

Capítulo III

Mapeamento topobatimétrico do canal de maré da Lagoa de Araruama, Rio de Janeiro, Brasil



MAPEAMENTO TOPOBATIMÉTRICO DO CANAL DE MARÉ DA LAGOA DE ARARUAMA, RIO DE JANEIRO, BRASIL

Ruan Vargas¹; Fábio Ferreira Dias^{2,3,4}; Júlio César de Faria Alvim Wasserman^{2,5}; Paulo Roberto Alves dos Santos²; Alberto Luis da Silva⁶; Camila Américo dos Santos⁷; Vilmar Leandro Dias Ferreira⁷; Juliana dos Santos Barcelos⁸

¹ Universidade Federal Fluminense - UFF, doutorando no Programa de Pós-graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros, Av. Milton Tavares de Souza, s/n, Campus da Praia Vermelha, Niterói, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, CEP: 24210-346 (ruanvargas@id.uff.br). ² Universidade Federal Fluminense – UFF, Prof. Dr. Departamento de Análise Geoambiental, Av. Milton Tavares de Souza, s/n, Campus da Praia Vermelha, Niterói, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, CEP: 24210-346 (fabioferreiradias@id.uff.br; paulorobertoalvess@gmail.com; Julio.wasserman@gmail.com). ³ Universidade Federal Fluminense – UFF, Prof. Dr. Programa de Pós-graduação em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros. ⁴ Universidade Federal Fluminense – UFF, Prof. Dr. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Biosistemas. ⁵ Universidade Federal Fluminense – UFF, Prof. Dr. Programa de Pós-graduação em Geociências. ⁶ Universidade Federal Fluminense – UFF, Prof. Msc. Departamento de Análise Geoambiental. ⁷ Universidade Federal Fluminense – UFF, mestrando em Engenharia de Biosistemas. ⁸ Universidade Federal Fluminense – UFF, graduando em Ciência Ambiental.

RESUMO

Em ambientes costeiros, mapear a topografia submersa é uma tarefa desafiadora devido à necessidade de um levantamento de campo, equipamentos específicos e condições meteorológicas e/ou oceanográficas favoráveis. Conhecer a profundidade desses ambientes torna-se necessário para a realização de projetos e obras de engenharia hidráulica e costeira como, por exemplo, operações de dragagens em lagunas e canais de maré, assim como monitoramento ambiental em regiões portuárias. O Canal do Itajuru está localizado no município de Cabo Frio no Estado do Rio de Janeiro (RJ) e liga permanentemente a Lagoa de Araruama ao oceano Atlântico. A Lagoa de Araruama tem a qualidade de suas águas comprometida devido a condições físico-químicas, encontrando-se em situação hipertrofica. Este estudo teve por objetivo realizar o mapeamento topobatimétrico do Canal do Itajuru assim como caracterizar sua geomorfologia submersa. O levantamento batimétrico foi realizado com ecobatímetro mono-feixe em uma embarcação e um par de receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) para correção dos efeitos da maré. Foram observadas no canal profundidades entre 0,4 e 2,5 m. Ainda ocorrem profundidades menores que 0,4 m na região interna da desembocadura do canal no oceano, relacionadas a processos de assoreamento induzidos por atividades antrópicas. Identificam-se bancos sedimentares nas partes mais estreitas e sinuosas do canal, o que prejudica o tráfego de embarcações e causa a redução da hidrodinâmica lagunar. Ao longo das últimas décadas este ambiente vem se degradando principalmente pela descarga de efluentes, devido ao aumento populacional e por intervenções de caráter urbano em seu entorno. Dessa forma, caso não ocorra uma intervenção para melhorar as condições ambientais da laguna, como obras de dragagem no Canal

do Itajuru, esta situação pode se tornar pior. Profundidades reduzidas comprometem a saúde da lagoa, pois dificultam a renovação e oxigenação das águas de seu interior. De igual forma, é de extrema necessidade o saneamento ambiental adequado dos municípios do entorno da laguna.

Palavras-chave: Laguna; batimetria; ecobatímetro; Cabo Frio.

Topobathymetric mapping of the tidal inlet in Araruama Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil

ABSTRACT

In coastal environments, mapping the submerged topography is a challenging task due to the need for a field survey, specific equipment and favorable weather and / or oceanographic conditions. Knowing the depth of coastal environments is necessary to carry out hydraulic and coastal engineering projects and works, such as dredging operations in lagoons and tidal channels, as well as environmental monitoring in port regions. The Canal do Itajuru (Itajuru Channel) is located in the municipality of Cabo Frio in the State of Rio de Janeiro (RJ) and permanently connects the Araruama Lagoon to the Atlantic Ocean. The Araruama Lagoon has its water quality compromised due to physical and chemical conditions, in which it is in a hypertrophic situation. This study aimed to perform the topo-bathymetric mapping of the Itajuru Channel as well as to characterize its submerged geomorphology. The bathymetric mapping was carried out with a mono-beam echo sounder on a vessel and a pair of GNSS (*Global Navigation Satellite System*) receivers to correct tidal effects. Depths between 0.4 and 2.5 m were observed in the channel. Depths less than 0.4 m still occur in the inner region of the mouth of the channel in the ocean, related to silting processes induced by anthropic activities. Sedimentary banks are identified in the narrowest and sinuous parts of the channel, which impairs vessel traffic

and suffocates the lagoon environment. Over the past few decades, this environment has been degraded mainly by the discharge of effluents, due to the population increase and urban interventions in its surroundings. Thus, if there is no intervention to improve the environmental conditions of the lagoon, such as dredging works in the Itajuru Channel to

increase its depth, this situation may be even worse. Likewise, adequate environmental sanitation is needed in the municipalities surrounding the lagoon.

