

**CALIBRAÇÃO DE MODELO HIDRODINÂMICO BIDIMENSIONAL DE  
ALTA RESOLUÇÃO DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR  
MUNDAÚ/MANGUABA – AL: análise em benefício do desenvolvimento do  
molusco *Mytella Falcata* (D'Orbigny, 1846).**

*Rafael Bruno Paes-Leme<sup>1</sup>; Domenico Accetta<sup>2</sup>; Priscila Schilithz<sup>3</sup>*

**RESUMO ---** Modelos matemáticos tem sido amplamente utilizados como auxiliares em tomadas de decisões em questões ambientais. Utilizou-se o modelo bidimensional de volumes finitos MIKE 21 FM para simular a hidrodinâmica do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba – AL, a fim de fornecer subsídios ao aumento da produção do molusco sururu (*Mytella falcata*), muito importante na economia local. O modelo foi calibrado satisfatoriamente através da comparação com dados de medições de corrente e de variações de nível. Os principais fatores que dificultam o desenvolvimento do sururu é o aumento da poluição e a diminuição da salinidade nas lagoas, o que ocorre devido ao assoreamento dos canais de ligação da lagoa com o mar, impedindo as trocas e renovação das águas. A fim de favorecer essa renovação simulou-se uma possível dragagem a -2m nos canais principais. Os resultados mostraram um aumento em cerca de 0,20m/s na velocidade das correntes nos canais, o que fez dobrar a amplitude da maré no interior das lagoas, evidenciando o aumento das trocas de água entre a lagoa e o mar.

**ABSTRACT ---** Mathematical modeling has been widely used in decisions about environment issues. The two-dimensional model of finite volumes MIKE 21 FM was used to simulate the hydrodynamics of the Mundaú/Manguaba Lagoon and Estuarine Complex – AL, to provide subsidies to increase production of the shellfish “sururu” (*Mytella falcata*), very important in the local economy. The model was satisfactorily calibrated by comparison with data from current measurements and level variations. The main factors that hinder the development of “sururu” is increasing pollution and decreasing salinity in the ponds, which is due to the silting of channels connecting the lagoon with the sea, preventing the exchange and renewal of water. In order to promote such a renovation, was simulated a possible dredging to -2m in the main channels. The results showed an increase of approximately 0.20 m/s at the speed of currents in the channels, which did double the tidal range inside the lagoon, showing the increase in water exchange between the lagoon and the sea.

**Palavras-chave:** MIKE 21, modelagem matemática, volumes finitos.

1) Analista de Projetos do INPH, R. General Gurjão 166, 20931-040 Rio de Janeiro. E-mail: rafaelpaesleme@gmail.com

2) Diretor do INPH, R. General Gurjão 166, 20931-040 Rio de Janeiro. E-mail: domenico@inph.com

3) Bolsista de Mestrado do INPH, R. General Gurjão 166, 20931-040 Rio de Janeiro. E-mail: priscilaschilithz@gmail.com

## **1 - INTRODUÇÃO**

Modelos computacionais hidrodinâmicos tem sido amplamente utilizados como auxiliares em tomadas de decisões em questões ambientais. Diversas são as aplicações, tais como: avaliação de espalhamento de mancha de óleo, comportamento de pluma de rejeitos de dragagem, transporte de substâncias nocivas ao meio ambiente, etc.

O Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba (CELMM) – AL, importante fonte de recursos vivos da região, vem sofrendo intensa degradação. O principal recurso pesqueiro é o *Mytella falcata*, conhecido como sururu (Pereira-Barros, 1969), que há décadas vem diminuindo. Estudos apontam como principais fatores para essa diminuição o aumento da poluição e a diminuição da salinidade (Silva *et al.*, 2007), ambos intensificados por consequência do constante acréscimo do assoreamento nas lagoas e em seus canais de ligação com o mar, o que reduz a renovação das águas.

Este estudo tem como objetivo utilizar ferramentas avançadas de modelagem computacional hidrodinâmica de alta resolução espacial no aperfeiçoamento do conhecimento sobre o campo de correntes na região, subsidiando decisões futuras a respeito de ações para o favorecimento da produção do sururu.

Há anos o poder público tem feito diversas tentativas para avaliar e solucionar o problema que ocorre na região. No ano de 1984, o Governo do Estado de Alagoas formou uma parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas hidroviárias, atualmente, órgão da Secretaria de Portos da Presidência da República. Este acordo teve como objetivo o levantamento completo de dados da região, servindo como ferramenta no entendimento da dinâmica das correntes nos canais de ligação entre as lagoas, para subsidiar futuros projetos de engenharia que favorecessem a renovação das águas. Visto que o desenvolvimento do molusco *Mytella falcata* já sofria grande declínio.

Entre os meses de Junho e Outubro de 1984, o INPH realizou uma intensa campanha de coleta de dados nas Lagoas. Foi realizado o levantamento topo-hidrográfico completo, inclusive dos canais; medições de correntes, temperatura, salinidade e concentração de sólidos em suspensão em 19 estações, com duração média de 12 horas em cada; e medições do nível d'água em 4 estações, com intervalo de 1 hora, por todo o período de trabalho. Dados meteorológicos também foram coletados em uma estação fixada na Barra do estuário.

Na época do projeto o problema não foi solucionado, porém um importante acervo foi gerado, juntamente com fundamentais descrições dos dados. Até o momento, este é o maior conjunto de dados desta natureza existentes para a região. As conclusões deste trabalho demonstraram a redução da salinidade como o maior precursor da redução no desenvolvimento do sururu (INPH, 1985).

Embora os dados de corrente obtidos nos 19 pontos de coleta tenham se mostrado de grande importância no entendimento preliminar da dinâmica do local, eles foram obtidos em momentos diferentes e representam apenas informações pontuais.

Com o avanço no desenvolvimento dos modelos computacionais, uma representação bidimensional pode ser obtida através da simulação das séries temporais de elevação da superfície na fronteira aberta do modelo, calibradas com os dados medidos nas estações. Esta foi a premissa utilizada neste estudo, onde os dados medidos pelo INPH foram utilizados para calibração do modelo.

## 2 - ÁREA DE ESTUDO

O CELMM (Figura 1), localizado no litoral médio do estado de Alagoas, compreende as lagoas de Mundaú e de Manguaba, e os rios Mundaú, Paraíba do Meio e Sumaúma.



Figura 1. Área de Estudo – lagoas Mundaú e Manguaba e área costeira próxima.

A Lagoa Mundaú possui cerca de 27 Km<sup>2</sup> e constitui o baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Mundaú, que drena uma área de 4.126 Km<sup>2</sup> e percorre 30 municípios, tendo 08 sedes municipais ribeirinhas. A Lagoa Manguaba, por sua vez, possui aproximadamente 42 Km<sup>2</sup> e constitui a região estuarina dos rios Paraíba do Meio e Sumaúma. O primeiro apresenta uma bacia hidrográfica de 3.330 Km<sup>2</sup> e percorre 20 municípios, tendo 13 sedes municipais ribeirinhas, e o rio Sumaúma drena uma área de 406 Km<sup>2</sup> e percorre 06 municípios, tendo 01 sede municipal ribeirinha. Somado a essas áreas, há uma região de canais com cerca de 12 Km<sup>2</sup>, totalizando 81 Km<sup>2</sup> em todo o complexo (ANA, 2006).

Nesta região o clima é quente com temperaturas médias anuais em torno de 27°C. A vegetação característica da área restringe-se às formações pioneiras tanto de influência marinha herbácea (restinga), quanto de influência fluviomarinha arbórea (manguezal).

O Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba, além de se caracterizar pela diversidade de habitats, também se caracteriza pela grande diversidade de macrocrustáceos (Teixeira e Sá, 1998). Os recursos pesqueiros são ricos e abundantes e o principal deles é o molusco *Mytella falcata* (sururu), que é um prato típico local e principal fonte de alimentação da população de baixa renda da região. Este representa em safra normal o maior volume de produção (Silva *et al.*, 2008; Da Silva e Souza, 2009). Bancos de sururu se formam principalmente na Lagoa Mundaú, pois nela são encontradas melhores condições de sobrevivência do que na Lagoa Manguaba. Este molusco também ocorre em diversas outras regiões de manguezal na costa brasileira, e tem sido amplamente explorado (Santos *et al.*, 2010).

Dentre fatores abióticos como, por exemplo, temperatura, maré, vento e salinidade, o último parece ser o mais importante quanto à regulagem da distribuição e abundância dos macrocrustáceos no Complexo Estuarino Mundaú/Manguaba. As espécies que ocupam a Lagoa de Mundaú estão mais sujeitas a trocas bruscas dos fatores abióticos, enquanto que as espécies que ocupam a Lagoa Manguaba encontram um ambiente mais estável. Devido à disposição do sistema de canais, a água do oceano atinge a Lagoa Manguaba em menor proporção.

### **3 - MODELO MATEMÁTICO**

As condições hidrodinâmicas foram simuladas com o módulo hidrodinâmico do sistema de modelagem MIKE 21 Flow Model FM, desenvolvido pelo DHI (Danish Hydraulic Institute), da Dinamarca.

O sistema de modelagem MIKE 21 FM emprega uma aproximação baseada numa malha flexível, a qual permite a adoção de diferentes níveis de resolução espacial, que vão desde uma resolução mais grosseira, apropriada para áreas mais afastadas, até uma resolução mais fina, usada nas áreas de maior interesse. É ideal para aplicações em ambientes oceânicos, costeiros e estuarinos.

O módulo hidrodinâmico, que é a base para os demais módulos do sistema, é capaz de simular os níveis de água e as velocidades das correntes em função de uma combinação de marés, ventos, ondas e descargas fluviais.

Este modelo resolve a variação dos níveis d'água e os fluxos instantâneos a partir da solução das Equações de Navier-Stokes, integradas verticalmente (equação da conservação da quantidade de movimento nas duas dimensões horizontais e equação da continuidade), através do esquema de volumes finitos.

Os efeitos citados abaixo podem ser assimilados no modelo:

- termo convectivo e transversal da quantidade de movimento;
- tensão de cisalhamento no fundo;
- tensão de cisalhamento do vento na superfície;
- gradientes de pressão barométrica;
- tensões de radiação das ondas;
- força de Coriolis;
- dispersão da quantidade de movimento (viscosidade turbulenta);
- fontes e sumidouros (de massa e de quantidade de movimento);
- evaporação / precipitação;
- secagem e alagamento.

Dados de elevação da superfície, velocidade e direção das correntes e componentes da velocidade nos eixos x e y podem ser obtidos como dados de saída do modelo.

#### **4 - METODOLOGIA**

A primeira etapa do trabalho consistiu em realizar levantamento e análise de todos os relatórios emitidos pelo INPH como resultado do estudo realizado em 1984. Todas as medições que foram realizadas, citadas no capítulo anterior, estavam documentadas nos relatórios.

As plantas batimétricas geradas a partir desse levantamento foram digitalizadas, dando origem a dois arquivos no formato “xyz”, um contendo as coordenadas da linha de costa e outro com as informações de profundidades. Estes dados foram utilizados para a geração da batimetria a ser utilizada no modelo matemático. A interpolação é feita no próprio modelo (Figura 2).

Séries temporais foram geradas a partir dos dados de maré, corrente e vento medidos.

A etapa seguinte foi a construção do modelo hidrodinâmico a partir do MIKE 21 FM. A simulação foi realizada para o período de 10 a 20 de Junho de 1984, selecionado por compreender o período de medição de corrente dos 2 pontos com maior duração, com 24h no total em cada ponto.

As condições de contorno utilizadas foram: no contorno de mar, a maré medida no Porto de Maceió; nos rios Mundaú e Paraíba do meio, uma vazão constante de  $50\text{m}^3$  por falta de dados de medição de vazão; e o vento atuando uniforme em todo o domínio, variando temporalmente conforme dados medidos na estação meteorológica instalada.

A malha computacional criada foi do tipo triangular não estruturada, contendo um total de 13724 elementos computacionais, onde a melhor resolução foi dada nos canais, contendo os menores elementos com cerca de 20m de distância entre os centros dos elementos (Figura 3).

Os dados de saída analisados em todas as simulações foram a velocidade e direção das correntes e o nível do mar.

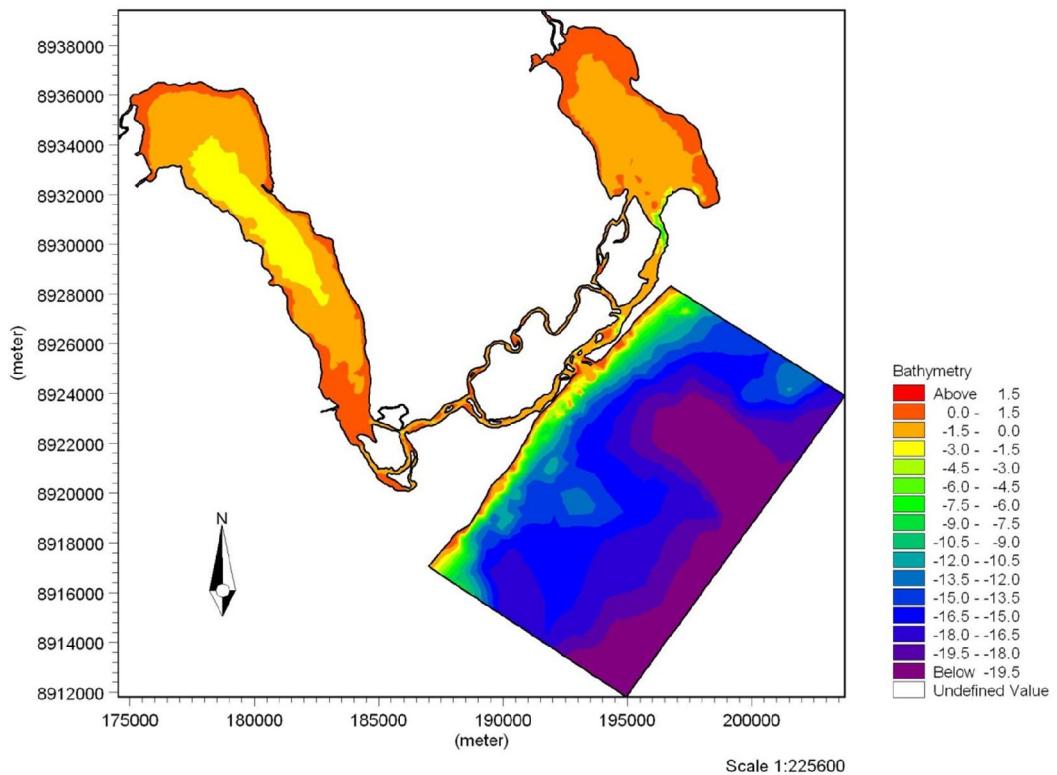


Figura 2. Batimetria da área de estudo. Região de ligação das lagoas com o mar como em 1984.

