



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JOYCE CARINA BARBOSA BRITO

**MUDANÇAS NA COMUNIDADE MACROBENTÔNICA ASSOCIADA A  
ATIVIDADE DE BIOTURBAÇÃO DO CAMARÃO *Neocallichirus maryae*  
Karasawa, 2004 NA PRAIA DE MANGUE SECO, IGARASSU- PE**

RECIFE, 2020

JOYCE CARINA BARBOSA BRITO

**MUDANÇAS NA COMUNIDADE MACROBENTÔNICA ASSOCIADA A  
ATIVIDADE DE BIOTURBAÇÃO DO CAMARÃO *Neocallichirus maryae*  
Karasawa, 2004 NA PRAIA DE MANGUE SECO, IGARASSU- PE**

Monografia apresentada ao Departamento de  
Biologia da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco (UFRPE), como pré-requisito para  
obtenção do Grau de Bacharel em Ciências  
Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Lúcia Botter-  
Carvalho

Coorientadora: Msc. Nidia Cristiane de Mélo  
Marinho

RECIFE, 2020.

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)

---

- B862m Brito, Joyce  
Mudanças na comunidade macrobentônica associada a atividade de bioturbação do camarão *Neocallichirus maryae* Karasawa, 2004 na praia de mangue seco, Igarassu- PE. / Joyce Brito. - 2020.  
31 f. : il.
- Orientadora: Monica Lucia Botter- Carvalho.  
Coorientadora: Nidia Cristiane de Melo Marinho.  
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Biológicas, Recife, 2022.
1. Invertebrados bentônicos. 2. mudanças espaciais. 3. praia arenosa . 4. ecologia de comunidade. 5. camarões escavadores. I. Carvalho, Monica Lucia Botter-, orient. II. Marinho, Nidia Cristiane de Melo, coorient. III. Título

JOYCE CARINA BARBOSA BRITO

**MUDANÇAS NA COMUNIDADE MACROBENTÔNICA ASSOCIADA A  
ATIVIDADE DE BIOTURBAÇÃO DO CAMARÃO *Neocallichirus maryae* Karasawa, 2004  
NA PRAIA DE MANGUE SECO, IGARASSU- PE**

Monografia apresentada ao Departamento de  
Biologia da Universidade Federal Rural de  
Pernambuco (UFRPE), como pré-requisito para  
obtenção do Grau de Bacharel em Ciências  
Biológicas.

**DATA DE APROVAÇÃO: 27/01/2020**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Lúcia Botter- Carvalho  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

---

Msc. Larissa Bacelar da Costa  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

---

Dra. Ana Paula Maria Cavalcanti Valença de Barros  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

Msc. Paulo Vladmir Van Den Berg da Costa Carvalho  
Petrobras Transporte S.A. - TRANSPETRO

Recife, 2020.

*À minha mãe, por todo amor e dedicação e  
a todos que de alguma forma contribuíram  
e me ajudaram a acreditar que era possível.*

*Dedico com amor.*

*Sapere aude* - Immanuel Kant

## AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento é para o único paizinho, Deus. Quero também agradecer MUITÍSSIMO, a minha turma amada, SBBB1, pois o termo família é mais que laços sanguíneos, é quem torce por você nas provas difíceis, é quem abraça você nos dias ruins, é quem leva sua moral naqueles momentos ruins, aquele grupo que se junta para estudar, que senta pra jogar conversa fora, para comemorar cada pequena vitória do outro, que sofre as doenças e perda dos outros, que sente falta e percebe a ausência do outro, entre tantas coisas... Amo cada um de vocês, Brenda, Eduarda, Emily, Ilana, João Vitor, Lucas, Milena, Rayssa, Rômulo, Ronald de verdade. Junto com essa turma eu ganhei irmãs, meu amado GIMIS ou BDI, que é formado por não menos que DEZ meninas, contando comigo. Cada uma delas, Alê, Duda, Eri, Ivi, Mila, Gaybs, Marh, Nêssa e Tah, são as melhores amigas que alguém pode desejar encontrar em um curso. Não poderia deixar de agradecer ao programa de educação tutorial de Biologia (PET-Biologia) da UFRPE, pelos três anos de maior aprendizado que uma aluna poderia ter. Por ter aberto minha mente para tantas questões sociais e científicas, por ter me feito superar meus medos de apresentações, de ser melhor e de querer algo mais que a sala de aula.

Agradeço pelas pessoas surreais, distintas e humanamente gigantes que conheci, que me tiraram preconceitos e me fizeram evoluir como humana. Agradeço demais ao laboratório de ecologia do bentos costeiro (LEBENC). “Lugar onde os desesperados se ajudam”. Agradeço a todos por toda ajuda para concluir esse trabalho, em especial a Paulo que sempre que podia ia no laboratório mesmo nas férias ajudar nos nossos trabalhos, em coleta, em triagem e dando ensinamento a cada palavra que verbaliza. Um agradecimento especial a Rai, é uma pessoa fantástica, ajudando e dando dicas valiosas, ajudando a finalizar esse trabalho e até nos animando nessa reta de desespero inevitável. Agradeço também a Marcos que é um irmão de sofrimentos e alegrias, só orgulho dele. Outro agradecimento especial à minha coordenadora muito maravilhosa, sem a qual eu não conseguiria entregar tudo no prazo. Minha sincera gratidão. Não poderia agradecer ao LEBENC, sem agradecer a Professora Mônica Botter, com seus conhecimentos, acessibilidade, dedicação e integridade orienta cada aluno, com muito carinho e se esforça por eles. Obrigada por toda sua paciência em nos ajudar e estimular nosso melhor, mesmo quando acreditamos em nosso potencial.

Obrigada à minha família que me aguenta desde sempre, e pode não ser algo fácil muitas vezes. A minha total gratidão a Gabriel Boldorini por toda parceria, cumplicidade, amor e amizade que temos um com outro até aqui, obrigada por segurar a minha mão. E por último eu queria poder agradecer a minha mãe por tudo que ela fez por mim em todos esses anos, mas receio que não seja possível. Espero poder sempre encher dona Janice de orgulho, porque o meu orgulho sempre será ser sua filha. E se estou me formando ou “sendo alguém na vida” é porque esta mulher nunca deixou de trabalhar pelos seus. Só posso dizer OBRIGADA POR SER MINHA MÃE dona Jane.

Brito, J. C. B. Mudanças na comunidade macrobentônica associada à atividade de bioturbação do camarão *Neocallichirus maryae* Karasawa, 2004 na praia de Mangue Seco, Igarassu, PE. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Recife, 2020.

## RESUMO

A biodiversidade bentônica é responsável por fornecer diversos serviços ecossistêmicos ao meio ambiente, e dela surge uma base trófica que ajuda a manter esses serviços e a qualidade da vida humana. No entanto, diversos processos podem alterar essa dinâmica, uma vez que as espécies que habitam os bentos são sensíveis às mudanças ambientais. Neste trabalho vamos focar em uma atividade natural que pode alterar as propriedades dos sedimentos, chamada bioturbação. É apontada como uma atividade natural que perturba o meio ambiente ao perturbar partículas de sedimentos na modelagem de suas tocas. Este processo é bem estudado em ambientes terrestres e em outros grupos taxonômicos. No entanto, ainda são necessárias mais pesquisas sobre os efeitos da bioturbação realizada no processo de escavação de crustáceos Axiidea em ambientes de praia, áreas de grande valor ecológico e econômico para o sustento de famílias ribeirinhas e afins. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos das mudanças espaciais na comunidade da macrofauna associadas à presença do camarão escavador *Neocallichirus maryae* Karasawa, 2004. O trabalho foi realizado na praia de Mangue Seco, no município de Igarassu, zona norte litoral do estado de Pernambuco. Definimos quatro tipos de tratamentos entre proximidade e profundidade das amostras. Coletamos 7 amostras próximas à abertura da galeria (P) e distantes da abertura da galeria (L), com distância de 50 cm entre elas. Essas amostras foram divididas em dois estratos: raso (0-5cm) e profundo (5-10 cm). Assim, nossos tratamentos foram: Perto (P) e Longe (L) da abertura de galerias. E dois níveis de estrato das amostras: Superficial (0-5 cm) e profundo (5-10 cm). Observamos diferenças de abundância entre os extratos das amostras, sendo contabilizadas. Encontramos um total de 149 organismos no total. Ao qual, separados pelos respectivos tratamentos, foram coletados: 3 organismos no tratamento Fundo (5-10 cm), 71 organismos no tratamento Superficial (0-5 cm), 8 organismos no tratamento Longe (L) e 66 organismos no tratamento Perto (P). A presença do camarão *N. maryae* demonstrou influência direta na composição da macrofauna, nos tratamentos próximos à galeria de *N. maryae* e nas áreas superficiais do sedimento. O que nos leva a crer que outros fatores como as propriedades bióticas e abióticas da praia tenham influenciado a distribuição dos organismos bentônicos. Outros estudos são necessários para medir como os impactos antrópicos podem ter influenciado nossos resultados e para mostrar o papel da engenharia do ecossistema na atividade de bioturbação do camarão escavador. Esta pesquisa traz insights sobre a bioturbação relacionada às comunidades macrobentônicas, que podem servir de fonte para estudos futuros sobre os efeitos da bioturbação em organismos bentônicos, que ainda são muito escassos.

