

Aplicação do Side Scan Sonar: Revelando Transformações Submersas no Delta do Rio Paraíba do Sul Durante o Antropoceno, Rio de Janeiro

João Manenga Daniel ¹
Jairson Alberto Sami ²
Beatriz Abreu Machado ³
Thais Baptista da Rocha ⁴
Mahathma Aguiar Barreto ⁵
João Regis dos Santos Filho ⁶
Guilherme Borges Fernandez ⁷

INTRODUÇÃO

As atividades humanas vêm contribuindo com os impactos na zona costeira (RUDDIMAN, 2017; Tarolli *et al.*, 2014, TAROLLI & SOFIA, 2020, BEACH *et al.*, 2015), causada principalmente pela ocupação desordenada, bem como pelas mudanças climáticas, que alteram os padrões atmosféricos e oceanográficos em todo o globo. Essas mudanças sustentariam a ideia do início de uma nova era geológica denominada Antropoceno (WATERS *et al.*, 2016, HEAD, 2019).

Diversos exemplos de ocupação da zona costeira refletiram na paisagem submarina atual, sendo classificadas como *Submarine Human Occupation Sites* (SHOS) (FLEMMING, 1999). Como exemplo de SHOS, pode-se citar os resquícios de ocupações humanas que interferem diretamente na configuração geomorfológica atual do leito marinho, estando submersos por diversos fatores como subsidência, variação do nível do mar ou erosão costeira.

Usualmente relacionam-se os SHOS com ocupações costeiras que são alvos de importantes trabalhos arqueológicos da antiguidade. Como por exemplo, cita-se

¹Mestrando em Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense-UFF, joaniel@id.uff.br;

²Mestrando em Geologia e Geofísica Marinha da Universidade Federal Fluminense-UFF, jairsonalberto@id.uff.br;

³Doutoranda do Curso de Geografia da Universidade Federal Fluminense - UFF, abreu_beatriz@id.uff.br

⁴Doutora em Geografia da Universidade Federal Fluminense -UFF, thaisbaptista@id.uff.br

⁵Graduando do curso de Geofísica, Universidade Federal Fluminense- UFF, mahathmaaguiar@id.uff.br

⁶Professor co-orientador: Doutor, Faculdade Oceanografia (FAOC) - UERJ, joaoregis@id.uff.br

⁷Professor orientador: Doutor, Instituto de Geociências - UFF, gfernandez.lagefuff@gmail.com

remanescentes de um importante porto no estreito de Delos, na Grécia (DESRUELLES *et al.*, 2023), ruínas de ocupação portuária na ilha de Bet Dwarka, na Índia (GAUR *et al.* 2000), ruínas da região de Port Royal, na Jamaica (HAMILTON 1984), e fundações submersas das cidades costeiras egípcias de Thonis-Heracleion e Canopus (VONBOMHARD 2014; ROBINSON and GODDIO 2017). Mais recentemente, antigas megaestruturas utilizadas para caça e datadas da idade da pedra foram identificadas na plataforma continental interna do Mar Báltico (GEERSEN, 2024).

O Delta do Rio Paraíba do Sul consiste em uma planície costeira quaternária, localizada ao longo da costa Sudeste do Brasil. Esta região faz parte da porção onshore da Bacia de Campos, (MURILLO *et al.*, 2009, ROCHA *et al.*, 2019), sendo assolada pela erosão costeira.



Figura 1: i) Área de estudo, Delta do Rio Paraíba do Sul, e ii) disposição das linhas de navegação Sonar de Varredura Lateral.

O Delta do Rio Paraíba do Sul é intensamente perturbado pelo homem, com construção de uma extensa rede de canais artificiais de drenagem, responsáveis pelo rebaixamento do lençol freático e ressecamento de lagoas, pântanos, diques marginais, construídos ao longo do Rio Paraíba do Sul para impedir o transbordo junto a área com ocupação antropogênica (MARTINS *et al.*, 1993).

Além das intervenções na planície deltaica e a região costeira, o Rio Paraíba do Sul vem sofrendo inúmeras intervenções costeiras ao longo do seu curso, como barragens, obras de proteção contra enchentes, retificação de meandros, irrigação, abastecimento e dragagem, (VASCONCELOS *et al.*, 2016), desde a sua formação.