Keywords: Lagoon; bathymetry; echosounder; Cabo Frio.

INTRODUÇÃO

O conhecimento e mapeamento da topografia submersa em ambientes marinhos e costeiros surgiram com a necessidade histórica de se criarem cartas náuticas para a promoção de uma navegação segura, a fim de evitar possíveis danos às embarcações, ou seja, identificar feições submersas que poderiam danificá-las ou locais demasiadamente rasos que inviabilizem a navegação. Em ambientes costeiros, mapear a topografia submersa é uma tarefa desafiadora, devido à necessidade de um levantamento de campo, equipamentos específicos (ecobatímetro e receptores GNSS – *Global Navigation Satellite System*), e condições meteorológicas e/ou oceanográficas favoráveis (IRISH & WHITE, 1998; SMITH & SANDWELL, 2004; DOXANI *et al.*, 2012).

O mapeamento do assoalho marinho é geralmente feito pelo uso de ecobatímetros usados a partir de uma embarcação, visto que esta técnica foi bastante desenvolvida ao longo do século XX, permitindo mapear vastas áreas submersas (NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*, 2020; SMITH & SANDWELL, 2004). Nas últimas décadas, avanços tecnológicos como o GNSS, o aumento do poder computacional, o desenvolvimento de softwares de SIG (Sistema de Informação Geográfica) e técnicas de mapeamento aprimoraram ainda mais as pesquisas hidrográficas, facilitando e fornecendo mais precisão aos levantamentos batimétricos (SIMÕES, 2007).

Conhecer a profundidade de ambientes costeiros torna-se necessário para a realização de projetos e obras de engenharia hidráulica costeira como, por exemplo, operações de dragagens em lagunas e canais de maré, assim como monitoramento ambiental em regiões portuárias (ELIAS & SPEK, 2006). Segundo EL-HATTAB

(2014) muitos portos e ancoradouros sofrem processos de dragagem em razão de assoreamentos causados pela dinâmica natural sedimentar e hidrológica que, por sua vez, podem ser intensificadas por atividades antrópicas.

As lagunas e os canais de maré associados desempenham um importante papel socioeconômico e ambiental para as populações das zonas costeiras em todo o mundo, através de atividades pesqueiras por comunidades tradicionais, aqüicultura, atividades recreativas, náuticas e portuárias (PAULY & YÁÑEZ-ARANCIBIA, 1994; MACINTOSH, 1994; FITZGERALD, 1996; PACHECO *et al.*, 2011). À vista disso, diversos estudos de modelagens hidrodinâmicas e mapeamentos topobatimétricos são feitos em canais de maré em diversos países (WANG *et al.*, 1995; TUNG *et al.*, 2009; STYLES *et al.*, 2016). Segundo JAGALINGAM *et al.*, (2015) o mapeamento temporal da topografia submersa desses ambientes é essencial para o entendimento de sua dinâmica morfológica e sedimentar.

O Canal do Itajuru está localizado no município de Cabo Frio, no Estado do Rio de Janeiro (RJ), Brasil, e é um exemplo de um canal de maré natural navegável (GAVA, 2008) que liga permanentemente a Lagoa de Araruama ao oceano Atlântico (apesar do nome de Lagoa de Araruama esta, na verdade, é um complexo lagunar).

LESSA (1991) relata que este canal sofre com a formação de deltas sedimentares e com pequenas profundidades em alguns trechos, comprometendo a sua navegabilidade e impactando diretamente as indústrias náuticas e turísticas locais, bem como o meio ambiente, pois compromete a oxigenação da laguna e a renovação de suas águas. Situações semelhantes também ocorrem em outros países como, por exemplo, na Lagoa de Óbidos em Portugal (MENDES *et al.*, 2016), e em Veneza, na Itália (TEATINI *et al.*, 2017).

Além dos processos sedimentares e morfológicos relatado por LESSA (1991), a Lagoa de Araruama tem a qualidade de suas águas comprometidas devidas condições físico-químicas, na qual é estudada por alguns autores (BIDEGAIN & BIZERRIL, 2002; SILVA & ROSMAN, 2016; VICENTE, 2018).

De acordo com SILVA & ROSMAN (2016) a laguna encontra-se atualmente em estado hipertrófico onde, em meados de 2005, este ambiente deixou de ter características mesotróficas. Tal situação provocou em 2007 uma mortandade de peixes, resultando na proibição de qualquer atividade pesqueira pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – por 90 dias (GOMES, 2009).

