



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

NATANAEL CICERO CAVALCANTI BEZERRA

**LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS DO NAUFRÁGIO PIRAPAMA (PE)**

RECIFE, 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS DO NAUFRÁGIO PIRAPAMA (PE)**

Aluno: Natanael Cicero Cavalcanti Bezerra

Orientadora: Prof^a. Dra. Fernanda Maria Duarte do Amaral

Coorientador: Prof. Dr. José Carlos Pacheco dos Santos

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

RECIFE, 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

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)

- B574I Bezerra, Natanael Cicero Cavalcanti
LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS DO NAUFRÁGIO
PIRAPAMA (PE) / Natanael Cicero Cavalcanti Bezerra. - 2022.
44 f.
- Orientador: Fernanda Maria Duarte do Amaral.
Coorientador: Jose Carlos Pacheco dos Santos.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Ciências Biológicas, Recife, 2022.
1. Recifes artificiais. 2. Invertebrados bentônicos. 3. Exóticas invasoras. 4. Grupos tróficos. I. Amaral, Fernanda Maria
Duarte do, orient. II. Santos, Jose Carlos Pacheco dos, coorient. III. Título

CDD 574

NATANAEL CICERO CAVALCANTI BEZERRA

**LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS DO NAUFRÁGIO PIRAPAMA (PE)**

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, avaliada no dia 07/10/2022 pela banca examinadora:

Orientador:

Prof^a. Dra. Fernanda Maria Duarte do Amaral (1º Titular)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Examinadores:

Dra. Paula Braga Gomes de Perez (2º Titular)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dr. Múcio Luiz Banja Fernandes (3º Titular)
Universidade de Pernambuco

Suplente:

Dr. Ralf Tarciso Silva Cordeiro
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE, 2022

Dedico este trabalho à minha família que sempre me apoiou independente das dificuldades e aos pesquisadores brasileiros que vivem na luta constante contra os empecilhos de se fazer pesquisa no país.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, meu confidente, por ter escutado meus desabafos e por ser sinônimo de força nessa jornada que começou no dia em que um jovem do interior do sertão de Pernambuco sonhava em fazer faculdade. Mas, além disso, agradeço aos meus pais Edna e José Hildo que, mesmo em meio a tanta simplicidade e pouco estudo, foram os maiores incentivadores desse sonho. Obrigado por sempre me incentivarem e apoiarem nessa jornada longe de casa. Ainda tem muito caminho a percorrer, mas seguimos firmes como bons sertanejos. Agradeço a todos meus familiares pelo apoio, em especial aos meus tios Wilson, Edilene, Irene, Luiz e minha prima Caroline e seu marido Sebastião.

Agradeço ao Laboratório de Ambientes Recifais (LAR) e a todos os seus integrantes por terem sido pessoas tão amigas e ótimos colegas de trabalho, tornando a jornada mais agradável. Obrigado, especialmente, a Alice Cabral, Carlos Souza, Deivson Chaves e Jean Lira por todo apoio e ajuda durante esses anos, vocês são nota dez. Foi um prazer compartilhar parte desses momentos de aprendizado com vocês.

Agradeço à minha orientadora Fernanda Maria Duarte do Amaral por ter percebido, em meus olhos, o fascínio pelos ambientes recifais e por ter me dado a oportunidade de conhecer, pesquisar e me encontrar ainda mais na vida marinha. Obrigado pelos conselhos e por todo o aprendizado, dentro e fora da vida acadêmica. Foi de suma importância na minha formação como pesquisador e eterno amante da natureza ver seu amor pela biologia e por transmitir conhecimento com muita alegria e animação. Obrigado por sempre mover os palitinhos junto ao “Coral móvel”, nosso fiel guerreiro de campo.

Gostaria de agradecer também ao meu coorientador José Carlos Pacheco dos Santos (Zeca), que sempre foi rochedo em inúmeros momentos do início até o fim deste trabalho. Além de ser um ótimo professor e instrutor de mergulho, é um grande amigo e uma pessoa admirável. Obrigado por todo apoio durante as coletas e pelos conselhos, capitão.

Aos meus amigos de curso Bruno, Camila, Emilly, Erick, Duda, Gabriela, Laís, Luciene, Louise, Sabrina, Sérgio e Rhayanne por serem pessoas tão incríveis e tornarem o percurso mais leve. Obrigado por todo carinho e apoio durante a graduação. Deixo também meu muito obrigado a todos amigos que fiz ao longo desses anos na ruralinda.

Minha eterna gratidão a todo o corpo docente da UFRPE e a todos os professores que fizeram parte da minha formação, em especial, aos professores Fernanda Amaral, Mauro de

Melo, Paula Braga, Martín Montes, Clélia Rocha, Emmanuel Pontual, Caroline Biondi, Ana Carla El-Deir, Ralf Cordeiro e Pabyton Cadena. Vocês ensinam biologia com o coração. Agradeço também a todos os professores/pesquisadores que puderam contribuir com a construção desse trabalho.

E agradeço também ao meu parceiro, Lucas, por ter sido e continuar sendo essa pessoa maravilhosa na minha vida. Eu, facilmente, passaria horas escrevendo sobre o quão importante você é pra mim e a felicidade que é dividir a vida com você. Obrigado por sempre estar ao meu lado me apoiando, enfrentando os momentos difíceis, me incentivando e me ajudando a seguir em frente quando as coisas parecem complicadas demais para lidar. Obrigado também pelos conselhos, pela compreensão, pelo aprendizado juntos, pelos bons momentos e por torrar meu juízo de brincadeira. Obrigado por mudar meu mundo. Te amo muitos milhões!

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, tornaram este sonho possível e fizeram parte dessa jornada tão gratificante. Muito obrigado a todos!

“A natureza não faz nada em vão”

Aristóteles

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 AMBIENTES ARTIFICIAIS DE PERNAMBUCO	10
1.2 COBERTURA MACROBENTÔNICA E A BIOINVASÃO EM RECIFES ARTIFICIAIS	10
1.3 RECIFES NATURAIS X RECIFES ARTIFICIAIS	11
1.4. CONTEXTO ATUAL DAS PESQUISAS EM RECIFES ARTIFICIAIS	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. METODOLOGIA	13
3.1 ÁREA DE ESTUDO E REGISTRO EM CAMPO	13
3.2 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS	15
3.3 CRITÉRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES	15
3.4 ANÁLISE DE DADOS E COMPARAÇÃO	17
4. RESULTADOS	17
4.1 COMPOSIÇÃO DA FAUNA MACROINVERTEBRADA BENTÔNICA	17
4.2 GRUPOS TRÓFICOS	26
4.3 STATUS DAS ESPÉCIES	27
5. DISCUSSÃO	28
5.1 COBERTURA FAUNÍSTICA	28
5.2 STATUS DAS ESPÉCIES E IMPLICÂNCIAS TRÓFICAS	33
6. CONCLUSÃO	34
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

RESUMO

Os recifes de corais apresentam grande biodiversidade, servindo como abrigo, berçário e local de alimentação para diversas espécies de vertebrados e invertebrados. Assim como os recifes naturais, o caráter de substrato artificial consolidado confere a essas estruturas a capacidade de recrutar larvas dos mais diversos organismos marinhos. Por esse fato, esses ecossistemas vêm sendo descritos como facilitadores para a chegada de espécies exóticas à costa. Dessa forma, objetivou-se realizar o levantamento e caracterização da comunidade macroinvertebrada bentônica do centenário Naufrágio Pirapama, buscando classificá-la, segundo seus status de ocorrência, distribuição geográfica e grupos tróficos, bem como comparar estes dados com os resultados publicados há mais de dez anos atrás em pesquisa semelhante no mesmo naufrágio, possibilitando uma avaliação temporal dessa comunidade. O naufrágio teve toda sua estrutura observada, através de mergulhos autônomos, sendo realizado o registro dos macroinvertebrados sésseis e sedentários com o auxílio de câmeras subaquáticas, lápis e placas de PVC. Todos os indivíduos foram fotografados e/ou filmados com a maior riqueza de detalhes possível, sendo anotados, *in situ*, todos os dados para sua classificação e localização no naufrágio. Coletas mínimas foram realizadas com auxílio de martelo, cinzel, sacos plásticos do tipo Zip Lock, abraçadeiras de nylon e acondicionados em álcool a 70% ou 95%. Em laboratório, a fauna foi identificada ao menor nível taxonômico possível, com auxílio de microscópios, especialistas e bibliografia pertinente e a caracterização das espécies foi feita através de literatura acadêmica específica. No total, foram identificados 44 táxons distribuídos entre os filos Cnidaria, Echinodermata, Annelida, Porifera, Arthropoda, Chordata, Mollusca e Bryozoa. Em relação à pesquisa de 2010, dos 76 táxons, 31 deles não foram registrados no presente levantamento, mas, em contrapartida, houveram 12 novas ocorrências para o naufrágio. Atualmente, três grupos tróficos foram observados (Suspensívoros filtradores, Detritívoros e Carnívoros), enquanto que, para o check-list anterior, além destes, os grupos Herbívoro e Onívoro foram registrados. Para ambos períodos, os Suspensívoros filtradores apresentaram predominância superior a 80%. Sobre seu status, a comunidade avaliada apresentou predomínio de espécies criptogênicas e nativas de 2010 até o presente momento, com apenas três espécies exóticas não invasoras: o octocoral *Carijoa riisei*, a lagosta-vermelha *Panulirus argus* e a craca *Balanus trigonus*. Os organismos observados atualmente no Naufrágio Pirapama são comumente relatados para a costa brasileira e para a costa de Pernambuco, tornando a comunidade macroinvertebrada bentônica do recife artificial estudado muito similar à observada nos ambientes recifais costeiros.

Palavras-chave: Recifes artificiais; Invertebrados bentônicos; Exóticas invasoras; Grupos tróficos.

ABSTRACT

Coral reefs have great biodiversity, serving as a shelter, nursery and feeding place for several species of vertebrates and invertebrates. As with natural reefs, the consolidated artificial substrate character gives these structures the ability to recruit larvae from the most diverse marine organisms. For this reason, these artificial ecosystems have been described as facilitating the arrival of exotic species to the coast. Thus, the objective was to carry out a survey and characterization of the benthic macroinvertebrate community of the centenary Naufrágio Pirapama, seeking to classify it according to its occurrence status, geographic distribution and trophic groups, as well as to compare these data with the results published ten years ago in similar research on the same shipwreck, allowing a temporal evaluation of this community. The entire structure of the wreck was observed through scuba diving, and sessile and sedentary macroinvertebrates were recorded with the aid of underwater cameras, pencils and PVC plates. All individuals were photographed and/or filmed in as much detail as possible, with all data being recorded in situ for their classification and location in the wreck. Minimal collections were performed with the aid of a hammer, chisel, Zip Lock plastic bags, nylon clamps and conditioned in 70% or 95% alcohol. In the laboratory, all fauna was identified at the lowest possible taxonomic level, with the help of microscopes, specialists and pertinent bibliography, and all species characterization was done through specific academic literature. In total, 44 taxa distributed among the phyla Cnidaria, Echinodermata, Annelida, Porifera, Arthropoda, Chordata, Mollusca and Bryozoa were identified. Compared to the 2010 survey, of the 76 taxa, 31 of them were not registered, but, on the other hand, there were 12 new ones for the shipwreck. Currently, three trophic groups were observed (Suspensivores, Detritivores and Carnivores), while for the previous check-list, in addition to these, the Herbivore and Omnivore groups were recorded. For both periods, the Filtered suspensivores showed a predominance greater than 80%. Regarding its status, the evaluated community showed a predominance of cryptogenic and native species from 2010 to the present, with only three non-invasive exotic species: the octocoral *Carijoa riisei*, the red lobster *Panulirus argus* and the barnacle *Balanus trigonus*. All organisms currently observed in the Pirapama wreck are commonly reported from the Brazilian coast and Pernambuco coast, making the benthic macroinvertebrate community of the studied artificial reef very similar to those observed in coastal reef environments.

Keywords: Artificial reefs; Benthic invertebrates; Invasive exotics; Trophic groups.

1. INTRODUÇÃO

1.1 AMBIENTES ARTIFICIAIS DE PERNAMBUCO

O Estado de Pernambuco, com 187 km de extensão, é conhecido pelos seus vários naufrágios na cidade do Recife, considerada a “Capital Brasileira dos Naufrágios” (AMARAL et al., 2010; CARVALHO, 2010). Atualmente, há o registro de aproximadamente 300 naufrágios na costa de Pernambuco, dos quais, mais de 200 afundamentos foram não intencionais (SANTOS et al., 2010, SOUZA, 2010; FERREIRA, 2019).