**Palavras-chave:** Invertebrados bentônicos, mudanças espaciais, praia arenosa, ecologia de comunidade e camarões escavadores.

Brito, J. C. B. **Mudanças na comunidade macrobentônica associada à atividade de bioturbação do camarão *Neocallichirus maryae* Karasawa, 2004 na praia de Mangue Seco, Igarassu, PE.** Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Recife, 2020.

### ABSTRACT

Benthic biodiversity is responsible for providing various ecosystem services to the environment, and from it arises a trophic base that helps maintain these services and the quality of human life. However, several processes can change this dynamic, since the species that inhabit the benthos are sensitive to environmental changes. In this work we will focus on a natural activity that can change the properties of sediments, called bioturbation. It is pointed out as a natural activity that disturbs the environment by disturbing sediment particles in the modeling of their burrows. This process is well studied in terrestrial environments and in other taxonomic groups. However, more research is still needed on the effects of bioturbation carried out in the process of excavation of Axiidea crustaceans in beach environments, areas of great ecological and economic value for the livelihood of riverside families and the like. Thus, the present study aims to evaluate the effects of spatial changes in the macrofauna community associated with the presence of the burrowing shrimp *Neocallichirus maryae* Karasawa, 2004. The work was carried out on the beach of Mangue Seco, in the municipality of Igarassu, in the north coast of the state. from Pernambuco. We defined four types of treatments between proximity and depth of samples. We collected 7 samples close to the gallery opening (P) and distant from the gallery opening (L), with a distance of 50 cm between them. These samples were divided into two strata: shallow (0-5cm) and deep (5-10 cm). Thus, our treatments were: Near (P) and Far (L) from the opening of galleries. And two stratum levels of the samples: Superficial (0-5 cm) and deep (5-10 cm). We observed differences in abundance between the sample extracts, which were accounted for. We found a total of 149 organisms in total. Which, separated by the respective treatments, were collected: 3 organisms in the Deep treatment (5-10 cm), 71 organisms in the Superficial treatment (0-5 cm), 8 organisms in the Far treatment (L) and 66 organisms in the Near treatment ( P). The presence of shrimp *N. maryae* demonstrated a direct influence on the composition of the macrofauna, on the treatments close to the gallery of *N. maryae* and on the superficial areas of the sediment. Which leads us to believe that other factors such as the biotic and abiotic properties of the beach have influenced the distribution of benthic organisms. Further studies are needed to measure how anthropic impacts may have influenced our results and to show the role of ecosystem engineering in burrower shrimp bioturbation activity. This research brings insights on bioturbation related to macrobenthic communities, which can serve as a source for future studies on the effects of bioturbation on benthic organisms, which are still very scarce.

**Key-words:** Benthic invertebrates, Axiidea, sandy beach and trophic groups.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema gráfico de predição, no qual a presença ou ausência do corrupto *N. maryae* (variável resposta) pode afetar a diversidade das espécies (variável preditora) do ambiente bentônico..... 13
- Figura 2.** Localização da área de coleta na Praia de Mangue Seco (Igarassu- PE). Fonte: modificado do google maps.....16
- Figura 3.** Registro fotográfico das espécies *N. Maryae* (A) Fêmea ovígera e (B) Macho de *N. maryae*.  
Fonte: Arquivo pessoal..... 17
- Figura 4.** (A) Abertura de galeria de *N. maryae* vista de cima e (B) Galeria de *N. maryae* vista lateral. Registro feito na coleta realizada em 29 de setembro de 2019 na praia de Mangue seco, Igarassu, PE. Fonte: Arquivo pessoal..... 17
- Figura 5.** Esquema metodológico da amostragem dos organismos da macrofauna bentônica. Sendo (0-5) o estrato raso e (5-10) fundo, com amostragens perto (P) e longe (L) da galeria de *Neocallichirus maryae*, com diferença espacial de 50 cm entre uma distância e outra. Fonte: Arquivo pessoal..... 18
- Figura 6.** Esquema metodológico de amostragem da matéria orgânica e granulometria do sedimento da praia de mangue seco. Sendo (0-5) o estrato raso e (5-10) fundo, com amostragens perto (P) e longe (L) da galeria, com 50 cm de espaço entre as distâncias..... 19
- Figura 7.** Tabela de distribuição, abundância e composição dos organismos coletados entre os estratos fundo, superficial, longe e perto em relação a abertura das galerias de corruptos..... 21

## LISTA DE TABELA

<b>Figura 1</b> Tabela de distribuição, abundância e composição dos organismos coletados entre os estratos fundo, superficial, longe e perto em relação a abertura das galerias de corruptos. .....	21
<b>Figura 2.</b> Resultados das análises da PERMANOVA e PERMDISP. .....	22
<b>Figura 3.</b> Percentuais de contribuição dos principais táxons para a dissimilaridade média ( $\delta$ ) (Índice de Bray-Curtis) entre Estratos ( $\delta = 84,62$ ). .....	23
<b>Figura 4.</b> Percentuais de contribuição dos principais táxons para a dissimilaridade média ( $\delta$ ) (Índice de Bray-Curtis) entre Distâncias (Perto e Longe) das galerias de <i>N. maryae</i> ( $\delta = 68,90$ ). .....	23

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

## 1. INTRODUÇÃO

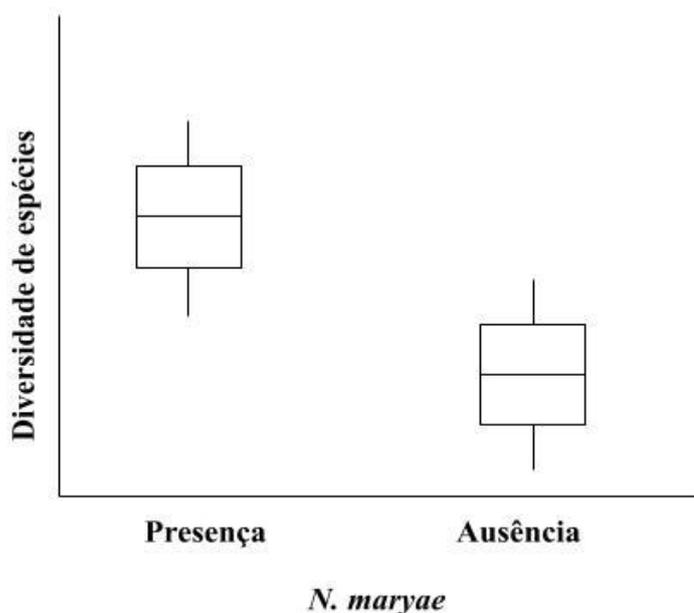
As praias arenosas que compõem os ambientes costeiros são de suma importância no estabelecimento, desenvolvimento e subsistência de populações humanas. Ao longo da história, as praias proporcionam atividades de provisão como pesca artesanal e comércio, serviços culturais, como lazer, turismo e crenças, assim também como serviços de suporte como a produtividade primária, ciclagem de nutrientes, oxigenação e revolvimento do sedimento (Brown, 2006; Schlacher et al., 2008; Robles et al 2009). A atividade de movimentação do sedimento é caracterizada como bioturbação, que é o processo de transporte de partículas, que direta ou indiretamente alteram as matrizes do sedimento (Kristensen, 2012). Por meio de organismos bentônicos bioturbadores, que estão presentes nestes ambientes e contribuem para a ressuspensão das partículas depositadas no sedimento (Robles et al 2009). Esses organismos podem ser invertebrados (poliquetos, moluscos, crustáceos, equinodermos, dentre outros), alguns peixes demersais, aves marinhas e até alguns mamíferos marinhos como a baleia-cinza, morsas e o peixe boi (Dewitt, 2009; Kristensen, 2012).