Destarte, esse estudo teve por objetivo realizar o mapeamento topobatimétrico do Canal do Itajuru na Lagoa de Araruama, a fim de caracterizar sua geomorfologia submersa.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área de estudo compreende o Canal do Itajuru na Lagoa de Araruama, localizada no sudeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Figura 1). A laguna possui cerca de 200 km² de área e abrange os municípios de Araruama, Saquarema, Iguaba Grande, Arraial do Cabo, Cabo Frio e São Pedro da Aldeia, conhecida como Região dos Lagos. É considerada uma das maiores lagoas hipersalinas do Brasil e do mundo, na qual sua condição de hipersalinidade (aproximadamente 55‰) é resultado de um clima local semi-árido; por pertencer a uma bacia de drenagem pequena; e por ser do tipo *choked lagoon* (KJERFV, 1986; KJERFV *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 2005; MUEHE, 2006).



Figura 1. Localização da Lagoa de Araruama, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Indicações do Canal do Itajuru e Enseada das Palmeiras no lado leste

O Canal do Itajuru é de origem natural, embora seja quase totalmente urbanizado e modificado por atividades antrópicas como, por exemplo, aberturas de novos pequenos canais em seu interior

relacionados com exploração e atividades econômicas de empresas salineiras, marinas para embarcações e sucessivos aterros (GAVA, 2008). Sua desembocadura no oceano é estável, localizando-se entre dois promontórios rochosos na praia do Forte em Cabo Frio, conectando a laguna ao oceano Atlântico de forma permanente. O canal possui uma largura variando de 100 a 300 m, aproximadamente 5,5 km de comprimento e 14 km de perímetro total. Seu leito é composto por sedimentos arenosos, variando de areia muito fina a grossa na classificação de Wentworth (LESSA, 1991; PRIMO & BIZERRIL, 2002).

A história de ocupação da Região dos Lagos está intimamente relacionada aos europeus e a colonização portuguesa. De acordo com PRIMO & BIZERRIL (2002) o primeiro europeu a conhecer a laguna foi, provavelmente, o florentino Américo

Vespúcio, tendo partido de Portugal no dia 10 de junho de 1503 comandando uma das naus da segunda expedição de Gonçalo Coelho ao Brasil. Desde o século XVII o Canal do Itajuru sofre alterações antrópicas como obras de obstrução feitas em 1615 para dificultar a entrada de navios franceses que vinham se abastecer de pau-brasil. Já nos séculos XIX e XX, principalmente com implantações de salinas em 1870, aterros foram feitos e posteriores loteamentos, condomínios e clubes náuticos (LESSA, 1990; PRIMO & BIZERRIL, 2002).

Segundo PRIMO & BIZERRIL (2002) a carta “*Baie de Guanabara et Le Cap Frie*” é o documento mais antigo que retrata com maiores detalhes a Lagoa de Araruama, feita em 1574, cujo original localiza-se na Biblioteca Nacional de Paris.