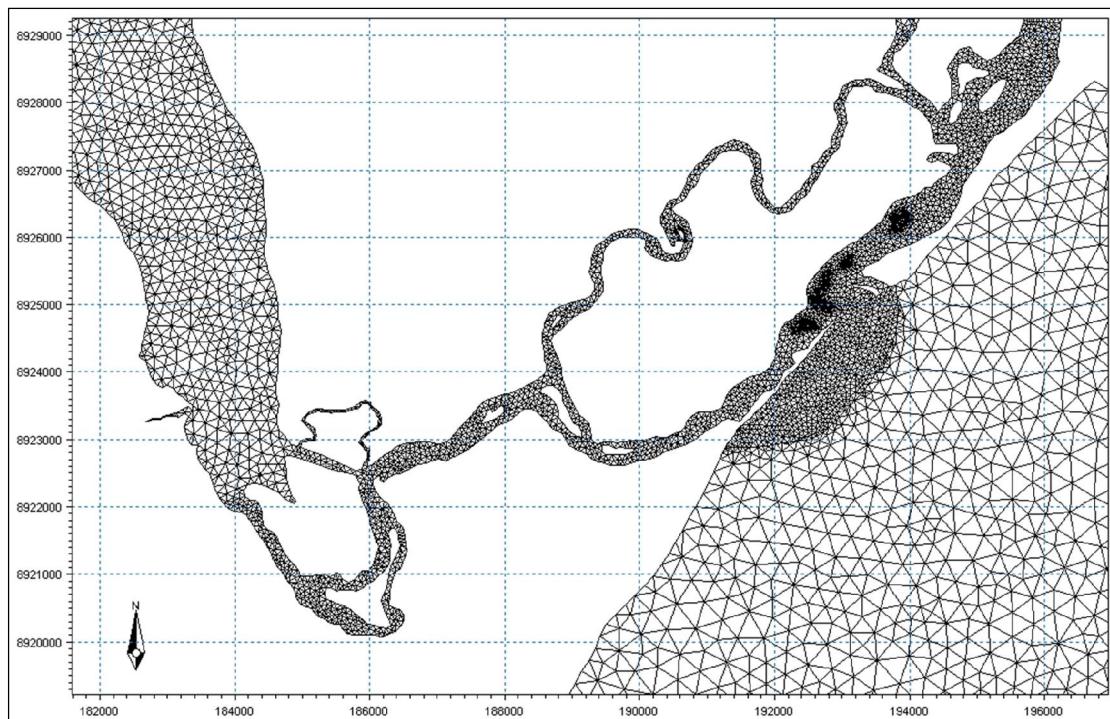


Figura 3. Detalhe da malha computacional utilizada nas simulações.

#### **4.1 - Calibração do modelo**

O modelo foi calibrado para a batimetria de 1984 com os dados medidos de correntes em 2 pontos (ponto 6 e 8) e de maré em 3 estações (Barra, Mundaú e Manguaba). A figura 4 mostra a localização das estações de coleta em 1984. Os dados da comparação das correntes nos pontos 6 e 8 estão plotados nas figuras 5 e 6, respectivamente. E as comparações entre os níveis medidos e simulados nas 3 estações estão plotadas nas figuras 7, 8 e 9.

Foram realizados vários ajustes na batimetria, nas vazões dos rios, no coeficiente da resistência de fundo e na viscosidade turbulenta, e diversas simulações prévias até que fossem obtidos resultados satisfatórios. Os dados utilizados para calibração foram:

- coeficiente de rugosidade no fundo a partir do nº de Manning =  $40\text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , constante para toda área;
- coeficiente de viscosidade turbulenta a partir da formulação de Smagorinsky = 0,30, constante para toda área;
- vazões constantes nos rios Mundaú, Sumaúma e Paraíba do Meio =  $50\text{m}^3/\text{s}$ .

Ao se trabalhar em uma área complexa e de grande extensão é comum na construção de modelos matemáticos admitir-se algumas simplificações. Como não foram obtidas medições de vazão dos rios, umas das simplificações que se tentou utilizar foi considerar os rios como contorno fechado. Esta simplificação havia gerado resultados com uma diferença muito grande entre a altura do nível simulado e medido, de cerca de 1,00 m, embora a fase estivesse sendo bem representada. Por este motivo foram utilizadas vazões pequenas, ainda que talvez diferentes das reais, mas com as quais foi possível boa representação dos resultados.

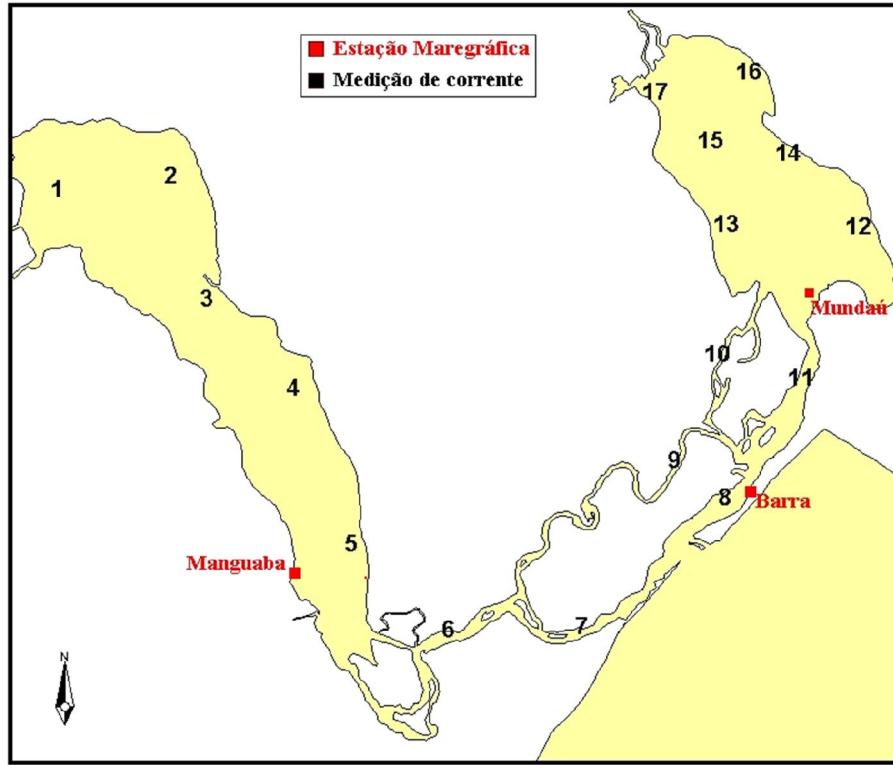


Figura 4. Posições das estações maregráficas e dos locais de medição de correntes.

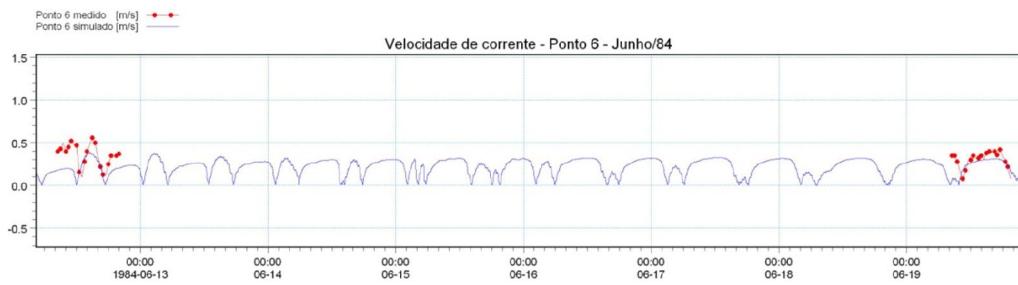


Figura 5. Comparação da velocidade de corrente medida e simulada no ponto 6.

