



Rede UFF de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Processos sedimentológicos e a batimetria no canal de Itajurú, Lagoa de Araruama

Responsável:

Julio Cesar Wasserman, Ph.D.

Niterói, 12 de abril de 2017

Processos sedimentológicos e a batimetria no canal de Itajurú, Lagoa de Araruama

Introdução

O Canal de Itajurú é uma passagem de água que liga a laguna de Araruama ao mar, na altura do município de Cabo Frio (Figura 1). Seu papel no provimento de água do mar para a laguna é que garante a manutenção da condição de hipersalinidade, tão rara neste tipo de ecossistema. O balanço de sal na laguna de Araruama foi detidamente estudado por Kjerfve et al. (1996) que observaram uma pequena entrada de água do mar pelo canal (salinidade de aproximadamente 36). Ao entrar na laguna a água do mar sofre um intenso processo de evaporação dado pelo balanço hídrico negativo de chuvas (chove menos do que evapora) e assim, o sistema vai ficando cada vez mais salgado. É por isto que, embora a água do mar seja menos salgada do que a água da laguna, sua mistura não promove o abaixamento da salinidade, mas a elevação. No estudo de Kjerfve e colegas, os autores sugerem que a intensificação das conexões com o mar pode promover uma quantidade maior de água do mar penetrando na laguna do que evaporando, quebrando assim seu balanço hídrico e promovendo a dessalinização do ecossistema. Eles mencionam ainda o papel dos aportes de água doce (para abastecimento humano) oriundos da adutora de Juturnaíba, responsável pela redução na salinidade, independentemente do papel do canal de Itajurú. Mencionam que de 1965 até 1990, a salinidade média caiu de 57 até 52. Em medições mais recentes, observamos que a salinidade vem oscilando bastante, de acordo com as condições climáticas (Miranda 2013).

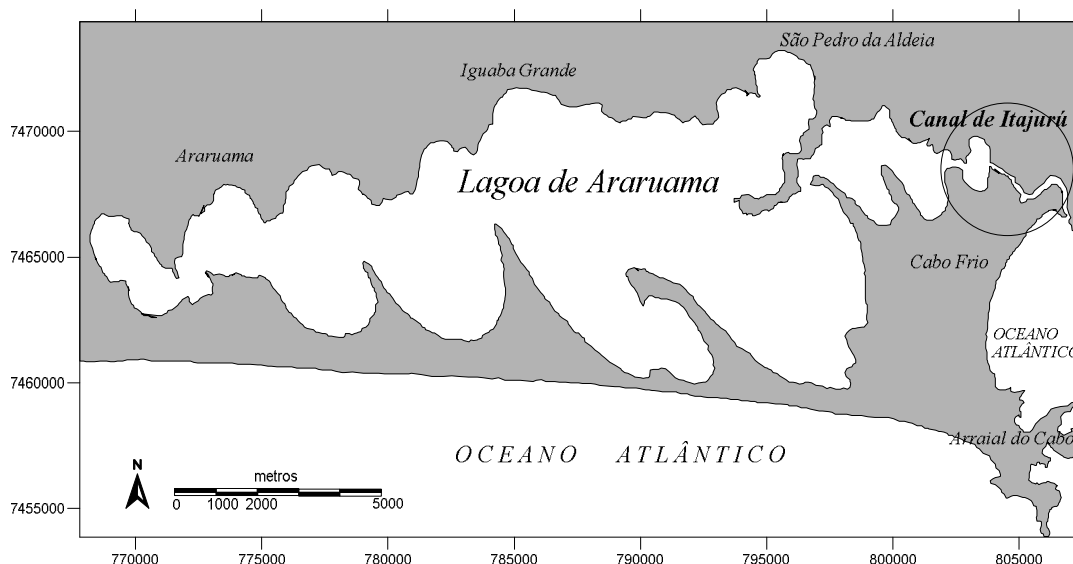


Figura 1: Lagoa de Araruama e o Canal de Itajurú a Leste, conectando o sistema com o mar.

O papel do Canal de Itajurú vai muito além da simples passagem de água entre o mar e a laguna e é também uma importante via para fluxos de biodiversidade, visto que a laguna é muito interessante do ponto de vista biológico para diversas espécies seja do

fitoplâncton (Clementino et al. 2008; Debenay et al. 2001), fitobentos (da Silva e Silva Hermida et al. 2011; Sylvestre et al. 2001), ictioplâncton (De Castro et al. 1999) e ictiofauna de uma forma geral, incluindo crustáceos (Saad 2003). Pode-se dizer que o canal de Itajurú permite o equilíbrio dos fluxos genéticos, garantindo a biodiversidade do ecossistema e uma farta e rentável pesca.

Não obstante sua importância, o Canal de Itajurú vem sofrendo uma série de impactos, resultantes da intensa ocupação de suas margens e das obras de engenharia que vêm modificando radicalmente seu entorno. A Figura 2, é uma imagem obtida do Google Earth mostrando o nível de ocupação das margens e a construção de marinas, cais, portos de pesca, pontes e condomínios. O entendimento dos processos sedimentares ao longo do canal é importante para mitigarmos os impactos que estas construções podem estar provocando. Assim, neste estudo apresentamos uma avaliação sedimentológica e batimétrica do canal e fazemos uma comparação com outros estudos realizados anteriormente com o objetivo de identificar os principais processos que controlam a erosão e a sedimentação. Estes resultados permitiram identificar ações para garantir a manutenção do fluxo de água que seja o mais saudável possível para a laguna de Araruama.

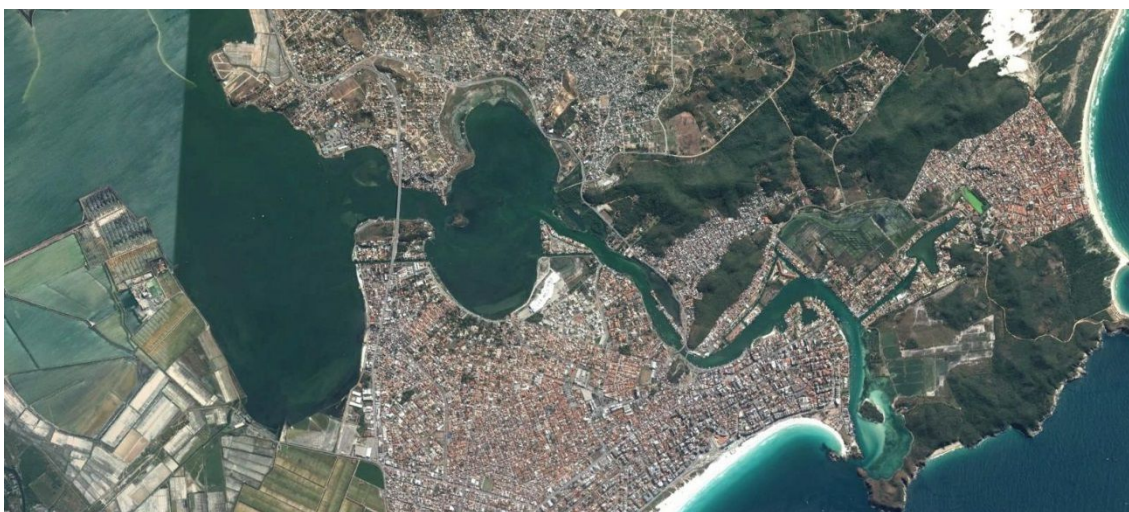


Figura 2: Níveis de ocupação do entorno do canal de Itajurú. Imagem do Google Earth de 2016

Dados anteriores

Desde os anos 1970 muitos levantamentos batimétricos vêm sendo realizados na laguna de Araruama, contudo em sua maioria, o canal é negligenciado. Em 1977 a Marinha do Brasil realizou um levantamento batimétrico detalhado da laguna, gerando folhas de bordo (Figuras 3 e 4) muito úteis para o entendimento da evolução da sedimentação do sistema. Contudo não foi feita a batimetria do canal.