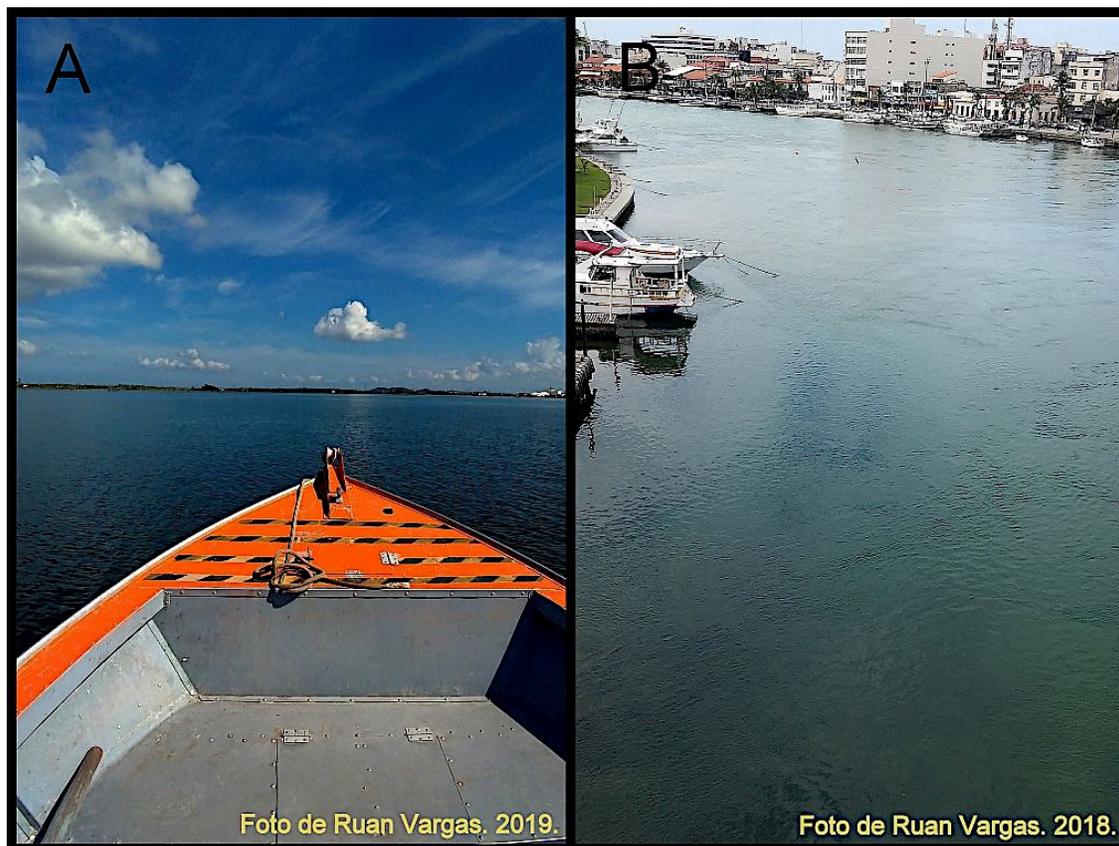


Figura 2. Vista da Lagoa de Araruama (A) e Canal do Itajuru (B).

Batimetria

O mapeamento batimétrico do Canal do Itajuru foi realizado no ano de 2016 de acordo com a metodologia

realizada por CARVALHO *et al.* (2018), utilizando-se um ecobatímetro de sistema monofeixe e um par de receptores GNSS. O ecobatímetro e um dos receptores (este operando no modo cinemático, registrando o posicionamento geográfico a cada 1 segundo) foram

acoplados de modo vertical em uma embarcação e, o outro receptor (operando no modo estático), permaneceu nas margens do canal servindo como uma estação base topográfica para todo o levantamento. Além das coordenadas geográficas fornecidas pelos receptores através da técnica DGPS (*Differential Global Positioning System*), a altitude elipsoidal (h) também é fornecida, relacionada ao elipsóide WGS84, no qual é essencial para a eliminação do efeito da maré no mapeamento batimétrico.

Após o levantamento de campo, os dados foram processados em gabinete. Primeiramente uma tabela com dados brutos foi exportada do ecobatímetro com informações de profundidade (p), hora da

observação (hora, minuto e segundo), latitude e longitude. Posteriormente, os dados rastreados pelos dois receptores GNSS foram descarregados e processados no *software* GTR Processor, onde toda a informação registrada pela antena cinemática (utilizada na embarcação) foi calculada com base na antena estática, utilizando-se a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC – do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015). Ao final gerou-se uma tabela com informações de hora (hora, minuto e segundo), latitude, longitude e a altitude elipsoidal referente a cada ponto registrado pelo receptor cinemático.

