
	C	BD	Individual	Cumulativa		C	AD	Individual	Cumulativa		BD	AD	Individual	Cumulativa
Dia 0 $\delta = 26.74$					Dia 0 $\delta = 22.67$					Dia 0 $\delta = 26.40$				
Nai	3.67	4.45	16.31	16.31	Nai	3.67	4.08	19.09	19.09	Nai	4.45	4.08	14.79	14.79
Str	3.25	3.53	10.33	26.63	Sig	1.97	1.72	9.17	28.26	Str	3.53	3.57	10.00	24.79
Sph	0.55	1.09	8.08	34.72	Lae	4.96	5.22	8.57	36.83	Cap	1.17	1.22	8.68	33.47
Cap	0.98	1.17	7.78	42.50	Het	0.86	0.23	7.81	44.64	Sph	1.09	0.49	7.88	41.35
Dia 26 $\delta = 32.38$					Dia 26 $\delta = 47.47$					Dia 26 $\delta = 37.79$				
Str	3.47	1.44	16.86	16.86	Str	3.47	0.70	19.76	19.76	Nai	4.00	2.35	25.46	25.46
Nai	3.87	4.00	14.12	30.97	Nai	3.87	2.35	15.16	34.93	Cap	2.74	1.34	16.98	42.43
Lae	4.94	3.82	9.48	40.45	Lae	4.94	3.06	14.02	48.95	Str	1.44	0.70	12.87	55.31
Sig	1.20	1.58	7.05	47.50	Cap	2.57	1.34	9.29	58.24	Sig	1.58	1.03	9.19	64.49
Dia 43 $\delta = 40.81$					Dia 43 $\delta = 56.62$					Dia 43 $\delta = 40.13$				
Lae	5.14	2.27	19.43	19.43	Str	3.57	0.32	18.90	18.90	Nai	4.19	2.63	29.57	29.57
Str	3.57	1.18	15.91	35.34	Lae	5.14	2.01	18.50	37.40	Cap	1.54	0.66	12.60	42.17
Cap	3.00	1.54	10.23	45.57	Cap	3.00	0.66	14.05	51.45	Str	1.18	0.32	12.51	54.68
Nai	4.65	4.19	10.11	55.68	Nai	4.65	2.63	13.80	65.25	Ovo	0.82	0.41	10.26	64.94
Dia 71 $\delta = 55.49$					Dia 71 $\delta = 85.41$					Dia 71 $\delta =$				
Str	4.29	0.59	19.39	19.39	Str	4.29	0.00	18.62	18.62	Nai	4.13	0.68	38.25	38.25
Lae	4.40	1.90	13.13	32.52	Nai	4.75	0.68	16.74	35.36	Lae	1.90	0.89	15.66	53.91
Cap	2.96	0.49	12.99	45.51	Lae	4.40	0.89	15.40	50.76	Sig	1.10	0.00	12.49	66.40
Nai	4.75	4.13	11.77	57.28	Cap	2.96	0.20	12.04	62.80	Str	0.59	0.00	7.86	74.27

Dia 91 $\delta = 51.88$					Dia 91 $\delta = 77.15$					Dia 91 $\delta = 51.46$				
Str	4.52	0.63	18.18	18.18	Str	4.52	0.30	16.16	16.16	Nai	3.94	1.04	35.61	35.61
Cap	3.41	0.70	12.60	30.78	Nai	5.02	1.04	14.70	30.87	Lae	3.00	1.97	13.40	49.01
Exo	2.41	0.07	10.60	41.38	Cap	3.41	0.07	12.73	43.60	Sig	1.34	0.46	11.05	60.06
Pot	2.06	0.00	9.15	50.54	Lae	4.58	1.97	9.99	53.59	Cap	0.70	0.07	8.58	68.64
Dia 118 $\delta = 71.09$					Dia 118 $\delta = 84.00$					Dia 118 $\delta =$				
Cap	3.94	0.18	13.16	13.16	Nai	4.87	0.32	16.02	16.02	Lae	2.52	1.76	23.81	23.81
Nai	4.87	1.67	13.10	26.26	Cap	3.94	0.00	14.17	30.19	Iso	2.31	1.45	22.98	46.79
Str	3.76	0.23	12.58	38.85	Str	3.76	0.07	13.58	43.77	Nai	1.67	0.32	12.22	59.02
Exo	2.99	0.18	9.60	48.44	Lae	4.95	1.76	11.58	55.36	Tel	1.51	0.20	12.02	71.04