O Naufrágio Pirapama, objeto deste estudo, é um deles. Afundado como sucata há mais de 100 anos, o Pirapama se enquadra na classificação de ambientes recifais artificiais, estruturas que vêm sendo afundadas em ecossistemas aquáticos, especialmente marinhos, de forma acidental ou intencional, esta última com o objetivo de imitar algumas das características dos recifes naturais (AMARAL et al., 2010; COELHO et al., 2012). Em texto disponibilizado em Naufrágios do Brasil por Carlos Rios e Maurício Carvalho (2011), estudos afirmam que o naufrágio Pirapama teria sido descomissionado e afundado em 1889, em decorrência de avarias causadas pelo seu abalroamento com o Vapor Bahia em março de 1887. Entretanto, segundo registros oficiais da companhia, o navio permaneceu em atividade até 1890 e, em 1898, era utilizado para o armazenamento de carvão no Porto do Recife, onde permaneceu na função por pelo menos dez anos, até sumir dos registros da companhia extinta em 1908, podendo ter sido afundado a partir do ano em questão. No entanto, a ausência de registros oficiais da data do afundamento, gera incertezas acerca do ano exato do afundamento.

1.2 COBERTURA MACROBENTÔNICA E A BIOINVASÃO EM RECIFES ARTIFICIAIS

Essas superfícies de origem antrópica, primordialmente limpas, passam por um processo inicial de formação de uma camada bioquímica. Este evento é seguido pela fixação do *microfouling*, formado pela incrustação conjunta de um biofilme (colonização por bactérias e fungos) e perifiton (diatomáceas), enquanto que, na fase final da bioincrustação, ocorre a colonização de macroalgas e invertebrados (macrofouling) (MELO et al., 2021; MUJIYANTO & SATRIA, 2011). O implemento dessas estruturas geralmente reflete no aumento da disponibilidade de alimentos, abrigo contra predadores, bem como de novas áreas com superfície livre para recrutamento de juvenis de várias espécies, o que explica o aumento

da biomassa de organismos associados a essas estruturas após sua instalação (PERKOL-FINKEL et al., 2018; SHERMAN, 2002; VIVIER et al., 2021).

Os animais bentônicos que ocupam essas estruturas desempenham um papel ecológico essencial no ecossistema aquático, tendo um papel importante na ciclagem de nutrientes presentes no substrato, participando na fragmentação e consumo de matéria orgânica, servindo de recurso alimentar para consumidores de níveis superiores da cadeia trófica, assumindo papel importante para o funcionamento dos ecossistemas (BARROS et al., 2012; LIRA et al., 2010). Por estarem localizados a quilômetros da costa e a vários metros de profundidade, esses ambientes se tornam propícios ao desenvolvimento da vida marinha, pois acabam limitando o acesso humano e, conseqüentemente, o impacto antrópico. Aproximadamente 98% de toda a vida marinha vive em ecossistema bentônico e, desse total, cerca de 127.000 habitam substrato consolidado (GAMA et al., 2009).

Por outro lado, a introdução de estruturas artificiais em ambientes aquáticos tem gerado muitos debates no âmbito científico, pois elas têm sido fortemente apontadas como trampolins que são utilizados por espécies invasoras para chegar aos recifes costeiros naturais, como afirmado recentemente por Soares et al. (2020), ao relatarem estudos conduzidos com o coral-sol *Tubastraea tagusensis*, coral invasor amplamente distribuído nos recifes naturais brasileiros.

De fato, a imersão de estruturas de origem antrópica pode servir como substrato livre colonizável por espécies invasoras (APTE et al., 2000; BULLERI & AIROLDI, 2005; DAFFORN, 2017). No entanto, como observado em levantamento realizado por Lira et al. (2010), espécies nativas e nativas endêmicas também podem colonizar esses substratos. Segundo Amaral et al. (2010), nos naufrágios Vapor de Baixo e Servemar X, na costa de Pernambuco, essas estruturas podem ser de fundamental importância para o assentamento de larvas que seriam perdidas pela falta de substrato adequado, fornecendo locais de fixação e habitat para espécies típicas de superfícies consolidadas do ambiente circundante, gerando possíveis manchas de riqueza de espécies para a epifauna sésil e sedentária local.

1.3 RECIFES NATURAIS X RECIFES ARTIFICIAIS

Recifes naturais são descritos como um dos ecossistemas mais ricos do mundo em termos de diversidade biológica, especialmente os recifes de corais que abrigam aproximadamente $\frac{1}{4}$ de toda a vida marinha (AMARAL et al., 2003; DAVIDSON, 1998;

HICKMAN et al., 1997; SILVA et al. 2020; Vasconcelos et al., 2020). Essa diversidade biológica pode ser atribuída ao seu caráter de substrato consolidado (SPALDING & GRENFELL, 1997). Isso vem levantando questões acerca da relação e semelhanças entre esses dois ambientes.

Estudos comparativos entre recifes artificiais implantados recentemente e estruturas mais antigas, com mais de 20 anos, mostram que os recifes artificiais podem, dentro de poucos meses, apresentar características que se assemelham aos recifes naturais (PAXTON et al., 2018; WU et al., 2019). Em trabalho semelhante ao da presente pesquisa, investigando as similaridades entre naufrágios centenários e recifes rochosos adjacentes na costa do Brasil, Pinto et al. (2021) relataram uma alta similaridade observada entre a fauna e flora nesses dois ambientes. Lengkeek et al. (2013), pesquisando na plataforma continental holandesa, entre os anos de 2010 a 2012, definiram os navios naufragados como pontos críticos da biodiversidade (*hotspots*), visto que a presença de espécies importantes nessas estruturas e sua ausência em muitos outros habitats, ilustram que os naufrágios funcionam como habitats, berçários e refúgios que são raros ou ausentes em qualquer outro lugar do fundo marinho holandês, caracterizado, predominantemente, por substrato inconsolidado.

1.4. CONTEXTO ATUAL DAS PESQUISAS EM RECIFES ARTIFICIAIS

Nos últimos anos, houve um crescimento na popularidade dos estudos desses ambientes artificiais, levando os cientistas a levantarem questões legítimas acerca da eficácia do manejo pesqueiro e restauração de habitats por essas estruturas (COELHO et al., 2012; PICKERING & WHITMARSH, 1997). Entretanto, esses ambientes ainda são alvo de poucas pesquisas, e seu monitoramento é geralmente restrito a algumas espécies e/ou a trabalhos que se limitam a avaliações de menos de dois anos, sem muitos estudos específicos, como abordagens de cunho ecológico estrutural e de processos (BAINE, 2001; LIMA et al., 2019; VIVIER et al., 2021).

Os estudos ecológicos podem ser divididos em análises estruturais das comunidades, descrevendo o ecossistema em termos de diversidade de espécies, distribuição, abundância e riqueza, bem como estudos voltados para a ecologia funcional, fazendo referência ao fluxo de energia e ciclagem de materiais, através de componentes estruturais do ecossistema, tais como: produtividade, teia trófica, fixação de carbono etc. (GÓMEZ et al., 2004; VILLÉGER et al., 2008; VIVIER et al., 2021).

Como anteriormente referido, a cidade de Recife é considerada a capital brasileira dos naufrágios e, mesmo assim, Pernambuco ainda apresenta poucos estudos acerca da fauna associada a essas estruturas, fazendo desses ambientes uma verdadeira incógnita submersa. Dessa forma, visando contribuir com o aumento do conhecimento dessas estruturas, fornecendo informações sobre seu papel como ambientes funcionais e da sua possível importância na proteção das espécies, o presente trabalho objetivou realizar uma análise temporal da composição faunística do Naufrágio Pirapama, pretendendo caracterizar sua macrofauna invertebrada bentônica, em termos de distribuição geográfica, como nativas, exóticas ou criptogênicas, bem como, avaliar possíveis alterações em sua riqueza taxonômica e seus grupos tróficos, viabilizando uma contextualização geral sobre esse ecossistema artificial.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Realizar o levantamento e a caracterização da macrofauna invertebrada bentônica associada ao Naufrágio Pirapama.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Inventariar a macrofauna bentônica do navio Pirapama;
- Estabelecer o status de ocorrência da macrofauna bentônica do Naufrágio Pirapama;
- Registrar, prioritariamente, presença de espécies da macrofauna bentônica exóticas no naufrágio Pirapama;
- Investigar a possível ocorrência do coral-sol *Tubastraea* spp.;
- Contribuir com os estudos de evolução sobre a sucessão ecológica dos maroinvertebrados bentônicos no Naufrágio Pirapama;
- Observar e descrever alterações na riqueza taxonômica entre os dois períodos de pesquisa.

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO E REGISTRO EM CAMPO

O Naufrágio Pirapama (Figura 1), com aproximadamente 60 metros de comprimento por oito de largura, está localizado a seis milhas náuticas do Porto de Recife (08° 03' 23" S e

034° 46' 58" W), a uma profundidade de cerca de 23 metros (CARVALHO, 2010; LIRA et al., 2010), sendo escolhido por ter pouco mais de 100 anos naufragado, servindo como substrato para invertebrados por várias décadas. Ademais, por já ter sido estudado por Lira et al. (2010), foi possível a comparação dos resultados aqui apresentados com os da referida pesquisa realizada há mais de dez anos.

O naufrágio teve toda sua estrutura observada, através de 12 mergulhos autônomos com duração média de 35 a 40 minutos cada, no período de janeiro de 2021 a março de 2022, sendo realizado o registro dos macroinvertebrados sésseis e sedentários com o auxílio de câmeras subaquáticas GoPro Hero 7 black, Navcity NG 100 e, em alguns casos, registros por fotógrafo subaquático parceiro. Para a coleta das informações, as inspeções na estrutura do naufrágio foram realizadas de forma aleatória. Para isso, a área foi dividida em três principais zonas amostrais: zona de bombordo, compreendendo área externa e interna, de uma extremidade a outra (proa/popa ou popa/proa); zona central, percorrida de proa a popa, ou vice-versa, e, por último, zona à estibordo, também avaliada tanto interna quanto externamente de uma extremidade a outra. Além disso, foram feitas varreduras ao longo de toda a estrutura. Todos os indivíduos foram fotografados e/ou filmados com a maior riqueza de detalhes possível, sendo anotados, *in situ*, com o auxílio de lápis e placas de PVC, todos os dados sobre sua cobertura visual, coloração, tamanho aproximado e riqueza taxonômica.



Figura 1. Foto de perfil do Naufrágio Pirapama. Foto: Jedivers, Recife/PE.

3.2 PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

Para reduzir o impacto ambiental, os organismos foram apenas fotografados e filmados, porém, em casos específicos para a classificação, alguns exemplares foram coletados com auxílio de martelo, cinzel, sacos plásticos do tipo Zip Lock e abraçadeiras de nylon numeradas. Todas as coletas foram conduzidas por duplas de mergulhadores, onde um ficou responsável por realizar a remoção do espécime da estrutura e, o segundo, responsável por guardar e segurar as amostras coletadas. Todo o material foi encaminhado para o Laboratório de Ambientes Recifais (LAR/UFRPE) e fixado em álcool a 70% ou 96% (adaptado de LIRA et al., 2010). Em casos específicos as amostras foram fixadas assim que retiradas da água, seguindo especificações dos especialistas. No entanto, antes de fixação, alguns organismos foram anestesiados com o auxílio de mentol.

Após devidamente fixadas, foram realizados estudos mais específicos, com auxílio de microscópios estereoscópicos e ópticos, acerca de sua morfologia. Todas as classificações foram feitas ao menor nível taxonômico possível, com utilização de literatura pertinente, dados da coleta e auxílio dos especialistas listados a seguir: Porifera, pelo Dr. Eduardo Leal Esteves da Universidade Estadual do Rio de Janeiro; Cnidaria, Dra. Fernanda Duarte do Amaral da Universidade Federal Rural de Pernambuco; Mollusca, Dra. Stefane de Lyra Pinto da Universidade Federal Rural de Pernambuco; Annelida, Me. Ivson Cordeiro Brandão, atualmente doutorando da Universidade de São Paulo; Crustacea (Arthropoda), Dra. Tereza Cristina Calado, aposentada pela Universidade Federal de Alagoas e Ascidiacea (Chordata) Dr. Gledson Fabiano de Araújo Ferreira da Universidade de Pernambuco. A caracterização das espécies, em termos de distribuição geográfica, status e importância para a cadeia trófica foi obtida através de revisões bibliográficas em livros, artigos e outros materiais disponíveis em plataformas indexadas (*sites* e revistas) da literatura acadêmica. Além disso, informações sobre atualizações na classificação atual das espécies e dados gerais sobre sua distribuição foram obtidos na plataforma internacional World Register of Marine Species (WoRMS).