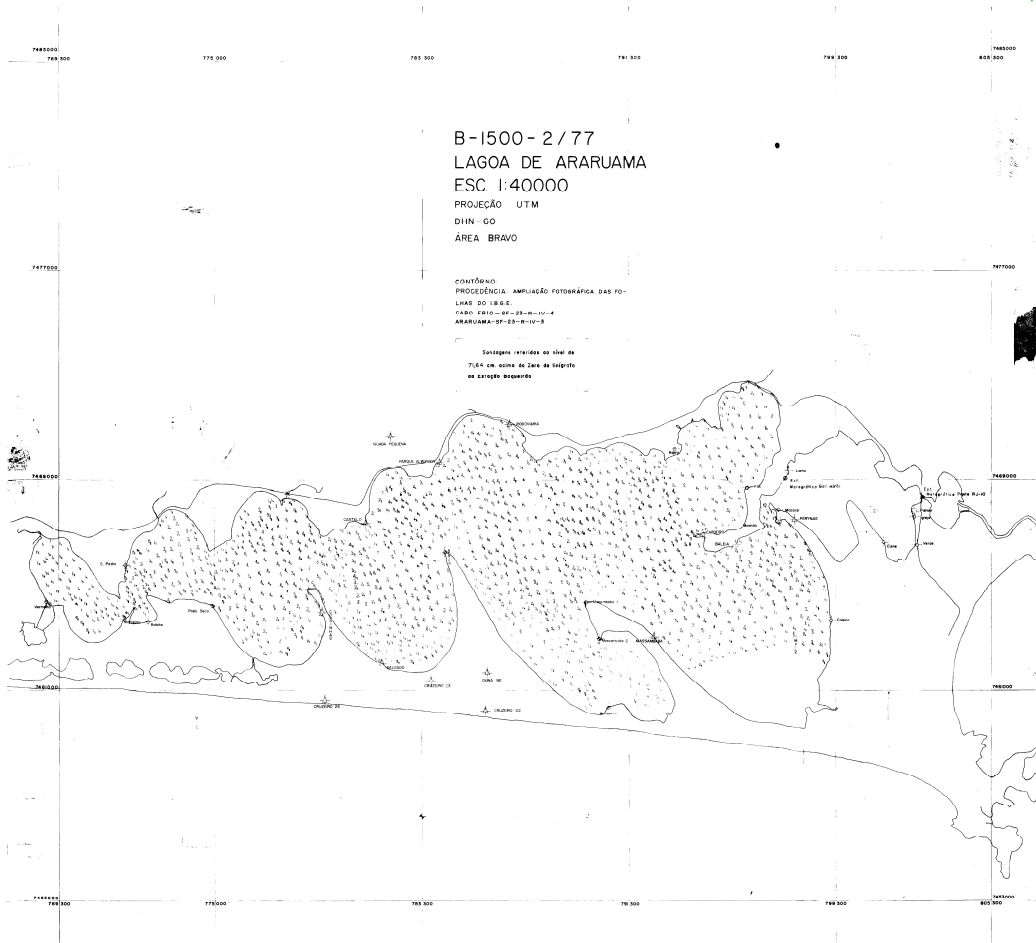


Figura 3: Folha de Bordo 1500 com a batimetria da maior porção da laguna de Araruama

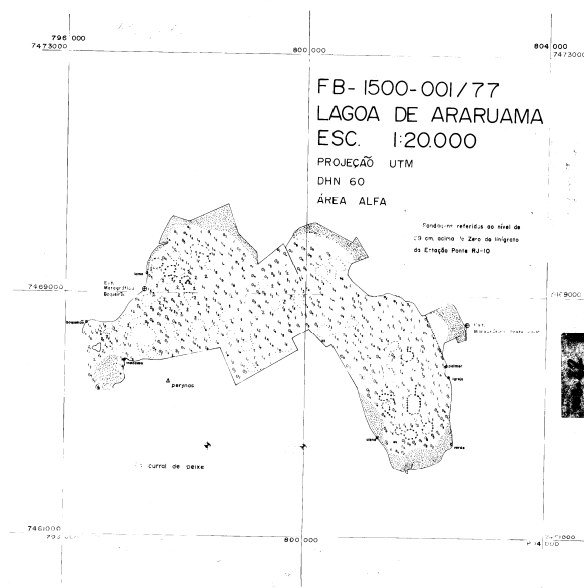


Figura 4: Folha de Bordo 1500001 com a batimetria da porção Leste da laguna de Araruama

O grupo de pesquisas da REMADS-UFF construiu um mapa batimétrico a partir dos dados acima, representado na Figura 5. Neste mapa observa-se um relevo mais íngreme na porção Norte da laguna, indicando a ocorrência de processos erosivos causados pelas ondas de vento. Este processo ocorre de maneira mais intensa em razão do recorte da costa, a costa Sul apresenta interdigitações entremeadas por esporões que promovem um relevo mais suave, com áreas mais rasas e mais extensas.

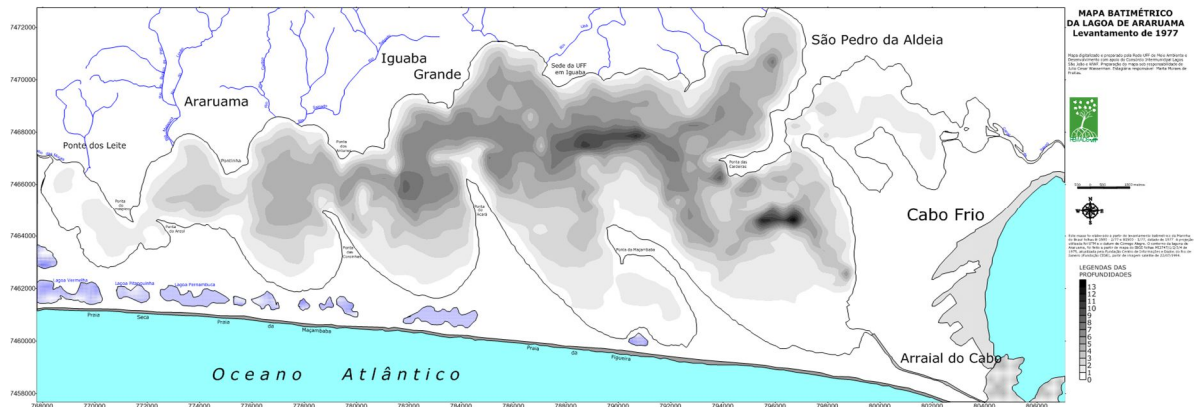


Figura 5: Mapa batimétrico da laguna de Araruama, construído a partir das folhas de bordo da Marinha, datadas de 1977

Já em 1984, a CPRM fez um levantamento batimétrico também detalhado e preciso, mas restrito a uma porção da laguna, deixando de fora toda a porção Oeste e o Canal de Itajurú (Figura 6). Outros levantamentos também foram realizados, mas não tiveram rigor suficiente para serem mencionados.

