ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE AMPHIPODA E POLYCHAETA DO NORTE DO ESPÍRITO SANTO APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Luan Pereira Artem[1], Luan de Oliveira Cerqueira[1,2], Sintia Bruneli Fagundes[1], Lucas Vieira do Nascimento[3], Pedro Vianna Gatts[1,2], Leila de Lourdes Longo[3], Adriane Araujo Braga[1,2,]

[1]Laboratório de Invertebrados Marinhos (LabinMar), Departamento de Biologia, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre, Espírito Santo, Brasil. lluan60@gmail.com, sintiafagundes2014@gmail.com
[2]Programa de Pós-graduação em Oceanografia Ambiental, Centro de Ciências Humanas e Naturais,Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, luaanoc@gmail.com, adriane.braga@ufes.br, pedrogatts90@gmail.com
[3]Universidade Federal do Recôncavo Baiano, R. Rui Barbosa, 44380-000 - Cruz das Almas-BA,luckasnasc@gmail.com, leilalongo@gmail.com

Resumo
O presente trabalho analisou a riqueza e a densidade das comunidades bentônicas de Amphipoda e Polychaeta na plataforma continental do norte do Espírito Santo. Foram realizadas quatro campanhas (entre 2018 e 2019) de amostragem de sedimento com *van Veen*, em seis estações: Degredo (DEG01 e 02), Barra Nova (BN01 e 02) e Itaúnas (ITA01 e 02). Foi registrada uma densidade geral de 7.979 ind. mL^{-1}, distribuída em 46 famílias. A classe Polychaeta foi dominante, com 95% da densidade total e 35 famílias, com destaque para Sabellariidae (2,037 ind. mL^{-1}). A ordem Amphipoda compreendeu 5% da densidade, com 11 famílias, sendo Ampeliscidae a mais representativa (0,105 ind. mL^{-1}). Amphipoda apresentou a maior densidade no ITA02 (0,108 ind. mL^{-1}), enquanto que Polychaeta foi em BN02 (3,082 ind. mL^{-1}). Os padrões observados evidenciam diferenças na distribuição espacial dos grupos entre as estações amostradas, sugerindo que a proximidade ou o distanciamento da foz do Rio Doce pode estar relacionado à distribuição desses organismos na plataforma continental norte do Espírito Santo.

Palavras-chave: Macrofauna bentônica. Polychaeta. Amphipoda. Riqueza. Densidade.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas - Zoologia

Introdução

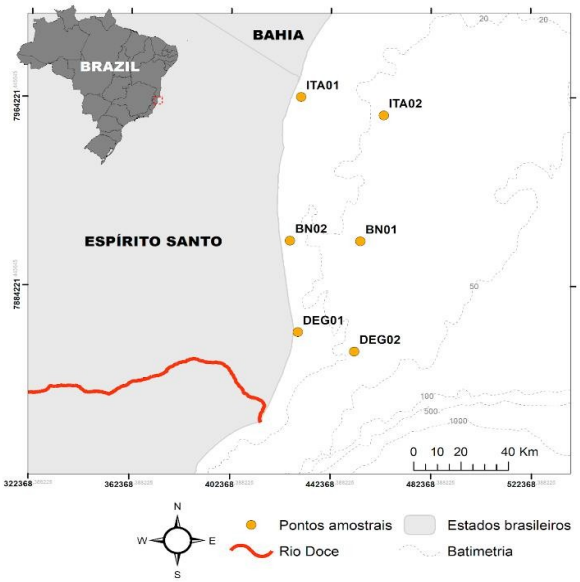
Em novembro de 2015 ocorreu o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG), ocasionando a liberação de aproximadamente 34 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração, que percorreram o rio Doce até alcançar a região costeira do Espírito Santo (Nascimento et al., 2022). A chegada do rejeito ao ambiente marinho provocou alterações nas condições ambientais e na estrutura das comunidades bentônicas, ao provocar soterramento dos organismos e exposição a metais associados aos rejeitos (Nascimento et al., 2022).