Sig: *Sigambra grubii*; Nai: Naididae; Sph: *Sphaerosyllis* sp; Exo: *Exogone* sp; Cap: *Capitella* spp; Lae: *Laeonereis acuta*; Iso: *Isolda* sp; Tel: *Tellina* sp; Str: *Streblospio benedicti*; Het: *Heteromastus* sp; Pot: *Potamilla* sp; Ovo: Ovo de Oligochaeta.

Tabela 3. Lista e abundância (em %) dos táxons encontrados no experimento de Eutrofização nos tratamentos Controle, Baixa Dosagem e Alta Dosagem.

controle					
malha 0.5mm	Total	%	malha 0,5+0,3mm	Total	%
Anomalocardia	23		0% Anomalocardia	42	0%
Capitella	372.5		6% Capitella	459	5%
Ceratopogonidae (larva e pupa)	2.5		0% Ceratopogonidae (larva e pupa)	3	0%
Cerianthus	5.5		0% Cerianthus	6	0%
Exogone sp	80.5		1% Exogone sp	205.5	2%
Heteromastus	19		0% Heteromastus	19	0%
Isolda sp	17.5		0% Isolda sp	18	0%
Laeonereis acuta	2014.5		35% Laeonereis acuta	2998	31%
Mediomastus	0.5		0% Mediomastus	0.5	0%
Mytella	0.5		0% Mytella	0.5	0%
Nemertea	1.5		0% Nemertea	2	0%
Polydora	2		0% Ovo de Oligochaeta	52	1%
Potamilla sp	50.5		1% Polydora	2	0%
Pygospio sp	0.5		0% Potamilla sp	67.5	1%
Sigambra grubii	83		1% Pygospio sp	0.5	0%
Sphaerosyllis	21		0% Sigambra grubii	91.5	1%
Spio sp	1		0% Sphaerosyllis	174	2%
Streblospio benedicti	796.5		14% Spio sp	1	0%
Tagelus plebeius	6		0% Streblospio benedicti	1111.5	12%
Tellina	19		0% Tagelus plebeius	6	0%
Tubificidae	2306.5		40% Tellina	19	0%
Turbellaria	1.5		0% Tubificidae	4260.5	45%
Total	5825	100%	Turbellaria	17	0%
			Typosyllis sp	0.5	0%
			Total	9556.5	100%

Baixa Dosagem					
malha 0.5mm	Total	%	malha 0,5+0,3mm	Total	%
Amphipoda (Gammaridae)	0.5	0.000156177	Amphipoda (Gammaridae)	0.5	0.0%
Anomalocardia	7	0.002186475	Anomalocardia	9	0.2%
Boccardia sp	1.5	0.00046853	Boccardia sp	0.5	0.0%
Capitella	59.5	0.018585038	Capitella	110.5	2.0%
Ceratopogonidae (larva e pupa)	3.5	0.001093238	Ceratopogonidae (larva e pupa)	6.5	0.1%
Cerianthus	2.5	0.000780884	Cerianthus	2.5	0.0%
Exogone sp	0.5	0.000156177	Exogone sp	5	0.1%
Heteromastus	9.5	0.002967359	Heteromastus	10	0.2%
Isolda sp	310.5	0.096985788	Isolda sp	6	0.1%
Laeonereis acuta	476.5	0.148836483	Laeonereis acuta	1410	25.7%
Mediomastus	0.5	0.000156177	Mediomastus	1	0.0%
Minuspio sp	0.5	0.000156177	Minuspio sp	1.5	0.0%
Mytella	1.5	0.00046853	Mytella	1.5	0.0%