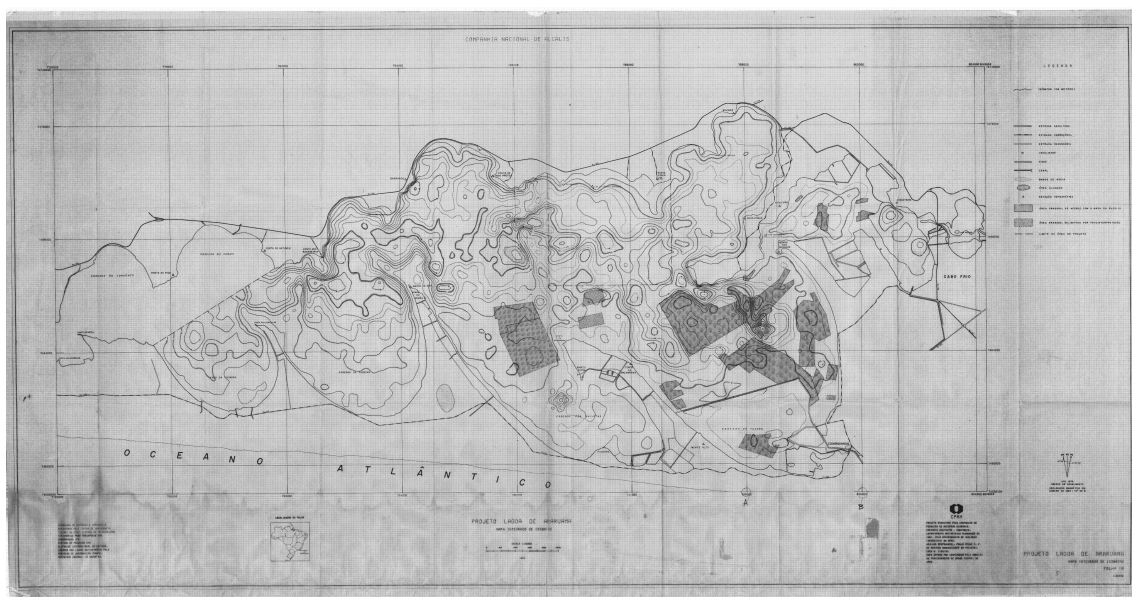


Figura 6: Levantamento batimétrico da laguna de Araruama realizado pela CPRM em 1984. Embora o estudo seja muito detalhado e preciso, abrangeu apenas uma porção Leste da laguna, sem alcançar o Canal de Itajurú.

Mais recentemente, em 2005, nosso grupo de pesquisa fez um estudo batimétrico muito detalhado (Figura 7) e comparativo das diversas batimetrias, identificando locais de sedimentação e erosão nos sistemas (o estudo pode ser acessado no site <http://geowass.wixsite.com/remadsuff/biblioteca-virtual>). Observam os autores que existe uma dinâmica de transporte de sedimento muito intensa na laguna, sendo atribuída à energia das ondas que deve deslocar sedimentos de diversos locais, promovendo erosão ou sedimentação na margem. A Figura 8 indica um dos mapas de evolução da sedimentologia no período de 1977 (batimetria da Marinha do Brasil) a 2005 (estudo do nosso grupo, mencionado acima).

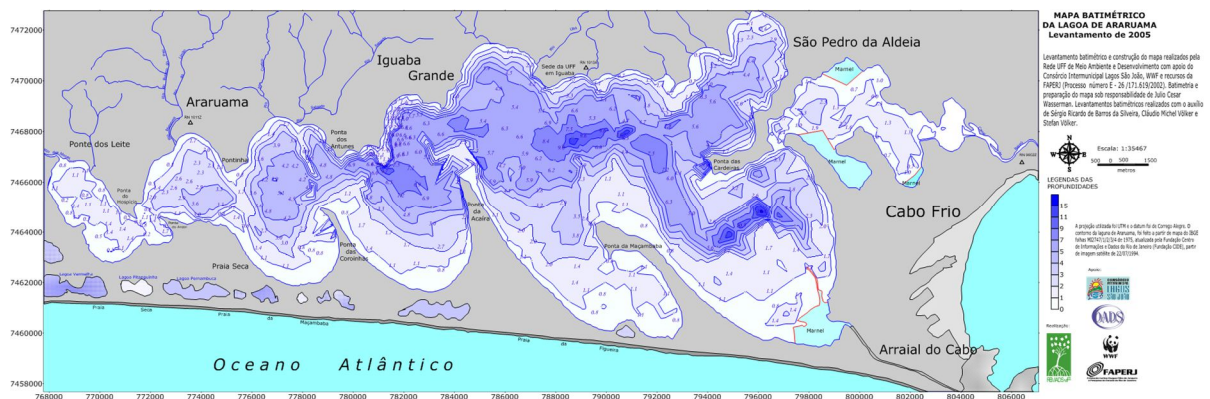


Figura 7: Mapa batimétrico da laguna de Araruama de 2005, realizado pela equipe da REMADS-UFF, com recursos da FAPERJ e apoio do Consórcio Ambiental Lagos São João.

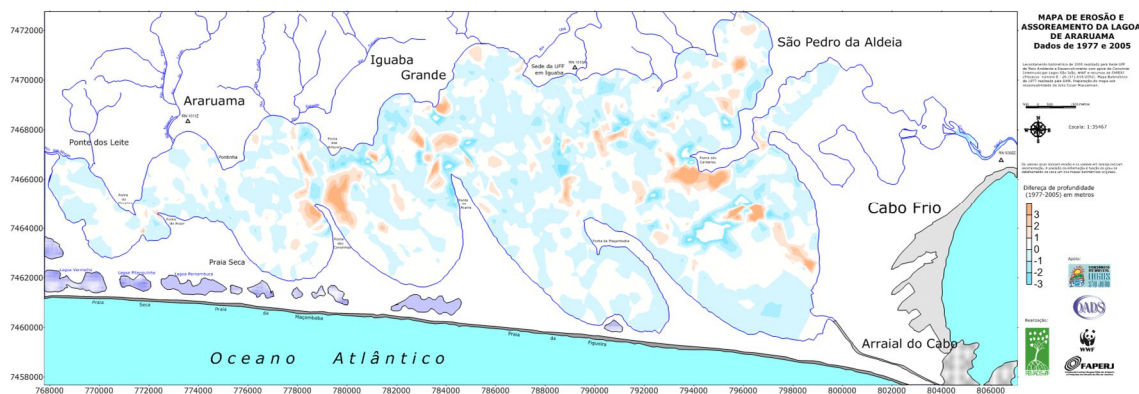


Figura 8: Áreas sofrendo sedimentação (porções laranja) e erosão (porções azuis) na laguna de Araruama entre 1977 e 2005.

Este estudo é o primeiro que inclui um mapa batimétrico em detalhe do Canal de Itajurú, representado na Figura 9. Assim como no presente estudo, um cuidadoso trabalho de nivelamento permitiu referenciar as profundidades atingidas ao Datum de Imbituba, o que nem sempre é feito quando o objetivo é realizar apenas um reconhecimento do relevo submarino da área. Este estudo foi feito apenas alguns meses antes de um grandioso programa de dragagens realizado juntamente com a construção da nova ponte da RJ-104, tendo como objetivo melhorar a circulação de água entre o oceano e a laguna.