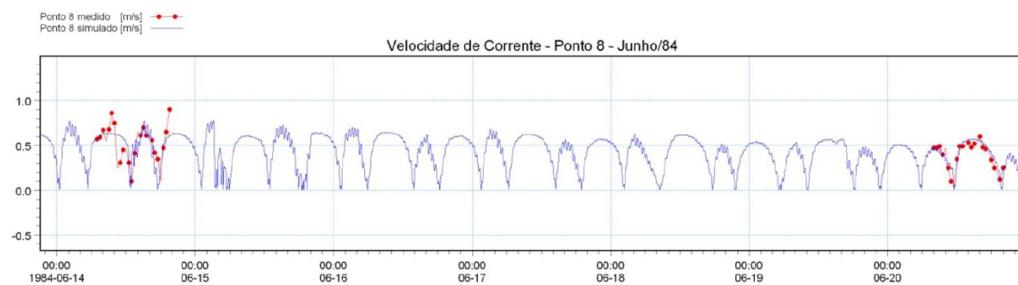


Figura 6. Comparação da velocidade de corrente medida e simulada no ponto 8.

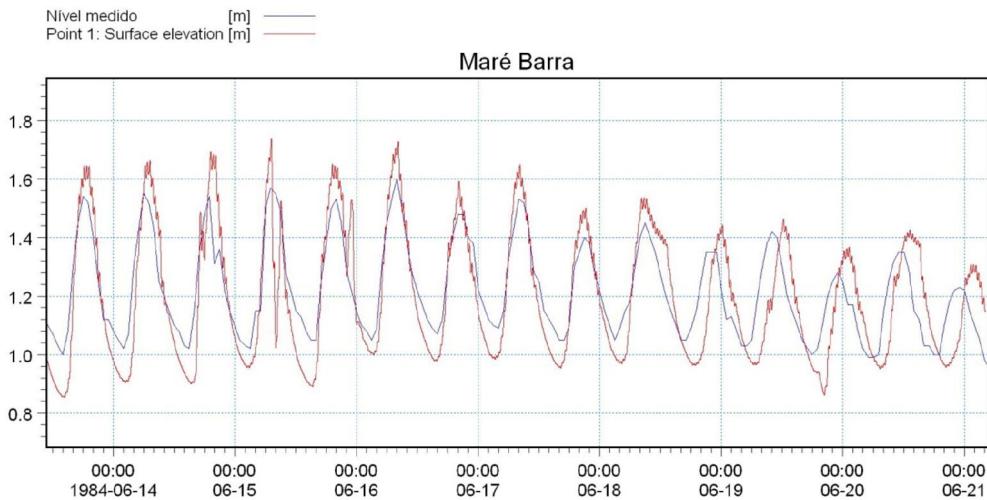


Figura 7. Comparação do nível medido e simulado na estação mareigráfica Barra.

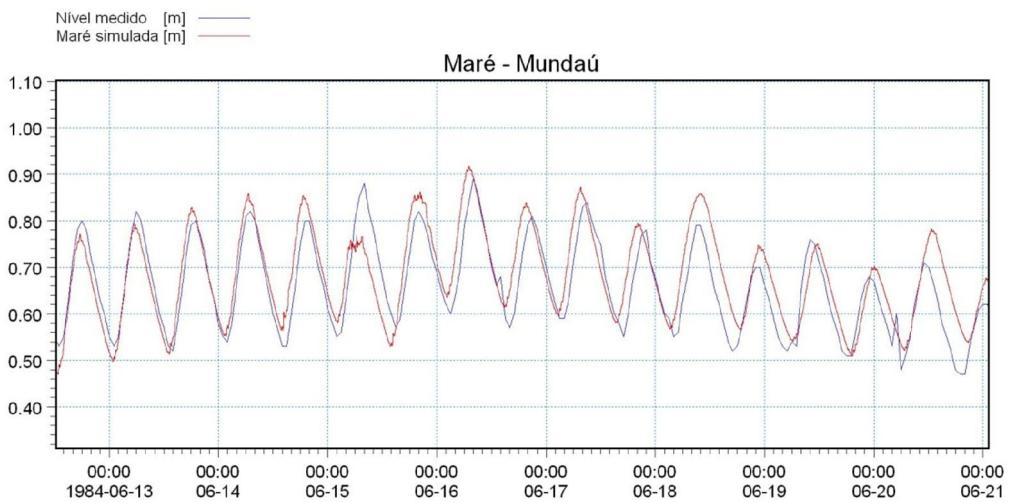


Figura 8. Comparação do nível medido e simulado na estação mareigráfica Mundaú.

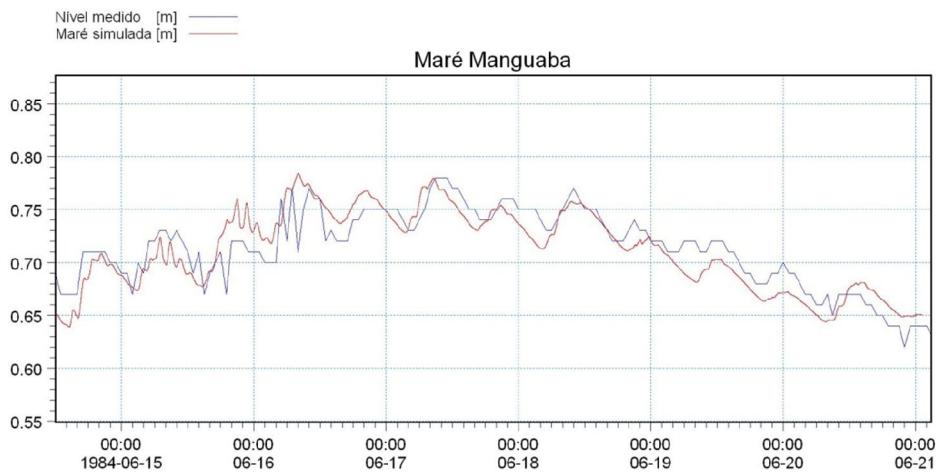


Figura 9. Comparação do nível medido e simulado na estação mareigráfica Manguaba.

Como podemos observar nos gráfico apresentados, apesar de algumas discrepâncias, o modelo foi capaz de representar satisfatoriamente a situação real de 1984.

Para as medições no dia 12 no ponto 6 e no dia 14 no ponto 8, foram encontrados valores medidos maiores do que os simulados, com até 0.30 m/s de diferença. Isso pode ter sido gerado por ocorrência de chuvas na bacia de drenagem nas lagoas e por aumento nas vazões dos rios devido aumento de chuvas nas bacias hidrográficas. Esta ocorrência também explicaria o aumento no nível médio das lagoas que é observado logo após esse período.

O modelo foi considerado calibrado e será extrapolado para as outras situações de interesse, que serão apresentadas no item seguinte.

#### 4.2 – Cenários

Com o intuito de se aproximar da situação atual da lagoa, dois novos arquivos de batimetria foram gerados. No primeiro (Figura.10) as profundidades foram mantidas, porém alterou-se apenas a linha de costa na barra do estuário, passando a representar a linha de costa do presente, já que desde 1984 grandes alterações ocorreram nesse local, que é muito dinâmico.

