

MATERIAL SUPLEMENTAR A3MMhS1

MAPEAMENTO DE HABITAT

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Foto da estrutura metálica (dropcâmera).	8
--	---

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Classificação do grau de poluição de acordo com o índice de geoacumulação (Igeo).	5
Tabela 2: Valores de referência para nível limite de efeito (TEL), nível provável de efeito (PEL) e concentrações de background utilizadas para o cálculo de índice de geoacumulação na plataforma continental do Rio Doce (PCRD) e na crosta continental superior.	6

A3MMhS1 - MAPEAMENTO DE HABITAT

Metodologia de Análise

- Coleta e processamento dos testemunhos

Foram coletados 10 testemunhos ao longo da plataforma continental do Espírito Santo (entre a região da APA Costa das Algas e Barra Nova), a coleta ocorreu entre os dias 26 a 29 de novembro de 2018, com auxílio de um testemunhador (*Gravity Corer*). As amostragens ocorreram de forma satisfatória, entretanto alguns pontos foram realocados devido à dificuldade de amostragem em áreas onde o sedimento superficial era composto por areia ou uma quantidade significativa da fração arenosa. Neste tipo de fundo, o testemunhador possui limitação na capacidade de penetração.

O processamento envolveu as seguintes etapas preliminares: 1) Abertura/Descrição e Fatiamento dos extratos; 2) Separação das alíquotas para análises de geoquímica/ taxa de sedimentação/ composição sedimentológica. Posteriormente à estas etapas, cada alíquota seguiu para o processamento dos parâmetros apresentados a seguir:

Composição sedimentológica

A composição sedimentológica foi realizada no laboratório de sedimentologia da UFES onde envolveu análise de teor de carbonato por queima com HCL a 30%, teor de matéria orgânica por queima na Mufla por 4 horas a 450°C e análise granulométrica, onde a fração fina foi analisada no Malvern (granulômetro à laser) e a fração grossa por fracionamento via seca.

Composição mineralógica

As análises de mineralogia foram realizadas no Laboratório de Nanometria Fotônica da UFES. Para as análises mineralógicas as amostras foram submetidas a 2 horas no difratômetro, após as 2 horas, os resultados são comparados aos resultados obtidos nas análises de anos anteriores. Havendo discrepâncias, as amostras seguem para análise em fluorescência de raios-x, para determinação química elementar e são novamente submetidas à difratometria por período de 14 horas. Uma vez confirmados os resultados, os conformes seguem para análise de susceptibilidade magnética. As amostras que permanecem duvidosas seguirão para análises posteriores no síncrotron.

A verificação do indicativo da presença do rejeito da Barragem de Fundão em sedimentos marinhos foi realizada através do reconhecimento do aumento relativo total de fases minerais como hematita, goethita, grenalita-T, maghemita e magnetita, as quais representam óxidos de ferro e silicatos contendo ferro das amostras analisadas, comparativamente aos dados de uma amostra de referência (background) antes acidente ($\langle X_{ac} \rangle_{bg} = (1,7 \pm 0,1)E-06 \text{ m}^3/\text{kg}$). Da mesma forma, verificou-se aumentos nas susceptibilidades magnéticas totais e nas quantidades totais de ferro (FeOTotal). Maiores detalhes podem ser encontrados no relatório do subprojeto Sedimentologia do Anexo 3.

Análise de Geoquímica

A análise dos metais seguiu as normas descritas por Rauret et al. (1999) baseados no método ISSO 11466 (ISO, 1995). A extração de metais traço, ferro e manganês nas amostras foi feita com água régia e aquecimento em bloco digestor em 0,500g de amostra previamente liofilizada e macerada (Da Silva et al., 2015). Após a extração as amostras foram lidas em um equipamento de absorção atômica AAnalyst 800 (Perkin Elmer®) pela técnica de chama.

A análise de metais em testemunhos permite a avaliação de influência antropogênica ao longo do tempo, baseando-se em níveis de background e índices ecológicos que indicam acumulação e enriquecimento ao longo da coluna sedimentar. No presente estudo foi utilizado o Índice de geoacumulação como avaliação da contaminação dos sedimentos por metais.

Índice de Geoacumulação- I_{geo} :

O I_{geo} é calculado individualmente para cada elemento em cada amostra (Ruiz, 2001). Como valores de *background* da região foram utilizados valores extraídos valores de base de testemunhos obtidos por Cagnin (2018) na área de estudo para os elementos Zn, Pb, Ni, Cr e Fe. Para o background de Cu, Cd e Mn foram utilizados valores da crosta continental superior extraídos de Rudnick and Gao (2003), já que não há dados de base de testemunho disponíveis para a área estudada. O cálculo do índice de geoacumulação é dado pela equação a seguir.