Dentre os bioturbadores, os camarões-escavadores, pertencentes à Ordem Decapoda, Infraordens Gebiidea e Axiidea, são apresentados na literatura como os bioturbadores mais eficientes no ambiente bentônico (Dworschak, 2005). Animais frequentemente utilizados como iscas na atividade de pesca artesanal no Brasil, conhecidos popularmente como “corruptos”, por serem numerosos, de alta reprodução, e pela dificuldade na captura, devido ao seu modo de vida críptico em formar galerias no sedimento (Pillay e Branch, 2011), também possuem uma ampla distribuição global, exceto nos polos (Coelho, 1997). O padrão apresentado por essas estruturas, são um dos principais motivos para este grupo ser classificado como engenheiro do ecossistema, que de acordo com Jones (1994), diz respeito aos organismos capazes de criar, modificar ou manter um habitat.

Isto pode ocasionar tanto em efeitos positivos, quanto negativos às comunidades coexistentes (Pillay e Branch, 2011). Alguns desses efeitos podem ser a alteração dos fluxos de matéria e energia de ecossistemas aquáticos, a turbulência promovida pela movimentação da massa d’água; a liberação de gases e solutos via atividade microbiana, que intensifica a oxigenação sedimentar, aumentando a ciclagem de nutrientes e a intensidade da atividade da migração dos animais bentônicos (Mclachlan, 1983; Pezzuto, 1995; Aschenbroich et al, 2016), afetando com isso, a cadeia alimentar de peixes, aves e outros organismos que se beneficiam ou compõem esses ambientes, como por exemplo, a macrofauna (Pillay e Branch, 2011). A macrofauna é formada por táxons de invertebrados com tamanho maior ou igual a 0,5 mm, sendo composta principalmente por moluscos, crustáceos e

poliquetas (Melo et al, 2009). A distribuição da macrofauna não se apresenta claramente definida em praias arenosas (Wendt e Mclachlan, 1985). Contudo, alguns fatores podem ser responsáveis pela distribuição dos animais no ambiente bentônico, como por exemplo, a heterogeneidade ambiental, a abundância de espécies, as propriedades do sedimento e da água intersticial, a disponibilidade de alimento, a inclinação da praia e o mais importante nesse estudo, o tamanho das partículas do sedimento (Mclachlan, 1983; Probert, 1984; Villwock, 1994).

A relação entre a bioturbação realizada na formação da galeria dos corruptos possui uma importância para os estudos ecológicos de comunidades, principalmente nos ambientes bentônicos, pois esse grupo dá suporte a manutenção da cadeia trófica marinha nesses ambientes, o que também impacta diretamente em serviços culturais e de provisão que estão associados (Pillay e Branch, 2011). Pensando nessas questões, neste trabalho nos propomos a responder a seguinte pergunta “A presença do camarão escavador *Neocallichirus maryae* afeta a composição da comunidade bentônica? Pensando nisso, elaboramos a seguinte hipótese: A presença do camarão escavador afeta a diversidade e abundância da comunidade bentônica. E como predição, esperamos que na presença do camarão escavador exista maior número de indivíduos e espécies, do que na ausência, pensando em sua capacidade de perturbar o ambiente em que está presente, oxigenando o solo e aumentando a disponibilidade de nutrientes (Pillay e Branch, 2011).



**Figura 1.** Esquema gráfico de predição, no qual a presença ou ausência do corrupto *N. maryae* (variável resposta) pode afetar a diversidade das espécies (variável preditora) do ambiente bentônico.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A bioturbação é um termo amplamente utilizado em diversas áreas, tanto terrestres quanto aquáticas, que consiste no revolvimento de solo ocasionado por alguns organismos. Na visão ecológica, a bioturbação é acoplada a processos físicos e alterações químicas associadas com o movimento de partículas ou de água. As consequências biológicas e bioquímicas importantes da bioturbação devem ser consideradas através da engenharia ecossistêmica. (Meysman et al, 2006). Para Kristensen et al. (2012) todos os processos de transporte efetuados por animais que diretamente ou indiretamente afetam matrizes do sedimento. Para ele, estes processos incluem tanto a reformulação de partículas quanto a oxigenação das galerias, a reformulação de partículas envolve o deslocamento da fauna e, construção e manutenção de tocas, através da ingestão e a defecação de partículas.

A importância da bioturbação na biogeoquímica do sedimento se originou do modo como alteram a estrutura sedimentar, pela mistura e transporte de sedimento (Michaud et al, 2005). Outro termo relevante é o dos engenheiros do ecossistema, o qual é usado por Jones et al (1994) para descrever os organismos que “modulam direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outras espécies”. Ao fazer isso, esses organismos modificam, mantêm e/ou criam habitats. Grupos terrestres como cupins (juntamente com as formigas, e minhocas) afetam a disponibilidade de recursos para outras espécies através das alterações das propriedades físicas e químicas do solo. Na construção do ninho há deposição de compostos orgânicos (como saliva e fezes), gerando uma maior concentração de elementos como o carbono, fósforo e nitrogênio (Constantino, 2005). A macrofauna, que inclui organismos visíveis a olho nu (>5,0 mm) de acordo com Melo et al (2009). Os camarões thalassinoides estão entre os grandes bioturbadores dominantes de areia e lama. As tocas desses camarões têm uma grande influência na formação da estrutura da comunidade bentônica local. Estudos têm demonstrado, por exemplo, que estas tocas são utilizadas por espécies de bivalves, caranguejos entre outros (Pillay e Branch, 2011).

### ***Bioturbação de outros grupos taxonômicos***

Alguns trabalhos trazem outros organismos como agentes bioturbadores. Correia (2016), indicou que a bioturbação do caranguejo *Uca leptodactyla* favoreceu a retenção de mercúrio (Hg) no substrato. Os caranguejos *Uca maracoani* e *Ucides cordatus*, que são de grande importância ecológica e econômica nas áreas costeiras semiáridas do Brasil, afetam processos biogeoquímicos em solos de

mangue, pelo processo de bioturbação (Araújo. Jr, 2011). A remoção dos camarões *Macrobrachium olfersii* e *Potimirim*, provocaram mudanças tanto em comunidades infaunais quanto de ervas marinhas. (Moulton, 2005). Devido à abundância de poliquetas carnívoros móveis, observou-se maiores taxas de bioturbação associadas aos maiores valores de clorofila a na superfície do sedimento (Quintana, 2004).

### ***Bioturbação de camarões escavadores***

Diversos estudos conduzidos evidenciaram os efeitos da atividade de bioturbação realizada por camarões escavadores. *Upogebia deltaura* e *Callianassa subterrânea* alteraram a estrutura de comunidades de bactérias, em diferentes profundidades no sedimento (Lave Rochet al., 2010). O camarão *Biffarius filholi* influenciou na composição da comunidade de macrofauna em pequenas escalas espaciais, com o impacto variando também de forma sazonal (Berkenbusch et al., 2000). *Trypaea australiensis* alterou as estruturas abióticas e bióticas do substrato (Dunn, 2019). Tamaki (1998) verificou que a atividade do *Callianassa japônica* também influenciou negativamente no processo de migração do poliqueta do gênero *Armandia*, pois, a escavação do camarão, reduziu as áreas de refúgio para o poliqueta, levando à sua exclusão. O camarão *Callianassa kraussi* afetou algumas espécies de gastrópodes, poliquetas e bivalves negativamente pela bioturbação (Pillay et al., 2007). Um estudo feito por Machado (2004) demonstrou que o fluxo de nutrientes nas galerias de *Callichirus major* pode ter um impacto considerável na dinâmica da produção primária pelágica nesse ecossistema. Soares (2014), salientou a eficiência e recorrente ação dos talassinídeos em modificar o substrato em que estão presentes. Houve um desacoplamento das respostas dos organismos bênticos que possa estar relacionado ao hidrodinamismo local e a presença de *Upogebia noronhensis* (Quintana, 2004).