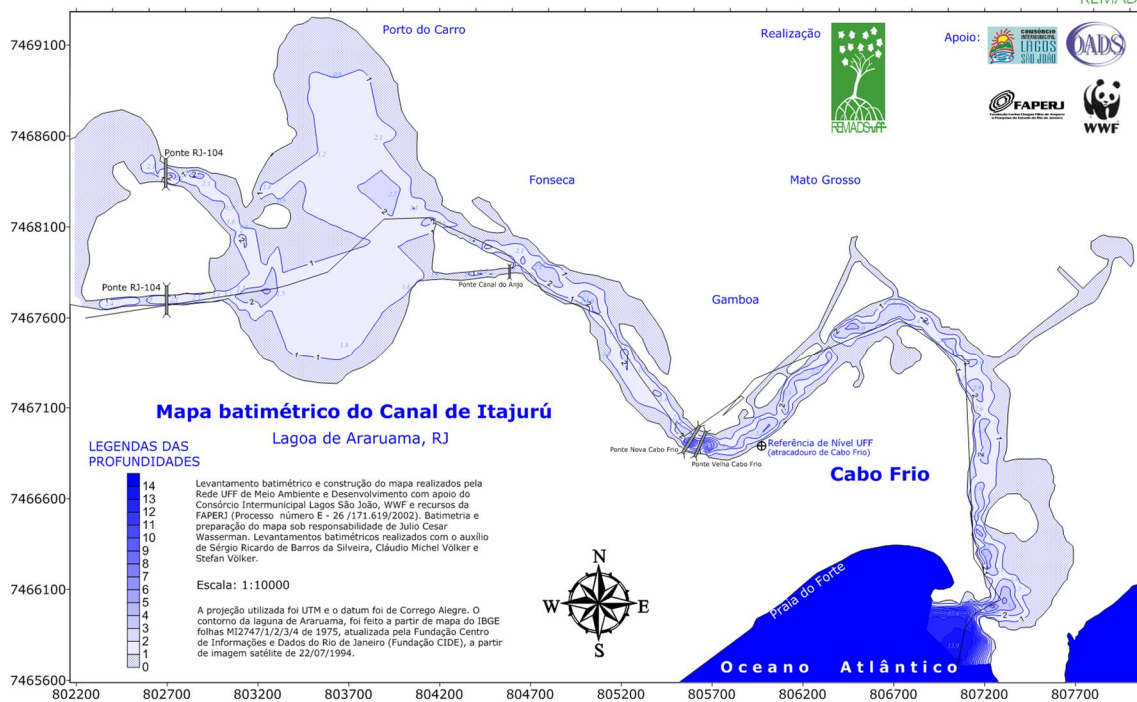


Figura 9: Mapa batimétrico do Canal de Itajurú realizado em 2005

Mais recentemente, diante das necessidades de realização de trabalhos de desassoreamento do canal de Itajurú, outros levantamentos da batimetria vêm sendo realizados, mas dado o caráter privativo da atividade de dragagem, normalmente (e infelizmente) estes estudos batimétricos não são publicados. Organizações Não-Governamentais locais foram capazes de nos fornecer os levantamentos batimétricos recentes (Figuras 10A – 10D). Esta batimetria, realizada pela antiga SERLA (atualmente INEA) em 2008 provavelmente foi feita com embarcação que não permitia medições em profundidades menores que 1,00 metro, no nosso caso muito importantes em termos de restrições à circulação.

É possível observar que a batimetria representada nas Figuras 10A a 10D segue o mesmo padrão de estudos anteriores, incluindo as ondulações observadas na batimetria de 2005 (também observada na atual batimetria)). Neste período, na proximidade da ponte em direção à laguna e na enseada Palmeiras observamos um processo de acumulação de sedimentos. Nestes dois locais a acumulação dos sedimentos pode ser atribuída à redução na velocidade da corrente que vem de um canal mais estreito e deságua em uma área mais larga, promovendo a redução na velocidade das correntes e consequente sedimentação de material. Estas serão sempre áreas sujeitas a um assoreamento mais intenso e devem ser focadas para os procedimentos de dragagem e manutenção de canais. Áreas extensamente dragadas são observadas na porção Norte do Canal em baixo da Ponte. Estes tipos de estruturas claramente resultantes de serviços de dragagem estão muito difundidos na região. Aparentemente ocorrem muitos serviços de dragagem legais e clandestinos que deformam o fundo. Felizmente, estas deformações no fundo parecem não afetar os processos sedimentares da região, tanto que as deformações são preservadas ao longo do tempo.



Figura 10A: Batimetria do Canal de Itajurú (2008). Porção mais a Oeste no limite da laguna. Profundidades de 0,00 a 1,99 m (1,3); profundidades de 2,00 a 2,99 m (2,3); Profundidade de 3,00 a 3,99 m (3,3). Considerando que a embarcação utilizada não fez medições mais rasas do que 1,00 m, toda a área vermelha compreende profundidades entre 1,00 e 2,00 metros. A linha verde delimita as isóbatas.