3.3 CRITÉRIOS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES

As espécies foram classificadas de acordo com o grupo trófico e status de distribuição (Quadro 1), sendo agrupadas em três grandes grupos principais, segundo definição dada por Farrapeira et al. (2011): exóticas, aquelas cuja distribuição geográfica global apresenta grande discrepância entre a região onde foi originalmente descrita e a área estudada, bem como dados

bibliográficos sobre sua introdução não natural; nativas, aquelas espécies cuja distribuição da região estudada é dada como ampla; criptogênicas, todas aquelas que não apresentaram nenhum tipo de informação sobre sua distribuição natural de origem ou não foram descritas em nenhuma região geográfica como nativas ou exóticas. Além disso, algumas subclassificações para as espécies exóticas foram estabelecidas por especialistas para entender melhor a situação das mesmas. Segundo Lopes (2009), existem quatro subclassificações para organismos exóticos: exótica contida, caracterizada pela presença em ambientes controlados e separados do ambiente natural; exótica detectada apresenta registros isolados em áreas naturais e sem aumento aparente de abundância ou dispersão; exótica estabelecida é a espécie cuja distribuição no ambiente natural já é amplamente registrada, seguido de aumento de sua população e realização completa de seu ciclo de vida no ambiente e exótica invasora, a espécie está estabelecida e é descrita como causadora de impactos ambientais, econômicos ou sociais.

Quadro 1. Categorias aplicadas na caracterização da fauna, suas siglas e respectivas descrições. Classificações baseadas e adaptadas dos trabalhos de Barbosa et al. (2019), Lopes (2009) e Macdonald et al. (2010).

Categorias	Sigla	Descrição
Grupo trófico	H	Herbívoro- consumidor de macroalgas e perifíton
	SF	Suspensívoro filtrador - se alimenta por sistema de filtração ou captação de partículas suspensas na água
	C	Carnívoro - se alimenta exclusivamente de outros invertebrados
	D	Detritívoro - consumidor de detritos depositados sobre o substrato
	O	Onívoro - dieta herbívora e carnívora
Status	NE	Nativa endêmica - ocorre apenas no Brasil
	N	Nativa - ocorrência também fora da costa brasileira
	C	Criptogênica - indefinida
	EE	Exótica estabelecida - totalmente estabelecida
	EI	Exótica invasora - totalmente estabelecida e causadora de impactos
	EC	Exótica contida - não registrada em ambientes naturais/controlada
	ED	Exótica detectada - não estabelecida e com poucos registros

Para classificar as espécies dentro dos critérios acima citados, foi feito levantamento em diversos portais de busca, editoras e/ou revistas, tais como: ResearchGate, Google Scholar, ScienceDirect, Springer, Science, Revista Nordestina de Zoologia, Marine Pollution Bulletin, entre outras. Foram buscados os nomes das espécies ou táxons superiores associados às seguintes palavras-chave em português, inglês e espanhol: exótica invasora, nativa, endêmica, *non-indigenous*, natural, distribuição e criptogênica. Para a definição dos grupos

tróficos, foram feitas procuras nos mesmos portais e/ou periódicos, utilizando as seguintes palavras-chave: grupo trófico, carnívora, herbívora, onívora, herbívora, predadora, dieta e alimentação. Os organismos suspensívoros e filtradores, foram enquadrados em um mesmo grupo (Suspensívoros filtradores), caracterizada por espécies que são capazes de captar partículas suspensas na coluna d'água por sistema de filtração ou captação direta.

Para comparar os resultados obtidos com Lira et al. (2010), todos os critérios anteriormente citados foram aplicados também aos 76 táxons registrados através de 43 mergulhos, de 2001 a 2007, para o referido trabalho. Dessa forma, foi possível pontuar alterações nas espécies, segundo seu status de ocorrência, grupos tróficos e riqueza taxonômica.

3.4 ANÁLISE DE DADOS E COMPARAÇÃO

Para analisar a ocorrência de alterações significativas entre as populações de macroinvertebrados bentônicos registrados por Lira et al. (2010) e o atual levantamento, foi utilizado o teste t de Student com significância de 5% ($\alpha = 0,05$), o qual permitiu trabalhar dados pareados para os seguintes descritores: variedade trófica e riqueza de espécies. Dessa forma, foi possível caracterizar as alterações como significativas ou não.

4. RESULTADOS

4.1 COMPOSIÇÃO DA FAUNA MACROINVERTEBRADA BENTÔNICA

No total, foram registradas 45 espécies distribuídas em 13 classes e 20 ordens (Tabela 2) divididos entre os filos Porifera (29%), Arthropoda (20%), Cnidaria (16%), Annelida (11%), Mollusca (9%), Bryozoa (7%) seguido dos filos Echinodermata e Chordata com 4% cada (Figura 2). Destes, apenas os filos Annelida e Arthropoda apresentaram riqueza superior a 2010. Os poríferos e artrópodes foram os filos com maior riqueza taxonômica, enquanto que poríferos e cnidários foram responsáveis por apresentar cobertura visual predominante ao longo de toda a estrutura do naufrágio (Tabela 1).

Tabela 1: cobertura visual dos filos com representantes predominantemente sésseis observados em diferentes áreas do Naufrágio Pirapama, de janeiro de 2021 a março de 2022. ++ cobertura predominante, + cobertura pontual ou não predominante.

Filo	Área do naufrágio			
	Proa	Popa	Bombordo	Estibordo
Porifera	++	++	++	++
Cnidaria	++	++	++	+
Annelida	++	++	++	+
Bryozoa	+	+	+	+
Chordata	+	++	++	+

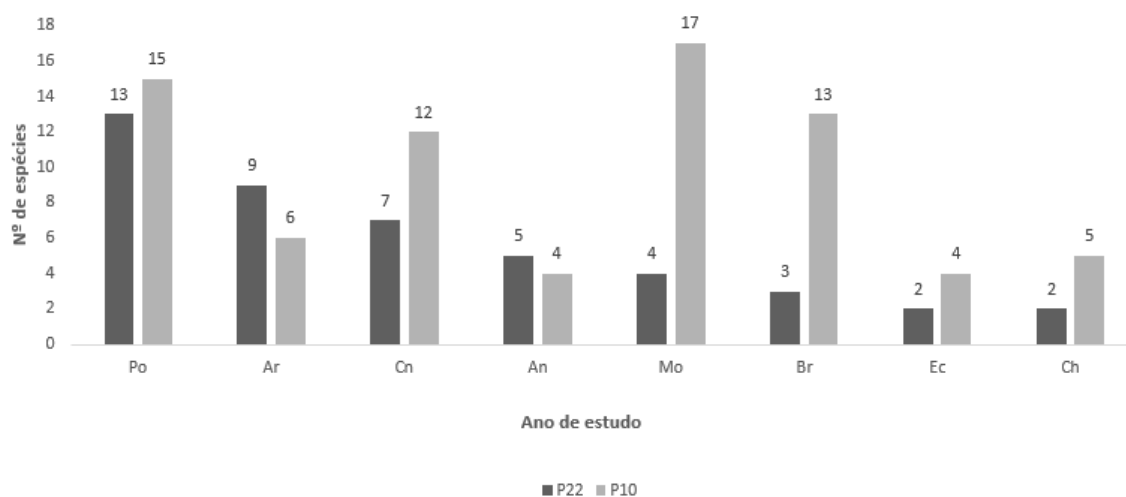


Figura 2: Gráfico mostrando a diferença no número de táxons por filo observados nos anos de 2010 (P10) e 2022 (P22). Po= Porifera, Ar= Arthropoda, Cn= Cnidaria, An= Annelida, Mo= Mollusca, Br= Bryozoa, Ec= Echinodermata, Ch= Chordata.

Tabela 2. Táxons e distribuição dos macroinvertebrados bentônicos observados no Naufrágio Pirapama, de janeiro de 2021 a março de 2022. FN= Fernando de Noronha, AR= Atol das Rocas, ASPSP= Arquipélago de São Pedro e São Paulo, AP= Amapá, PA= Pará, MA= Maranhão, CE= Ceará, RN= Rio Grande do Norte, PB= Paraíba, PE= Pernambuco, AL= Alagoas, SE= Sergipe, BA= Bahia, ES= Espírito Santo, RJ= Rio de Janeiro, SP= São Paulo, SC= Santa Catarina, RS= Rio Grande do Sul.

FILO	TÁXONS	ORIGEM/DISTRIBUIÇÃO
PORIFERA		
Classe Demospongiae	sp.1, sp.2, sp.3	-
Ordem Poecilosclerida	<i>Monanchora arbuscula</i> (Duchassaing & Michelotti, 1864).	Atlântico Ocidental: Golfo do México, América Central e Brasil (FN, AP até SC).
	<i>Desmapsamma anchorata</i> (Carter, 1882).	Atlântico Ocidental: Costa dos Estados Unidos, Golfo do México, Mar do Caribe e Brasil (RN até RJ).
	<i>Tedania (Tedania) ignis</i> (Duchassaing & Michelotti, 1864)	Atlântico Ocidental: Bermudas, Bahamas, Golfo do México, Mar do Caribe e Brasil (ASPSP, FN, AR, AL até SC).
Ordem Clionaida	<i>Cliothosa delitrix</i> (Pang, 1973)	Índico Norte, Costa da Índia; Atlântico Ocidental: Golfo do México, Mar do Caribe ao Brasil (ASPSP, FN, AP até SC).
Ordem Chondrillida	<i>Chondrilla nucula</i> Schmidt, 1862	Mar Mediterrâneo; Mar Vermelho; Atlântico Ocidental: Açores, Bermudas, Bahamas, Golfo do México, Mar do Caribe e Brasil (RO, FN, AP, AR, PE até SC).
Ordem Verongiida	<i>Aplysina fistularis</i> (Pallas, 1766)	Pacífico Leste; Atlântico Ocidental: Costa dos Estados Unidos, Golfo do México, Mar do Caribe e Brasil (AP até BA).
	<i>Aplysina fulva</i> (Pallas, 1766)	Atlântico Ocidental: Golfo do México, Mar do Caribe ao Brasil (ASPSP, FN, AP até SC).
Ordem Dictyoceratida	<i>Ircinia strobilina</i> (Lamarck, 1816)	Atlântico Ocidental: Costa dos Estados Unidos, Golfo do México, Mar do Caribe e Brasil (RO, FN, AP até ES).
	<i>Dysidea</i> sp.	-
Ordem Scopalinida	<i>Scopalina ruetzleri</i> (Wiedenmayer, 1877)	Atlântico Ocidental: Costa dos Estados Unidos, Golfo do México, Mar do Caribe e Brasil (ASPSP, FN, AR, PE, RJ, SP e SC).
ARTHROPODA		
Classe Thecostraca	Cirripedia sp. 1, sp. 2 e sp. 3	-

Ordem Balanomorpha	<i>Amphibalanus amphitrite</i> (Darwin, 1854)	Oceano Índico; Pacífico Oeste; Atlântico Oriental (Mar Mediterrâneo) e Ocidental: Costa dos Estados Unidos, Golfo do México, Ilhas Antilhas e Costa do Brasil (MA até RS).
Classe Malacostraca		
Ordem Decapoda	Majidae sp. 1 e sp. 2	-
	<i>Panulirus argus</i> (Latreille, 1804)	Nativa do Mar do Caribe. Atlântico Ocidental: Costa do Canadá, Bermudas, Costa Leste dos Estados Unidos, Golfo do México, Antilhas e Costa do Brasil (PA, MA, RN, AR, PE, CE, BA, ES, RJ e SC).
	<i>Parribacus antarcticus</i> (Lund, 1793)	Oceano Pacífico; Atlântico Ocidental, Flórida, Antilhas, Bahamas, costa Nordeste da América do Sul até o Brasil (FN, AR, AP, CE, RN, PE, AL, SE, ES até SP).
	Paguroidea sp.1	-
CNIDARIA		
Classe Anthozoa		
Ordem Alcyonacea	<i>Carijoa riisei</i> (Duchassaing & Michelotti, 1860)	Nativa do Indo-Pacífico. Pacífico, ilhas de Gorgona e Malpelo na Colômbia; Atlântico Ocidental: África Ocidental, (Arquipélago de Cabo Verde), Costa dos Estados Unidos, Golfo do México, Mar do Caribe e Brasil (ASPSP, MA até SC).
Ordem Scleractinia	<i>Montastraea cavernosa</i> (Linnaeus, 1767)	Atlântico Ocidental: Costa dos Estados Unidos, Golfo do México, Mar do Caribe e Costa do Brasil (MA, AR, FN, PB, PE e BA).
	<i>Siderastrea stellata</i> Verrill, 1868	Atlântico Ocidental: África Ocidental, Mar do Caribe e Costa do Brasil (AR, FN, MA até RJ).
	<i>Mussismilia hispida</i> (Verrill, 1868)	Costa do Brasil (AR, FN, MA, PB até SP).
	<i>Astrangia solitaria</i> (Lesueur, 1817)	Atlântico Ocidental: Costa dos Estados Unidos, Golfo do México, Mar do Caribe e Costa do Brasil (PA, MA, FN, PE até RJ).
Classe Hydrozoa		
Ordem Leptothecata	Plumularioidea sp. 1	-
	Sertularioidea sp. 1	-