## **1. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar as mudanças espaciais na distribuição da macrofauna associada à presença do camarão escavador *Neocallichirus maryae*.

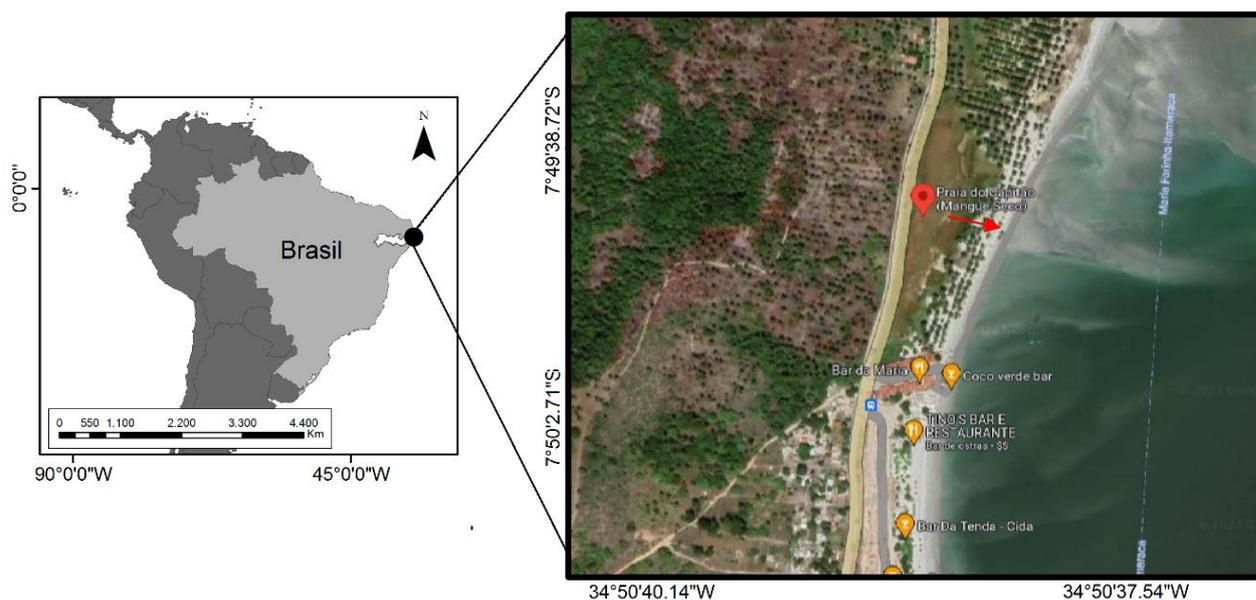
### **3.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar possíveis variações espaciais na composição e abundância da comunidade bentônica relacionada à atividade de bioturbação;
- Descrever como a presença de *N. maryae* afeta a comunidade macrofaunal;
- Testar se a atividade de bioturbação afeta de maneira distinta a composição da macrofauna ao longo dos estratos de profundidade no sedimento.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O trabalho foi realizado na praia do Capitão (Mangue Seco), localizada na cidade de Igarassu, a 27 km da cidade do Recife, no litoral norte do estado de Pernambuco ( $7^{\circ} 50' 05.8''$  S e  $34^{\circ} 50' 39.4''$  W) (Figura 1).

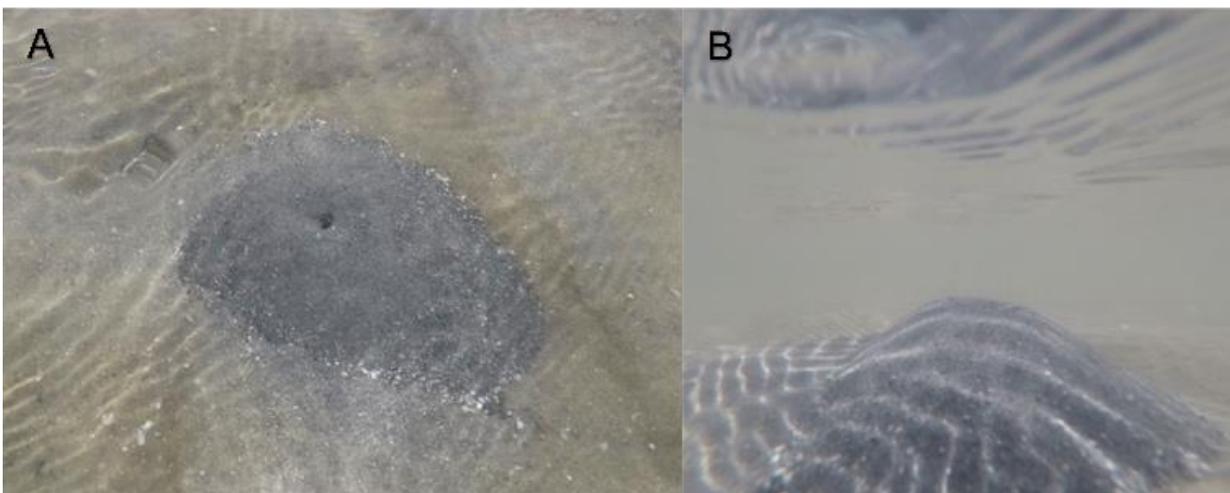


**Figura 2.** Localização da área de coleta na Praia de Mangue Seco (Igarassu- PE). Fonte: modificado do google maps.

Esta praia é caracterizada pela presença de inúmeras aberturas de galerias relativas à atividade de escavação de diferentes espécies de camarões escavadores e outros invertebrados, como representantes do filo Mollusca, por exemplo. Este trabalho foi realizado a partir das galerias construídas por *Neocallichirus maryae* (Figura 4.) que se apresentam em estruturas cônicas semelhantes a vulcões, podendo ou não conter pelotas fecais (Figura 5.). Esta espécie foi escolhida pela sua atuação, assim como todo o grupo, como engenheiro ecossistêmico e a falta de trabalhos sobre esta espécie.



**Figura 3.** Registro fotográfico das espécies *N. Maryae* (A) Fêmea ovígera e (B) Macho de *N. maryae*. Fonte: Arquivo pessoal.

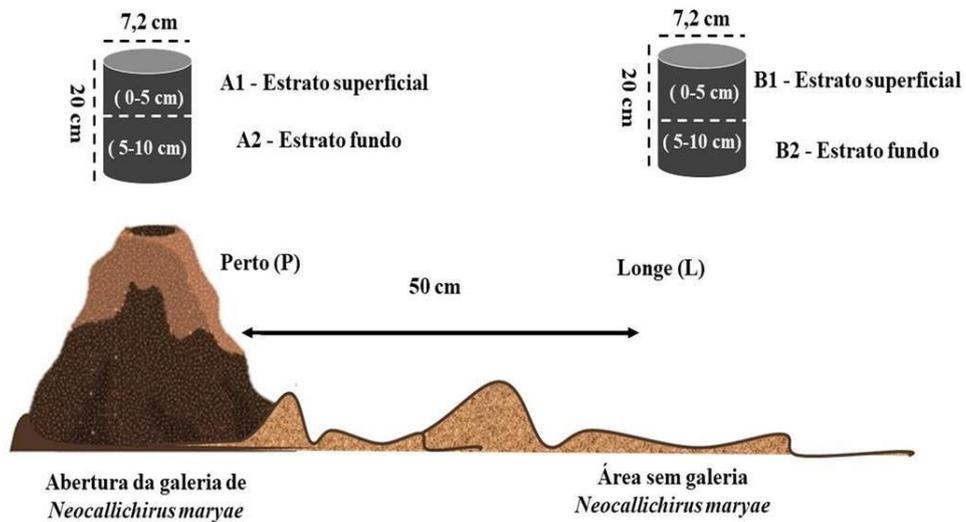


**Figura 4.** (A) Abertura de galeria de *N. maryae* vista de cima e (B) Galeria de *N. maryae* vista lateral. Registro feito na coleta realizada em 29 de setembro de 2019 na praia de Mangue seco, Igarassu, PE. Fonte: Arquivo pessoal.