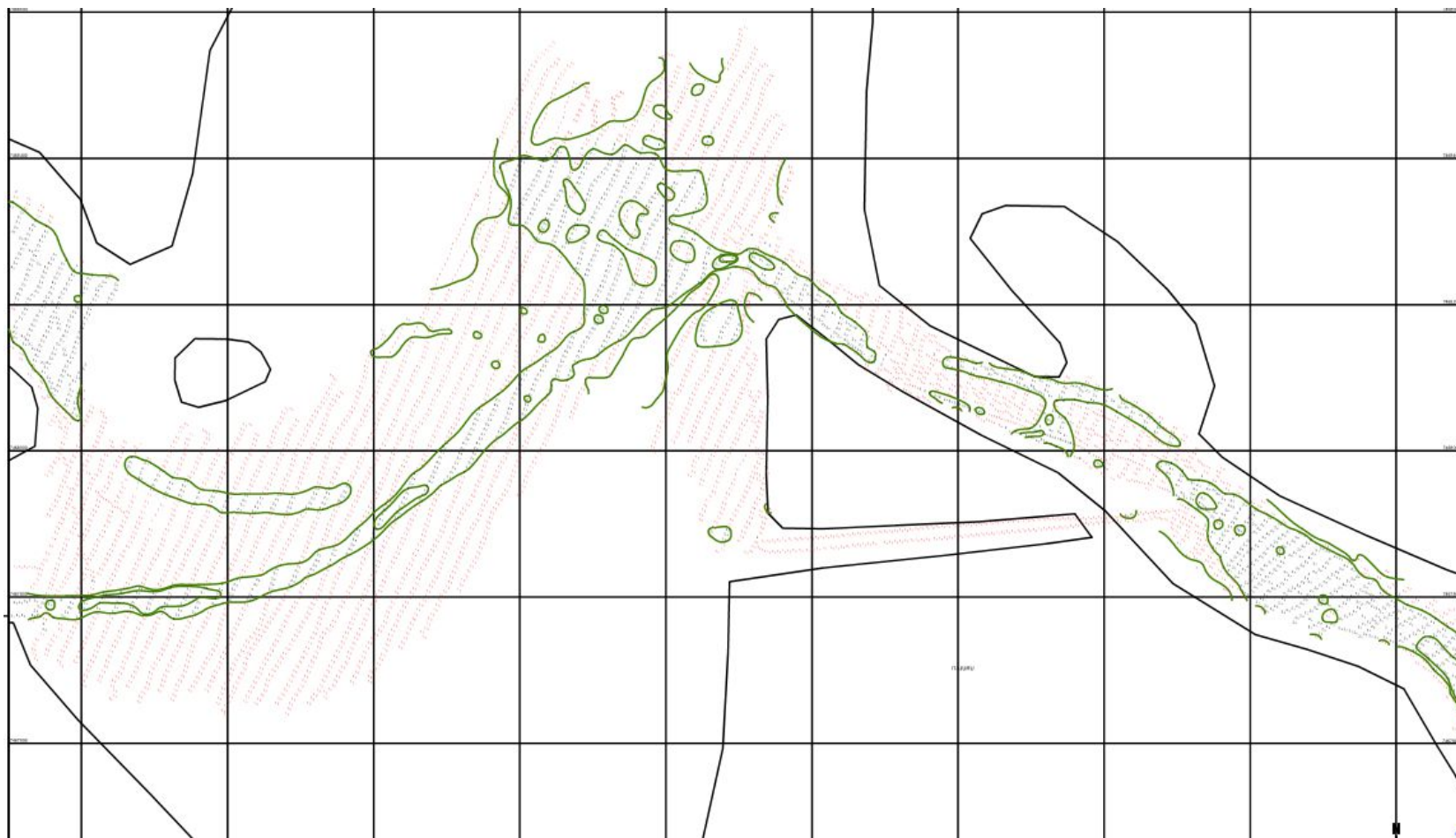


Figura 10B: Batimetria do Canal de Itajuru (2008). Porção abrangendo parte da Enseada das Palmeiras. Profundidades de 0,00 a 1,99 m (1,3); profundidades de 2,00 a 2,99 m (2,3); Profundidade de 3,00 a 3,99 m (3,3). Considerando que a embarcação utilizada não fez medições mais rasas do que 1,00 m, toda a área vermelha compreende profundidades entre 1,00 e 2,00 metros. A linha verde delimita as isóbatas.

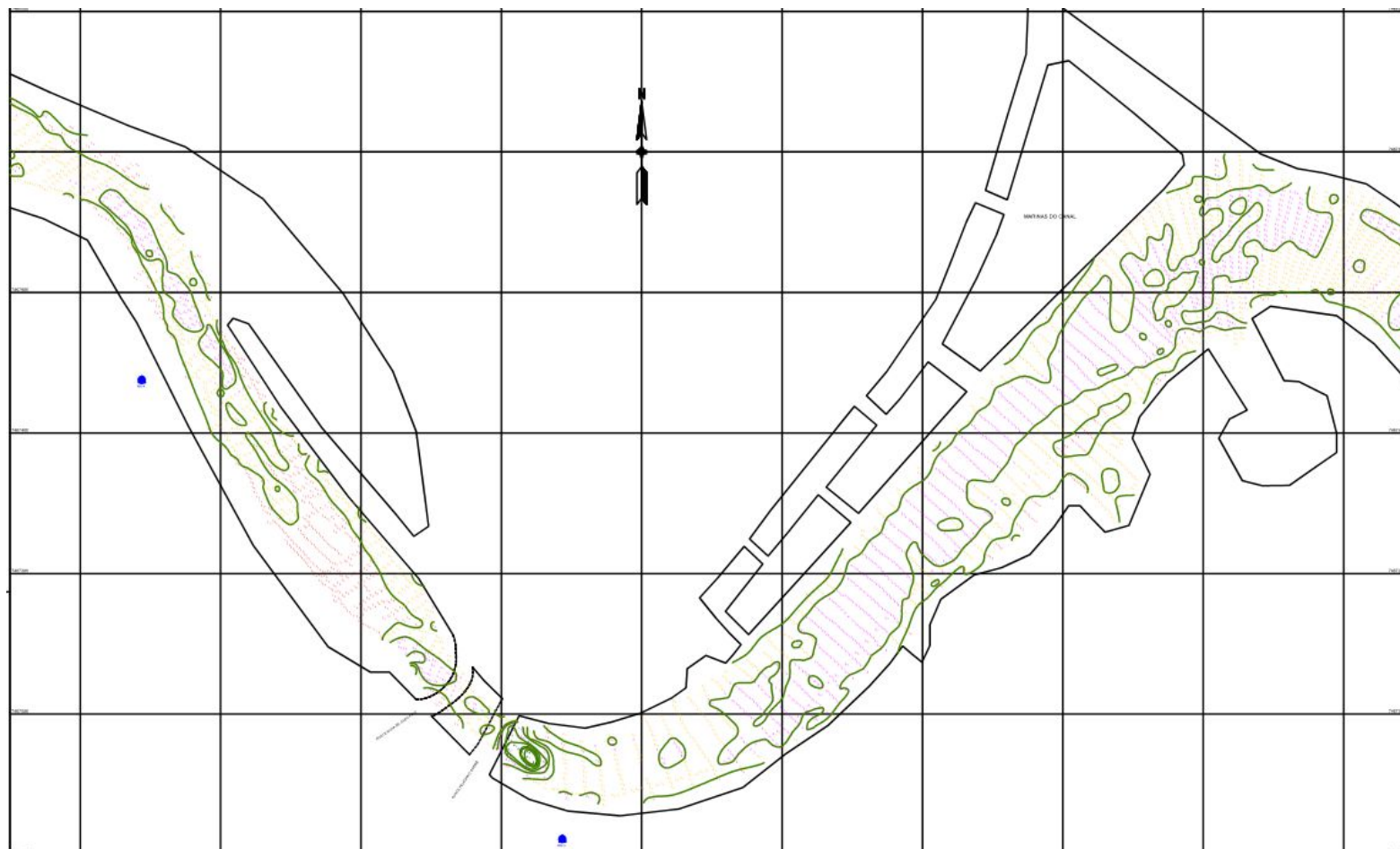


Figura 10C: Batimetria do Canal de Itajuru (2008). Porção abrangendo o Centro da cidade de Cabo Frio. Profundidades de 0,00 a 1,99 m (1,3); profundidades de 2,00 a 2,99 m (2,3); Profundidade de 3,00 a 3,99 m (3,3). Considerando que a embarcação utilizada não fez medições mais rasas do que 1,00 m, toda a área vermelha compreende profundidades entre 1,00 e 2,00 metros. A linha verde delimita as isóbatas.