Apesar de diferentes estudos realizados sobre os efeitos da erosão costeira nesta área, principalmente no contexto regional (MARTINS *et al.*, 1993, ROCHA *et al.*, 2019), até o momento, não temos conhecimento de estudos realizados na sua porção submersa. Assim sendo, este estudo foi realizado na plataforma continental interna da desembocadura sul do Delta do Rio Paraíba do Sul a partir de dados inéditos de Sonar de Varredura Lateral (SVL).

O objetivo central deste trabalho foi mapear e identificar os *Submarine Human Occupation Sites* (SHOS) ao sul da desembocadura do Rio Paraíba do Sul, ao largo de Atafona área fortemente afetada pela erosão costeira no distrito de Atafona. Este mapeamento foi conduzido com base em dados obtidos por métodos acústicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Aquisição dos dados de Side Scan Sonar

O levantamento de Side Scan Sonar (SSS), foi realizado no segundo semestre do ano de 2023, utilizando procedimentos de coleta de dados para as condições de águas rasas (ROBERT *et al.*, 1999 & 2000, ROBERT e FREEMAN, 2005).

As linhas de navegação foram de forma a se obter 100% de cobertura do fundo, com abertura de feixes de até 100 m, cobrindo uma área de 42.2 km².

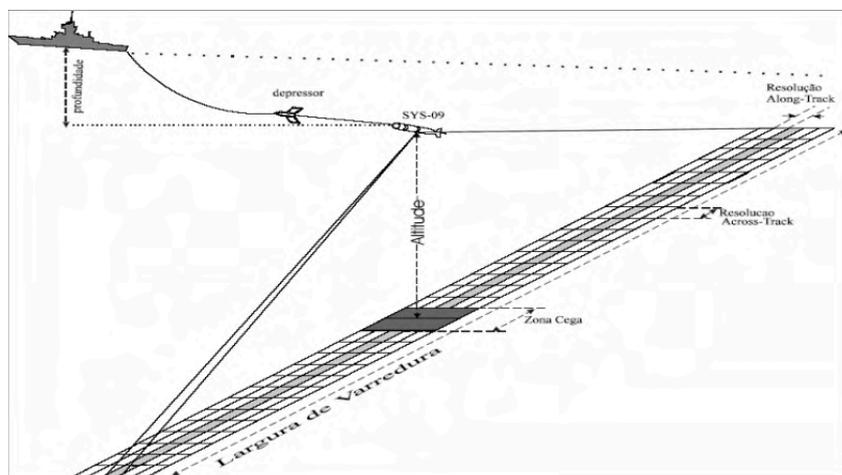


Figura 1: Esquemática de operação de Side Scan Sonar, adaptado por BASTOS et al., 2002.

A velocidade média de navegação foi de 4/5 nós. O sistema de posicionamento empregado foi o DGPS Hemisphere, modelo R130, com correção diferencial. O Side Scan Sonar (SSS) utilizado foi de modelo StarFish 452F Pro.

Processamento de dados de Side Scan Sonar

Os dados foram padronizados para o Sistema de Coordenadas UTM WGS84 Zona 24S. Em seguida, foram importados, realizando-se o bottom track. Para compensar a distorção de imagem foi utilizado o filtro Beam Angle Correction (BAC), causado pela variação do ângulo do feixe, e o filtro Automatic Gain Control (AGC) também foi utilizado para ajustar automaticamente o ganho do sinal.

Para a visualização e interpretação dos dados sonográficos, utilizou-se o software SonarWiz 7.09.01. Além dos filtros mencionados anteriormente, aplicou-se também ajustes de brilho, escalas verticais e horizontais, bem como uma paleta de cores adequada. Após a identificação de todos os alvos desejados, exportou-se o mosaico em arquivos Geotiff.