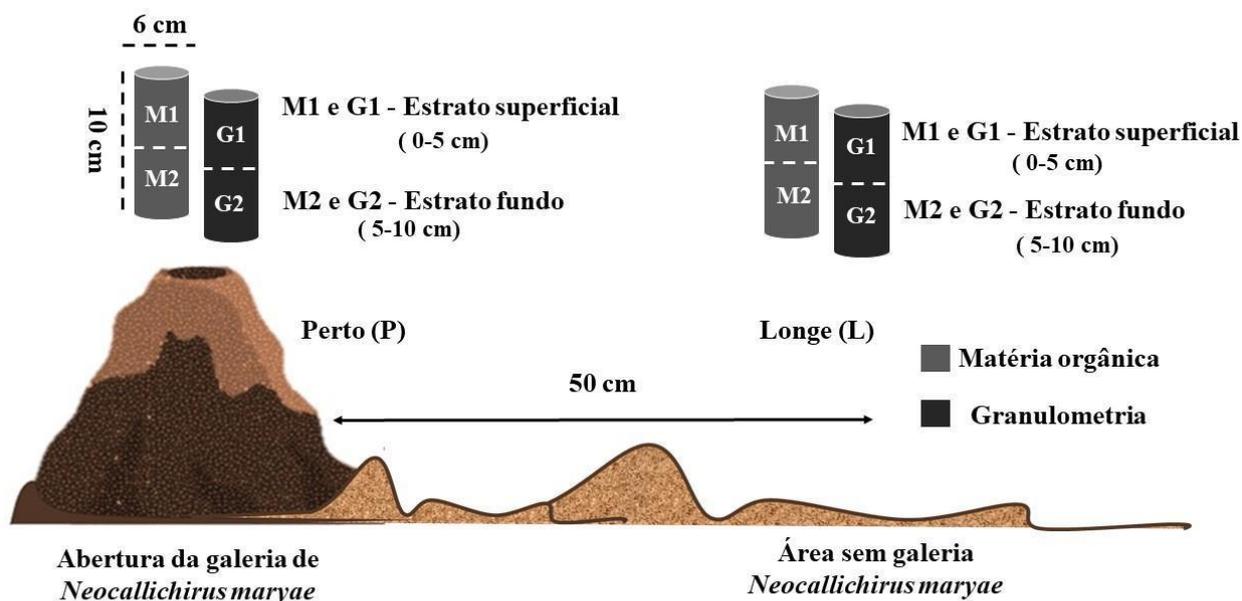
### Metodologia de campo

As amostras foram definidas em 2 tipos de tratamentos, sendo coletadas amostras de sedimento perto (P) (~1cm) e longe (L) com 50 cm de distância entre elas, as galerias foram escolhidas aleatoriamente (com um N amostral de 1 a 7). Em cada ponto, as amostras foram estratificadas em dois estratos Superficial (0-5cm) e Fundo (5-10 cm) (**Figura 5**). A coleta das amostras para a análise da macrofauna foi realizada com amostrador cilíndrico de alumínio com 20 cm de altura e 7,2 cm de diâmetro com área 40,71 cm<sup>2</sup>. Além da macrofauna, amostras de sedimento foram coletadas para análise granulométrica e da matéria orgânica, sendo duas réplicas para cada ponto de cada parâmetro ambiental (**Figura 6**). Para ambos os parâmetros, foi utilizado um amostrador cilíndrico com 10 cm de altura e 6 cm de diâmetro. A análise granulométrica seguiu a

metodologia de Suguio (1973) e as frações do sedimento foram caracterizadas em cascalho (>2 mm), areia muito grossa (2-1 mm), areia grossa (1-0,500mm), areia média (0,500-0,250mm), areia fina (0,250-0,125mm), areia muito fina (0,125-0,063mm) e silte-argila (<0,063mm). A análise de matéria orgânica foi realizada pelo método de incineração via mufla a 550-600°C, seguindo a metodologia modificada de Wetzel e Likens (1990).



**Figura 5.** Esquema metodológico da amostragem dos organismos da macrofauna bentônica. Sendo (0-5) o estrato raso e (5-10) fundo, com amostragens perto (P) e longe (L) da galeria de *Neocallichirus maryae*, com diferença espacial de 50 cm entre uma distância e outra. Fonte: Arquivo pessoal.



**Figura 6.** Esquema metodológico de amostragem da matéria orgânica e granulometria do sedimento da praia de mangue seco. Sendo (0-5) o estrato raso e (5-10) fundo, com amostragens perto (P) e longe (L) da galeria, com 50 cm de espaço entre as distâncias.

#### a. Processamento de amostras da macrofauna

Em laboratório, as amostras foram lavadas em água corrente e peneiradas em malhas de 0,5mm. Após a lavagem, a macrofauna foi colocada em recipientes com formol a 4% e coradas com Rosa Bengala. A triagem das amostras foi realizada com o auxílio de estereomicroscópio, e os indivíduos identificados ao menor nível taxonômico possível. Para análise dos grupos tróficos, cada táxon foi classificado como detritívoro, filtrador, herbívoro ou carnívoro, com base em Bremner et al. (2003) e Costa e Silva et al. (2008). Os organismos com um padrão de alimentação flexível foram atribuídos ao mecanismo de alimentação predominante.

#### Análise de dados ambientais

Foram coletadas também amostras de sedimento para análises granulométrica e matéria orgânica, sendo duas réplicas para cada análise (próxima e distante das galerias (Figura 6)). Para análise granulométrica foi utilizado amostrador cilíndrico ( $\varnothing=6\text{cm}$ ;  $h=10\text{cm}$ ), seguindo a metodologia de Suguio (1973). As frações foram caracterizadas em cascalho ( $>2\text{ mm}$ ), areia muito grossa (1-2 mm), areia grossa (1-0,500mm), areia média (0,500 - 0,250mm), areia fina (0,250 - 0,125mm), areia muito fina (0,125 - 0,063mm) e silte e argila ( $<0,063\text{mm}$ ). Também para análise de matéria orgânica foi

utilizado o amostrador cilíndrico ( $\varnothing=6\text{cm}$ ;  $h=10\text{cm}$ ), seguindo a metodologia modificada de Wetzel e Likens (1990).

### **Análise de dados biológicos**

As amostras de macrofauna foram comparadas usando a Ordenação nMDS (Escalonamento Multidimensional não métrico) (Clarke e Ainsworth, 1993). Os dados de abundância foram previamente transformados com  $\log(x+1)$  e convertidos em uma matriz de similaridade de Bray-Curtis (Bray e Curtis, 1957), com adição da variável dummy. Então, para testar se a presença do bioturbador *N. maryae* afeta a comunidade macrobentônica foi usada a análise de Variância permutacional multivariada (Anderson, 2017) (PERMANOVA com 9999 permutações). Sendo assim, foram criados dois Fatores (Fator Distância, com dois níveis, perto e longe; Fator Estrato com dois níveis, 0-5 cm e 5-10 cm). A homogeneidade das dispersões multivariadas entre grupos, para cada Fator foi testada usando PERMDISP (Anderson, 2006). Posteriormente, resultados significativos da PERMANOVA foram então representados através do nMDS. A análise SIMPER foi realizada para definir quais táxons mais contribuíram para a dissimilaridade média para cada Fator, considerando os táxons que contribuíram com uma similaridade cumulativa de 80%. Todas as análises foram feitas utilizando o programa PRIMER + PERMANOVA versão 6.0 (Clarke e Gorley, 2006).

## **5. RESULTADOS**

Nossos resultados de granulometria mostraram que a praia de Mangue Seco possui uma predominância de areia fina (70%) e areia média (17%), caracterizando-se como uma praia arenosa. Os percentuais médios de matéria orgânica variaram de 1% a 23% nas amostras perto de 2% nas amostras fundas. Nas amostras Longe da abertura de galeria, os percentuais médios de matéria orgânica variaram entre 1% e 64% nos estratos rasas, e de 1% a 28% no estrato fundo. Em nossa amostra de macrofauna bentônica encontramos um total de 149 organismos ao total. Observamos diferenças de abundância entre os extratos das amostras, sendo contabilizadas. Encontramos um total de 149 organismos no total. Ao qual, separados pelos respectivos tratamentos, foram coletados: 3 organismos no tratamento Fundo (5-10 cm), 71 organismos no tratamento Superficial (0-5 cm), 8 organismos no tratamento Longe (L) e 66 organismos no tratamento Perto (P). (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Tabela de distribuição, abundância e composição dos organismos coletados entre os estratos fundo, superficial, longe e perto em relação a abertura das galerias de corruptos.