ANNELIDA		
Classe Polychaeta		
Ordem Sabellida	<i>Spirobranchus giganteus</i> (Pallas, 1766)	Atlântico Ocidental: Golfo do México, Mar do Caribe e Brasil (PE, AL, BA, ES e RJ).
	<i>Branchiomma</i> sp.	-
	Sabellidae sp. 1	-
Ordem Phyllodocida	Syllidae sp. 1	-
Ordem Eunicida	Eunicidae sp. 1	-
MOLLUSCA		
Classe Cephalopoda		
Ordem Octopoda	<i>Octopus</i> sp.	-
Classe Gastropoda		
Ordem Neogastropoda	<i>Conus</i> sp.	-
Classe Bivalvia		
Ordem Ostreida	<i>Hyotissa hyotis</i> (Linnaeus, 1758)	Oceano Índico e Pacífico Oeste, incluindo Costa da África, Ásia, Europa e Oceania; Atlântico Ocidental; Costa dos Estados Unidos, Golfo do México, Ilhas Antilhas e Costa do Brasil (ASPSP, PE e ES).
	<i>Pinna</i> sp.	-
BRYOZOA		
Classe Gymnolaemata		
	sp. 1, sp. 2 e sp. 3	-
ECHINODERMATA		
Classe Crinoidea		
Ordem Comatulida	<i>Tropiometra carinata</i> (Lamarck, 1816)	Oceano Índico; Atlântico Ocidental: Antilhas, Santa Helena (África Ocidental), Colômbia, Venezuela e Brasil (CE até SP).
Classe Ophiuroidea		
Ordem Ophiurida	Ophiuridae sp. 1	-
CHORDATA		
	Aplousobranchia sp. 1 e sp. 2	-

Todas as esponjas ficaram distribuídas dentro da classe Demospongiae com três espécies não identificadas e dez distribuídas entre as ordens Clionaida (1), Chondrillida (1), Verongiida (2), Dictyoceratida (2), Scopalinida (1) e a ordem Poecilosclerida com as espécies

Tedania ignis, *Desmapsamma anchorata* e *Monanchora arbuscula* apresentando maior distribuição e cobertura visual ao longo de toda a estrutura do naufrágio (Figura 3). Por outro lado, ainda que com menos representantes, *Aplysina fistularis* apresentou estruturas robustas e, em alguns casos, apresentavam tubos que superaram os 40 cm de comprimento (Figura 4).



Figura 3: Cobertura predominante de esponjas *Desmapsamma anchorata* (rosa), *Monanchora arbuscula* (avermelhada) e *Ircinia strobilina* (preta) na região meia-nau a bombordo do Naufrágio Pirapama registradas durante os mergulhos realizados de janeiro de 2021 a março de 2022.



Figura 4: Esponja *Aplysina fistularis* registrada em destroços do Naufrágio Pirapama durante os mergulhos realizados de janeiro de 2021 a março de 2022.

Os artrópodes, o segundo mais rico, tiveram representantes apenas de duas classes. A classe Cirripedia apresentou a ocorrência de 4 espécies, embora apenas uma delas tenha sido

identificada, sendo um representante da ordem Balanomorpha. Todas as cracas apresentaram ocorrências pontuais ao longo da estrutura, apresentando maiores concentrações no eixo de rodas. A classe Malacostraca foi representada pela ordem Decapoda, composta por dois caranguejos da família Majidae não identificados (Figura 6C), duas espécies de lagostas e os caranguejos ermitões. Todos os decápodes apresentaram ocorrências pontuais e sempre observados em frestas/tocas ou no lastro do navio em associação com o sedimento.

O filo Cnidaria contou com representantes dentro das classes Anthozoa, ordens Alcyonacea (1) e Scleractinia (4), e Hydrozoa, ordem Leptothecata com duas espécies não identificadas das superfamílias Sertularioidea e Plumularioidea que, junto com o *C. riisei*, foram os representantes com maior cobertura do filo ao longo de toda a estrutura do naufrágio. *Carijoa riisei* apresentou maior cobertura em locais protegidos, tais como fendas, enquanto que os hidrozoários ocorreram fortemente em áreas do naufrágio mais susceptíveis à ação das correntes. Por outro lado, foi notável a grande cobertura de cnidários escleractíneos na proa do naufrágio, na parte interna, com destaque para a *Montastraea cavernosa* (Figura 6H) que apresentou algumas colônias com coberturas superiores a um metro de comprimento, *Siderastrea stellata* (Figura 6B) com várias colônias espalhadas ao longo do naufrágio, incluindo recrutas, bem como a ocorrência de algumas colônias de *Mussismilia hispida* (Figura 6G).

Para o filo Annelida, foram observados representantes apenas da classe Polychaeta, com três espécies da ordem Sabellida, o poliqueta árvore-de-natal *Spirobranchus giganteus* e os espanadores-do-mar *Branchiomma* sp. e uma espécie não identificada (Figura 6B), além de dois representantes não identificados das ordens Phyllodocida e Eunicida. O poliqueta *S. giganteus* foi observado ao longo de toda a estrutura, diretamente ligado ao naufrágio ou em associação aos corais escleractíneos *M. cavernosa* e *S. stellata*, enquanto que o *Branchiomma* sp. foi observado em associação à esponja *Ircinia strobilina* (Figura 5).

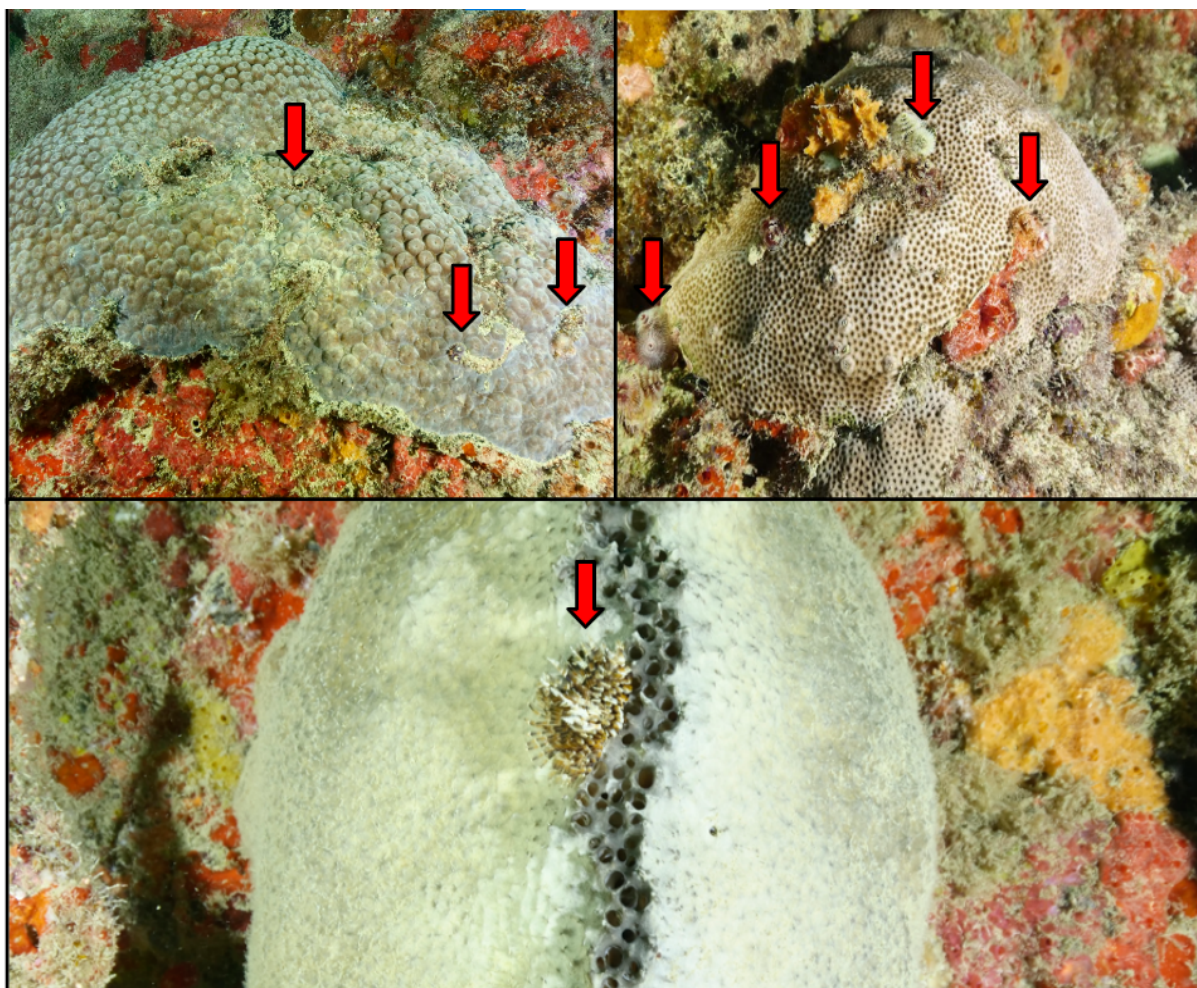


Figura 5: Parte superior - poliqueta *Spirobranchus giganteus* (setas vermelhas) associado aos corais nativos *Montastraea cavernosa* (esquerda) e *Siderastrea stellata* (direita). Parte inferior - *Branchiomma* sp. em associação à esponja *Ircinia strobilina*. Registro realizado no Naufrágio Pirapama durante os mergulhos realizados de janeiro de 2021 a março de 2022.

O filo Mollusca teve seus representantes distribuídos em três classes e três ordens, embora com apenas uma espécie para cada uma delas. A classe Cephalopoda, ordem Octopoda, teve como representante uma espécie de polvo (*Octopus* sp.), com um indivíduo observado; a classe Bivalvia, contou com as espécies *Hyotissa hyotis* e *Pinna* sp. e a classe Gastropoda foi representada por apenas uma espécie da ordem Neogastropoda, o gastrópode *Conus* sp., também com apenas um indivíduo observado. Algumas conchas vazias também foram observadas, mostrando uma possível ocorrência de outras espécies para o local, mas como não foram encontrados representantes vivos, não foram catalogadas para o presente estudo. Dentre as conchas observadas, as menores, em sua maioria, apresentaram a ocorrência dos caranguejos oportunistas, os ermitões.

Os equinodermos observados se restringiram às classes Crinoidea e Ophiuroidea, distribuídos em duas ordens. A ordem com maior número de ocorrências foi a ordem

Comatulida, representada pelo lírio-do-mar *Tropiometra carinata*, com indivíduos geralmente em tocas, locais escondidos e em epibiose (Figura 6D). A ordem Ophiurida, teve apenas um exemplar não identificado.