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1.5 \times B_n}$$

C_n é a concentração do metal; B_n é a concentração de background do metal.

A classificação do grau de poluição de acordo com o resultado de I_{geo} é dado pela Tabela 1

Tabela 1: Classificação do grau de poluição de acordo com o índice de geoacumulação (I_{geo}).

Índice de geoacumulação		
Classe	Valor	Classificação
0	<0	Não poluído
1	0-1	Não poluído ou moderadamente poluído
2	1-2	Moderadamente poluído
3	2-3	Moderado a fortemente poluído
4	3-4	Fortemente poluído
5	4-5	Forte a extremamente poluído
6	5-6	Extremamente poluído

A Tabela 2 mostra os valores de nível limite de threshold effect level –TEL (nível limite de efeito); probable effect level – PEL (nível provável de efeito), além das concentrações de *background* para cada elemento na plataforma continental do Rio Doce (PCRD) obtidas por Cagnin (2018). Para os elementos

Cu, Cd e Mn foram utilizados como background valores da crosta continental superior, já que tais elementos não foram utilizados no estudo de Cagnin (2018).

Tabela 2: Valores de referência para nível limite de efeito (TEL), nível provável de efeito (PEL) e concentrações de background utilizadas para o cálculo de índice de geoacumulação na plataforma continental do Rio Doce (PCRD) e na crosta continental superior.

	Zn	Pb	*Cu	Ni	Cr	*Cd	*Mn	Fe
TEL (MacDonald et al., 1996)	124	30,2	18,7	15,9	52,3	0,68	-	-
PEL (MacDonald et al., 1996)	271	112	108	42,8	160	4,21	-	-
Background PCRD ao sul da foz do Rio Doce (Cagnin, 2018)	82,22	25,68	-	44,61	85,50	-	2.818,18	5.507,20
Background PCRD ao norte da foz do Rio (Cagnin, 2018)	89,67	57,58	-	49,52	128,70	-	8.348,89	103,93
Crosta continental superior (Rudnick and Gao, 2003)	67	17	28	47	92	0,09	0,10	50.400

*valores da crosta continental superior;

- Aquisição e análise/processamento dos dados batimétricos

Os dados de batimetria multifeixe foram obtidos com o ecobatímetro multifeixe (fabricante R2Sonic 2024), utilizando a frequência de 170 KHz. A aquisição dos dados ocorreu no período entre janeiro de 2019 a março de 2020. O software QINSy foi utilizado na aquisição. Para o processamento e análise dos registros batimétricos e de backscatter foram utilizados os softwares Qimera, Fledermaus, FMGT e Caris Hips and Sips.

Todo o levantamento hidrográfico foi executado na embarcação Santa Edwiges, que possui adaptações específicas para esse tipo de levantamento. O plano de linhas de navegação para a aquisição dos dados foi construído de modo a atender a uma sobreposição de 30% entre as linhas de sondagem. A calibração dos ângulos de arfagem da montagem do equipamento, conhecida como Patch Test - onde

são calculados os ângulos de roll, pitch e yaw - foi realizada sempre ao início de cada campanha ou quando por alguma eventualidade no campo houve uma alteração na posição do ecobatímetro.

Em todas as campanhas foram adquiridos perfis verticais de velocidade do som ao longo da coluna d'água, a cada 3 horas, com o propósito de corrigir efeitos de refração dos feixes do ecobatímetro, evitando assim artefatos e interpretações errôneas do fundo marinho. Utilizando uma maré prevista, durante o levantamento hidrográfico houve um controle contínuo da qualidade dos dados batimétricos. Em laboratório, os registros batimétricos foram corrigidos com os dados de oscilações da maré obtidos por meio de um Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), que foram tratados e disponibilizados pela equipe do Anexo 3 - Modelagem Numérica.

Vídeo imageamento – Verdade de Campo

As filmagens ocorreram através de GoPros Hero 3 e 4 em um sistema chamado *dropcam*. Este é composto por duas câmeras e lanternas acopladas a uma estrutura metálica piramidal de base 60 x 60 cm (Figura 1), onde uma filma o fundo ortogonalmente e a outra panoramicamente, durante dois minutos, em triplicata. Dos vídeos coletados foram geradas imagens instantâneas (*frames*), que permitem estimar a densidade dos principais organismos visualizados, suas formas, tamanhos, vitalidade e cobertura dos elementos das formações recifais, bancos de rodólitos e fundos lamosos/arenosos, lamosos e cascalhosos.