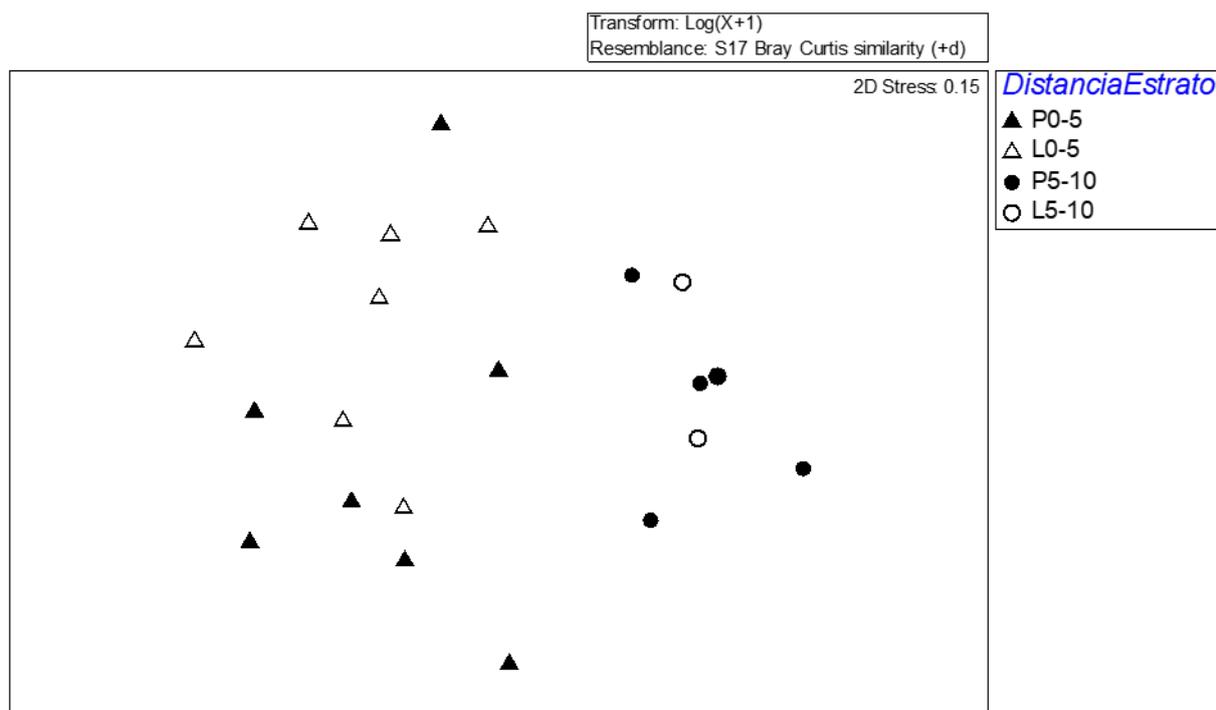
<b>Táxons</b>	<b>Fundo (0-5 cm)</b>	<b>Superficial (5 -10 cm)</b>	<b>Longe</b>	<b>Perto</b>
<b>Annelida</b>				
• Armandia	0	3	0	11
• Capitallidae	0	0	0	4
• Cirratulidae	0	1	0	1
• Dorvillidae	0	2	0	0
• Eunicidae	0	0	3	0
• Glyceridae	0	16	2	1
• Goniadidae	0	1	0	0
• Nereididae	0	4	0	6
• Oligochaeta	0	1	2	13
• Orbiniidae	0	2	1	3
• Pilargiidae	0	4	0	0
• Sipunculidae	1	6	0	1
• Spionidae	2	4	0	0
• Sylliidae	0	1	0	7
<b>Arthropoda</b>				
• Cumacea	0	0	0	1
• Isopoda	0	0	0	1
• Paguridae	0	0	0	1
<b>Echinodermata</b>				
• Anphiuridae	0	1	0	1
<b>Mollusca</b>				
• Neritidae	0	5	0	3
• Solecurtidae	0	2	0	1
• Veneridae	0	15	0	12
<b>Nemertea</b>				
• Nemertea	0	3	0	7
• Total	03	71	08	66

A PERMANOVA detectou diferenças significativas entre os estratos. ( $P(\text{perm})= 0,05$ ). Foi encontrada uma baixa diferença entre distância e estrato, através do PERMDISP ( $P(\text{perm})> 0,05$ ), (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resultados das análises da PERMANOVA e PERMDISP.

PERMANOVA				PERMDISP		
Fonte de Variação	gl	Quadrado médio	Pseudo-F	P(perm)	F	P(Perm)
Distância	1	1534	1.363	0.207	0.43052	0.642
Estrato	1	20161	17.914	0.0001	32.755	0.001
Dist x Est	1	1338.9	1.1896	0.3168		
Resíduos	24	944,91				
Total	27	50045				

A ordenação nMDS mostrou uma separação mais clara entre grupos dos estratos de profundidade do que distância, confirmando os resultados da PERMANOVA. O fator proximidade influenciou na composição de espécies da macrofauna ( $p = 0.016$ ,  $r^2 = 0.18$ ). Além disso, a influência da proximidade foi resultado da variação na composição de espécies dentro dos grupos (Longe, Perto, Superficial e Fundo) ( $p = 0.001$ ,  $F = 17.332$ ), como mostra a **figura 7**.



**Figura 7.** Ordenação nMDS para a abundância das comunidades macrobentônica em diferentes distâncias (Perto =P e Longe =L) e profundidades (0-5 e 5-10cm) em relação as galerias de *Neocallichirus maryae* na praia de Mangue Seco, Igarassu, PE. Onde Triângulo escuro (▲) se refere a amostras perto da galeria, com estrato superficial de 0-5 cm. E o triângulo claro (△) se refere a amostras longe da galeria em profundidade superficial de 05 cm. O círculo escuro (●) representa as amostras perto da galeria, em estrato fundo de 5-10 cm. E o círculo claro (○) representa as amostras longe da galeria com profundidade de 5-10 cm.

O SIMPER mostrou que 10 táxons contribuíram para explicar 80% das diferenças nas abundâncias entre estratos e 11 táxons explicaram as diferenças entre distância. Houve uma concordância entre táxons nos estratos e distâncias sendo as mesmas em ambos, exceto a família Pilargiidae que indicou uma contribuição individual de 3,91% entre distâncias (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 3:** Percentuais de contribuição dos principais táxons para a dissimilaridade média ( $\delta$ ) (Índice de Bray-Curtis) entre Estratos ( $\delta = 84,62$ ).

Grupos	0-2cm	5-10cm	Contribuição individual (%)	Contribuição cumulativa (%)
	Abundância média	Abundância média		
Veneridae	0,96	0,00	12,04	41,81
Glyceridae	0,50	0,16	7,46	49,27
Oligochaeta	0,35	0,16	5,51	54,78
<i>Arandia sp</i>	0,45	0,00	5,11	59,89
Nemertea	0,41	0,00	4,99	64,89
Nereididae	0,40	0,00	4,66	69,54
Sipunculidae	0,28	0,16	4,42	73,96
Neritidae	0,33	0,00	3,58	77,55
Orbiniidae	0,20	0,10	2,82	80,36

**Tabela 4:** Percentuais de contribuição dos principais táxons para a dissimilaridade média ( $\delta$ ) (Índice de Bray-Curtis) entre Distâncias (Perto e Longe) das galerias de *N. maryae* ( $\delta = 68,90$ ).

Espécies	Perto	Longe	Contribuição individual (%)	Contribuição cumulativa (%)
	Abundância média	Abundância média		
Glyceridae	0,16	0,64	9,29	32,59
Veneridae	0,53	0,77	8,35	40,94
Oligochaeta	0,48	0,07	6,73	47,68
Sipunculidae	0,06	0,43	6,56	54,24
<i>Arandia sp</i>	0,41	0,18	5,08	59,32
Nemertea	0,36	0,18	4,77	64,08
Nereididae	0,29	0,25	4,53	68,62
Pilargidae	0,00	0,28	3,91	72,53
Neritidae	0,16	0,29	3,86	76,38
Orbiniidae	0,19	0,14	3,81	80,20

## 6. DISCUSSÃO

O estudo tinha o objetivo de entender como a presença do camarão escavador *Neocallichirus maryae* afetaria a distribuição da composição da comunidade bentônica. Nossos resultados mostraram que a presença de *N. maryae* influenciou na composição de espécies da macrofauna. Além disso, houve variação na composição de espécies dentro dos diferentes tratamentos, principalmente entre os

estratos de profundidade (Perto raso - PR e Longe raso - LR). Quando considerados em conjunto, nossos resultados podem sugerir que a macrofauna bentônica é afetada por distúrbios ambientais, como a bioturbação, em um gradiente sedimentar, onde a disponibilidade de recursos não seja afetada.