Entre os organismos que compõem as comunidades bentônicas, Amphipoda e Polychaeta apresentam grande importância ecológica no ambiente, por desempenhar papel na transferência de energia ao longo da cadeia alimentar (Bicudo; Bicudo, 2004). Devido à sua relação direta com o sedimento e à capacidade de responder às alterações nas condições ambientais, sua abundância e composição podem ser utilizadas como indicadores da estabilidade do ecossistema, principalmente em áreas sujeitas a alterações provocadas pela construção e operação de barragens (Gray; Elliott, 2009). Nesse contexto, a análise da estrutura das comunidades de Amphipoda e Polychaeta pode contribuir para a compreensão dos padrões de distribuição da macrofauna bentônica na região costeira afetada pela chegada dos rejeitos da barragem de Fundão. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a comunidade bentônica das famílias de Amphipoda e Polychaeta, por meio dos índices ecológicos, na plataforma continental do norte do Espírito Santo, após a chegada dos rejeitos oriundos da barragem de Fundão.

Metodologia

Foram realizadas quatro campanhas trimestrais entre novembro de 2018 e julho de 2019, em seis pontos amostrais situados na plataforma continental do norte do Espírito Santo: Degredo (DEG01 e 02), Barra Nova (BN01 e 02) e Itaúnas (ITA01 e 02), localizados nos municípios de Linhares, São Mateus e Conceição da Barra, respectivamente (Figura 1). Os dados de profundidade dos pontos foram obtidos a partir de sonda da embarcação e GPS digital, sendo que DEG01, BN02 e ITA01 foram os pontos mais próximos à costa, enquanto DEG02, BN01 e ITA02 foram os mais distantes (Figura 1).

Figura 1 - Área de estudo e distribuição dos pontos amostrais de Degredo (DEG01, DEG02), Barra Nova (BN01, BN02) e Itaúnas (ITA01 e ITA02) na plataforma continental do norte do estado do Espírito Santo, Brasil.



Fonte: CERQUEIRA et al. (2023)

As amostragens foram conduzidas como parte do Programa de Monitoramento de Biodiversidade Aquática (PMBA) e, para isso, a coleta do sedimento foi obtida a partir de um buscador de fundo *van Veen*, onde o material foi acondicionado em sacos plásticos e adicionado formalina 4% e, posteriormente, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Invertebrados Marinhos (Labinmar), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus Alegre. Os sedimentos foram lavados em peneiras de malha de 500 µm e 300 mL foram triados sob lupa estereomicroscópica. Os Amphipoda e Polychaeta foram separados, identificados ao nível de família com bibliografia específica e quantificados.

A caracterização da comunidade bentônica foi realizada por meio dos índices ecológicos em cada ponto, sendo eles: riqueza, densidade de táxons expressa em indivíduos por mL triados (ind. mL^{-1}), diversidade de Shannon-Wiener (H') e dominância de Simpson (D). Para verificar o padrão de associação da comunidade bentônica, foi realizada a análise de agrupamento (*Cluster UPGMA - Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) a partir de uma matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis, com nível de 60% de dissimilaridade, com base na densidade de cada família em cada ponto, normalizada pela raiz quadrada. Para identificar a contribuição das famílias para a dissimilaridade entre os grupos formados, foi empregada a análise de similaridade percentual (SIMPER).

Resultados

Foi registrada uma densidade total de 7,966 ind. mL^{-1}, sendo a classe Polychaeta a mais representativa (7,579 ind. mL^{-1}), correspondendo a 95% da comunidade bentônica, enquanto a ordem Amphipoda representou 5% (0,388 ind. mL^{-1}). Quanto à riqueza, foram registradas 46 famílias, sendo 35 pertencentes a Polychaeta e 11 a Amphipoda. Entre os Polychaeta, Sabellariidae foi a mais representativa (2,037 ind. mL^{-1}), seguida de Syllidae (1,146 ind. mL^{-1}), Spionidae (0,921 ind. mL^{-1}), Paraonidae (0,4060 ind. mL^{-1}) e Sabellidae (0,354 ind. mL^{-1}). Quanto às famílias de Amphipoda

Ampeliscidae (0,105 ind. mL^{-1}) foi a mais representativa, seguida de Chevaliidae (0,098 ind. mL^{-1}), Aoridae (0,050 ind. mL^{-1}), Ampithoidae (0,043 ind. mL^{-1}) e Leucothoidae (0,037 ind. mL^{-1}) (Tabela 1).