Todos estes dados adquiridos foram usados para caracterização do fundo marinho e verdade de campo nas análises dos habitats.

Figura 1: Foto da estrutura metálica (dropcâmera).



Segmentação e classificação dos dados batimétricos e de backscatter

Buscando evitar a subjetividade da interpretação, otimizar o tempo de análise e permitir a repetibilidade dos processos, e a fim de automatizar e quantificar as análises dos resultados de batimetria e de backscatter, foram utilizadas duas ferramentas de segmentação e classificação: BRESS e RSobria.

O BRESS é um software livre desenvolvido pelo Center of Coastal and Ocean Mapping (University of New Hampshire). No trabalho de Masetti et al (2018) é possível verificar mais detalhes do desenvolvimento do algoritmo e aplicação. A partir dos resultados da batimetria, o software analisa inicialmente as propriedades geomorfológicas para gerar regiões de morfologia similar (configuração possibilita usar 4, 6 ou 8 classes *Landforms*). Após essa etapa, o algoritmo também analisa o *backscatter*, e gera diversos segmentos a partir das similaridades entre eles (utilizando cálculos de similaridade e multi-modal conforme os valores configurados para parâmetros que são supervisionados pelo usuário, como Splitting e Merging Intersection). O resultado final do software é uma tabela com diversos atributos e propriedades de cada segmento encontrado, bem como imagens georeferenciadas para utilização em plataforma GIS. Importante ressaltar que apesar de não ser um método que utiliza a análise tradicional por pixel, a fase inicial da análise está ancorada em conceitos de Padrão binário

local (LBP, na sigla em inglês), que efetua uma análise comparativa para cada pixel em relação aos vizinhos (Masetti et al, 2018).

O RSobia (Remotely sensed Object Based Image Analysis) é uma extensão licenciada pelo ArcGIS, que analisa imagens de uma banda (superfície batimétrica e mosaico de backscatter, como exemplos) e consegue segmentar e classificar os dados com base em três propriedades principais: *slope*, rugosidade e backscatter. O usuário pode controlar parâmetros como número de *clusters* (foram utilizadas 6 classes), tamanho mínimo de objeto (resolução) e peso de cada propriedade (nesse caso, foi utilizado *Slope 1 - Rugosidade 1 - Backscatter 2*). Além disso, a plataforma permite integração com dados de verdade de campo para que seja possível rodar uma classificação do fundo marinho baseada também em dados de amostragem direta ou imagens. Essa ferramenta vem sendo aprimorada, bem disseminada nos grupos de mapeamento de habitats, e existem algumas publicações de aplicações que obtiveram êxito em seus resultados, como em Innangi et al. (2018), Innangi et al (2019).

Compilação de dados existentes

Visando criar uma base de conhecimento sobre a geodiversidade da plataforma continental do Espírito Santo e sul Bahia, foram usados os dados já existentes da morfologia do fundo marinho e distribuição de fácies sedimentares. Esta base de dados está publicada em Bastos et al. (2015), Vieira (2017) e Vieira et al. (2019). Esta base de dados é formada por imageamento acústico do fundo marinho, sedimento superficial e imagens de câmeras subaquáticas.

- Coleta e análise/processamento dos dados sísmicos

Os dados sísmicos foram adquiridos com dois perfiladores sísmicos com fontes acústicas do tipo Chirp, possibilitando a aquisição simultânea de registros de alta (10-20 KHz) e baixa frequência (2-9 KHz). Estes equipamentos fazem parte de um sistema desenvolvido pela Meridata Finland Ltd, modelo MD DSS MULTI-MODE SONAR SYSTEM, e a sua utilização ocorreu em dois levantamentos, ambos no mês de abril de 2019: o primeiro entre os dias 3 e 7 e, o segundo entre 13 e 21.

Tanto na etapa de aquisição, quanto na de processamento e análise dos dados, foram utilizados os softwares próprios do referido sistema: MDCS (marine data collection software) e MDPS (marine data processing and interpretation software). Além de conseguir adquirir e também analisar dados sísmicos de distintas fontes acústicas simultaneamente, outra vantagem da aquisição de dados com o sistema Meridata é a simplicidade do processamento devido à elevada qualidade dos mesmos.

Desta forma, o processamento consistiu na automatização da aplicação de filtros de frequência (de acordo com o espectro de cada perfilador sísmico) e de aplicação de ganhos para aumentar ou diminuir o contraste dos perfis sísmicos produzidos.