A maior concentração de organismos nos sedimentos superficiais e próximos às galerias do *N. Maryae* pode indicar um ambiente mais oxigenação nesse ambiente, que pode estar relacionado a diferentes causas como por exemplo a atividade ambiental de bioturbação. A bioturbação do camarão tem o potencial para aumentar a área de superfície disponível para colonização de outros grupos, como é o caso dos microrganismos e/ou interferir na distribuição de nutrientes ou compostos adicionados ao ambiente (Pillay e Branch, 2011; Klerks et al, 2020; Dumbauld e Bosley, 2018). O inverso também é diretamente proporcional, visto que os camarões escavadores também são sensíveis a mudanças no ambiente, podendo servir de indicadores ambientais (Leiva et al, 2015). Já a menor concentração de organismos nos estratos mais profundos e distantes das galerias da espécie *N. Maryae* pode estar relacionada com a atenuação da luz que provoca uma baixa do microfitobento, causando uma diminuição na absorção da energia necessária ao processo fotossintético (Pillay e Branch, 2011). Mas para afirmar com mais precisão tudo isso requer outros testes que o nosso experimento não abarcou.

A abundância de *Anomalocardia brasiliiana* (Gmelin, 1791), espécie da família Veneridae (filo Mollusca), foi muito abundante nos dois estratos rasos (PR e LR). O que pode se relacionar a sua capacidade de suportar situações ambientais extremas pode ser explicada pelas características da praia como: presença de águas calmas, sedimento areno-lodoso, onde enterra-se superficialmente no sedimento, disponibilidade de matéria orgânica, e longo tempo de exposição do mediolitoral (Oliveira et al, 2016,). Nossos resultados também podem estar relacionados à alta atividade de biorrevolvimento de sedimento que deve estar ocorrendo naquela área, não necessariamente do *N. Maryane*, já que outros organismos bentônicos que ocorrem no ambiente também eram capazes de perturbar o substrato marinho, por meio do revolvimento do ambiente (Robles et al 2009; PILLAY e BRANCH, 2011). Como o trabalho de Oliveira (2014) onde foram encontradas estruturas de bioturbação relacionadas a pelo menos 13 espécies como vertebrados, artrópodes, nematódeos e poliquetas são os principais responsáveis por esta atividade.

Esse trabalho pode trazer contribuições acerca da dinâmica de distribuição da macrofauna bentônica de praias arenosas, servindo de fonte para estudos futuros sobre os efeitos da bioturbação sobre os organismos bentônicos. Também é interessante incluir em pesquisas futuras a perspectiva dos impactos antrópicos sobre as comunidades de macroinvertebrados de forma geral e na própria população de camarões escavadores, visto que isso pode interferir na dinâmica do ecossistema aquático (Costa, 2022). Estudos futuros podem se concentrar em uma amostragem maior, com o

número maior de galerias estudadas, ou sendo realizado em diferentes praias que ocorram a mesma espécie, com fins de comparação e validação dos resultados obtidos na presente pesquisa. Essa temática, que pode auxiliar em atividades de manejo e conservação desses organismos, e conseqüentemente desse ecossistema.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERKENBUSCH, K.; ROWDEN, A.; PROBERT, P. Temporal and spatial variation in macrofauna community composition imposed by ghost shrimp *Callianassa filholi* bioturbation. **Marine Ecology Progress Series**, v. 192, p. 249–257, 2000.

BORGES, M. T. M. Sobre a nutrição de moluscos bivalves em cultura controlada, com especial referência aos aspectos qualitativos. Instituto de Zoologia “Dr. Augusto Nobre”, Universidade do Porto, Portugal. **Série Monografias** no. 3, 87p, 1989.

BOTTER-CARVALHO, M. L.; CARVALHO, P. V. V. C. RAMOS-PORTO, M. Registro de *Neocallichirus rathbunae* (Schmitt, 1935) em águas do litoral brasileiro (Decapoda: Callianassidae). **Trabalhos Oceanográficos** da Universidade Federal de Pernambuco, 23: 199-202, 1995.

BOUWMAN, L. A. Systematics, ecology and feeding biology of estuarine nematodes. PhD Thesis. Wageningen Universiteit: **Wageningen**, The Netherlands, 1983.

BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. **Ecological Monographs**, v. 27, n. 4, p. 325–349, fev. 1957.

CABANILLAS, R. C.; ADVÍNCULA, O.; GUTIÉRREZ, C. Diversidad de Polychaeta (Annelida) en el intermareal de los esteros del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes, Perú. **Revista Peruana de Biología**, v. 23, n. 2, p. 117–126, 2016.

CADÉE, G. C. Sediment Dynamics by Bioturbating Organisms. In: REISE, K. (Ed.). **Ecological Comparisons of Sedimentary Shores**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, v. 151p. 127–148, 2001.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. **Marine Biology**, v. 118, n. 1, p. 167–176, 1994.

- CRANDALL, K. A.; FELDER, D. L. (Ed.). Decapod crustacean phylogenetics, Crustacean issues 18. CRC Press. p. 309-326, 2009.
- COELHO, P. A. Revisão das espécies de Thalassinidea encontradas em Pernambuco, Brasil (Crustacea, Decapoda). **Trabalhos Oceanográficos** da Universidade Federal de Pernambuco, v.25, p.137-161, 1997.
- CORREIA, R. R. S.; GUIMARÃES, J. R. D. Impacts of crab bioturbation and local pollution on sulfate reduction, Hg distribution and methylation in mangrove sediments. Rio de Janeiro, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 109, n. 1, p. 453–460, ago. 2016.
- COSTA, Leonardo Lopes e cols. Ecologia de praias arenosas no Antropoceno: Camarão fantasma (Crustacea: Callinassidae) como modelo de estudo. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** , v. 275, p. 107999, 2022.
- DEFEO, O.; JARAMILLO, E.; LYONNET, A. Community Structure and Intertidal Zonation of the Macroinfauna on the Atlantic Coast of Uruguay. **Journal of Coastal Research**, v. 8, n. 4, p. 830–839, 1992.
- DEFESO, O.; GÓMEZ, J.; LERCARI, D. Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. **Marine Ecology Progress Series**, Luhe, v. 212, n. 4, p. 159-170, 2001
- DE SOUZA, M. L.; MOULTON, T. P. The effects of shrimps on benthic material in a Brazilian island stream. **Freshwater Biology**, v. 50, n. 4, p. 592–602, abr. 2005.
- DUMBAULD, Brett R.; BOSLEY, Katelyn M. Ecologia de recrutamento de camarões escavadores em estuários da costa do Pacífico dos EUA. **Estuários e Costas** , v. 41, n. 7, pág. 1848-1867, 2018.
- DUNN, R. J. K. et al. Effects of the Bioturbating Marine Yabby *Trypaea australiensis* on Sediment Properties in Sandy Sediments Receiving Mangrove Leaf Litter. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 7, n. 12, p. 426, 2019.
- DWORSCHAK, P.C. Global diversity in the Thalassinidea (Decapoda): an update (1998–2004). *Nauplius*, v. 13, p. 57-63, 2005.
- DWORSCHAK, P. C. Global diversity in the Thalassinidea (Decapoda). **Journal of Crustacean Biology**, v. 20, n. 5, p. 238–245, 2000.

MACHADO, E. C. et al. Effects of Bioturbation of the Sandprawn *Callichirus Major* on Nutrient Fluxes from Sediments of a Subtropical Sandy Beach, Brazil. In: DRUDE DE LACERDA, L. et al. (Eds.). *Environmental Geochemistry in Tropical and Subtropical Environments*. Berlin, **Heidelberg**: Springer Berlin Heidelberg, p. 335–343, 2004.

FLEISCHHAUER, L. V.; ALBUQUERQUE, E. F. Padrão de distribuição da meiofauna e dos grupos tróficos de nematódeos na praia da Barra da Tijuca, RJ. **Revista BioUSU**, v. 1, n. 1, 2014.