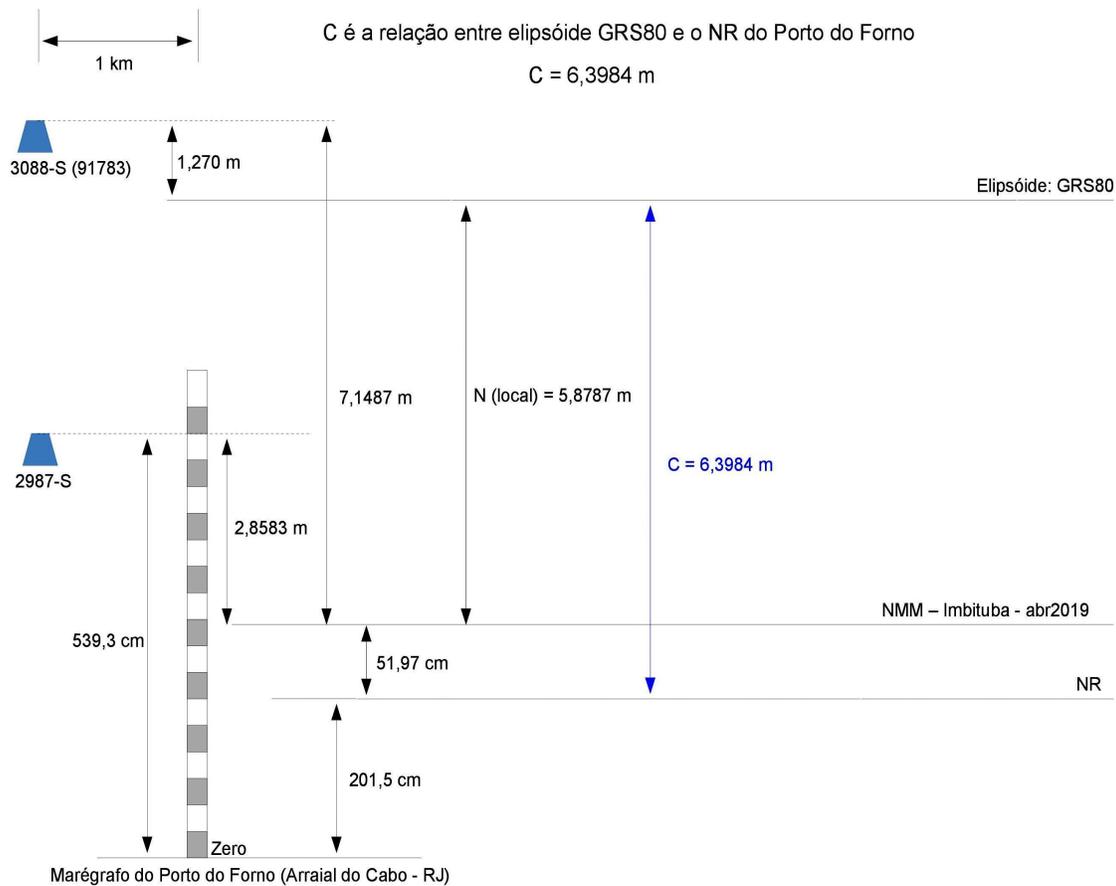


Figura 3. Esquema ilustrativo das relações topográficas para a correção da maré no levantamento batimétrico.

Após, as informações da tabela exportada anteriormente do ecobatímetro foram associadas com a tabela gerada do receptor cinemático através da hora registrada em ambas. Para isso é fundamental que a hora registrada pelo ecobatímetro e receptor GNSS estejam em sincronia. Por último, é

gerada uma única tabela contendo informações de hora, profundidade, latitude, longitude e altitude elipsoidal para cada ponto batimétrico observado. Dessa forma foi possível eliminar os efeitos da maré dos valores de profundidade para o Nível Médio do Mar (NM) ou para o Nível de Redução

(NR) local. Para o NM, subtrai-se de cada valor de profundidade observado a sua respectiva altitude elipsoidal e a ondulação geoidal (N) da região, sendo esta igual a $-5,8787$. A ondulação geoidal, representando a variação entre a superfície elipsoidal e a superfície do geóide, é calculada através do software MAPGEO desenvolvido pelo IBGE, através das coordenadas geográficas da área de estudo (IBGE, 2019). Para o NR, subtrai-se além da altitude elipsoidal e ondulação geoidal um valor de $-0,5197$ (Eq. 1), referente ao valor do nível de redução do Porto do Forno em Arraial do Cabo, considerado neste estudo pela sua proximidade do Canal do Itajuru.

$$P_c = p - h - 6,3984 \quad (\text{Eq. 1})$$

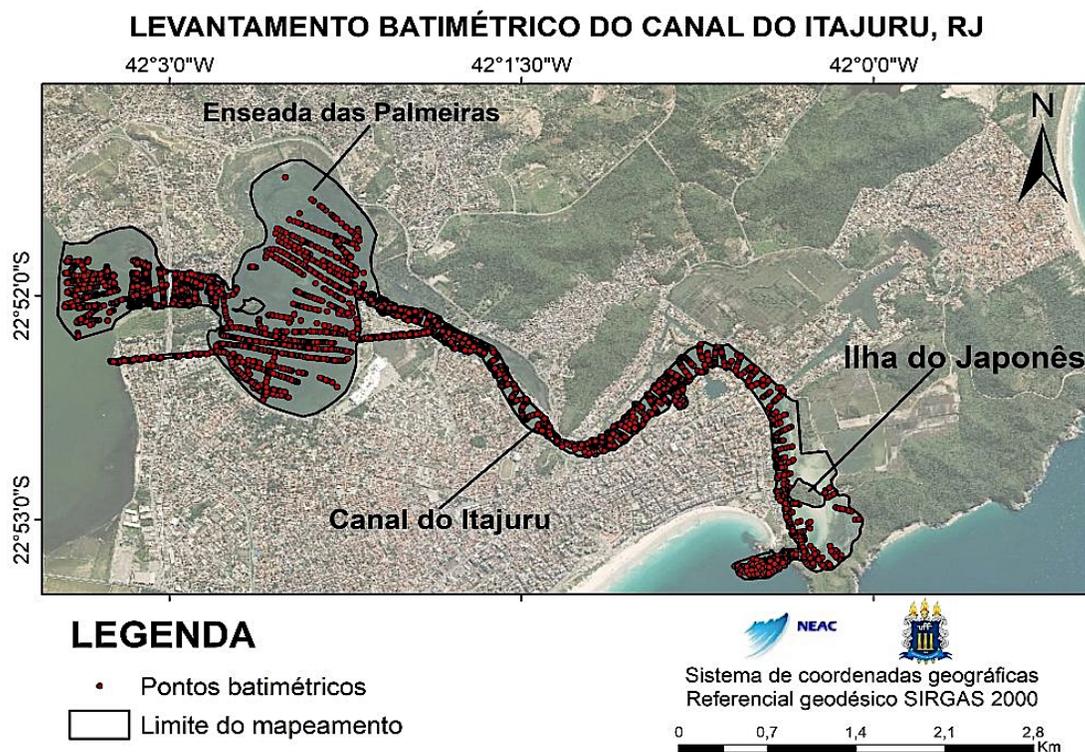
onde P_c é a profundidade corrigida para o NR; p é a profundidade bruta observada, h é altitude elipsoidal referente àquela profundidade, e o valor $-6,3984$

corresponde a soma da ondulação geoidal (N) da região com o valor referente ao nível de redução do Porto do Forno.