Para o geoprocessamento dos dados, empregamos o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sonografias

Os resultados dos sonogramas foram classificados em três padrões acústicos distintos: **(i)** feições associadas à influência antrópica, **(ii)** retrabalhamento marinho ou de ondas, e **(iii)** influência fluvial. As estruturas antrópicas distribuídas por toda a área mapeada são facilmente identificadas pelo padrão de refletividade distinto em comparação com o ambiente natural. De acordo com Small & Nicholls (2003), há uma tendência global de aumento de influências antropogênicas em ambientes costeiros e marinhos rasos, devido ao crescimento populacional em regiões costeiras ou próximas a elas.

As imagens de alta resolução revelam evidências de modificação humana na porção submersa ao largo de Atafona, incluindo a intensa erosão costeira relacionada a fatores naturais e antropogênicos.

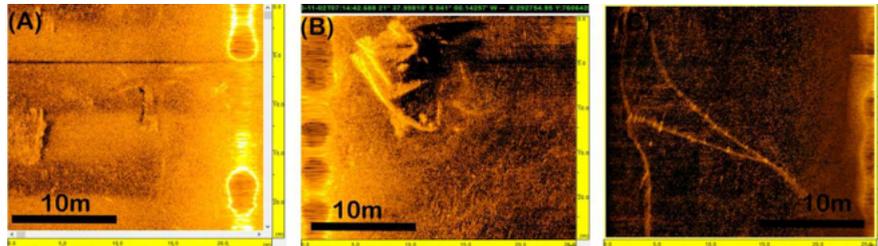


Figura 3: Padrões acústicos e feições que representam e influência antrópica, (A) Vestígios/marcas teto ou uma feição de urbanização, (B) Naufrágio, (C) Marcas de rede de pesca.

A área mapeada do Delta Rio Paraíba do Sul, mostra sinais de intensa atividade humana, como vários detritos (**Figura 4A**, abaixo), Marcas de Rede de Pesca (**Figura 3A**) e Naufrágio (**Figura 3B**), todos claramente visíveis nos sonogramas. Por outro lado, são visíveis as formas do fundo existentes no Delta Paraíba do Sul como mostram os sonogramas associados à influência marinha e fluvial Figura 4 B e C. As fácies sedimentológicas apresentadas neste estudo foram obtidas através da correlação com as fácies identificadas por MURILLO *et al.*, (2009) e VASCONCELLOS (2010).

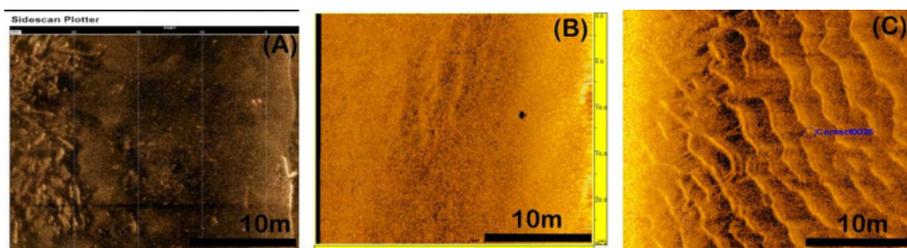


Figura 4: Padrões acústicos associados à (A) *Submarine Human Occupation Sites* (SHOS), (B) influência marinha, e (C) fundo associado à influência fluvial presença de sandwaves.

Em sedimentos sob influência marinha, foi verificado um alto coeficiente de reflexão devido ao predomínio de sedimentos finos altamente coesos na porção norte da desembocadura que tendem a se compactar.

O fundo associado à influência fluvial é caracterizado por ser arenoso, similar ao encontrado em ambientes sob influência marinha, onde é dominado por sand waves e ripple marks (marcas onduladas).

Segundo (CARLINI *et al.*, 2022.), as condições para a formação das marcas onduladas requerem sedimentos com diâmetro médio inferior a 0,17 mm e uma velocidade da corrente que não ultrapasse a camada limite do fundo. Essas feições apresentam comprimento de onda menor que 0,6 m e altura inferior a 0,1 m (CARLINI *et al.*, 2022).