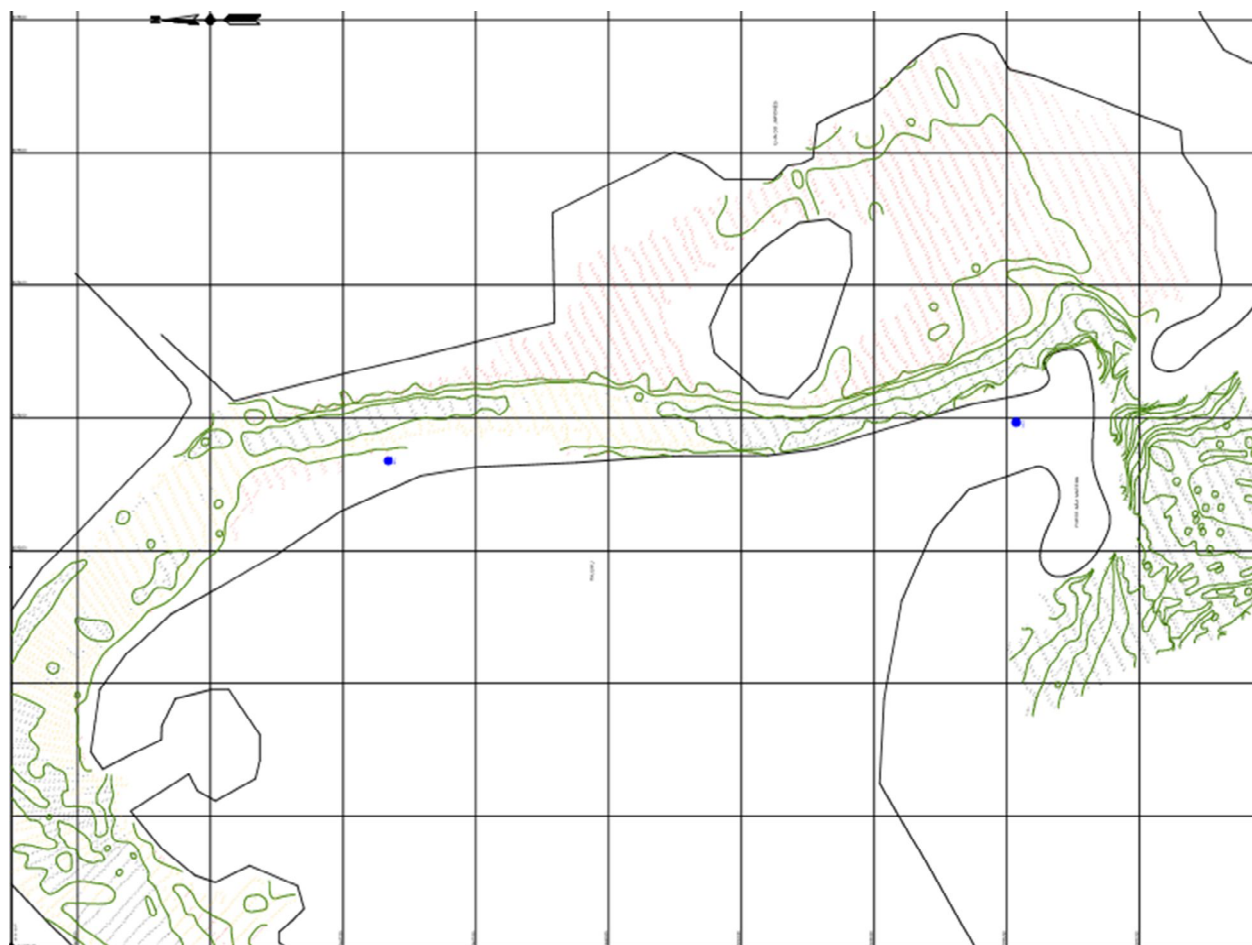


Figura 10D: Batimetria do Canal de Itajurú (2008). Porção abrangendo a saída para o mar (à direita). Mapa com o Norte voltado para a esquerda. Profundidades de 0,00 a 1,99 m (1,3); profundidades de 2,00 a 2,99 m (2,3); Profundidade de 3,00 a 3,99 m (3,3). Considerando que a embarcação utilizada não fez medições mais rasas do que 1,00 m, toda a área vermelha compreende profundidades entre 1,00 e 2,00 metros. A linha verde delimita as isóbatas.

Algumas áreas de maior profundidade foram também observadas na enseada das Palmeiras, mas sendo resultado de processos relictos (associados a processos sedimentológicos de períodos geológicos anteriores – 4 a 18 mil anos).

Segundo informações do Sr. Arnaldo Villanova, morador de São Pedro da Aldeia, em anos recentes ocorreu um derrocamento em baixo de uma das pontes do centro de Cabo Frio. Além de modificar a batimetria, o derrocamento pode ter mudado também a dinâmica das correntes e fluxos de sedimentos, observando-se uma acumulação de sedimentos na porção a jusante das pontes (Oeste das pontes).

Metodologia

Os estudos batimétricos realizados para a construção do mapa do canal de Itajuru foram realizados a partir de um detalhado planejamento, plotando-se vértices por onde deveriam passar as transecções. A Figura 11 mostra os vértices do percurso realizado pela equipe indicando cada uma das transversais. A batimetria iniciou na saída do canal, próxima à Praia do Forte (Cabo Frio) e encerrou na laguna de Araruama.

O levantamento foi realizado em uma embarcação de alumínio, de 4 metros equipada com um motor de popa de 15 HP. A embarcação é adequada, pois é capaz de navegar em profundidades de até 40 cm (Figura 12). O ecobatímetro utilizado foi um Garmin GPSmap 521s (Figura 13) capaz de levantar posicionamentos de modo diferencial, com precisão de 1 a 3 metros. O sonar do ecobatímetro foi fixado em uma barra de alumínio que por sua vez é fixada à borda da embarcação, apontando diretamente para o fundo. Antes do início dos procedimentos de medição, utilizando um disco de Secchi foi medida exatamente a profundidade do local e simultaneamente foi verificada a profundidade com o ecobatímetro, o que permitiu a calibração do equipamento. Todos os resultados da batimetria foram corrigidos de acordo com este procedimento. A velocidade do levantamento girou em torno de 10 km h^{-1} , visto que velocidades muito rápidas parecem afetar a medida e velocidades muito lentas fariam o trabalho durar muito mais tempo. O posicionamento da embarcação foi feito de maneira precisa com um GPS diferencial marca Zênite modelo 02 (na borda da embarcação na Figura 13), capaz de determinar posicionamentos com precisão centimétrica.



Figura 11: Planejamento do estudo batimétrico. Cada número (muito pequeno para ser lido na imagem) corresponde a um vértice e a batimetria foi realizada seguindo aproximadamente este planejamento.



Figura 12: Embarcação de alumínio utilizada durante o estudo batimétrico no canal de Itajuru

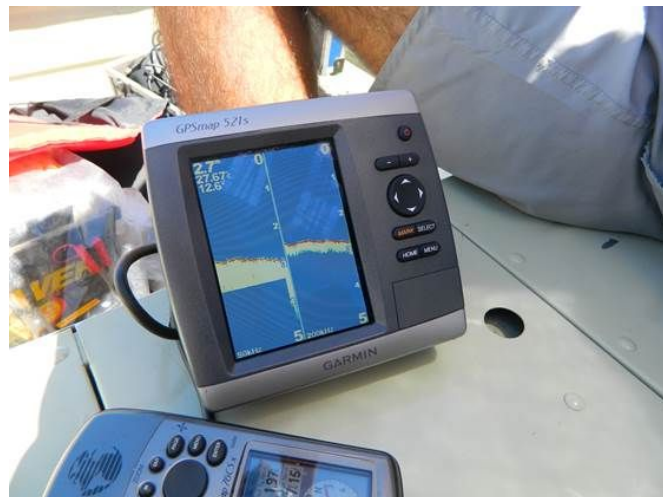


Figura 13: Ecobatímetro/GPS Garmin GPSmap 521s mostrando a habilidade de fazer medições em 50 e 200 kHz (lado esquerdo e direito da tela respectivamente)

Na altura do centro de Cabo Frio, foi instalada uma estação de medição da maré com uma régua linimétrica. A régua foi nivelada de acordo com o Datum de Imbituba, a partir de uma referência de nível existente em monumento à Maçonaria, no centro de Cabo Frio. Um dos membros da equipe permaneceu neste local anotando a altura da maré durante todo o procedimento. Também neste local foi mantido o GPS de referência, garantindo assim um posicionamento centimétrico da embarcação e da profundidade medida.