Para a densidade total entre os pontos, BN02 apresentou o maior valor (3,082 ind. mL^{-1}), seguido por ITA02 (1,197 ind. mL^{-1}), DEG01 (0,645 ind. mL^{-1}), DEG02 (0,616 ind. mL^{-1}), ITA01 (0,251 ind. mL^{-1}) e BN01 (0,210 ind. mL^{-1}). A estação BN02 apresentou a maior densidade de Polychaeta (3,072 ind. mL^{-1}), enquanto a maior densidade de Amphipoda foi registrada em ITA02 (0,108 ind. mL^{-1}) (Tabela 2). Em relação à riqueza de famílias por pontos amostrais, BN02 apresentou o maior valor, com 27 famílias. Para Amphipoda, ITA02 apresentou a maior riqueza, com sete famílias. Para Polychaeta, BN02 apresentou a maior riqueza, com 26 famílias, seguido por ITA01 (21).

Quanto ao índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), o ponto ITA01 apresentou o maior valor (3,5), enquanto BN02 registrou o menor valor (0,1). Quanto à dominância de Simpson (D), os pontos DEG01 e BN02 apresentaram os maiores valores (0,3) (Tabela 2).

Tabela 1 - Densidade (ind. mL^{-1}) total e percentual (%) das famílias mais representativas (>0,5% Amphipoda e Polychaeta da plataforma continental norte do Espírito Santo.

Táxon	Famílias	Densidade e percentual
Amphipoda	Ampeliscidae	0,105 (1,3%)
	Chevaliidae	0,098 (1,2%)
	Aoridae	0,050 (0,6%)
	Ampithoidae	0,043 (0,5%)
	Leucothoidae	0,037 (0,5%)
Polychaeta	Sabellariidae	2,037 (25,6%)
	Syllidae	1,146 (14,4%)
	Spionidae	0,921 (11,6%)
	Paraonidae	0,406 (5,1%)
	Sabellidae	0,354 (4,4%)
Total		5,197 (65,2%)

Fonte: elaborado pelos próprios autores.

Tabela 2 - Densidade (ind. mL^{-1}), riqueza (Nº de famílias), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (D) de Amphipoda e Polychaeta por ponto amostral.

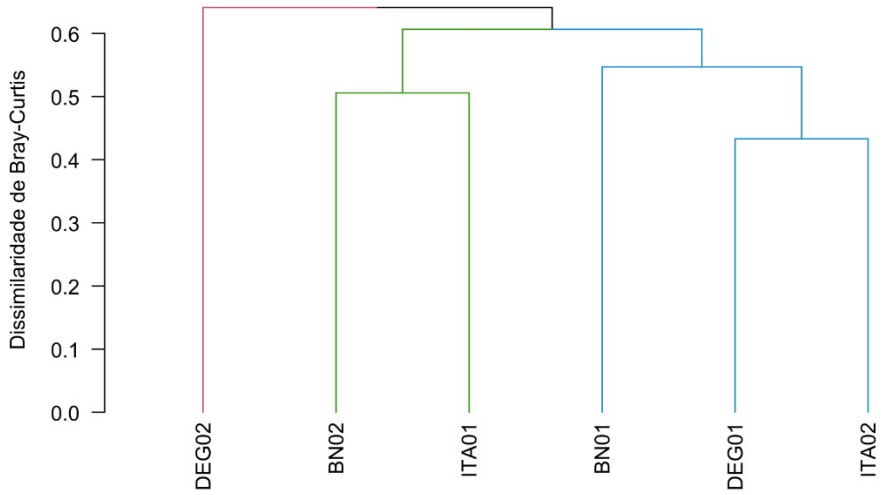
	Riqueza		Densidade		H'	D
Ponto	Amphipoda	Polychaeta	Amphipoda	Polychaeta		
DEG01 (Prof: 10 m)	1	14	0,033	0,616	1,7	0,3
DEG02 (Prof: 30 m)	2	13	0,070	0,546	1,6	0,1
BN01 (Prof: 26 m)	5	13	0,057	0,153	2,7	0,1
BN02 (Prof: 14 m)	1	26	0,010	3,072	0,1	0,3
ITA01 (Prof: 9 m)	5	21	0,100	0,152	3,5	0,2
ITA02 (Prof: 27 m)	7	19	0,118	1,089	3,2	0,2

Fonte: elaborado pelos próprios autores.