Submarine Human Occupation Sites (SHOS)

Os resultados apresentados neste artigo sob o largo de Atafona sugerem que a intensidade da erosão e a distribuição espacial dos *Submarine Human Occupation Sites* (SHOS), estão relacionadas, pelo menos em parte, às correntes de deriva litorânea. No Delta Paraíba do Sul, a distribuição espacial de características erosivas relacionadas à influência marinha é fortemente determinada pela geometria da linha de costa, mostrando que a erosão é intensa nos últimos 70 anos, e provavelmente está relacionada para além das ondas, e ação humana (MACHADO *et al.*, 2024).

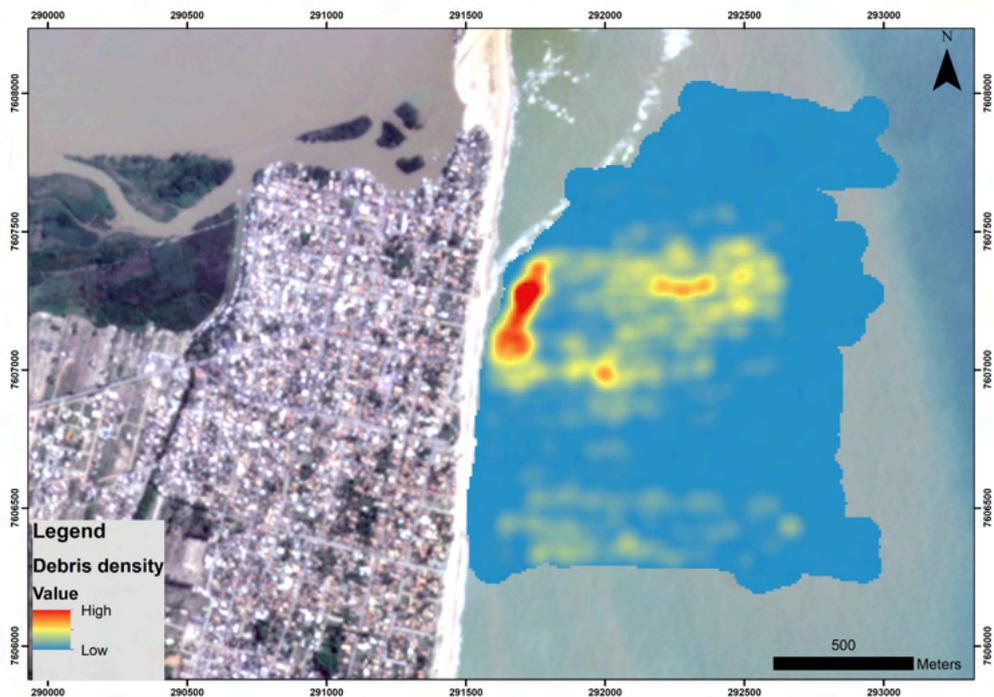


Figura 5: Mapa de densidade de *Submarine Human Occupation Sites* detectados no fundo a partir de Side Scan Sonar, 2024.

A geometria de regiões costeiras complexas associados a erosão e progradação da linha de costa, para além do Delta Paraíba do Sul, Brazil, são globalmente

observados em outros locais, como é o caso de, Narrows, no Estreito de Cook, em Portland Bill, Sul do Reino Unido ((BASTOS *et al.*, 2002.), no Minas Passage, na Baía de Fundy, no campo de ondas de areia do Canal San Juan no Arquipélago de San Juan (GREENE *et al.*, 2017) e em Boundary Pass e Haro Strait na Bacia de Georgia, na margem do Pacífico do Canadá.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou identificar e mapear *Submarine Human Occupation Sites* (SHOS) na plataforma continental interna ao sul da desembocadura do Delta do Rio Paraíba do Sul, utilizando dados inéditos de Sonar de Varredura Lateral. Os resultados mostraram intensa modificação antrópica na superfície do fundo, evidenciada por detritos (SHOS), marcas de redes de pesca e naufrágios. A distribuição dos SHOS e a erosão costeira são influenciadas pela geometria da linha de costa e correntes de deriva litorânea. De um modo geral, os destroços submarinos encontrados na área representam um bom exemplo de paisagem marinha do Antropoceno.

Palavras-chave: Modificação Antrópica, Side Scan Sonar, Detritos, Erosão Costeira.