Devido à dificuldade de navegação em áreas muito rasas ou por outras razões, não foi possível seguir à risca o planejamento definido na Figura 11, o que nos levou a excluir determinadas áreas do levantamento. Nas áreas onde averiguou-se que a profundidade era muito pequena, foram feitas estimativas e atribuídos valores de profundidade de acordo com as imagens do Google Earth.

Resultados

O mapa batimétrico apresentado no presente estudo foi gerado partir dos pontos de medições indicados na Figura 14. Como é possível verificar, apesar das dificuldades na navegação, foi possível construir uma batimetria de grande detalhe, com pouco mais de 6000 pontos, mostrando a maioria das características do relevo submarino na área do canal de Itajurú. Além dos pontos medidos, foram atribuídos valores zero para o contorno do canal e mais alguns pontos estimados em áreas onde a navegação não era possível, entre 10 e 40 cm na perspectiva de imagem satélite de alta definição do Google Earth.

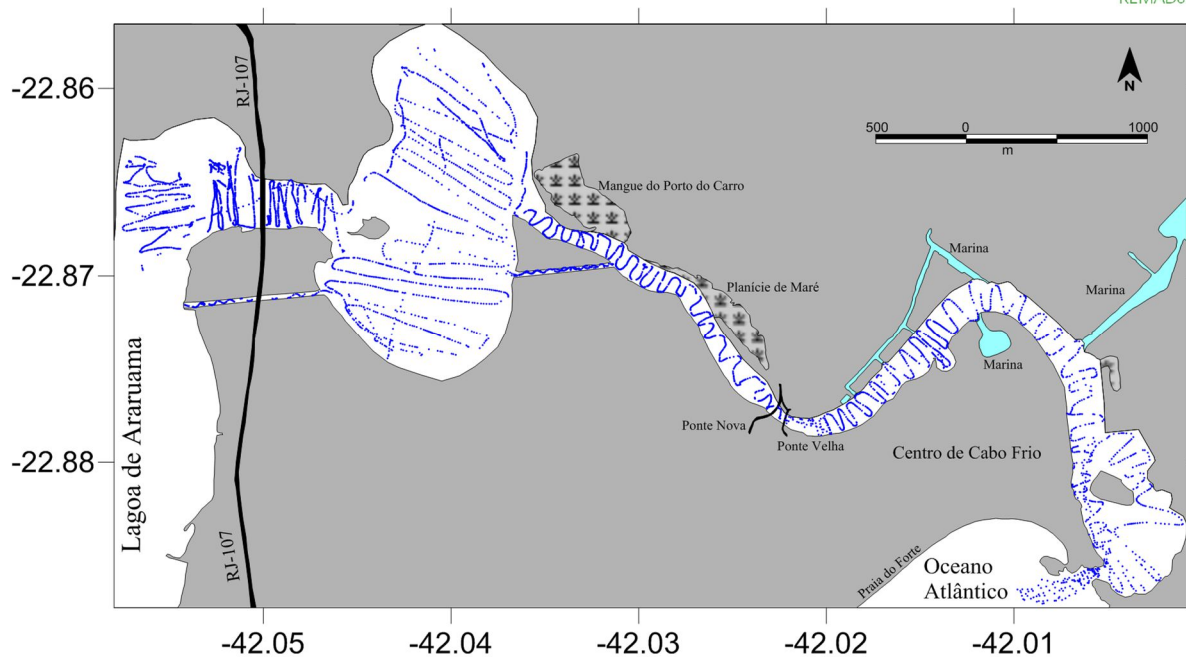


Figura 14: Pontos de levantamento batimétrico ao longo do canal de Itajuru. Um total de pouco mais de 6000 pontos estão representados.

O mapa de curvas batimétricas, representando o relevo do fundo está apresentado na Figura 15. Da mesma forma que no levantamento de 2005, observamos ao longo do canal a ocorrência de alternâncias de áreas mais profundas e mais rasas, como se tivessem sido cavados “buracos” ao longo do canal. Estas estruturas poderiam ser interpretadas como estruturas de corrente por um sedimentólogo, chamadas de mega-ripples, como as que ocorrem no estuário de vários rios no mundo, principalmente aqueles com incidência de marés muito grandes, como é o caso do Rio Gironde, na costa Sudoeste da França. Não obstante, verificamos que as correntes no canal de Itajuru não são suficientemente intensas para provocar este tipo de fenômeno que deve ser atribuído a antigos procedimentos de dragagem, realizados em períodos anteriores a 2005. Como as correntes não são muito intensas, estas dragagens deixaram marcas sua imprecisão, fazendo buracos e deixando áreas mais rasas. Nos estudos batimétricos mais recentes, estas estruturas não puderam ser identificadas (veja Figuras 10A – 10D).

Na porção Oeste do canal, no trecho entre as pontes (nova e velha) e o mar, não acreditamos que exista nenhum processo sedimentar relevante. A porção Oeste da Ilha do Japonês parece um pouco mais assoreada, mas é uma área naturalmente rasa, fazendo com que o maior volume de água siga seu caminho natural, a leste da ilha. Qualquer intervenção nesta região poderá modificar os processos sedimentares e vir eventualmente a causar assoreamentos indesejados, principalmente no canal atual, o qual é muito utilizado por embarcações de pesca, de grande porte.

É possível identificar um pequeno ponto de assoreamento mais intenso na região logo após as pontes (nova e velha) de cabo Frio. Este ponto, onde as profundidades giram entre 0,5 e 2,0 metros são o resultado de alargamento do canal, logo depois do estreitamento das pontes. Veja que o estreitamento não é causado pela construção das pontes, mas resultante de um afunilamento geológico resultante da presença de dois morros de pedra, o morro da Guia (onde fica a igreja de Nossa Senhora da Guia) e do morro do Telégrafo do outro do canal. A estrutura geológica destas duas feições é um ortognaisse paleoproterozóico que é dominante na porção norte da Laguna de Araruama e que se estende em uma ponta até o mar. Segundo relato do Sr Arnaldo Villanova recentemente foi realizado serviço de derrocamento em baixo de uma das pontes com o objetivo de facilitar a troca de água no canal, o que pode ter promovido uma modificação nos processos sedimentares, o que levou a uma intensificação da deposição de sedimentos logo após a ponte. Nos levantamentos do INEA e no de 2005 tal processo não tinha sido observado. A navegação e a circulação de água devem ser afetadas por estes depósitos, inclusive visíveis na imagem do Google Earth.