A análise de agrupamento (UPGMA), baseada na matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis, evidenciou a formação de três grupos: 1) composto por DEG01, BN01 e ITA02; 2) por BN02 e ITA01; e 3) DEG02 (Figura 2). A diferença entre os grupos foi explicada pelas famílias de Polychaeta, sendo o primeiro e o segundo com 63,8% de dissimilaridade com Sabellaridae, Syllidae, Spionidae,

Paraonidae e Sabellidae. Entre o primeiro e o terceiro grupo, 56,0% da dissimilaridade foi explicada por Sabellaridae, Syllidae, Paraonidae, Sabellidae e Spionidae. Por fim, 46,6% da dissimilaridade entre o segundo e o terceiro grupo por Spionidae, Magelonidae, Orbiniidae, Nephthyidae e Syllidae.

Figura 2 - Dendrograma de agrupamento das comunidades bentônicas de famílias de Polychaeta e Amphipoda por ponto amostral. Diferentes cores representam diferentes grupos.



Fonte: elaborado pelos próprios autores.

Discussão

A comunidade bentônica de Polychaeta e Amphipoda da plataforma continental norte do Espírito Santo apresentou padrões de distribuição já observados para a região da foz do Rio Doce em períodos anteriores (Matthews-Cascon et al., 2018) e posteriores ao rompimento da barragem de Fundão (Nascimento et al., 2022), bem como em locais com maiores profundidades do Espírito Santo (Bernardino et al., 2016) e de São Paulo (Moura et al., 2023). De modo geral, esses estudos evidenciam maior representatividade de Polychaeta em relação aos crustáceos peracáridos, padrão também observado no presente estudo. A maior riqueza de famílias de Polychaeta também foi registrada para outras localidades, inclusive de maior profundidade (Bernardino et al., 2016; Moura et al., 2023). O padrão de distribuição desigual, com domínio de Polychaeta, pode ser explicado pela maior sensibilidade dos Amphipoda a alterações na qualidade do sedimento e a fontes de poluição (De-La-Ossa-Carretero et al., 2012).

Entre os Polychaeta, as famílias Sabellariidae, Syllidae e Spionidae foram as mais representativas, o que reforça o padrão observado na Bacia de Santos e no talude continental da Bacia de Campos (Moura et al., 2016; Lavrado et al., 2017), nas bacias do Espírito Santo para batimetrias mais profunda (Bernardino et al., 2016). A predominância destas famílias pode estar associada às diferentes estratégias alimentares e à capacidade de exploração da matéria orgânica disponível no sedimento, uma vez que muitas das suas espécies são depositívoras, alimentando-se principalmente de fitodetritos (Moura et al. 2023).

Ademais, a elevada representatividade de Sabellariidae pode estar relacionada à capacidade de construir tubos e estruturas bioconstrutivas a partir da agregação de partículas sedimentares. Já Spionidae é uma das famílias de Polychaeta mais representativas em águas profundas (Shields; Hughes, 2009). Por outro lado, Syllidae apresenta maior diversidade de estratégias alimentares, incluindo espécies onívoras e carnívoras, podendo ser predadores bentônicos importantes (Würzberg et al., 2011).

Em relação aos Amphipoda, as famílias Ampeliscidae e Chevaliidae já foram observadas com maior representatividade na região do Rio Doce no Espírito Santo (Matthews-Cascon et al., 2018) e Phoxocephalidae e Ampeliscidae para a bacia de Campos (Lavrado et al., 2017). A maior riqueza de Ampeliscidae pode refletir a plasticidade trófica, com algumas espécies podendo alternar entre os hábitos suspensívoros e detritívoros de subsuperfície conforme a disponibilidade de alimento no ambiente, além de serem um grupo tubícola (Rodrigues, 2009). Por outro lado, algumas espécies da família Chevaliidae, possuem glândulas que secretam seda subaquática capaz de cimentar partículas de sedimento inconsolidado, grãos de areia e fragmentos bioclásticos (Myers; Lowry, 2003), permitindo