A etapa de análise, ou seja, interpretação e delimitação dos padrões sísmicos (ecocaráteres) e refletores sísmicos foi de fato a que demandou maior tempo e esforço na classificação do fundo marinho

em cada um de todos os arquivos adquiridos. Os ecocaráteres foram definidos a partir de suas características acústicas mais marcantes, como presença de camadas transparentes, de hipérboles, de refletores superficiais e/ou subsuperficiais. A etapa posterior foi a delimitação espacial da espessura dos depósitos transparentes no fundo marinho, a partir da delimitação dos refletores superficial (topo) e subsuperficial (base). De posse destes refletores foi possível calcular a espessura da camada transparente no software Hypack 2018.

Por fim, todos os produtos foram integrados em plataforma GIS (ArcGIS 10.6 software).

A interpretação foi realizada através do mapeamento de horizontes sísmicos gerando informações de espessura do depósito sedimentar. A conversão do tempo duplo de propagação (two-way time) para profundidade será estimada empregando-se uma velocidade média de 1500 m/s. Os mapas de isópacas foram confeccionados no software ArcGIS 10.6.

Referências

- BASTOS A.C., QUARESMA V.S., MARANGONI M.B., D'AGOSTINI D.P., BOURGUIGNON S.N, CETTO P.H., SILVA A.E., AMADO-FILHO G.M., MOURA R.L., COLLINS M. Shelf morphology as an indicator of sedimentary regimes: A synthesis from a mixed siliciclastice carbonate shelf on the eastern Brazilian margin. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 63. p 125-136. 2015.
- CAGNIN, R.C. Geoquímica do Arsênio, dos elementos Terras Raras e dos metais pesados Cr , Zn , Ni e Pb nas plataformas continentais do Rio Doce (ES) e de Abrolhos (BA). Universidade Federal do Espírito Santo. 2018.
- DA SILVA, G. S., CÔRREA, L.B., MARQUES, A.L.B., MARQUES, E.P., DE NUNES, M.L.F., DE SOUSA, E.R. The role of metals and their fractions in the Bacanga River estuary: An example of the anthropogenic interference in a tropical ecosystem. *Rev. Virtual Quim.* 7. p. 1130–1144. doi:10.5935/1984-6835.20150063. 2015.
- INNANGI S., TONIELLI R., ROMAGNOLI C., BUDILLON F., DIMARTINO G., INNANGI M., LATERZA R., LE BAS T., LOIACONO C. Seabed mapping in the Pelagie Islands marine protected area (Sicily Channel, southern Mediterranean) using Remote Sensing Object Based Image Analysis (RSOBIA). *Mar. Geop. Res.* V. 40, p. 333–355. <https://doi.org/10.1007/s11001-018-9371-6>. 2018.
- INNANGI S., DI MARTINO G., ROMAGNOLI C., TONIELLI R. Seabed classification around Lampione islet, Pelagie Islands MarineProtected area, Sicily Channel, Mediterranean Sea. *Journal of Maps*, v. 15, n. 2, p. 153-164, doi:10.1080/17445647.2019.156740. 2019.
- MACDONALD, D.D., CARR, S., CLADER, F.D., LONG, E.D., INGERSOLL, C.G. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. *Ecotoxicology* v. 5, p. 253–278. 1998.
- RAURET, G., LÓPEZ-SÁNCHEZ, J.F., SAHUQUILLO, A., RUBIO, R., DAVIDSON, C., URE, A., QUEVAUVILLER, P. Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials. *J. Environ. Monit.* v. 1, p 57–61. doi:10.1039/a807854h. 1999.
- RUDNICK, R.L., GAO, S. Composition of the Continental Crust, in: *Treatise on Geochemistry: Second Edition*. Elsevier, p. 1–64. doi:10.1016/B0-08-043751-6/03016-4. 2003.
- RUIZ, F. Trace Metals in Estuarine Sediments from the Southwestern Spanish Coast. *Mar. Pollut. Bull.* v. 42, p. 482–490. 2001.
- VIEIRA, F. V., BASTOS, A. , QUARESMA, V., LEITE, M. D., COSTA JR, A., OLIVEIRA, K. S., DALVI, C., MOURA, R., BAHIA, R., HOLZ, V., AMADO-FILHO, G. Along-Shelf changes in mixed carbonate-

siliciclastic sedimentation patterns. Cont. Shelf Res. v. 187, e103964,
<https://doi.org/10.1016/j.csr.2019.103964>. 2019.