A área mais rasa que aparece à medida que avançamos em direção à laguna de Araruama ocorre na saída do canal da enseada das Palmeiras. O alargamento do canal promove a redução da velocidade das correntes e causa uma mais intensa sedimentação. Em termos hidrodinâmicos, a enseada é um elemento de amortecimento das trocas de água entre a laguna e o mar, já que a maior parte da água que entra no canal vai preencher esta porção. Assim, os fluxos no canal que liga a enseada e a laguna são relativamente pequenos, independentemente de haver profundidade ou não. Com base em estimativas aproximadas é possível comprovar na tabela 1 a importância da enseada das Palmeiras na retenção da água do mar. Somando o volume retido na Enseada das Palmeiras e o volume retido no canal, chegamos a uma estimativa (muito otimista) de que aproximadamente 40% da água que entra no Canal de Itajurú nunca chega a entrar na laguna de Araruama. Além disso, a água que entra na laguna representa em torno de 1,12% da água da laguna, implicando que a troca da água deve levar 44,6 dias. Veja que este valor é muito mais baixo do que o estabelecido no trabalho de Knoppers et al. (1991) que chegou a 80 dias. Isto ocorre porque, como mencionado acima, minha estimativa é extremamente otimista e parte de uma vazão da maré no canal da ordem de $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, baseada na porção mais larga do canal. Se utilizarmos valores mais realistas a vazão deve cair para $180 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e a taxa de troca de água se aproxima mais daquela estabelecida pelo autor acima. Tanto na estimativa otimista como na mais realista o maior problema não é a vazão do canal de Itajurú, mas a capacidade de retenção de água da Enseada das Palmeiras. É preciso encher a Enseada das Palmeiras para ela exercer pressão no canal debaixo da ponte e no canal do Palmer.

O pequeno trecho de canal que liga a Enseada das Palmeiras à laguna de Araruama (saco do Siqueira) embora apresente estrangulamento entre Ilha da Conceição e a porção Norte, não parece constituir uma relevante restrição à passagem de água. Áreas bem profundas foram identificadas nesta região, resultante de serviços de dragagem anteriores. A nova ponte da RJ-104 também não constitui de maneira nenhuma, algum tipo de restrição à circulação da água.



Tabela 1: Preenchimento da enseada das Palmeiras e do canal de Itajurú em um ciclo de maré

Parâmetro	Valor
Largura do canal (m)	250
Profundidade média do canal (m)	2,5
Comprimento do canal antes da enseada (m)	5.400
Velocidade da corrente observada no canal ($m\ s^{-1}$)	0,8
Tempo da maré (segundos), correspondente a 6 horas	21.600
Vazão de água observada no canal ($m^3\ s^{-1}$)	500
Volume de água que entra no canal e na enseada (m^3)	10.800.000
Altura da maré no canal (m)	0,8
Volume retido no canal (m^3)	1.080.000
Altura da maré na enseada (m)	0,5
Volume retido da Enseada das Palmeiras (m^3)	3.000.000
Volume retido no canal e na enseada	4.080.000
Volume que chega a entrar no Boqueirão	6.720.000

Conclusões e sugestões

Com base nos estudos ora apresentado e nos trabalhos anteriores é possível tirarmos algumas conclusões gerais, as quais permitirão a determinação de ações futuras.

A primeira observação interessante é que o canal apresenta um relevo irregular, que poderia ser identificado como mega-ripples, mas, visto que as correntes não são tão intensas ao ponto de formar este tipo de estrutura, a hipótese mais provável é que elas foram formadas por procedimentos antigos de dragagem. Como visto na batimetria de 2005, o canal parece relativamente estável.

A restrição na altura das pontes de Cabo Frio (nova e velha), onde houve um derrocamento é a provável causa de uma mais intensa sedimentação que ocorre a Oeste da ponte. A restrição é um processo geológico natural e não é causado pela presença das pontes. O construtor das pontes escolheu o local justamente porque era o ponto mais estreito do canal.

Finalmente, verificamos um amortecimento das correntes na entrada da enseada das Palmeiras que parece promover uma sedimentação mais intensa (na altura de Porto do Carro), gerando profundidades que não ultrapassam 1,5 metro. Por outro lado, a continuidade do caminho até a laguna não apresenta nenhum tipo de barreira à circulação de água. Particularmente o canal que liga a Enseada das Palmeiras ao mar apresenta áreas muito profundas, resultantes de diversas operações de dragagem anteriores. Nestas áreas não identificamos nenhum processo de sedimentação intenso, que impeça a circulação livre da água, embora observamos na porção Norte desta região uma área muito rasa que talvez no futuro venha a avançar para Sul, levando ao fechamento do canal. Esta área, a saída do Canal de Itajurú na Enseada das Palmeiras e a porção próxima às Pontes do



Centro de Cabo Frio são áreas onde pode-se pensar em promover o aumento da profundidade

Falando em termos do papel do canal de Itajurú na troca de água da laguna de Araruama, vários estudos de modelagem hidrodinâmica mostraram que, mesmo melhorando a passagem de água com serviços de dragagem, a entrada de água do mar é muito pequena correspondendo a 6,7 milhões de m³ por ciclo de maré. Nós mostramos no presente estudo que 40% da água que entra fica retida no canal e na Enseada das Palmeiras. Não obstante esta pequena entrada de água, ela é responsável pela hiper-salinização da laguna, tendo em vista que a cada ciclo de maré entram 235 toneladas de sal no sistema. Dada a evaporação, este sal vai sendo acumulado nas águas da laguna. Este processo foi detalhadamente estudado por Kjerfve et al. (1996)

Parece que a Enseada das Palmeiras, uma estrutura natural do canal de Itajurú promove a restrição de entrada de água na laguna, mas nada pode ser feito com relação a este efeito. Para melhorar a circulação de água na laguna de Araruama, a única possibilidade é abrir outro canal (canal da Alcalis, por exemplo). Contudo, deve-se atentar para o fato de que a abertura de um novo canal poderá quebrar o equilíbrio salino da laguna, podendo promover efeitos imprevisíveis.

Bibliografia

- Clementino MM et al. (2008) Prokaryotic diversity in one of the largest hypersaline coastal lagoons in the world *Extremophiles* 12:595-604 doi:10.1007/s00792-008-0162-x
- da Silva e Silva Hermida L, do Nascimento Alves Monteiro SAPM, Magina FC, Gomes SBVC, de Oliveira Delfino D, dos Santos Lopes FA (2011) Determinação das cianobactérias de subsuperfície de sedimentos marginais do brejo do pau fincado do complexo lagunar de araruama, RJ, Brasil *Anuario do Instituto de Geociencias* 34:13-22
- De Castro MS, Bonecker ACT, Valentin JL (1999) Ichthyoplankton of a permanently hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil *Tropical Ecology* 40:221-227
- Debenay JP, Geslin E, Eichler BB, Duleba W, Sylvestre F, Eichler P (2001) Foraminiferal assemblages in a hypersaline lagoon, Araruama (RJ) Brazil *J Foraminifer Res* 31:133-151 doi:10.2113/0310133
- Kjerfve B, Schettini CAF, Knoppers B, Lessa G, Ferreira HO (1996) Hydrology and salt balance in a large, hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil *Estuar Coast Shelf Sci* 42:701-725
- Knoppers B, Kjerfve B, Carmouze JP (1991) Trophic state and water turn-over time in 6 choked coastal lagoons in Brazil. *Biogeochemistry* 14:149-166
- Miranda FM (2013) Variações de salinidade na Lagoa de Araruama-RJ. Niterói, RJ
- Saad AM (2003) Composição, distribuição espacial, dinâmica de populações de peixes e estatística pesqueira na lagoa hipersalina de Araruama, RJ. Tese, Universidade Federal de São Carlos
- Sylvestre F, Beck-Eichler B, Duleba W, Debenay JP (2001) Modern benthic diatom distribution in a hypersaline coastal lagoon: the Lagoa de Araruama (RJ), Brazil *Hydrobiol* 443:213-231 doi:10.1023/a:1017558914971