

Artigo Original


e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v13n12019p131-152


Submetido em: 10 out. 2018

Aceito em: 26 fev. 2019

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle  <https://orcid.org/0000-0001-6668-3914>

Mestre em Geografia Física (UFF). Doutorando do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – Campinas/SP – Brasil. E-mail: lucalammle@ige.unicamp.br.

Eduardo Manuel Rosa Bulhões  <https://orcid.org/0000-0002-6000-3890>

Doutor em Geologia e Geofísica Marinha (UFF). Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade Federal Fluminense (UFF) – Niterói/RJ - Brasil. E-mail: eduardobulhoes@id.uff.br.

Dentro da perspectiva dos estudos da dinâmica costeira, este trabalho visa contribuir para o conhecimento relacionado aos impactos oriundos da construção do Porto do Açú, localizado em São João da Barra/RJ. O objetivo é identificar e quantificar as alterações ocorridas na linha de costa do litoral que abrange a área de influência indireta do Porto, com ênfase na área de influência dos ambientes marinhos. A justificativa para a realização deste trabalho são as crescentes intervenções que vêm sendo feitas na área de estudo. A metodologia para alcançar os resultados foi análise de imagens de satélite, vetorização e a sobreposição da linha de costa para identificar alteração, além de calcular a área alterada com suporte de SIG. Dados de batimetria da plataforma continental interna adjacente à área de estudo foram extraídos através das cartas náuticas, a fim de realizar as simulações do comportamento das ondas para a área de estudo para dois cenários: sem e com as estruturas do Porto. Os resultados puderam revelar que na porção ao sul do empreendimento, ao longo de 7,5 km, houve uma progradação média da linha de costa de 14,13 metros entre os anos de 2010 e 2016, enquanto no intervalo de 2003 a 2010 a média de progradação foi de 33,21 metros. Já as simulações de ondas permitiram concluir que elas chegam à costa da localidade do Porto do Açú com características distintas quando comparadas com e sem as estruturas, características estas que se mantêm fora do desvio padrão quando comparadas ao comportamento das ondas em outros pontos de monitoramento analisados.

Palavras-chave: Porto do Açú. Obras Portuárias. Linha de Costa. Progradação. Retrogradação.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

Impacts of coastal works on the coastline: The Case of the Port of Açú, Municipality of São João da Barra, Brazil

From the perspective of coastal dynamics studies, this work aims to contribute to the knowledge related to the impacts arising from the construction of the Port of Açú, located in São João da Barra (Brazil). The objective is to identify and quantify the changes occurring in the coastline of the coast that covers the area of indirect influence of the Port, with emphasis on the area of influence of the marine environments. The justification for this work is the increasing interventions that have been made in the study area. The methodology to achieve the results was satellite image analysis, vectorization and the overlap of the coastline to identify alteration, besides calculating the altered area with GIS support. Data of bathymetry of the continental shelf adjacent to the study area were extracted through nautical charts, to perform the wave behavior simulations for the study area for two scenarios: without and with the Porto structures. The results showed that in the southern portion of the project, along the 7.5 km, there was an average progression of the coastline of 14.13 meters between the years of 2010 and 2016, while in the interval of 2003 to 2010 the average of was 33.21 meters. On the other hand, the wave simulations allowed to conclude that they arrive at the coast of the Açú Port with different characteristics when compared to the structures and without the structures, characteristics that remain outside the standard deviation when compared to the behavior of the waves at other points analyzed.

Key Words: Açú Port. Port Buildings. Coastline. Progradation. Retrogradation.

Impactos de las obras costeras en el litoral: el Caso del Puerto de Açú, municipio de São João da Barra, Brasil

Dentro de la perspectiva de los estudios de la dinámica costera, este trabajo pretende contribuir al conocimiento relacionado a los impactos oriundos de la construcción del Puerto de Açú, ubicado en São João da Barra (Brasil). El objetivo es identificar y cuantificar los cambios ocurridos en la línea de costa del litoral que abarca el área de influencia indirecta del Puerto, con énfasis en el área de influencia de los ambientes marinos. La justificación para la realización de este trabajo son las crecientes intervenciones que se vienen haciendo en el área de estudio. La metodología para alcanzar los resultados fue el análisis de imágenes de satélite, vectorización y la superposición de la línea de costa para identificar alteración, además de calcular el área alterada con soporte de SIG. Los datos de batimetría de la plataforma continental interna adyacente al área de estudio fueron extraídos a través de las cartas náuticas, a fin de realizar las simulaciones del comportamiento de las olas para el área de estudio para dos escenarios: sin y con las estructuras del Puerto. Los resultados pudieron revelar que, en la porción al sur del emprendimiento, a lo largo de 7,5 km, hubo una progresión media de la línea de costa de 14,13 metros entre los años 2010 y 2016, mientras que en el intervalo de 2003 a 2010 la media de progresión fue de 33,21 metros. Las simulaciones de oleaje permitieron concluir que las olas llegan a la costa de la localidad del Puerto de Açú con características distintas cuando comparadas con y sin las estructuras, características que se mantienen fuera de la desviación estándar cuando comparadas al comportamiento de las olas en otros puntos de monitoreo analizados.