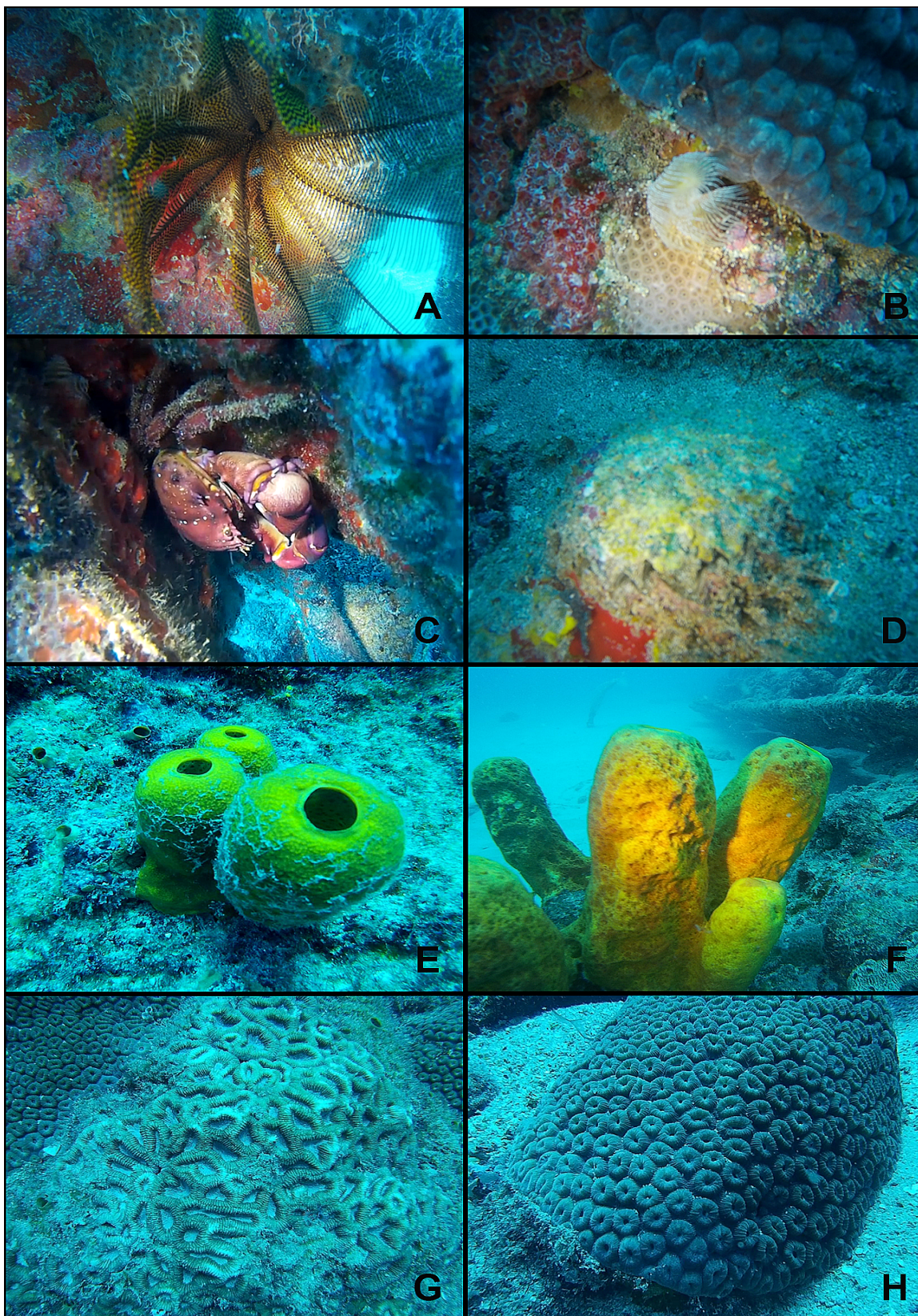


Figura 6: Alguns representantes da fauna macroinvertebrada bentônica registrada durante os mergulhos no Naufrágio Pirapama, de janeiro de 2021 a março de 2022. (A) Echinodermata, *Tropiometra carinata*; (B) Annelida, família Sabellidae (sp. 1) ao lado de *Montastraea cavernosa* e *Siderastrea stellata*; (C) Arthropoda, caranguejo, família Majidae; (D) Mollusca, *Hyotissa hyotis*; (E - F) Porifera, *Aplysina fistularis*; (G) Cnidaria, *Mussismilia hispida*; (H) Cnidaria, *Montastraea cavernosa*.

Por fim, o filo Bryozoa, com ocorrência de três espécies não identificadas para a classe Gymnolaemata, e o filo Chordata (classe Ascidiacea) com duas espécies não identificadas da ordem Aplousobranchia. Todos os táxons acima citados apresentaram ocorrências em diversas áreas ao longo do naufrágio, embora não tenham apresentado cobertura elevada.

4.2 GRUPOS TRÓFICOS

Dentre os oito filios observados em ambos levantamentos, foi constatado que o grupo trófico predominante foi o “Suspensívoro filtrador” (Figura 7) presente em 87% dos organismos observados, predominante entre os filios Porifera, Cnidaria, Bryozoa e Chordata. Os grupos tróficos “Herbívoro”, “Carnívoro”, “Detritívoro” e “Onívoro” compuseram 4%, 4%, 3% e 2%, respectivamente. O filo Echinodermata, embora entre os menos ricos taxonomicamente, apresentou maior riqueza de grupos tróficos dentre as espécies observadas, tendo representantes dentro dos quatro grupos tróficos observados para o ambiente estudado, seguido do filo Arthropoda, que apresentou 3 dos 4 grupos tróficos registrados.

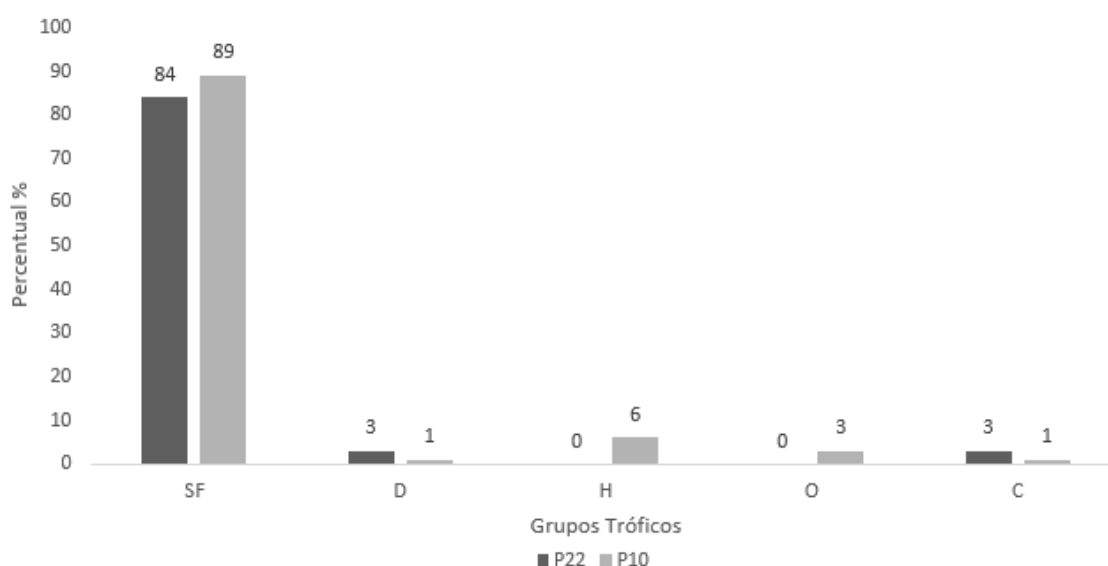


Figura 7: Percentual por grupo trófico observado na comunidade macroinvertebrada bentônica do Naufrágio Pirapama nos anos de 2022 (P22) e 2010 (P10). SF= Suspensívoro filtrador, D= Detritívoro, H= Herbívoro, O= Onívoro, C= Carnívoro.

Os resultados atuais mostram que cerca de 84% da fauna registrada está inclusa dentro do grupo trófico “Suspensívoro filtrador”, também predominante entre os filos Porifera, Cnidaria, Bryozoa e Chordata. Os grupos tróficos “Herbívoro” e “Onívoro” não tiveram representantes, enquanto que o grupo “Carnívoro” apresentou 3% e o “Detritívoro”, 8%. Dentre os táxons listados por Lira et al. (2010), houve a ocorrência de todos os grupos tróficos. Sua população também teve predomínio de SF compondo 89% das espécies registradas. A análise pareada realizada através do T-Student teste mostrou que não houveram alterações significativas ($p > 0,05$) entre a riqueza de grupos tróficos observados entre os dois levantamentos.

4.3 STATUS DAS ESPÉCIES

De maneira geral, a cobertura macroinvertebrada bentônica do Naufrágio Pirapama para os dois anos mostrou predominância de espécies nativas/nativas endêmicas (aqui tratadas juntas) e espécies criptogênicas. As exóticas foram estruturadas por um pequeno grupo de espécies, formadas unicamente por EE (Exóticas estabelecidas), segundo a literatura consultada.

As espécies tiveram distribuição dentro das categorias Nativa com (11), Criptogênica (6), Nativa endêmica (1) e Exótica estabelecida (2). Por outro lado, no levantamento realizado por Lira et al. (2010), foi observada predominância de espécies Criptogênicas (45), Nativa com (12), Nativa endêmica (2) e Exótica estabelecida (2) (Figura 8).

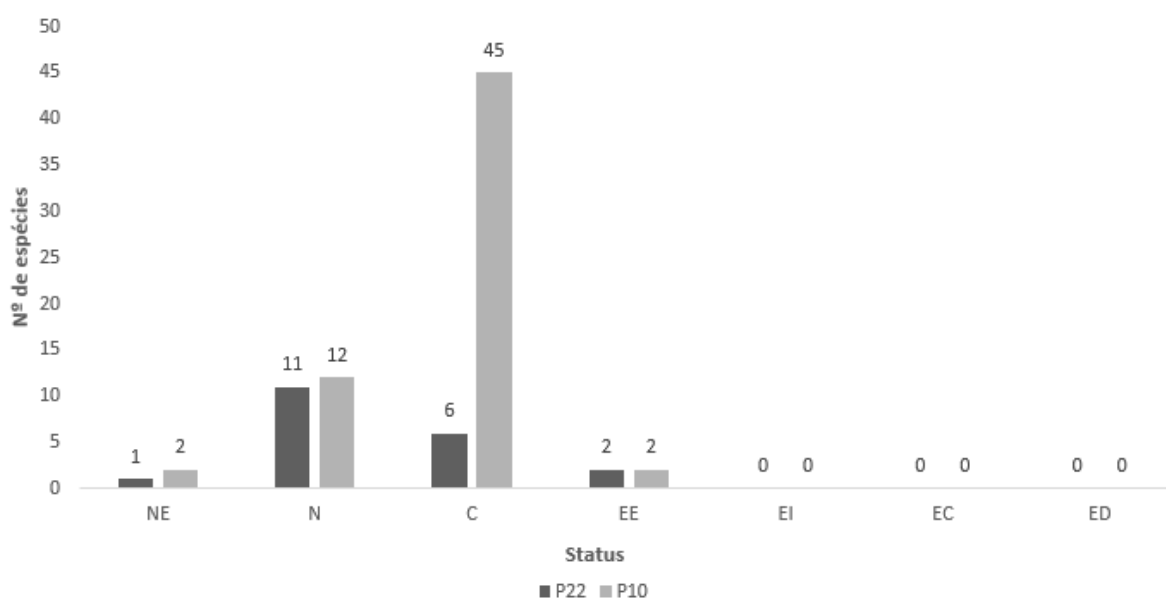


Figura 8: status das espécies de macroinvertebrados bentônicos observadas no Naufrágio Pirapama em 2022 (P22) e em 2010 (P10). NE= Nativa endêmica, N= Nativa, C= Criptogênicas, EE= Exótica estabelecida, EI= Exótica invasora, EC= Exótica contida, ED= Exótica detectada.

As espécies nativas endêmicas ficaram restritas ao coral escleractíneo *Mussismilia hispida*, presente nos dois levantamentos realizados, e a craca *Verruca minuta*, observada apenas em 2010. As exóticas estabelecidas totalizaram duas espécies (*Carijoa riisei* e *Balanus trigonus*), sendo *B. trigonus* registrada apenas para o ano de 2010.

5. DISCUSSÃO

5.1 COBERTURA FAUNÍSTICA

Apesar de passados dez anos desde seu último levantamento taxonômico, o Naufrágio Pirapama ainda apresenta, majoritariamente, cobertura macroinvertebrada bentônica similar à observada por Lira et al. (2010), doze anos após. Amaral et al. (2010), em estudo realizado nos naufrágios Vapor Bahia e Servemar X, próximo ao Pirapama, também relataram cobertura sésstil e sedentária muito semelhante, composta por 57 táxons. Tais semelhanças podem estar associadas tanto aos fatores abióticos que permeiam essas estruturas, quanto pelo tipo de substrato ao qual estão associadas (AMARAL et al., 2010).

Todos os táxons registrados e devidamente identificados no presente estudo já foram descritos para a costa de Pernambuco, não havendo registros de novas ocorrências para o estado, mostrando uma assembléia faunística típica para os ambientes costeiros da região. Recentemente, Silva et al. (2020), estudando os invertebrados macrobentônicos nas praias de Gaibú e Boa Viagem, relataram a ocorrência de representantes de todas as classes observadas para o Pirapama, incluindo nove espécies identificadas e representantes de três gêneros.

Os poríferos identificados são comumente relatados para a costa brasileira (LIRA et al., 2010; MURICY & HADJU, 2006) e cobrindo diversos recifes ao longo da costa pernambucana, à exceção da *Scopalina ruetzleri* (SILVA et al., 2020) e *A. fistularis*. A elevada cobertura de espongiários do Naufrágio Pirapama pode estar associada a diversas estratégias, incluindo a produção de larvas dispersivas, brotamento e a capacidade de produção diversificada de compostos químicos secundários que podem tornar esses organismos pouco palatáveis para uma gama de organismos (CHANAS et al., 1997; PAWLIK et al., 1995; SWEARINGEN & PAWLIK, 1998). Estudos mostram ainda que espécies que são consideradas palatáveis investem na produção de larvas em grande parte do ano, fazendo com que estas apresentem taxas de crescimento, regeneração e dispersão elevadas (LINDQUIST et al., 1997; PAWLIK et al., 2008; WALTERS & PAWLIK, 2005). Por outro lado, espécies que

produzem metabólitos secundários para defesa investem pouco na reprodução (TSURUMI & REISWIG, 1997).

Várias espécies de esponjas comuns da costa do Brasil são estudadas quanto aos seus metabólitos secundários, seja para fins farmacológicos/medicinais como no caso das esponjas *A. fistularis* e *Dysidea* sp. (GANDOLFI et al., 2010); *Monanchora arbuscula*, *Tedania ignis* e *Chondrilla nucula* (DRESCH et al., 2005;); produção de compostos anti-incrustantes (FREITAS et al., 2017); atividade biológica (KOSSUGA et al., 2007) e associação com microrganismos (ANDRADE, 2017).