Nemertea	0.5	0.000156177	Nemertea	1	0.0%
Potamilla sp	1	0.000312354	Ovo de Oligochaeta	88.5	1.6%
Pygospio sp	11.5	0.003592066	Potamilla sp	1.5	0.0%
Sigambra grubii	65.5	0.02045916	Sigambra grubii	79.5	1.4%
Sphaerosyllis	7.5	0.002342652	Sphaerosyllis	25.5	0.5%
Spio sp	1.5	0.00046853	Streblospio benedicti	212.5	3.9%
Streblospio benedicti	163	0.050913634	Tagelus plebeius	1	0.0%
Tagelus plebeius	1.5	0.00046853	Tellina	6.5	0.1%
Tellina	402.5	0.125722318	Tubificidae	3502.5	63.8%
Tubificidae	1672	0.522255193	Turbellaria	6.5	0.1%
Turbellaria	1	0.000312354	Total	5489.5	100.0%
Total	3201.5				

Alta Dosagem

malha 0.5mm	Total	%	malha 0,5+0,3mm	Total	%
Anomalocardia	3	0.002673797	Amphipoda (Gammaridae)	0.5	0.000257003
Capitella	12.5	0.01114082	Anomalocardia	5.5	0.002827037
Cerianthus	1	0.000891266	Capitella	37.5	0.019275251
Exogone sp	0.5	0.000445633	Cerianthus	1	0.000514007
Heteromastus	1.5	0.001336898	Exogone sp	2.5	0.001285017
Isolda sp	60	0.053475936	Heteromastus	1.5	0.00077101
Laeonereis acuta	540.5	0.481729055	Isolda sp	1.5	0.00077101
Mytella	0.5	0.000445633	Laeonereis acuta	979	0.503212542
Pygospio sp	0.5	0.000445633	Mytella	0.5	0.000257003
Sigambra grubii	30.5	0.027183601	Ovo de Oligochaeta	16.5	0.00848111
Sphaerosyllis	1.5	0.001336898	Potamilla sp	0.5	0.000257003
Spio sp	0.5	0.000445633	Pygospio sp	0.5	0.000257003
Streblospio benedicti	102.5	0.091354724	Sigambra grubii	31	0.015934207
Tellina	4	0.003565062	Sphaerosyllis	5.5	0.002827037
Tubificidae	363	0.323529412	Streblospio benedicti	144	0.074016962
Total	1122		Tellina	3.5	0.001799023
			Tubificidae	712.5	0.366229761
			Turbellaria	2	0.001028013
			Total	1945.5	1

7. ANEXOS

REGRAS DO PERIÓDICO (Marine Pollution Bulletin)



MARINE POLLUTION BULLETIN

The International Journal for Marine Environmental Scientists, Engineers, Administrators, Politicians and Lawyers

AUTHOR INFORMATION PACK

6. TABLE OF CONTENTS

•		
•	Description	p.1
•	Audience	p.1
•	Impact Factor	p.2
•	Abstracting and Indexing	p.2
•	Editorial Board	p.2
•	Guide for Authors	p.4



ISSN: 0025-326X

7. AUDIENCE

Marine pollution environmental scientists, engineers, administrators, managers, politicians and lawyers.

8. IMPACT FACTOR

2019: 4.049 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2020

9. ABSTRACTING AND INDEXING

Aqualine Abstracts
 Chemical Abstracts
 Engineering Village - GEOBASE
 BIOSIS Citation Index
 Environmental Periodicals Bibliography
 Fish and Fisheries Worldwide
 EMBiology
 Current Contents
 Elsevier BIOBASE
 Cambridge Scientific Abstracts
 Current Contents - Agriculture, Biology & Environmental Sciences
 Embase
 Health and Safety Science Abstracts
 Petroleum Abstracts
 Science Citation Index
 Tox Abstr Environment Abstracts
 Scopus
 Marine Literature Review
 Oceanographic
 Literature Review

10. EDITORIAL BOARD

Editors-in-Chief

Francois Galgani, French Research Institute for Exploitation of the Sea, 92138, Bastia, Corsica, France

Pat Hutchings, Australian Museum, 1, William Street, Sydney NSW 2010, 2010, Australia

Gui-Peng Yang, Ocean University of China, 266100, Qingdao, China

Baseline Editor

B.J. Richardson, City University of Hong Kong Department of Biology and Chemistry, 83 Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong

News Editor

P. Kingston

Associate Editors

P. Boehm, Exponent, Maynard, Massachusetts, United States of America

M. Boufadel, New Jersey Institute of Technology, Newark, New Jersey, United States of America

J. Burt, New York University - Abu Dhabi Campus, Abu Dhabi, United Arab Emirates

P. Chakraborty, Indian Institute of Technology Kharagpur, Kharagpur, India

R.A. Hauser-Davis, Oswaldo Cruz Foundation, Oswaldo Cruz Institute, Environmental Health Promotion and Evaluation Laboratory, Rio de Janeiro, Brazil