Para uma completa visualização da batimetria do canal do Itajuru e do relevo submerso, os pontos de profundidades foram interpolados no *software* ArcGIS 10.2 através da ferramenta Topo to Raster (NOGUEIRA & AMARAL, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento batimétrico do Canal do Itajuru gerou uma tabela com 5322 pontos de profundidades referentes ao NR do Porto do Forno e suas respectivas coordenadas geográficas. A Figura 4 ilustra os pontos levantados em campo espacializados em um mapa.



58 **Figura 4.** Pontos batimétricos levantados no Canal do Itajuru.

A partir da interpolação dos pontos de profundidades, gerou-se o mapa topobatimétrico cobrindo todo o Canal do Itajuru, ilustrado na Figura 5.

Como pode ser observado na Figura 5, os valores de profundidade ficaram em um intervalo de

aproximadamente 0,1 m a 13,7 m. Entretanto, as maiores profundidades estão relacionadas as águas do oceano na praia do Forte, no município de Cabo Frio.

O Canal do Itajuru, assim como a Enseada das Palmeiras (região mais aberta – Figura 4), foi caracterizado

por profundidades extremamente rasas em toda a área mapeada. No canal, foram observadas profundidades entre 0,4 e 2,5m, aproximadamente. Ainda ocorrem profundidades menores que 0,4 m na

região interna da desembocadura do canal no oceano, relacionadas a processos de assoreamento induzidos por atividades antrópicas, onde há a presença de uma ilha sedimentar chamada Ilha do Japonês.

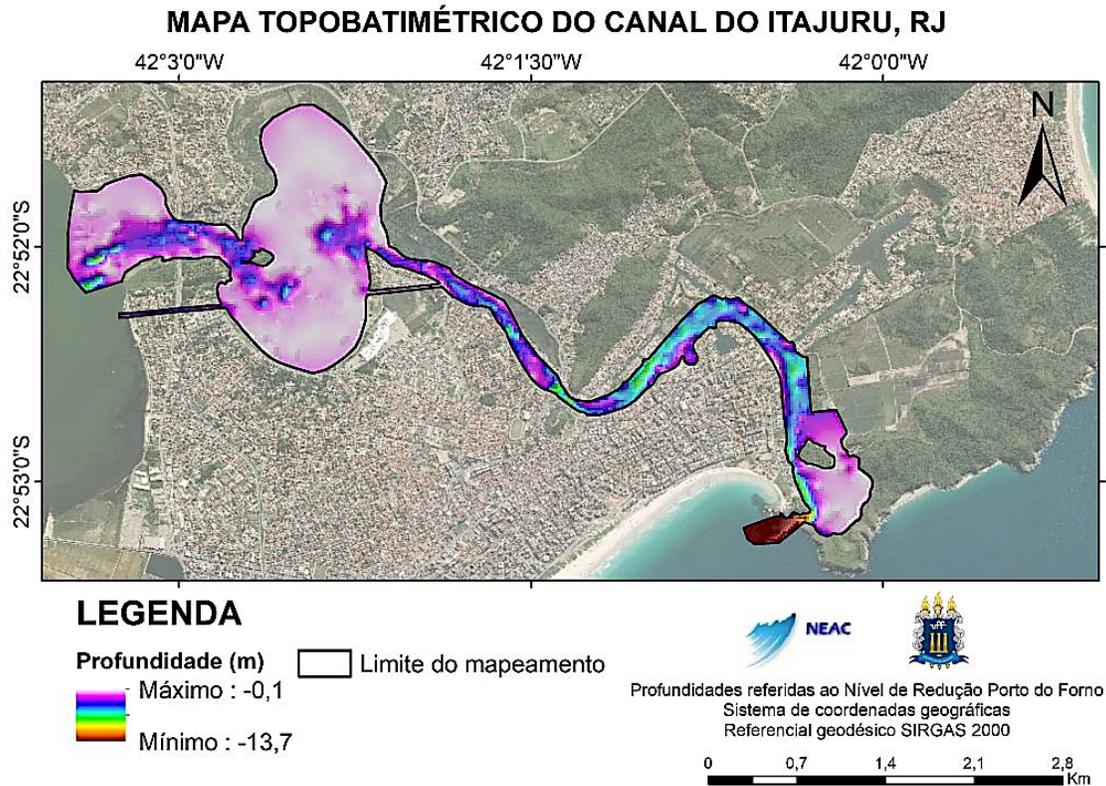


Figura 5. Mapa topobatimétrico do Canal do Itajuru. Os valores de profundidade estão ajustados ao nível de redução do Porto do Forno.

Identificam-se bancos sedimentares nas partes mais estreitas e sinuosas do canal (cor roxa), o que prejudica o tráfego de embarcações e as atividades econômicas locais, causando também o sufocamento do ambiente lagunar, pois a oxigenação da água fica comprometida.