A segunda nova batimetria gerada (Figura.11) sofreu a mesma alteração da linha de costa da anterior, para também representar a linha de costa do presente, com as profundidades mantidas no interior das lagoas, porém com alterações nas batimetrias dos canais principais de ligação das lagoas com o mar. Nestes canais, todas as profundidades inferiores a 2 m foram igualadas a 2 m, a fim de representar uma possível dragagem nestes canais, para analisarmos as alterações que ocorriam nas amplitudes de marés e nas velocidades de correntes, caso essa medida fosse adotada como intervenção para a melhoria das condições de sobrevivência do sururu.

Considerando o modelo calibrado a partir dos dados de 1984, os resultados analisados serão de simulações com essas duas novas batimetrias, representando o presente, sem e com dragagem nos canais principais.

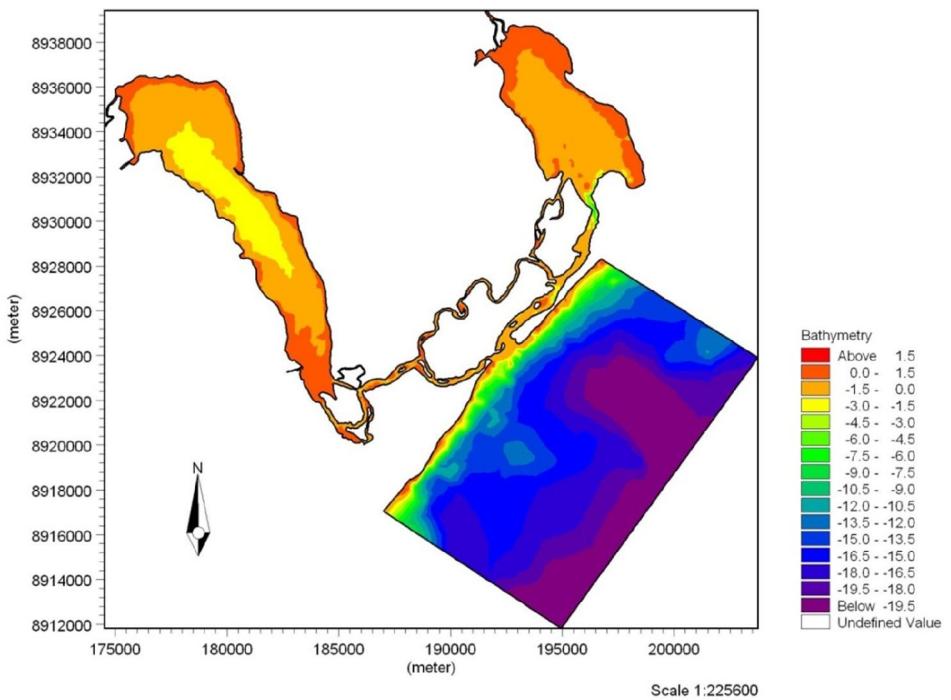


Figura 10. Batimetria de 1984, porém com entrada da barra na situação presente.

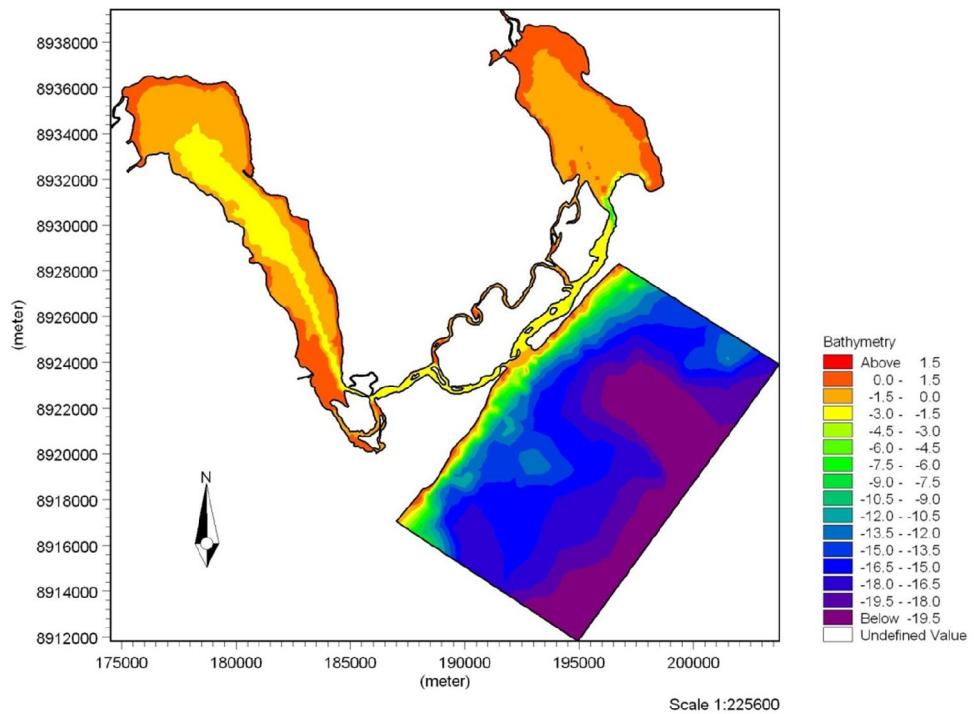


Figura 11. Batimetria de 1984, porém com entrada da barra na situação presente e com dragagem nos canais principais a -2 m.

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados, são apresentados mapas de velocidade de correntes simuladas para a situação atual e para a situação com dragagem nos canais, em períodos de maré enchente e maré vazante.

As figuras 12 e 13 apresentam mapas com as simulações das correntes nas situações atual e dragada, respectivamente, ambas em período de maré vazante.

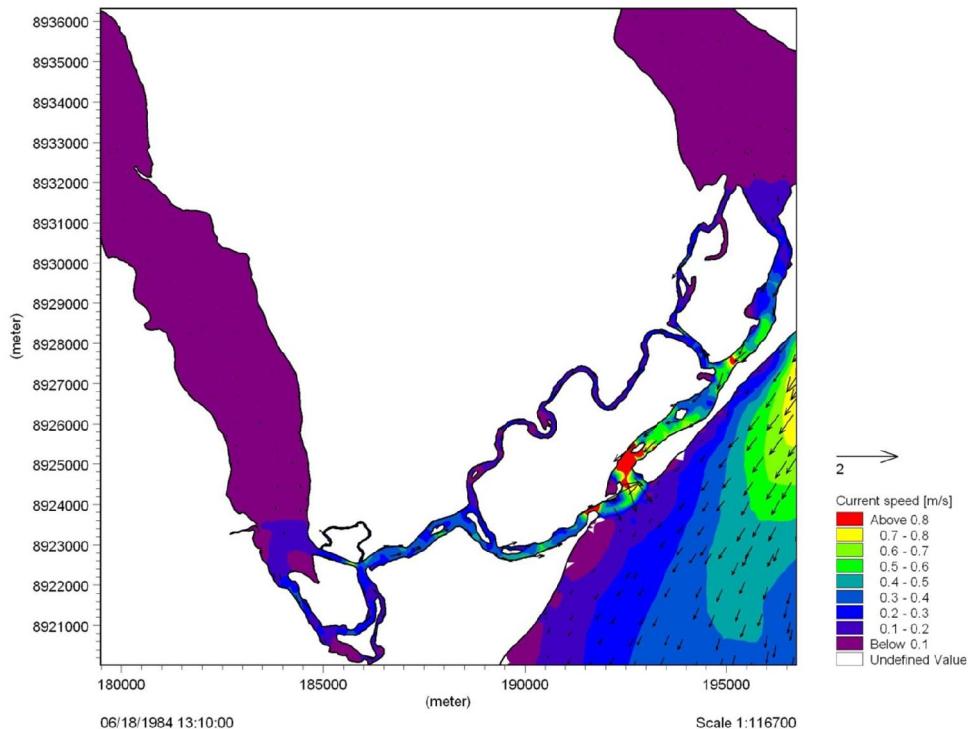


Figura 12. Simulação da situação sem dragagem nos canais, em período de maré vazante.