HALL, S.J. Physical disturbance and marine benthic communities: life in unconsolidated sediments. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, v.32, p. 179-239, 1994.

HEIP, C.; VINCX, M.; SMOL, N.; VRANKEN, G. The systematic and ecology of free-living marine nematodes. *Helminthological, Abstract*, v.51, Series B, p. 1- 31, 1982.

ARAÚJO, J. M. C. et al. Selective geochemistry of iron in mangrove soils in a semiarid tropical climate: effects of the burrowing activity of the crabs *Ucides cordatus* and *Uca maracoani*. **Geo-Marine Letters**, v. 32, n. 4, p. 289–300, 2011.

GÉRINO, M. et al. Macroinvertebrates functional groups in freshwater and marine sediments: a common mechanistic classification. **Vie et Milieu**, v. 53, p. 221–231, 2003.

JONES, C. G.; LAWTON, J. H. SHACHAK, M. Organism Ecosystem Engineers. **Oikos**, v. 69, n. 3, p. 373, abr. 1994.

JUMARS, P.A. & NOWELL, A.R.M. Effects of benthos on sediment transport: difficulties with functional grouping. *Contin. Shelf Res.*, v.3, n.2, p. 115–130, 1984.

KARASAWA, H. *Neocallichirus maryae*, a replacement name for *Neocallichirus rathbunae* (Schmitt, 1935) (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea). **Paleontological Research**, v. 8, n. 1, p. 87–87, 2004.

KLERKS, Paul L. et al. A Mesocosm Assessment of the Effect of Bioturbation by the Ghost Shrimp (*Lepidophthalmus louisianensis*) on the Fate of Petroleum Hydrocarbons in the Intertidal Zone. **Environmental toxicology and chemistry**, v. 39, n. 3, p. 637-647, 2020.

KRISTENSEN, E. Organic matter diagenesis at the oxic/anoxic interface in coastal marine sediments, with emphasis on the role of burrowing animals. **Hydrobiologia**, v. 426, n. 1, p. 1–24, 2000.

- KRISTENSEN, E. et al. What is bioturbation? The need for a precise definition for fauna in aquatic sciences. **Marine Ecology Progress Series**, v. 446, p. 285–302, 2012.
- LAVEROCK, B. et al. Bioturbating shrimp alter the structure and diversity of bacterial communities in coastal marine sediments. **The ISME Journal**, v. 4, n. 12, p. 1531–1544, 2010.
- LEIVA, Félix P. et al. Physiological responses of the ghost shrimp *Neotrypaea uncinata* (Milne Edwards 1837)(Decapoda: Thalassinidea) to oxygen availability and recovery after severe environmental hypoxia. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 189, p. 30-37, 2015.
- MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. (EDS.). Sandy Beaches as Ecosystems: Based on the Proceedings of the First International Symposium on Sandy Beaches, held in Port Elizabeth, South Africa, 17–21 January 1983. **Dordrecht: Springer Netherlands**, 1983.
- MCLACHLAN, A.; JARAMILLO, E.; DONN, T. E.; WESSELS, E. Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. **Journal of Coastal Research**, (Special Issue) v. 15, p. 27-38. 1993
- MCLACHLAN, A.; DORVLO, A. Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. **Journal of Coastal Research**, Fort Lauderdale, v. 21, n. 4, p. 674-687, 2005
- MCLACHLAN, A.; BROWN, A. Sandy beaches as ecosystems. Amsterdam: **Elsevier Science Publishers**, 373 p, 2006.
- NEVES, F. M. BEMVENUTI, C. E. Variabilidade diária da zonação da macrofauna bentônica em praias arenosas do litoral norte do Rio Grande do Sul. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 99, n. 1, p. 71–81, mar. 2009.
- OLIVEIRA, Ricardo LM et al. Hatchery rearing of the veneridae clam *Anomalocardia brasiliiana* (GMELIN, 1791). **Journal of Shellfish Research**, v. 35, n. 1, p. 27-30, 2016.
- PEZZUTO, P.R. A morfodinâmica como fator controlador da distribuição e abundância de *Neocallichius mirim* (Decapoda: Callinassidae) no mediolitoral da Praia do Cassino - RS. **VI Congresso Latinoamericano de Ciencias del Mar**, Mar Del Plata, Argentina, v. 6, p. 157, 1995.
- PICAZO, J.; OCAÑA, A.; JIMÉNEZ-MILLÁN, F. Grupos tróficos de nematodos en el bentos del río Monachil (Granada). **Miscellània Zoològica**, v. 13, p. 1-11, 1989.

- PICHON, M. Contribution à l'étude des peuplements de la zone intertidale sur sable fins et sable vaseux non fixes dans la région de Tuléar. Rec. Trav. St. Mar. **Endoume**, v. 7, p. 57-100, 1967.
- PILLAY, D. BRANCH, G. M.; FORBES, A. T. Experimental evidence for the effects of the thalassinidea sandprawn *Callianassa kraussi* on macrobenthic communities. **Marine Biology**, v. 152, n. 3, p. 611–618, set. 2007.
- PILLAY D. & BRANCH, G.M. Bioengineering effects of burrowing thalassinidean shrimps on marine soft-bottom ecosystems. Oceanogr. **Mar. Biol. Ann. Rev.**, v. 49, p.137–192, 2011.
- PROBERT, P. K. Disturbance, sediment stability, and trophic structure of soft-bottom communities. **J. Mar. Res.**, v. 42, p. 893-921, 1984.
- ROBLES, R. TUDGE C. C.; DWORSCHAK P. C.; POORE G. C.B. & FELDER D. L. Molecular phylogeny of the Thalassinidea based on nuclear and mitochondrial genes. In: MARTIN, J. W.; QUINTANA, C. O.; SUMIDA, P. Y. G. Impactos da bioturbação na estrutura e distribuição vertical da infauna no sublitoral da Ilha Anchieta e Enseada do Flamengo (Ubatuba-SP). 2004. Universidade de São Paulo, São Paulo, BSP, 2004.
- RODRIGUES, S. de A. e PEZZUTO, P.R. Infraordem THALASSINIDEA (corruptos). In: BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. Os crustáceos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: (Ed.) Universidade/UFRGS, p. 328-335, 1999.
- SOARES, M. DE O. et al. Gestão ambiental de ecossistemas insulares: O caso da reserva biológica do atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 3, p. 347–360, set. 2010.
- SCHLACHER, T. A.; SCHOEMAN, D. S.; DUGAN, J.; NASTRA, M.; JONES, A. SCAPINI, F.; MCNACHNAN, A. Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. **Marine Ecology**, v. 29, n. 1, p. 70-90, 2008.
- SCHENBROICH, A. et al. Brachyuran crab community structure and associated sediment reworking activities in pioneer and young mangroves of French Guiana, South America. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 182, p. 60–71, dez. 2016.
- SHIMIZU, R.M. Ecologia populacional de *Scolelepis squamata* (Muller, 1806) (Polychaeta: Spionidae) e *Callichirus major* (Say, 1818) (Crustacea: Decapoda: Thalassinidea) da praia de Barequeçaba (São Sebastião, SP). **Tese de doutorado**, Universidade de São Paulo, Brasil, 1997.

SHORT, A.D. Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. **John Wiley & sons**, Chinchester, 1999.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia sedimentar**. Editora Blucher, 2003.

TAMAKI, A. Effects of the bioturbating activity of the ghost shrimp *Callianassa japonica* Ortmann on migration of a mobile polychaete. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 120, n. 1, p. 81–95, ago. 1988.

THEODORE H. DeWitt. Seagrasses and Protective Criteria: A Review and Assessment of Research Status. Office of Research and Development, **National Health and Environmental Effects Research Laboratory**, 2009.

VILLWOCK, J. A. A Costa Brasileira: Geologia e Evolução. Anais III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira - Subsídios a um Gerenciamento Ambiental, Publ. **ACIESP**, São Paulo, v. 3, p.1-15,1994.

WENDT, G.E. & MCLACHLAN, A. Zonation and biomass of the intertidal macrofauna along a South African sandy beach. **Cahiers de Biologie Marine**, p. 1-14, 1985.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G.E. Limnological analyses. 2. ed. **New York: Springer Verlag**, 1990. 338 p.