Observa-se na região oeste da área mapeada (Figura 5), abrangendo o final do Canal do Itajuru e a enseada das Palmeiras, áreas mais profundas em torno de 3,5 m representando os locais onde foram feitas dragagens, configurando-se “buracos” no leito lagunar. Desse modo, os resultados encontrados corroboram com os estudos de LESSA (1991) e PRIMO & BIZERRIL (2002), evidenciando profundidades reduzidas no canal.

Contudo, a problemática do assoreamento neste ambiente é questão de preocupação da sociedade civil e autoridades públicas locais. De acordo com o site oficial da prefeitura de Cabo Frio

(PREFEITURA DE CABO FRIO, 2020), tal fato está sendo considerado pelos poderes públicos competentes, onde se reconhece a necessidade de uma intervenção para a melhoria da qualidade ambiental do ecossistema. Assim, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) do Estado do Rio de Janeiro prevê a realização de dragagens, onde a primeira ação emergencial considerada será no Canal do Itajuru.

CONCLUSÕES

A Lagoa de Araruama é um importante ecossistema na costa leste do Estado do Rio de Janeiro que promove diversos serviços ambientais para toda a população que vive em seu entorno. O Canal do Itajuru é o único canal que promove a conexão da laguna com o oceano

Atlântico, servindo para o tráfego de embarcações e renovação das águas. Entretanto, este canal apresenta baixas profundidades, impactando diretamente as atividades econômicas locais e comprometendo a oxigenação da laguna.

Ao longo das últimas décadas este ambiente vem se degradando, principalmente pela descarga de efluentes domésticos devido ao aumento populacional e por intervenções de caráter urbano em seu entorno.

Dessa forma, caso não tenha uma intervenção para melhoria das condições ambientais da laguna, como obras de dragagem no Canal do Itajuru, esta situação pode se tornar pior. O monitoramento ambiental deste espaço, como mapeamentos batimétricos regulares, se torna necessário, uma vez que a laguna e seu canal de conexão com o oceano tem sido alterado por atividades antrópicas por séculos. De igual forma, é de extrema necessidade o saneamento ambiental adequado dos municípios do entorno da laguna, para que se reduza a quantidade de nutrientes que chegam ao ecossistema.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao IX Encontro da Rede BRASPOR, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Biosistemas – PGEB da Universidade Federal Fluminense – UFF - e ao Núcleo de Estudos em Ambientes Costeiros – NEAC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, L.L.; DIAS, F.F.; SOUZA, V.S.M.; SILVA, A.L.; SANTOS, P.R.A.; VARGAS, R. & VILAÇA, R.C. 2018. Solução de baixo custo para correção de variações de maré no mapeamento de ambientes costeiros. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(3): 904-912.
- CUNHA, A.C.B. 2003. *Uma análise do sistema lagunar de Araruama – RJ, com enfoque hidrodinâmico*. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 163p.
- DOXANI, G.; PAPADOPOULOU, M.; LAFAZANI, P.; PIKRIDAS, C. & TAKIRI-STRATI, M. 2012. Shallow-water bathymetry over variable bottom types using multispectral WorldView-2 image. In: *XXII International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS*, vol. XXXIX-B8: 159-164. Melbourne, Australia.
- EL-HATTAB, A.I. 2014. Single beam bathymetry data modeling techniques for accurate maintenance dredging. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 17: 189-195.
- ELIAS, E.P.L. & SPEK, Ad. J.F. 2006. Long-term morphodynamic evolution of Texel Inlet and its ebb-tidal delta (The Netherlands). *Marine Geology*, 225: 5-21.
- FITZGERALD, D.M. 1996. Geomorphic variability and morphologic and sedimentologic controls on tidal inlets. *Journal of Coastal Research*, SI(23): 47-71.
- GAVA, G.L. 2008. *Avaliação de renovação de águas na Lagoa de Araruama – RJ, via abertura de canal com o mar no extremo oeste. Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Oceânica) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 155p.
- GOMES, N.F. 2009. *Análises de circulação hidrodinâmica e de transporte de sal em um estuário hipersalino: Lagoa de Araruama – RJ*. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Oceânica) – COPPE, Universidade Federal do Rio, Rio de Janeiro. 137p.
- IBGE 2015. Instituto Brasileiro de Geografia Física – Modelo de ondulação geoidal – MAPGEO2015. In: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html?=&t=o-que-e> (acesso: Maio 2019).
- IRISH, J.L. & WHITE, T.E. 1998. Coastal engineering applications of high-resolution lidar bathymetry. *Coastal Engineering*, 35: 47-71.
- JAGALINGAM, P.; AKSHAYA, B.J. & HEGDE, A.V. 2015. Bathymetry mapping using Landsat 8 satellite imagery. *Procedia Engineering*, 116: 560-566.
- KJERFV, B. 1986. Comparative oceanography of coastal lagoons. In: WOLFE, D. A. (Ed).