G. R. MacFarlane, The University of Newcastle, Newcastle, New South Wales, Australia

M. Pelletier, US Environmental Protection Agency, Washington, District of Columbia, United States of America

K. Schiff, Southern California Coastal Water Research Project, Costa Mesa, California, United States of America

H. Shi, State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, Shanghai, China

P.K.S. Shin, City University of Hong Kong, Kowloon, Hong Kong

T. R. Walker, Dalhousie University School for Resource and Environmental Studies, Halifax, Nova Scotia, Canada

Editorial Board

M Ateweberhan, Coventry, United Kingdom

A. Borja, Pasaia, Spain

J.C. Dauvin, Wimereux, France

M. Elliott, Hull, United Kingdom

D.A. Holdway, Oshawa, Ontario, Canada

K.M.Y. Leung, Kowloon, Hong Kong

M. Martin, Marposa, California, United States of America

B. Morton, London, United Kingdom

J.W. Readman, Plymouth, United Kingdom

R.S. Tjeerdema, Davis, California, United States of America

A. Turner, Plymouth, United Kingdom

R.K.F. Unsworth, Swansea, United Kingdom

V. Wepener, Potchefstroom, South Africa

11. GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

INTRODUCTION

Types of paper

Research Reports; Shorter Research Notes; Baseline Records of Contamination Levels; Viewpoint Articles; Letters to the Editor; Focus Articles (short reviews of 1500 words); Reviews.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print *Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable) *Supplemental files* (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information pages on [Ethics in publishing](#) and [Ethical guidelines for journal publication](#).

Declaration of competing interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors should complete the declaration of competing interest statement using [this template](#) and upload to the submission system at the Attach/Upload Files step. **Note: Please do not convert the .docx template to another file type. Author signatures are not required.** If there are no interests to declare, please choose the first option in the template. This statement will be published within the article if accepted. [More information](#).

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [Crossref Similarity Check](#).

Preprints

Please note that [preprints](#) can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's [sharing policy](#). Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

Author contributions

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. [More details and an example](#)

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only

before the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal.

[More information.](#)

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information.](#)

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Open access

Please visit our [Open Access page](#) for more information.

Elsevier Researcher Academy

Researcher Academy is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language Services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <https://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at service.elsevier.com for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <https://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our [Support site](#). Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

Page charges

Marine Pollution Bulletin has no page charges.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Abstract

Abstracts should not exceed 150 words.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Where relevant these should include the main species concerned, the geographical area and the contaminant. Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Please note that the instructions related to Abstract and Graphical abstract still apply to all new submissions.

Peer review

This journal operates a single anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of one independent expert reviewer to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, with peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. [More information on types of peer review](#).

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

LaTeX

You are recommended to use the Elsevier article class [elsarticle.cls](#) to prepare your manuscript and [BibTeX](#) to generate your bibliography.

Our [LaTeX site](#) has detailed submission instructions, templates and other information.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries

about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: [example Highlights](#).

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Artwork

Electronic

artwork

General

points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal

communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#). Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes from different reference management software](#).

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/marine-pollution-bulletin>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and

animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into a data article published in *Data in Brief*. A data article is a new kind of article that ensures that your

data are actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and made publicly available to all upon publication (watch this [video](#) describing the benefits of publishing your data in *Data in Brief*). You are encouraged to submit your data article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed, published open access and linked to your research article on ScienceDirect. Please note an [open access fee](#) is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the [Data in Brief website](#). Please use [this template](#) to write your *Data in Brief* data article.

MethodsX

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple MethodsX articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. MethodsX, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their MethodsX article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be transferred over to MethodsX where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in MethodsX. Full details can be found on the [MethodsX website](#). Please use [this template](#) to prepare your MethodsX article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra

charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Author Services](#). Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the [Elsevier Support Center](#) to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also [check the status of your submitted article](#) or find out [when your accepted article will be published](#).

© Copyright 2018 Elsevier | <https://www.elsevier.com>