A grande cobertura das espécies *D. anchorata*, *T. ignis* e *M. arbuscula* pode ser reflexo de alguns desses fatores e da ausência de predadores, visto que não foram observados indícios de que essas esponjas estavam sofrendo processos de predação. Estudos conduzidos por Pawlik et al. (2008), ao avaliarem a cobertura de esponjas no naufrágio Spiegel Grove e recifes adjacentes, no Caribe, evidenciaram que a *D. anchorata*, tratada como palatável, foi a espécie com a maior cobertura ao longo de toda a estrutura do naufrágio, sendo mais abundante que nos recifes naturais avaliados concomitantemente, onde foi observada com indícios de predação.

Ainda sobre os fatores associados à cobertura predominante de esponjas no Naufrágio Pirapama, o baixo registro de moluscos pode estar relacionado, visto que são descritos na literatura como um dos principais filos de invertebrados a apresentar predadores especializados no consumo de esponjas ao redor do mundo, além de utilizarem seus metabólitos secundários para sua própria defesa, como no caso de alguns nudibrânquios (BELMONTE et al., 2015; FAULKNER, 1992; GUYOT, 2000; THOMPSON et al., 1982).

Já o filo Arthropoda, anteriormente representado apenas pela classe Cirripedia, contou com a ocorrência de uma nova classe para o naufrágio, a classe Malacostraca, com representantes de três famílias e uma superfamília: Majidae (duas spp. não identificadas), oito espécies registradas para a praia de Boa Viagem (NASCIMENTO & TORRES, 2007) e 13 espécies para Jaboatão dos Guararapes (SANTOS et al., 1997), ambas no litoral de Pernambuco; Scyllaridae, a lagosta-sapata *Parribacus antarcticus*, explorada economicamente, é relatada ocorrendo desde águas rasas a profundidades superiores a 100 metros e comumente associada a substratos duros e fundos arenosos (ALMEIDA et al., 2008; DUARTE et al., 2016; HOLTHUIS, 1991), tendo sido documentada mais recentemente na Praia de Gaibu (SILVA, et al., 2020); Palinuridae, a lagosta-vermelha *Panulirus argus*

(Latreille, 1804), relatada como uma das principais espécies exploradas para fins comerciais na costa Norte e Nordeste, incluindo o estado de Pernambuco (OLIVEIRA et al., 2018) e Paguroidea, com uma espécie não identificada.

Os anelídeos ficaram restritos apenas à classe Polychaeta, com ocorrência de representantes das famílias Syllidae e Eunicidae, ambas com uma espécie não identificada. As outras duas famílias, Sabellidae com um gênero (*Branchiomma*) e Serpulidae com o poliqueta-árvore-de-natal *Spirobranchus giganteus*, sendo a única espécie brasileira em que seus lobos radiolares se dispõem de forma espiral, assemelhando-se a um pinheiro (BRANDÃO & BRASIL, 2020). Sua ocorrência associada tanto à estrutura do naufrágio quanto aos corais reflete o que a literatura descreve sobre sua ecologia. Hunte et al. (1990) descreveram essa espécie como sendo comumente associada a corais, enquanto que outros autores trataram essa associação como obrigatória (BEN-TZVI et al., 2006; FLOROS et al. 2005; PETITJEAN & MYERS, 2005). Además, nos últimos anos, *S. giganteus* vem sendo descrita ocorrendo em substratos artificiais, tais como píeres e em cascos de naufrágios, no Caribe (HOEKSEMA et al., 2017) e, no Brasil, relatada pela primeira vez ocorrendo em bóias de petróleo em Porto do Forno, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro (RODRIGUES et al., 2020; SKINNER et al., 2012), sendo este o primeiro relato da espécie ocorrendo em um ambiente artificial de naufrágio na costa de Pernambuco.

Todas as espécies de corais escleractíneos observadas são nativas e estavam visualmente saudáveis, com ocorrência de colônias robustas e sem indícios de branqueamento e/ou doenças no seu tecido, à exceção da *S. stellata* que apresentou algumas colônias com diferentes graus de branqueamento. Todas as espécies registradas foram descritas, há mais de cinco décadas em estudos pioneiros conduzidos por Laborel (1970) para a costa de Pernambuco e essas seguem sendo listadas em diversos estudos sobre levantamento de fauna em diversas praias ao longo da costa pernambucana (BARRADAS et al., 2010; PRATES, 2003; SILVA et al., 2020; STEINER et al., 2015).

O coral *Siderastrea stellata* foi descrito em estudo recente no Naufrágio SS Baron Dechmont WWII, na costa do Ceará, como espécie dominante na comunidade estudada (SOARES et al., 2020) e, para Pernambuco, além do Pirapama (LIRA et al., 2010), foi relatada nos naufrágios Servemar X e Vapor de Baixo (AMARAL et al., 2010). No levantamento atual, *S. stellata* teve um maior número de colônias em detrimento aos demais corais, apresentando ainda a ocorrência de recrutas, sinalizando aumento na sua cobertura, o

que era esperado para a espécie, visto que sua predominância é relatada em diversos estudos conduzidos em recifes costeiros ao longo da costa pernambucana. Em casos extremos, ela pode até ser classificada como uma espécie daninha devido a sua vasta cobertura em alguns ambientes (DARLING et al., 2012). A sua alta dominância pode ser explicada devido à sua alta plasticidade a variáveis ambientais estressantes e sua alta capacidade de colonização de substratos duros, tornando-a uma das principais espécies construtoras de recifes, ocorrendo desde recifes rasos a recifes mesofóticos (BARROS et al., 2021; BARROS & PIRES, 2006; LABOREL, 1970; LABOREL-DEGUEN et al., 2019; LEÃO et al., 2016; SOARES et al., 2021). Já *M. cavernosa* apresentou colônias com a maior cobertura de superfície dentre os escleractíneos, embora não tenha sido registrada a ocorrência de recrutas desta espécie, assim como *M. hispida*.

Em relação ao bioinvasor coral-sol, as espécies *Tubastraea coccinea* Lesson, 1830 e *Tubastraea tagusensis* Wells, 1982 são descritas como espécies que não apresentam preferência por tipos específicos de substrato (SOARES et al., 2020), e por serem organismos de alta plasticidade, apresentando diversas estratégias que facilitam sua colonização no ambiente, como idade reprodutiva precoce, produção elevada de oócitos, curto tempo de incubação de embriões e hermafroditismo (PAULA et al., 2014). Além disso, são descritas como fortes competidoras por espaço com espécies nativas em diferentes fases de vida (MIRANDA et al., 2016; MIRANDA et al., 2018).

Nenhuma das duas espécies do gênero foi observada na comunidade macroinvertebrada bentônica do Pirapama, embora sua ocorrência venha sendo descrita associada a diversos substratos artificiais no litoral pernambucano, como portos e naufrágios intencionais, a exemplo dos naufrágios Walsa e Virgos (VIANA et al., 2021), afundados em 2009 e 2017, respectivamente. Sua ocorrência nesses dois naufrágios pode estar ligada ao fato de que são naufrágios recentes, com muita superfície livre colonizável, o que facilita o assentamento de suas larvas. O não registro desse gênero no Naufrágio Pirapama pode estar ligado a sua cobertura macroinvertebrada bentônica estabelecida e a presença de espécies que produzem substâncias larvicidas como a esponja *D. anchorata* (Carballeira & Maldonado, 1988), o que dificulta o assentamento de larvas. Além disso, a esponja nativa *D. anchorata*, amplamente distribuída na costa brasileira, vem sendo descrita como uma das poucas espécies capazes de competir por espaço contra o coral-sol, inibindo seu crescimento e desenvolvimento (LAGES et al., 2012; SILVA, 2014; SILVA et al., 2022), fato que, junto a

fatores bióticos e abióticos diversos, podem estar inibindo ou retardando a chegada de *Tubastraea* spp. ao naufrágio.

O octocoral *Carijoa riisei* é comumente descrito para a costa do Brasil e para o estado de Pernambuco em diversas pesquisas acerca da sua ocorrência e ecologia (BARBOSA et al., 2014; GOMES et al., 2012; NASCIMENTO, 2016; SILVA et al., 2020). Embora um bioinvasor, o *C. riisei* é apontado em alguns estudos como uma espécie de grande importância para os sistemas naturais onde é registrado, atuando como engenheiro ecossistêmico, exercendo influência, em pequena escala, sobre alguns fatores abióticos do meio, fornecendo substrato biogênico para uma gama de organismos bentônicos, apresentando, dessa forma, elevada riqueza de espécies associadas (COSTA, 2012; NEVES, 2007). Em contrapartida, a maioria dos trabalhos conduzidos em ambientes artificiais que citam *C. riisei* se restringem apenas ao seu registro, poucos objetivam avaliar aspectos de sua ecologia, impossibilitando avaliar sua importância para o ambiente artificial e influência sobre ambientes naturais adjacentes.

Silva (2019), trabalhando nos naufrágios Lupus e Taurus na costa pernambucana, conduziu o primeiro estudo a investigar como a meiofauna, com ênfase na nematofauna, e a estrutura de *C. riisei* se relacionam. Seus resultados mostraram relações diretas e significativas entre a comunidade associada ao sedimento dos naufrágios e aquela associada ao octocoral *C. riisei*, responsável por apresentar maiores valores de abundância, diversidade e equitabilidade em relação ao sedimento. Ainda, Pádua et al. (2022), trabalhando nos Naufrágios Servemar X, Taurus e Lupus, na costa de Pernambuco, mostraram diferenças significativas entre a fauna registrada em áreas onde *C. riisei* estava presente e áreas onde o octocoral estava ausente, mostrando que a espécie fornece habitat para diversos táxons, incluindo espécies nativas, gerando um aumento na diversidade local. Estes resultados nos permitem inferir que a ocorrência e grande abundância do *C. riisei* no naufrágio Pirapama é de grande importância para comunidade como um todo, em especial para sua fauna associada, podendo tornar esse recife artificial ainda mais diverso e complexo.

O filo Mollusca foi o que apresentou maior queda na riqueza taxonômica, desde Lira et al. (2010) até o momento. O registro de diversas conchas vazias e a chegada dos caranguejos ermitões (Paguroidea) podem representar evidências da mortalidade e baixa na riqueza dessas espécies. Ainda, as diferenças no esforço amostral aplicado nos dois levantamentos podem ter contribuído com diferenças na riqueza dessas espécies, assim como

nos demais filos. Além disso, por se tratarem, em sua maioria, de espécies vageis, com melhor capacidade de se esconderem, dificultam seu registro em relação aos organismos fixos.

Os equinodermos tiveram poucos representantes, sendo *Tropiometra carinata*, recentemente relatado por Silva et al. (2020) para a costa de Pernambuco e anteriormente citado em levantamento realizado por Lima e Fernandes (2009). O exemplar da família Ophiuridae foi observado sobre o octocoral *C. riisei*, indicando uma possível associação anteriormente relatada para a costa em associação ao octocoral *C. riisei* (NEVES et al., 2007). Já os filos Chordata, classe Ascidiacea, e Bryozoa apresentam poucos estudos para a costa pernambucana, embora sejam comumente registrados.

Em relação à riqueza taxonômica, houve redução de 31 táxons do total listado por Lira et al. (2010), embora o teste t de Student não tenha mostrado alterações significativas ($p > 0,05$) entre os resultados. Segundo relatos de pescadores obtidos por Macêdo (2006), ao avaliar as condições hidrológicas e a biomassa do perifiton no Pirapama, a biodiversidade deste naufrágio já vinha sofrendo diminuição na última década. Ainda, a autora relatou que essa biodiversidade se sustenta em três pilares principais: equilíbrio entre os fatores abióticos, a existência de organismos fotossintetizantes e a ação antrópica, que pode ser positiva ou negativa. Além disso, como anteriormente citado, a redução na riqueza taxonômica pode estar atrelada às diferenças no esforço amostral aplicando.

5.2 STATUS DAS ESPÉCIES E IMPLICÂNCIAS TRÓFICAS

A composição macroinvertebrada bentônica atual do naufrágio Pirapama se mostrou bem similar à fauna observada na costa do Brasil, apresentando predominância de espécies nativas e nativas endêmicas, principalmente distribuídas entre os filos Cnidaria e Porifera, seguida de espécies criptogênicas e duas exóticas, ambas representadas dentro da categoria Exótica estabelecida pelo octocoral *Carijoa riisei* e a lagosta-vermelha *Panulirus argus* (Figura 2). A análise dos resultados obtidos por Lira et al. (2010) mostrou predominância de espécies criptogênicas, principalmente dos filos Mollusca e Bryozoa, seguido de duas Nativas Endêmicas, 12 Nativas e duas Exóticas estabelecidas: *C. riisei* e a craca *Balanus trigonus*.