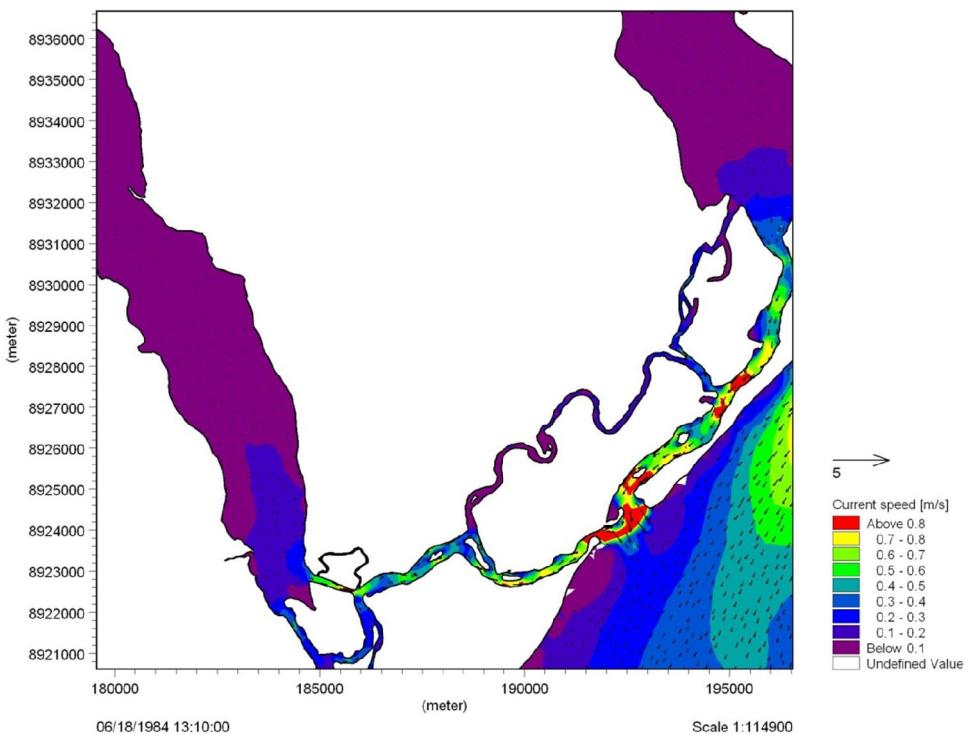


Figura 13. Simulação da situação com dragagem nos canais, em período de maré vazante.

As simulações para o período de maré enchente estão representadas a seguir. Na figura 14 está a simulação para a situação atual e na figura 15 para a situação com dragagem nos canais.

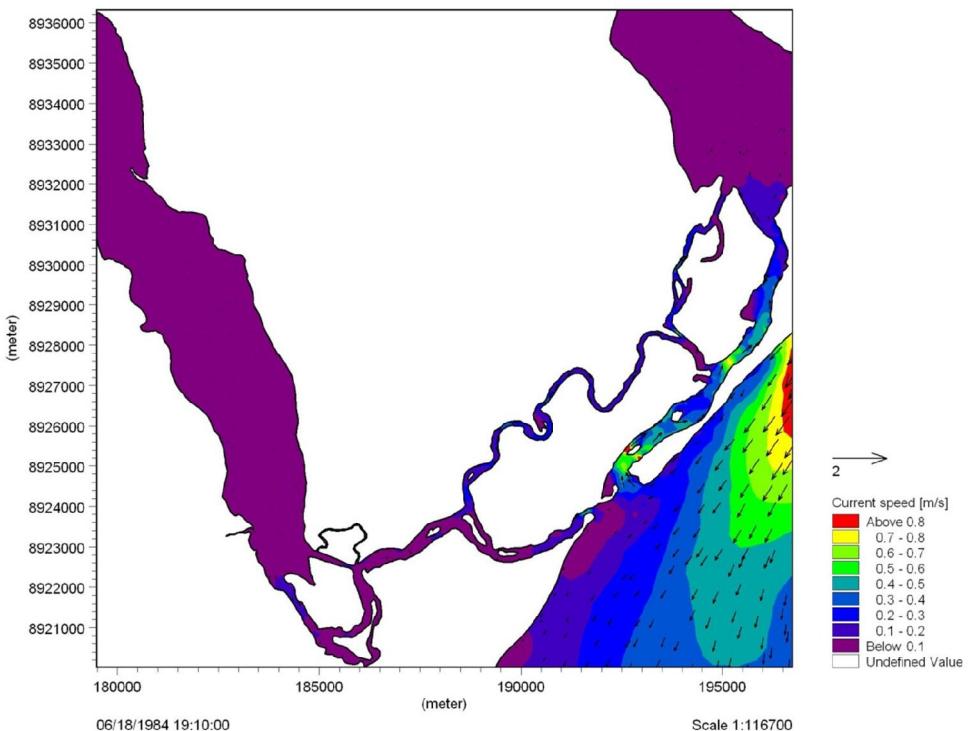


Figura 14. Simulação da situação sem dragagem nos canais, em período de maré enchente.

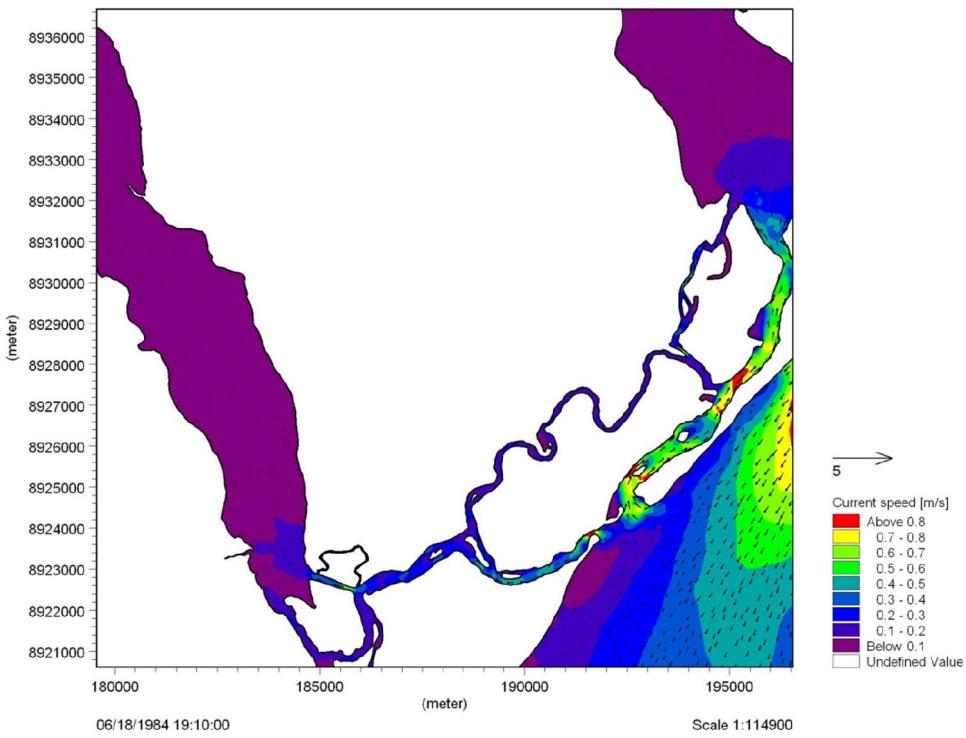


Figura 15. Simulação da situação com dragagem nos canais, em período de maré enchente.