a formação de tubos, bem como a ocupação de diferentes substratos, incluindo fundos arenosos e com granulometria mais grossa (Appadoo; Myers, 2004). A construção de tubos por algumas famílias de Polychaeta e Amphipoda pode apresentar uma importante estratégia para resistir aos efeitos da deposição de sedimentos finos no fundo marinho, podendo conferir sucesso para outros tipos de sedimentos. No caso de Sabellaridae, algumas espécies podem produzir tubos de emergência de soterramento, além de conferir estabilidade estrutural a partir da parede do tubo (Hendrick; Hutchinson; Last, 2016).

Os resultados das análises multivariadas de agrupamento UPGMA e de similaridade percentual (SIMPER) reforçam que o padrão de associação das famílias de Polychaeta e Amphipoda (maioria tubícolas) pode estar relacionado à heterogeneidade espacial na distribuição de grãos de sedimentos mais finos ao longo do norte da foz do rio Doce, à capacidade de construir tubos e à plasticidade trófica. Quanto à caracterização do sedimento na plataforma norte, após o rompimento da barragem em 2015, houve o aumento da deposição de sedimentos finos próximos à costa, em áreas mais rasas (Hatje et al., 2017). Ou seja, espera-se que em períodos de maior vazão do rio Doce o transporte de lama em direção ao mar se intensifique, enquanto em períodos de menor vazão ocorra a remobilização e transporte do material oriundo do desastre para o norte da foz (Quaresma et al., 2015; Hatje et al., 2017; Nascimento et al., 2022), aumentando a sedimentação mais fina e conferindo maior vantagem e representatividade das famílias de Amphipoda e Polychaeta registradas.

Conclusão

Os resultados demonstraram que a comunidade bentônica da plataforma continental norte do Espírito Santo é caracterizada pela dominância de Polychaeta em relação a Amphipoda, tanto em densidade quanto em riqueza de famílias, padrão observado para outras localidades, assim como para maiores profundidades. Essa dominância de Polychaeta pode estar associada às características ecológicas e à capacidade desses organismos de ocupar diferentes condições sedimentares. A variação na riqueza e densidade entre os pontos amostrais, como Barra Nova e Itaúnas, indica que a distância da foz do rio Doce e a heterogeneidade na deposição de sedimentos finos influenciam diretamente a estrutura dessas comunidades. A elevada contribuição de famílias com hábitos tubícolas e diferentes estratégias alimentares reforça a importância das características funcionais dos organismos na estruturação dessas comunidades, o que pode ter auxiliado na capacidade de adaptação às condições pós-desastre. Dessa forma, o estudo contínuo das famílias de Amphipoda e Polychaeta, associado ao monitoramento das características sedimentares e de possíveis contaminantes, mostra-se uma ferramenta fundamental para avaliar a recuperação ambiental e a estabilidade do ecossistema bentônico da plataforma continental norte do Espírito Santo.

Referências

APPADOO, C.; MYERS, A. A. Corophiidean Amphipods (Crustacea) From The Shallow Waters Of Mauritius, Indian Ocean. **Records Of The Australian Museum**, V. 56, N. 3, P. 331-362, 2004.

BERNARDINO, A.; BERENGUER, V.; RIBEIRO-FERREIRA, V. Bathymetric And Regional Changes In Benthic Macrofaunal Assemblages On The Deep Eastern Brazilian Margin, Sw Atlantic. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 111, 110–120, 2016.

BICUDO, C. E. M., BICUDO, D. C. Amostragem em Limnologia. Rima, São Carlos–SP. p. 346, 2004.

CERQUEIRA, L. O.; CASSAMALI, A. S.; MORAES, A. B.; LONGO, L. L.; BRAGA, A. A. Macrofauna Bentônica De Sedimento Inconsolidado Da Plataforma Continental Após A Chegada Dos Rejeitos Da Barragem De Mariana-Mg. 2023. DOI: 10.18066/INIC0684.23.