Referências bibliográficas

- BASTOS, A. C., KENYON, N. H., & COLLINS, M. (2002). **Processos sedimentares, formas de leito e fácies, associados a um promontório costeiro: Portland Bill, sul do Reino Unido.** *Geologia Marinha*, 187 (3-4). 235-258. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(02\)00380-8](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(02)00380-8)
- BEACH, T., LUZZADDER-BEACH, S., DUNNING, D., KENNETT, N., & KRAUSE, D. J. (2015). **Terrestrial Ancient Maya impacts on the Earth's surface: an Early Anthropocene analog.** *Quat. Sci. Rev.*, 27-30. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.05.028>
- CARLINI, N., IPPOLITO, D., JAGIELSKI, D., LEE, M., TRAMER, K., & ZHANG, C. (2022). **Quantifying memorization across neural language models.** *arXiv preprint arXiv:2202.07646*.
- DESRUELLES, S., CHABROL, A., HASENOHR, C., PAVLOPOULOS, K., APOSTOLOPOULOS, G., KAPSIMALIS, V., TRIANTAPHYLLOU, M., KOUKOUSIOURA, O., MATHE, V., CHAPOULIE, R., & FOUACHE, E. (2023). **Palaeogeographic reconstruction of the Main Harbour of the ancient city of Delos (Greece).** *Journal of Archaeological Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2023.105857>
- FLEMMING, N. C. (1999). **Archaeological evidence for vertical movement on the continental shelf during the Palaeolithic, Neolithic and Bronze Age periods.** *Geological Society, London*, 146(1)(Special Publications), 129-146.

- HEAD, J. M. (2019). **Formal subdivision of the Quaternary System/Period: Present status and future directions.** *Quaternary International*, 4-17. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.05.018>
- MACHADO, B. A., ROCHA, T. B., FERNANDEZ, G. B., & OLIVEIRA FILHO, S. R. (2024). *Revista Brasileira de Geomorfologia. Shoreline dynamic on the southern zone in the Paraíba do Sul River delta between 1954-2018: considerations about coastal erosion in Atafona and different analysis methods*, v. 25, n° 1. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v25i1.2272>
- MARTINS, L., FLEXOR, J.M., & SUGUIO, K. (1993). **As flutuações de nível do mar durante o quaternário superior e a evolução geológica de "deltas" brasileiras.** *Boletim IG-USP*, ((Publicação Especial, Brasil, 15: 1-186.)).
- MURILLO, V., SILVA, C., & FERNANDEZ, G. B. (2009). **Nearshore Sediments and Coastal Evolution of Paraíba do Sul River Delta, Rio de Janeiro, Brasil.** *Journal of Coastal Research*.
- ROCHA, T. B., PEREIRA, G.D. S., VASCONCELOS, S. C., & FERNANDEZ, G. B. (2019). **Optically Stimulated Luminescence (Osl) Dating Of The Beach Ridges In The Paraíba Do Sul River Delta (Rj): Considerations About The Geomorphological Evolution Between Upper Pleistocene And Holocene.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*.
- RUDDIMAN, W. (2017). **Geographic evidence of the early anthropogenic hypothesis.** *Anthropocene*, 4-14.
- TAROLLI, P., & SOFIA, G. (2020). **Remote sensing for the analysis of anthropogenic geomorphology: Potential responses to sediment dynamics in the agricultural landscapes.** *Elsevier*, 23, 255-269. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64177-9.00009-6>.
- VASCONCELOS, S. C., D.ROCHA, T. B., PEREIRA, T. G., ALVES, A. R., & FERNANDEZ, G. B. (2016). **Origin And Morphodynamics Of Sandy Barriers In The Northern Flank Of The Paraíba Do Sul River Delta (Rj).** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, V. 17, N 03. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i3.845>
- WATERS, C., ZALASIEWICZ, J., SUMMERHAYES, C., BARNOSKY, A., POIRIER, C., GALUSZKA, A., CEARRETA, A., EDGEWORTH, M., & WOLFE, A.P. (2016). **The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene.** *Holocene Science*. doi: 10.1126/science.aad2622. PMID: 26744408