A análise dos grupos tróficos para os dois trabalhos mostrou predominância de organismos suspensivos filtradores. No entanto, deve-se ressaltar que houve predomínio de filos cujos representantes apresentam hábito alimentar totalmente ou em parte, do tipo filtrador, a exemplo das esponjas, o grupo mais rico e com maior cobertura no naufrágio.

Esses organismos filtradores suspensívoros desempenham papel fundamental no funcionamento do ecossistema marinho (GILI & COMA, 1998). Nas esponjas, esse sistema de filtragem as torna muito importantes para o ambiente onde estão inseridas, uma vez que elas removem a matéria orgânica dissolvida e a disponibiliza no formato de detritos que podem ser utilizados por outros níveis tróficos (GOEIJ et al., 2013). Relação similar foi observada na associação entre as espécies filtradoras *D. anchorata* e *C. riisei*, também relatada anteriormente por Lira et al. (2010). A interação entre esses dois organismos gera impactos em sua morfologia e alimentação, visto que *C. riisei* é um filtrador passivo e a esponja, uma filtradora ativa com um sistema de filtragem que produz um fluxo lento de água, possibilitando maior captura de partículas pelos pólipos do octocoral (CALCINAI et al., 2004).

Embora tenham sido registradas alterações entre os grupos tróficos observados no presente check-list e no levantamento realizado por Lira et al. (2010), não houve significância estatística, como citado anteriormente, indicando que o recife artificial apresenta características tróficas semelhantes após mais de dez anos. No entanto, a chegada da classe Malacostraca necessita de estudos de ecologia trófica mais aprofundados para esclarecer sua chegada ao naufrágio.

6. CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos ao decorrer da pesquisa, foi possível afirmar que o Naufrágio Pirapama apresenta cobertura macroinvertebrada bentônica semelhante aos recifes naturais adjacentes observados ao longo da costa de Pernambuco. Além disso, ao analisar os dados publicados em 2010, foi possível concluir que a comunidade faunística sofreu algumas alterações em sua riqueza taxonômica, com o desaparecimento de algumas táxons e chegada outros novos. Entretanto, assim como a composição de grupos tróficos, não foram observadas mudanças significativas no número de espécies.

Em relação ao status de ocorrência, a comunidade como um todo apresentou predomínio de espécies criptogênicas, seguido de espécies nativas e, em menor número, espécies exóticas estabelecidas, não havendo registros de invasoras causadoras de impactos. Embora amplamente distribuído na costa, nos mais diversos ambientes costeiros marinhos do país, as espécies *Tubastraea* spp. ainda não ocorrem no Naufrágio Pirapama, fato possivelmente relacionado à estruturação da comunidade faunística avaliada, superfície disponível e fatores abióticos diversos.

Por fim, conclui-se que o Naufrágio Pirapama apresenta comunidade macroinvertebrada bentônica estabelecida e rica, apresentando semelhança aos recifes costeiros, tornando-o importante para a riqueza e diversidade local, pois possibilita a ocorrência de uma gama de organismos, servindo como refúgio e abrigo para diversas espécies, especialmente as nativas. Entretanto, em um contexto geral, os recifes artificiais apresentam seus pontos positivos e negativos, tornando necessária a realização de diversos estudos voltados para os naufrágios já existentes, com abordagens interdisciplinares acerca das comunidades associadas, seu impacto, interferência e importância para o meio onde estão inseridos, assim como, a realização de avaliações minuciosas acerca do afundamento de novas estruturas, potenciais vetores à chegada, ao estabelecimento e à possível colonização de espécies invasoras.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. O. D. *et al.* Decapod and stomatopod crustaceans from Santo Aleixo Island, State of Pernambuco, Brazil. **Nauplius**, v. 16, p. 23-41, 2008.
- AMARAL, F. D. *et al.* Benthic macrofauna inventory of two shipwrecks from Pernambuco coast, Northeastern of Brazil. **Revista Nordestina de Zoologia**. v. 4, n. 1, p. 24-41, 2010.
- AMARAL, F. M. D. *et al.* Atividades de extensão do Laboratório de Ambientes Recifais (LAR/UFRPE). In: **Congresso Brasileiro de Extensão Universitária**. p. 1-8. 2003.
- ANDRADE, L. K. N. **Avaliação in vitro da atividade citotóxica e antioxidante de extratos de fungos isolados de esponjas marinhas**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- APTE, S. *et al.* Jumping ship: a stepping stone event mediating transfer of a non-indigenous species via a potentially unsuitable environment. **Biological Invasions**, v. 2, p. 75–79, 2000.
- BAINE, M. Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance. **Ocean & Coastal Management**, v. 44, p. 241-259, 2001.
- BARBOSA, D. F. *et al.* Community structure and functional traits of mollusks associated with coastal reef macroalgae in Northeastern Brazil. **Marine Ecology**, v. 40, n. 5, p. e12563, 2019.
- BARBOSA, T. M. *et al.* Comparisons of sexual reproduction in *Carijoa riisei* (Cnidaria, Alcyonacea) in South Atlantic, Caribbean, and Pacific areas. **Hydrobiologia**, v. 734, n. 1, p. 201-212, 2014.
- BARRADAS, J. I. *et al.* Spatial distribution of benthic macroorganisms on reef flats at Porto de Galinhas Beach (Northeastern Brazil), with special focus on corals and calcified hydroids. **Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 61-67, 2010.

BARROS, F. *et al.* Habitats Bentônicos na Baía de Todos os Santos. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 5, p. 551-565, 2012.

BARROS, M. M. L.; PIRES D. O. Aspects of the life history of *Siderastrea stellata* in the tropical Western Atlantic, Brazil. **Invertebrate Reproduction & Development**, v. 49, n. 4, p. 237-244, 2006.

BARROS, Y.; LUCAS, C. C.; SOARES, M. O. An urban intertidal reef is dominated by fleshy macroalgae, sediment, and bleaching of a resilient coral (*Siderastrea stellata*). **Marine Pollution Bulletin**, v. 173, p. 112967, 2021.

BELMONTE, T. *et al.* Spongivory by nudibranchs on the coast of Rio de Janeiro state, southeastern Brazil. **Spixiana**, v. 38, p. 187-195, 2015.

BEN-TZVI, O.; EINBINDER, S.; BROKOVICH, E. A beneficial association between a polychaete worm and a scleractinian coral?. **Coral Reefs**, v. 25, n. 1, p. 98-98, 2006.

BRANDÃO, I. C.; BRASIL, A. C. S. On a new species of *Spirobranchus*. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 60, 2020.

BULLERI, F.; AIROLDI, L. Artificial marine structures facilitate the spread of a nonindigenous green alga, *Codium fragile* ssp. *tomentosoides*, in the north Adriatic Sea. **Journal of Applied Ecology**, v. 42, p. 1063-1072, 2005.

CALCINAI, B.; BAVESTRELLO, G.; CERRANO, C. Dispersal and association of two alien species in the Indonesian coral reefs: the octocoral *Carijoa riisei* and the demosponge *Desmapsamma anchorata*. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 84, n. 5, p. 937-941, 2004.

CARBALLEIRA, N. M.; MALDONADO, M. E. 6-methyl-8-hexadecenoic acid: A novel fatty acid from the marine sponge *Desmapsama anchorata*. **Lipids**, v. 23, n. 7, p. 690-693, 1988.

CARVALHO, M. 2010. **Naufrações do Brasil**. Disponível em: <<http://www.naufragiosdobrasil.com.br>>. Acesso em 01 de maio de 2022.

CHANAS, B. *et al.* Chemical defense of the Caribbean sponge *Agelas clathrodes* (Schmidt). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 208, n. 1-2, p. 185-196, 1997.

COELHO, R. *et al.* Macrofauna assemblages in a XVIIth century shipwreck: comparison with those on natural reefs and sandy bottoms. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 60, n. 4, p. 447-462, 2012.

COSTA, L. V. B. **Avaliação do Octocoral *Carijoa riisei* (Cnidaria, Anthozoa) Como Engenheiro Eossistêmico da Praia de Porto de Galinhas-Pernambuco, Brasil**. 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e Meio Ambiente). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

DAFFORN, K. A. Eco-engineering and management strategies for marine infrastructure to reduce establishment and dispersal of non-indigenous species. **Management of Biological Invasions**, v. 8, p. 153–161, 2017.

DARLING, E. S. L.; ALVAREZ-FILIP, T. A. O.; MCCLANAHAN, T. R. I. M. Côté Evaluating life-history strategies of reef corals from species traits. **Ecology Letters**, v. 15, n. 12, p. 1378-1386, 2012.

DAVIDSON, O. G. The enchanted braid. Coming to the terms with nature on the Coral Reef. New York: **John Wiley & Sons**, p. 269, 1998.

DRESCH, R. R. *et al.* Detecção de atividade lectínica e atividade hemolítica em extratos de esponjas (Porifera) nativas da costa atlântica do Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 15, p. 16-22, 2005.

DUARTE, L. F. A. *et al.* **Avaliação das Lagostas-Sapateiras (Decapoda: Scyllaridae)**. In: PINHEIRO, M.A.A. & BOOS, H. (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 2016. Cap. 28: p. 377-389.

FARRAPEIRA, C. M. R.; TENÓRIO, D. O.; AMARAL, F. M. D. Vessel biofouling as an inadvertent vector of benthic invertebrates occurring in Brazil. **Marine Pollution Bulletin** v. 62, n. 3, p. 1538-1544, 2011.

FAULKNER, D. J. Chemical defenses of marine molluscs. In: **Ecological roles of marine natural products**. Cornell University Press, 1992. p. 119-163.

FERREIRA, I. C. **Análise dos fatores causadores de naufrágio do Vapor de Baixo–Recife, Pernambuco, Brasil**. 2019. 94 F. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Universidade Federal de Pernambuco.

FLOSOS, C. D.; SAMWAYS, M. J.; ARMSTRONG, B. Polychaete (*Spirobranchus giganteus*) loading on South African corals. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 15, n. 3, p. 289-298, 2005.

FREITAS, J. C. *et al.* Abordagem metodológica para o desenvolvimento de revestimento anti-incrustante de extratos da esponja *Hymeniacidon heliophila*. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 36, 2017.

GALVÃO, D. B. *et al.* Ambientes recifais da região Nordeste: um olhar para a influência da atividade humana. In: VIANA *et al.* **Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil: oceano, clima, ambientes e conservação**. 1. ed. Olinda, PE: Via Design Publicações, 2021. Cap. 10, p. 240-267.

GAMA, B. A. P.; PEREIRA, R. C.; COUTINHO, R. **Bioincrustação marinha**. In: PEREIRA, R.C.; SORARES-GOMES, A. (Orgs.). *Biologia Marinha*. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009. p. 299-318.

- GANDOLFI, R. C. *et al.* Metabólitos secundários das esponjas *Aplysina fistularis* e *Dysidea* sp. e atividade antituberculose da 11-cetofistularina-3. **Química Nova**, v. 33, p. 1853-1858, 2010.
- GILI, J. M.; COMA R. Benthic suspension feeders: their paramount role in littoral marine food webs. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 13, n. 8, p. 316–21, 1998.
- GOEJI, J. M. *et al.* Surviving in a marine desert: the sponge loop retains resources within coral reefs. **Science**, v. 342, p. 108–110, 2013.
- GOMES, P. B. *et al.* Prey selectivity of the octocoral *Carijoa riisei* at Pernambuco, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, p. 157-164, 2012.
- GÓMEZ, J. M.; VALLADARES, F.; PUERTA-PIÑERO, C. Differences between structural and functional environmental heterogeneity caused by seed dispersal. **Functional Ecology**, v. 18, p. 787–792, 2004.
- GUYOT, M. Intricate aspects of sponge chemistry. **Zoosystema-Paris**, v. 22, n. 2, p. 419-431, 2000.
- HICKMAN, C. P.; ROBERTS, J. R.; LARSON, L. S. A. **Integrated Principles of Zoology**. Dubuque: Wm.C. Brown Publishers, 2001. 901 pp.
- HOEKSEMA, B. W.; TEN HOVE, H. A. The invasive sun coral *Tubastraea coccinea* hosting a native Christmas tree worm at Curaçao, Dutch Caribbean. **Marine Biodiversity**, v. 47, n. 1, p. 59-65, 2017.
- HOLTHUIS, L. B. Marine lobsters of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. **FAO Fisheries Synopsis No. 125**, v. 13, p. 292, 1991.
- HUNTE, W.; MARSDEN, J. R.; CONLIN, B. E. Habitat selection in the tropical polychaete *Spirobranchus giganteus*. **Marine Biology**, v. 104, n. 1, p. 101-107, 1990.
- KOSSUGA, M. H. *et al.* Isolamento e atividades biológicas de produtos naturais das esponjas *Monanchora arbuscula*, *Aplysina* sp. *Petromica ciocalyptoides* e *Topsentia ophiraphidites*, da ascídia *Didemnum ligulum* e do octocoral *Carijoa riisei*. **Química nova**, v. 30, p. 1194-1202, 2007.
- LABOREL, J. Madréporaires et hydrocoralliaires récifaux des côtes brésiliennes. Systématique, écologie, répartition verticale et géographique. **Annales de l'Institut océanographique**, v. 47, n. 1, p. 15-229, 1970.
- LABOREL-DEGUEN, F. *et al.* **Recifes Brasileiros: O Legado de Laborel: “Les Peuplements de Madréporaires des Côtes Tropicales du Brésil” Jacques Laborel, 1970 (traduzido e comentado)**. Tradução de Clóvis B. Castro e Débora O. Pires. Rio de Janeiro: Gráfica Stamppa Ltda. 2019. 376 p. (Livros 64. Museu Nacional). Disponível em: <<http://coralvivo.org.br/arquivos/documentos/Recifes-Brasileiros-o-Legado-de-Laborel-2019.pdf>>.