DE-LA-OSSA-CARRETERO, J. A., DEL-PILAR-RUSO, Y., GIMÉNEZ-CASALDUERO, F., SÁNCHEZ-LIZASO, J. L.; DAUVIN, J. C. Sensitivity of amphipods to sewage pollution. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 96, 129-138. 2012.

GRAY, J. S.; ELLIOTT, M. Ecology of Marine Sediments: From Science to Management. 2ª ed. Oxford: Oxford University Press, 2009.

HATJE, V.; PEDREIRA, R. M. A.; REZENDE, C. E.; SCHETTINI, C. A. F.; SOUZA, G. C.; MARIN, D. C.; HACKSPACHER, P. C. The Environmental Impacts Of One Of The Largest Tailing Dam Failures Worldwide. **Scientific Reports**, 7(10706), p. 1–13, 2017.

HENDRICK, V. J.; HUTCHISON, Z. L..; LAST, K. S. Sediment Burial Intolerance Of Marine Macroinvertebrates. **Plos-One**, 11(2), p. E0149114, 2016.

LAVRADO, H. P.; OMENA, E. P.; BERNARDINO, A. F. Macrofauna bentônica do talude continental e cânions da Bacia de Campos. Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste, 3, 259-306. 2017.

MYERS, A. A.; LOWRY, J. K. A Phylogeny And Classification Of The Corophiidea Leach, 1814 (Crustacea: Amphipoda). **Journal Of Natural History**, V. 37, N. 4, P. 443-485, 2003.

MATTHEWS-CASCON, H.; BEZERRA, L. E. A.; BARROSO, C. X.; RABAY, S. G.; MOREIRA, A. K.; ROCHA, V. P.; SOARES, M. O. Marine Benthic Communities Affected By The Doce River (Southwestern Atlantic): Baseline Before A Mining Disaster. **Marine Pollution Bulletin**, V. 135, P. 1000-1006, 2018.

MOURA, R. B.; DALTO, A. G.; SALLORENZO, I. A.; LAVRADO, H. P. Community Structure Of The Benthic Macrofauna Along The Continental Slope Of Santos Basin And São Paulo Plateau, Sw Atlantic. **Ocean And Coastal Research**, V. 70, 2023.

NASCIMENTO, R. L.; ALVES, P. R.; DI DOMENICO, M.; BRAGA, A. A.; PAIVA, P. C. DE; ORLANDO, M. T. D.; CAVICHINI, A. S.; LONGHINI, C. M.; MARTINS, C. C.; NETO, R. R.; GRILO, C. F.; OLIVEIRA, K. S. S.; QUARESMA, V. DA S.; COSTA, E. S.; CAGNIN, R. C.; SILVA, C. A. DA; SÁ, F.; LONGO, L. DE L. The Fundão Dam Failure: Iron Ore Tailing Impact On Marine Benthic Macrofauna. **Science Of The Total Environment**, V. 838, p. 156205, 2022.

QUARESMA, V.; CATABRIGA, G.; BOURGUIGNON, S.; GODINHO, E.; BASTOS, A. Modern Sedimentary Processes Along The Doce River Adjacent Continental Shelf. **Brazilian Journal Of Geology**, 45, p. 635–644, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/2317-488920150030274

SHIELDS, M.; HUGHES, D. Large-Scale Variation In Macrofaunal Communities Along The Eastern Nordic Seas Continental Margin: A Comparison Of Four Stations With Contrasting Food Supply. **Progress In Oceanography**, 82(2), 125–136, 2009.

WÜRZBERG, L.. W.; PETERS, J.; SCHÜLLER, M.; BRANDT, A. Diet Insights Of Deep-Sea Polychaetes Derived From Fatty Acid Analyses. **Deep Sea Research Part Ii**, 58(1/2), 153– 162, 2011.

Agradecimentos
A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao Programa de Monitoramento em Biodiversidade Aquática (PMBA) estabelecido pelo Acordo Técnico Científico (001/2018) entre FEST e Fundação Renova; à equipe de embarque do Marinho Integrado PMBA e ao Laboratório de Invertebrados Marinhos (Labinmar) no apoio na desmobilização, lavagem e triagem de amostras.