Os locais em vermelho nos mapas acima representam as maiores velocidades, que ocorrem principalmente em períodos de maré vazante.

Pode-se observar claramente que ocorre o aumento da velocidade das correntes nos canais na simulação com a dragagem, em relação à situação atual. Para melhor análise comparativa estão plotados nas figuras 16 e 17 os resultados das simulações nos pontos de medição 6 e 8, respectivamente, contendo as duas situações. O incremento na velocidade das correntes na simulação com dragagem, que chega a 0,20m/s, favorece a renovação das lagoas através da troca de águas com o mar.

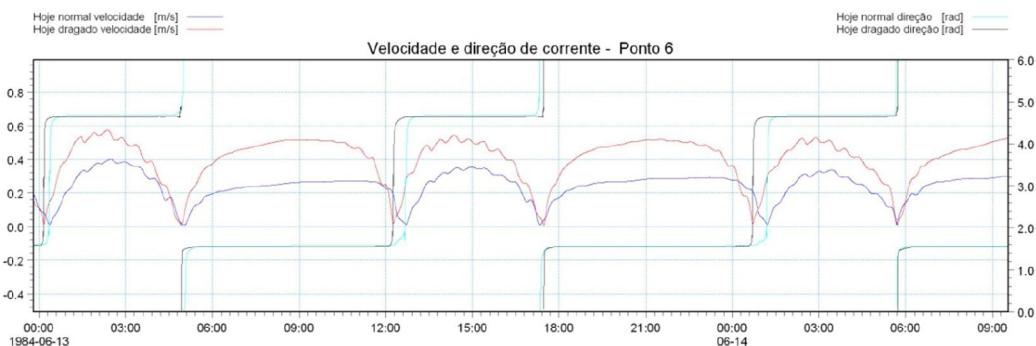


Figura 16. Comparação da velocidade e direção das correntes no ponto 6, simuladas nas situações atual e com dragagem nos canais principais.

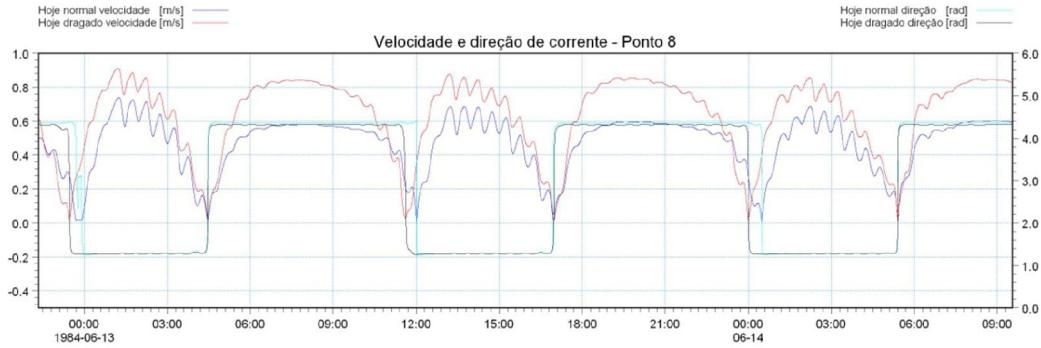


Figura 17. Comparação da velocidade e direção das correntes no ponto 8, simuladas nas situações atual e com dragagem nos canais principais.

A comparação dos dados de nível para a estação Mundaú está apresentada na figura 18, para a estação Manguaba na figura 19 e estação Barra na figura 20.

Embora ocorra redução no nível médio de até 0,20m, a amplitude da maré aumenta na situação após a dragagem dos canais. Este fato também evidencia o provável aumento na renovação das águas das lagoas, corroborando com a análise dos gráficos de velocidade de correntes.

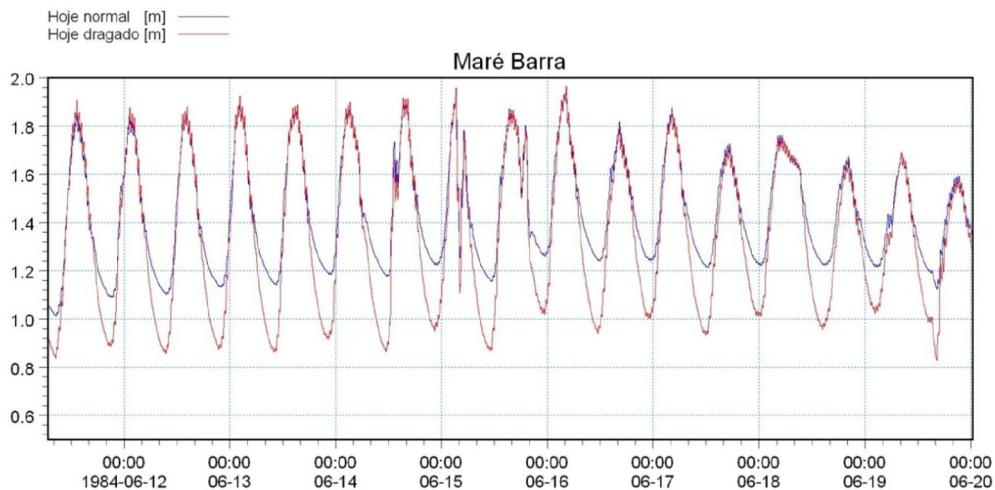


Figura 18. Comparação entre os níveis simulados na estação Barra nas situações atual e com dragagem nos canais principais.

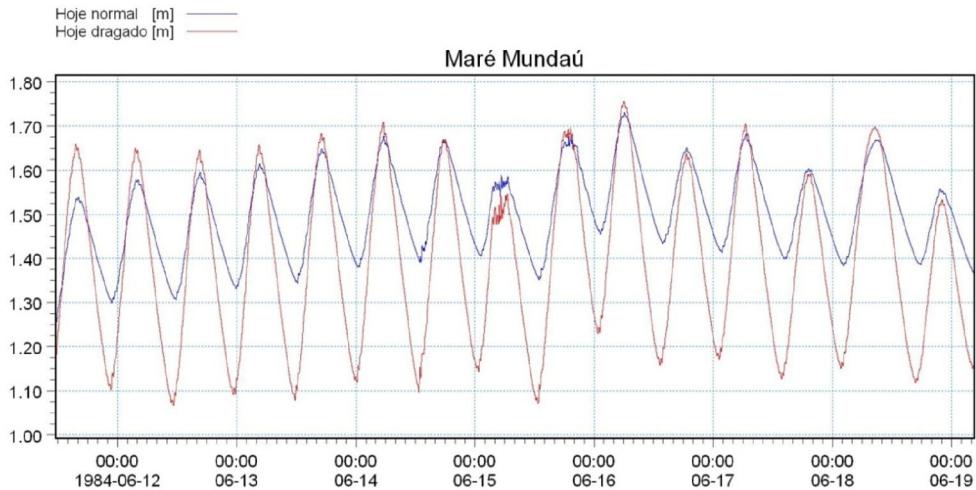


Figura 19. Comparação entre os níveis simulados na estação Mundaú nas situações atual e com dragagem nos canais principais.