- Estuarine Variability*. New York: Academic Press, 509p.
- KJERFV, B.; SCHETTINI, C.A.F.; KNOPPERS, B.; LESSA, G. & FERREIRA, H.O. 1996. Hydrology and salt balance in a large, hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42: 701-725.
- LESSA, G. 1990. *Hidráulica e sedimentação do Canal de Itajuru – Laguna de Araruama (RJ)*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 120p.
- LESSA, G. 1991. Dinâmica de maré e transporte de sedimentos no canal de Itajuru – Laguna de Araruama (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, 21(4): 378-386.
- MACINTOSH, D. 1994. Aquaculture in coastal lagoons. In: KJERFV, B. (Ed.). *Coastal lagoon processes*, pp. 401-442, Elsevier Science B. V., Neatherlands.
- MENDES, D.S.; FORTUNATO, A.B. & PIRES-SILVA, A.A. 2016. Assessment of three dredging plans for a wave-dominated inlet. *Maritime Engineering*, paper 20157.
- MUEHE, D. 2006. Gênese da morfologia de fundo da Lagoa de Araruama e cordões litorâneos associados. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas, Goiânia, GO, Brasil.
- NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. What is bathymetry? In: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/bathymetry.html> (acesso: Maio 2020).
- NOGUEIRA, J.D. & AMARAL, R.D. 2009. Comparação entre os métodos de interpolação (Krigagem e Topo to Raster) na elaboração da batimetria na área da folha Touros-RN. In: XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Natal, RN, Brasil, 25-30.
- PACHECO, A.; WILLIAMS, J.J.; FERREIRA, Ó.; GAREL, E. & REYNOLDS, S. 2011. Applicability of sediment transport models to evaluate medium term evolution of tidal inlet systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 95: 119-134.
- PAULY, D. & YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. 1994. Fisheries in coastal lagoons. In: KJERFV, B. (Ed.). *Coastal lagoon processes*, pp. 377-399, Elsevier Science B. V., Netherlands.
- PREFEITURA DE CABO FRIO (s/d). Obras para dragagem da Laguna de Araruama está em fase de contratação pelo INEA. In: <http://cabofrio.rj.gov.br/obra-para-dragagem-da-laguna-de-araruama-ja-esta-em-fase-de-contratacao-pelo-inea/> (acesso: Maio 2020).
- PRIMO, P.B.S. & BIZERRIL, C.R.S.F. 2002. Lagoa de Araruama: Perfil ambiental do maior ecossistema lagunar hipersalino do mundo. Projeto Planágua Semads / GTZ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, 160p.
- SILVA, E.; SOARES-GOMES, A.; FERNANDES, F. & ABREU, C.M. 2005. Sandy beach macrobenthos assemblages at a hypersaline coastal lagoon, Lagoa de Araruama, RJ, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI (42): 265-270.
- SILVA, R.A.G. & ROSMAN, P.C.C. 2016. Viabilidade hidro-sedimentológica de um canal de maré projetado no oeste da Lagoa de Araruama – RJ. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 21(1): 25-35.
- SIMÕES, I.C.V.P. 2007. *Aplicação da batimetria multifeixe para definição da morfologia detalhada do fundo marinho ao largo da Laguna de Araruama e Arraial do Cabo-RJ*. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Universidade Federal Fluminense, Niterói. 121p.
- SMITH, W.H.F. & SANDWELL, D.T. 2004. Conventional bathymetry, bathymetry from space, and geodetic altimetry. *Oceanography*, 17(1): 8-23.
- STYLES, R.; BROWN, M. E.; BRUTSCHÉ, K. E.; LI, H.; BECK, T. M. & SÁNCHEZ, A. 2016. Long-term morphological modeling of barrier island tidal inlets. *Journal of Marine Science and Engineering*, 4(65) (doi:10.3390/jmse 4040065).
- TEATANI, P.; ISOTTON, G.; NARDEAN, S.; FERRONATO, M.; MAZZIA, A.; LIO, C.D.; ZAGGIA, L.; BELLAFFIORE, D.; ZECCHIN, M.;

- BARADELLO, L.; CELLONE, F.; CORAMI, F.; GAMBARO, A.; LIBRALATO, G.; MORABITO, E.; GHIRARDINI, A.V.; BROGLIA, R.; ZAGHI, S. & TOSI, L. 2017. Hydrogeological effects of dredging navigable canals through lagoon shallows. A case study in Venice. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21: 5627-5646.
- TUNG, T.; WALSTRA, D.; GRAAFF, J. & STIVE, M.J.F. 2009. Morphological modeling of tidal inlet migration and closure. *Journal of Coastal Research*, SI(56): 1080-1084.
- TURCQ, B.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; SUGUIO, K.; PIERRE, C. & TASAYACORTEGA, L. 1999. Origin and evolution of the Quaternary coastal plan between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS, B. A.; BIDONE, E.D. ABRÃO, J.J. (Eds.). *Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil*. Niterói: UFF/Programa de Geoquímica Ambiental.
- VICENTE, M.C. 2018. *Avaliação da distribuição espaço-temporal da qualidade da água de um corpo hídrico hipersalino – laguna de Araruama-RJ*. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal Fluminense, Niterói. 112p.
- WANG, Z.B.; LOUTERS, T. & VRIEND, H.J. 1995. Morphodynamic modeling for a tidal inlet in the Wadden Sea. *Marine Geology*, 126: 289-300.