- LAGES, B. G. *et al.* Proximity to competitors changes secondary metabolites of non-indigenous cup corals, *Tubastraea* spp., in the southwest Atlantic. **Marine Biology**, v. 159, n. 7, p. 1551-1559, 2012.
- LEÃO, Z. M. A. N. *et al.* Brazilian coral reefs in a period of global change: a synthesis. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. 2, p. 97-116, 2016.
- LENGKEEK, W. *et al.* Ecological relevance of shipwrecks in the north sea. **Nederlandse Faunistische Medelingen**, v. 41, p. 49-57, 2013.
- LIMA, J. S.; ZALMON, I. R.; LOVE, M. Overview and trends of ecological and socioeconomic research on artificial reefs. **Marine Environmental Research**, v. 145, p. 81-96, 2019.
- LIMA, E. J. B.; FERNANDES, M. L. B. Diversidade de equinodermos (Echinodermata) no Estado de Pernambuco (Brasil) Eduardo José de Barros Lima¹ & Múcio Luiz Banja Fernandes². **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 11, n. 1, p. 55-63, 2009.
- LINDQUIST, N.; BOLSER, R.; LAING, K. Timing of larval release by two Caribbean demosponges. **Marine Ecology Progress Series**, v. 155, p. 309-313, 1997.
- LIRA, S. M. A. *et al.* Sessile and sedentary macrofauna from the Pirapama Shipwreck, Pernambuco, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 155-165, 2010.
- LOPES, R. M. (Org.). **Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009.
- MACDONALD, T. A. *et al.* Taxonomic and feeding guild classification for the marine benthic macroinvertebrates of the Strait of Georgia, British Columbia. **Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences** 2874, v. 4, p. 63, 2010.
- MACÊDO, A. B. **Biomassa perifítica e hidrologia do Vapor Pirapama, naufragado na plataforma continental de Recife, Pernambuco**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- MELO, A. V.; SCHWAMBORN, R.; FARRAPEIRA, C. M. R. Recruitment of sessile and sedentary animals on artificial substrate in the port area of Recife-PE, with focus on bioinvasion. **Latin American Journal of Development**, v. 3, n. 4, p. 2307-2323, 2021.
- MIRANDA, A. A. **Briozoários do fouling: avaliação das espécies exóticas invasoras do Brasil**. 2018. 121 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- MIRANDA, R. J.; CRUZ, I.; BARROS, F. Effects of the alien coral *Tubastraea tagusensis* on native coral assemblages in a southwestern Atlantic coral reef. **Marine biology**, v. 163, n. 3, p. 1-12, 2016.
- MUJIYANTO, M.; SATRIA, H. **Keanekaragaman jenis jenis biota penempel di lokasi terumbu karang buatan di Teluk Saleh Nusa Tenggara Barat**. Anais do VIII Seminário

Nacional Anual sobre Resultados da Pesquisa Marinha e Pesqueira, Universidade Gajah Mada, 2011.

MURICY, G. & MORAES, F. C. Marine sponges of Pernambuco state, NE Brazil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 46, p. 213-217, 1998.

MURICY, G.; HADJU, E. **Porifera Brasilis: guia de identificação das esponjas marinhas mais comuns do sudeste do Brasil**. Museu Nacional, Rio de Janeiro, 2006.

NASCIMENTO, E. F.; TORRES, M. F. A. Crustáceos decápodos dos recifes da praia de Boa Viagem, Recife–Pernambuco. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**, v. 15, n. 1, p. 43, 2007.

NASCIMENTO, L. C. **Amphipoda (Crustácea, Peracarida) associados ao octocoral *Carijoa riisei* (Cnidaria, Anthozoa) em ambientes estuarinos e recifais no litoral sul de Pernambuco**. 2016. 32 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

NEVES, B. M. **A comunidade epibionte de *Carijoa riisei* (Duchassaing & Michelotti, 1860) (Cnidaria, Octocorallia) do litoral de Pernambuco, Brasil**. 2007. 51 f. Monografia (Graduação em Biologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

NEVES, B. M.; LIMA, E. J. B.; PÉREZ, C. D. Brittle stars (Echinodermata: Ophiuroidea) associated with the octocoral *Carijoa riisei* (Cnidaria: Anthozoa) from the littoral of Pernambuco, Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 87, n. 5, p. 1263-1267, 2007.

OLIVEIRA, S. M. *et al.* Shipwrecks help invasive coral to expand range in the Atlantic Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 158, p. 111394, 2020.

OLIVEIRA, Vanildo Souza *et al.* Pesca da lagosta com ovos na costa central de Pernambuco: taxas de captura da lagosta e fauna acompanhante. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 2, p. 373-385, 2018.

PÁDUA, S. M. F. *et al.* The alien octocoral *Carijoa riisei* is a biogenic substrate multiplier in artificial Brazilian shipwrecks. **Aquatic Ecology**, v. 56, n. 1, p. 183-200, 2022.

PAULA, A. F.; PIRES, D. O.; CREED, J. C. Reproductive strategies of two invasive sun corals (*Tubastraea* spp.) in the southwestern Atlantic. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, n. 3, p. 481-492, 2014.

PAWLIK, J. R. *et al.* Defenses of Caribbean sponges against predatory reef fish. I. Chemical deterrence. **Marine Ecology Progress Series**, v. 127, p. 183-194, 1995.

PAWLIK, J. R. *et al.* Patterns of sponge recruitment and growth on a shipwreck corroborate chemical defense resource trade-off. **Marine Ecology Progress Series**, v. 368, p. 137-143, 2008.

- PAXTON, A. B. *et al.* Convergence of fish community structure between a newly deployed and an established artificial reef along a five-month trajectory. **Ecological engineering**, v. 123, 185–192, 2018.
- PERKOL-FINKEL, S. *et al.* Seascape architecture – incorporating ecological considerations in design of coastal and marine infrastructure. **Ecological engineering**, v. 120, 645–654, 2018.
- PERRY, O. *et al.* Substrate selection of Christmas tree worms (*Spirobranchus* spp.) in the Gulf of Eilat, Red Sea. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 98, n. 4, p. 791-799, 2018.
- PETITJEAN, S. E.; MYERS, A. E. Age, characterization, and distribution of *Spirobranchus giganteus* on Paraiso Reef. **Epistimi**, v. 8, p. 1-4, 2005.
- PICKERING, H.; WHITMARSH, D. Artificial reefs and fisheries exploitation: A review of the “attraction versus production” debate, the influence of design and its significance for policy. **Fisheries Research**, v. 31, n. 1-2, p. 39-59, 1997.
- PINTO, T. K. *et al.* Shipwrecks fouling community: Similarities with natural rocky reefs at different distances and wave exposure regimes. **Ocean & Coastal Management**, v. 213, p. 105895, 2021.
- PRATES, A. P. L. (Org.). **Atlas dos Recifes de Coral nas Universidades de Conservação Brasileiras**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003. 177 p.
- RIOS, C.; CARVALHO, M.; 2011. **Destino: Naufrágio Pirapama, novas descobertas põem fim a distorções sobre naufrágios**. Naufrágios do Brasil, 2011. Disponível em: <<http://www.naufragiosdobrasil.com.br>>. Acesso em 12 de julho de 2022.
- RODRIGUES, A. R.; SKINNER, L. F.; BRASIL, A. C. S. Morphological Similarities and human-induced dispersal explain the non-native occurrence of Serpulidae (Annelida) in Southwest Atlantic? Taxonomic detailing is the key. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 60, 2020.
- SANTOS, D. H. C. *et al.* Recifes artificiais, mergulho e pesca artesanal: alguns aspectos do conflito na Costa de Pernambuco – Brasil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 10, n. 1, p. 7-22, 2010.
- SANTOS, M. A. C.; COELHO, P. A. Majidae (Crustacea, Decapoda, Brachyura) do Litoral de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil. **Trabalhos Oceanográficos**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v. 25, p. 205-213, 1997.
- SHERMAN, R. L.; GILLIAM, D. S.; SPIELER, R. E. Artificial reef design: void space, complexity, and attractants. **ICES Journal of Marine Science**, v. 59, n. suppl, p. S196-S200, 2002.
- SILVA, A. G. *et al.* Living with an enemy: Invasive sun-coral (*Tubastraea* spp.) competing against sponges *Desmapsamma anchorata* in southeastern Brazil. **Marine Environmental Research**, v. 174, p. 105559, 2022.

- SILVA, A. G. **Vivendo com o inimigo: competição entre os corais invasores *Tubastraea spp.* e a esponja *Desmapsamma anchorata* na Baía de Ilha Grande, RJ.** 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Ilha Grande.
- SILVA, D. C.; FALCÃO, A. C. D. & AMARAL, M. F. D. Benthic macroinvertebrates of the emerged reefs of Gaibu and Boa Viagem, Pernambuco, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 80315-80331, 2020.
- SILVA, W. J. **A relação entre *Carijoa riisei* (Cnidaria, Octocorallia) e a comunidade da meiofauna com ênfase em Nematoda em dois naufrágios do Atlântico Sul.** 2019. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- SKINNER, L. F. *et al.* First record of *Spirobranchus giganteus* (Pallas, (1766) (Polychaeta, Serpulidae) on southeastern Brazillian coast: new biofouler and free to live without corals?. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 7, n. 3, p. 117-124, 2012.
- SOARES, M. O. *et al.* Impacts of a changing environment on marginal coral reefs in the Tropical Southwestern Atlantic. **Ocean & Coastal Management**, v. 210, p. 105692, 2021.
- SOARES, M. O. *et al.* Shipwrecks help invasive coral to expand range in the Atlantic Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 158, p. 111394, 2020.
- SOUZA, C. S. R. **Arqueologia subaquática: identificação das causas de naufrágios nos séculos XIX e XX na costa de Pernambuco.** 2010. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SPALDING, M. D.; GRENFELL, A. M. New estimates of global and regional coral reef areas. **Coral Reefs**, v. 16, n. 4, p. 225-230, 1997.
- STEINER, A. Q. *et al.* Zonação de recifes emersos da área de proteção ambiental costa dos corais, nordeste do Brasil. **Iheringia. Série zoologia**, v. 105, p. 184-192, 2015.
- SWEARINGEN, D. C.; PAWLIK, J. R. Variability in the chemical defense of the sponge *Chondrilla nucula* against predatory reef fishes. **Marine Biology**, v. 131, n. 4, p. 619-627, 1998.
- THOMPSON, J. E. *et al.* A chemical defense mechanism for the nudibranch *Cadlina luteomarginata*. **Tetrahedron**, v. 38, n. 13, p. 1865-1873, 1982.
- TSURUMI, M. A. I. A.; REISWIG, H. M. Sexual versus asexual reproduction in an oviparous rope-form sponge, *Aplysina cauliformis* (Porifera; Verongida). **Invertebrate Reproduction & Development**, v. 32, n. 1, p. 1-9, 1997.
- VASCONCELOS, B. C. F. *et al.* Análises histológicas do branqueamento em colônias de corais *Siderastrea stellata* (Scleractinia) em recifes de Piedade, Jaboatão dos Guararapes - PE. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2235-2240, 2020.

VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. **Ecology**, v. 89, p. 2290–2301, 2008.

VIVIER, B. *et al.* Marine artificial reefs, a meta-analysis of their design, objectives and effectiveness. **Global Ecology and Conservation**, v. 27, p. e01538, 2021.

WALTERS, K. D.; PAWLIK, J. R. Is there a trade-off between wound-healing and chemical defenses among Caribbean reef sponges?. **Integrative and Comparative Biology**, v. 45, n. 2, p. 352-358, 2005.

WU, Z.; TWEEDLEY, J. R.; LONERAGAN, N. R. & ZHANG, X. Artificial reefs can mimic natural habitats for fish and macroinvertebrates in temperate coastal waters of the Yellow Sea. **Ecological Engineering**, v. 139, p. 105579, 2019.