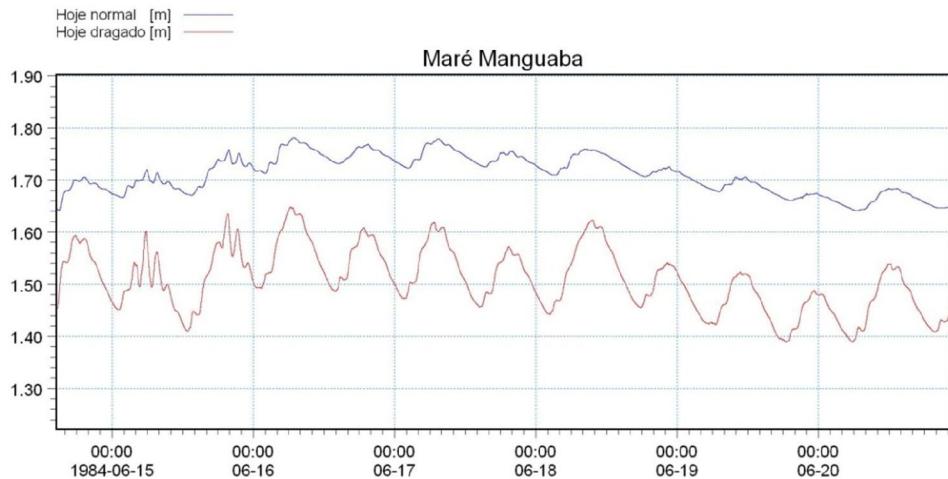


Figura 20. Comparação entre os níveis simulados na estação Manguaba nas situações atual e com dragagem nos canais principais.

Junior e Souza (2003) também estudaram o CELMM através de modelagem, porém o modelo hidrodinâmico criado foi do tipo diferenças finitas, com baixa resolução nos canais. Nesta ocasião também foi testado uma possível dragagem em parte dos canais, porém em área bem menor do que no atual trabalho. Naquele, a calibração foi realizada apenas para pontos na Lagoa Mundaú, que apresentam velocidades muito pequenas, abaixo de 0,20m/s e a comparação entre o cenário com e sem dragagem foi realizada no ponto 7, em um dos canais. Desta forma não foi possível comparar a calibração entre os dois modelos. Neste trabalho a calibração foi feita nos mesmos pontos de comparação entre a situação com e sem dragagem.

Neste trabalho a dragagem foi realizada em batimetria com linha de costa para a situação presente, Junior e Souza (2003) simularam a dragagem para a situação da linha de costa em 1984. Para a situação atual, os valores de velocidade encontrados no ponto 7 foram em média o dobro (0,50m/s) do encontrado por Junior e Souza (2003), que encontraram valores menores do que 0,25 m/s. Esta diferença se deve provavelmente à alteração na linha de costa, sofrida pela ação das ondas com o passar dos anos, que restringiu lateralmente ainda mais o canal na região do ponto 7, aumentando a velocidade das correntes pela conservação da quantidade de movimento.

Embora a área de dragagem estudada neste trabalho seja muito maior que em Junior e Souza (2003), em ambos reforça-se o benefício da dragagem na renovação das águas das lagoas.

Os estudos no modelo foram capazes de demonstrar a viabilidade técnica da realização da dragagem, já que o aumento da área molhada do canal vai aumentar, aumentando também a eficiência das trocas de água entre o oceano e a lagoa. Porém, é necessária a inclusão no modelo de termos de transporte de sal e de componentes que possam influenciar na qualidade da água, a fim de se compreender efetivamente a influência da dragagem na salinidade dentro das lagoas e na propagação de poluentes na zona costeira.

## 6 – CONCLUSÕES

Os canais de ligação são irregulares, possuindo áreas mais estreitas, e em sua formatação original possuem baixa eficiência na comunicação entre as lagoas e o mar, demonstrado pela grande redução da amplitude da maré no interior das lagoas.

O objetivo do trabalho foi alcançado visto que a calibração do modelo matemático com os dados de 1984 foi feita com sucesso.

Algumas simplificações foram introduzidas na batimetria da região, visto a complexidade dos canais. Isto pode ser responsável por pequenas diferenças encontradas entre os dados simulados e medidos.

É necessária a realização de novo levantamento batimétrico, já que a região é muito dinâmica e em 27 anos ocorreram muitas variações, e de novas medições de correntes em pontos fixos com vários dias de duração, para melhor calibração do modelo.

As simulações realizadas servem como ponto de partida para os futuros levantamentos, os quais representariam novas condições de contorno para atualização do modelo e geração de resultados mais fidedignos à situação atual do CELMM.

Para melhor caracterização do ambiente ideal para a produção do *Mytella Falcata* é indicado que as próximas simulações, com dados de futuros levantamentos, sejam realizadas em um modelo

baroclínico e que inclua qualidade de água, a fim de se incluir efetivamente a análise da salinidade dentro das lagoas e do transporte de poluentes para a zona costeira.

## BIBLIOGRAFIA

- ANA. (2006). Agência Nacional de Águas. *Plano de Ações e Gestão Integrada do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba – CELMM*.
- DA SILVA, D. F.; SOUSA, F. A. S. (2009). *Proposta de Manejo Sustentável Para o Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba (AL)*. RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física. Vol.1 n.02, pp.78-94.
- INPH. (1985). Instituto Nacional de Recursos Hidroviários. *Relatório da segunda campanha de medições hidráulico-sedimentológicas do complexo lagunar Mundaú-Manguaba*.
- JÚNIOR, C. R. F.; SOUZA, C. F. (2003). *Análise de uma proposta de dragagem no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba através de um modelo hidrodinâmico bidimensional*. Monografia de Graduação. Maceió, AL. Universidade Federal de Alagoas. Coordenação do Curso de Engenharia Civil.
- PEREIRA-BARROS, J. B. (1969). Informes sobre a pesca na Lagoa Mundaú, Alagoas (peixe, camarão e siri). *Sér. Est. Pesca*, Recife, SUDENE, 9(2): 45-60.
- SANTOS, H. S. S.; BEASLEY, C. R.; TAGLIARO, C. H. (2010). *Changes in population characteristics of Mytella falcata (D'Orbigny, 1846) beds, an exploited tropical estuarine mussel*. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 36(2), pp. 85-97.
- SILVA, D. F.; SILVA, D. F.; SOUSA, F. A. S. (2008). *Degradação ambiental, ocupação irregular e manejo sustentável no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba, Estado de Alagoas (AL)*. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do pinhal, v. 5, n. 3, pp. 152-170.
- SILVA, D. F.; SOUSA, F. A. S.; KAYANO, M. T.; (2007). Avaliação dos impactos da poluição nos recursos hídricos da bacia do Rio Mundaú (AL e PE). Revista de Geografia v. 24, n. 3.
- TEIXEIRA, R. L.; SÁ, H. S. (1998). *Abundância de Macrocrustáceos Decápodes nas Áreas Rasas do Complexo Lagunar Mundaú/Manguaba, AL*. Rev. Brasil. Biol., 58(3), pp. 393-404.