Palabras clave: Puerto de Açú. Obras Portuarias. Línea de Costa. Progradación. Retrogradación.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

1 Introdução

As zonas costeiras são consideradas ambientes extremamente frágeis e importantes para o meio ambiente por se tratarem de ecossistemas limítrofes, de transição, e comportam diferentes tipos de clima, como é o caso do litoral brasileiro, que varia do úmido equatorial e tropical ao semiárido no Nordeste, além do subtropical no Sul (NORDSTROM, 2010). São importantes também pela diversidade de ecossistemas existentes nestes ambientes, que, além das praias arenosas, destacam estuários e lagoas costeiras, sistemas lagunares margeados por manguezais, praias lodosas, costões rochosos, recifes de coral, plataformas arenosas, bancos de algas calcárias, restingas, ilhas costeiras e oceânicas, etc. Portanto, as áreas costeiras são sujeitas a rápidas modificações morfológicas pela elevada energia desses ambientes, que pode ser intensificada ainda mais quando há interferência humana impondo algum obstáculo na dinâmica natural do oceano.

O Porto do Açú é um complexo portuário privativo de uso misto com dois terminais, um *offshore* (costa afora) e outro *onshore* (costa adentro), em construção e já em operação no município de São João da Barra (RJ), na Baía de Campos, área responsável por 85% da produção de petróleo e gás do Brasil. O início das construções foi a partir de outubro de 2007 e a operação ocorre desde 2014, com área total do empreendimento de 130 km². O canal de acesso se localiza a 15 km ao norte do Cabo de São Tomé / 30 km ao sul da foz do rio Paraíba do Sul. Será interligado à malha ferroviária nacional através de duas ferrovias, a EF-118 e a EF-354, ambas em estudo pelo Governo Federal. A EF-354 conectará Anápolis (GO) ao Porto do Açú, passando também por Brasília (DF), Corinto, Conceição do Mato Dentro e Ipatinga (todos em MG) e Campos dos Goytacazes (RJ). Este trecho possibilita a ligação do Porto do Açú com o Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, criando uma nova alternativa para a exportação de vários produtos, principalmente grãos, minério de ferro e produtos siderúrgicos. A EF-118 interligará o Porto do Açú ao Rio de Janeiro, passando pelo COMPERJ, e a partir daí, através da MRS, a São Paulo e Minas Gerais. Em seu tramo norte, a EF-118 conectará o Porto do Açú a Vitória e, através da EFVM, a regiões de Minas Gerais. Parte desta ferrovia já existe, a EF-103, e terá seu leito reaproveitado, reduzindo investimento para sua implantação. Em relação ao acesso rodoviário, a RJ-244 permitirá conexão direta com a BR-101 e, através desta, ao Sudeste brasileiro através da BR-356, BR 116 e a BR 040 (INFRAESTRUTURAS..., 2011).

Esse tipo de alteração na morfologia da linha de costa já foi identificado em outros locais onde existem obras portuárias. Magine *et al.* (2011), em um estudo sobre a zona costeira sob influência do porto do Pecém, no Ceará, puderam avaliar tais mudanças no período entre 2005 e 2009 nos perfis de praia, em que se verificou progradação da linha de costa, chegando até centenas de metros em alguns perfis. Tais mudanças ocorreram em função de um aporte sedimentar que foi interpretado como resultante das edificações portuárias no que se refere à sedimentação costeira. Martinez (2009) identificou alterações desse tipo na zona costeira sob influência do porto do Tubarão, em Vitória, no Espírito Santo, onde mostra que as obras portuárias influenciam na direção média do fluxo de energia nas praias adjacentes. O autor também mostra que, em longo prazo, a tendência da praia de Camburi é sofrer uma rotação acentuando os processos erosivos na porção ocidental.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açu, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é quantificar, através de modelagem computacional, as alterações ocorridas na linha de costa do litoral que abrange a área de influência indireta do Porto do Açu, com ênfase na área de influência dos ambientes marinhos a partir da construção das obras e estruturas costeiras relacionadas ao abrigo portuário. Os objetivos específicos são:

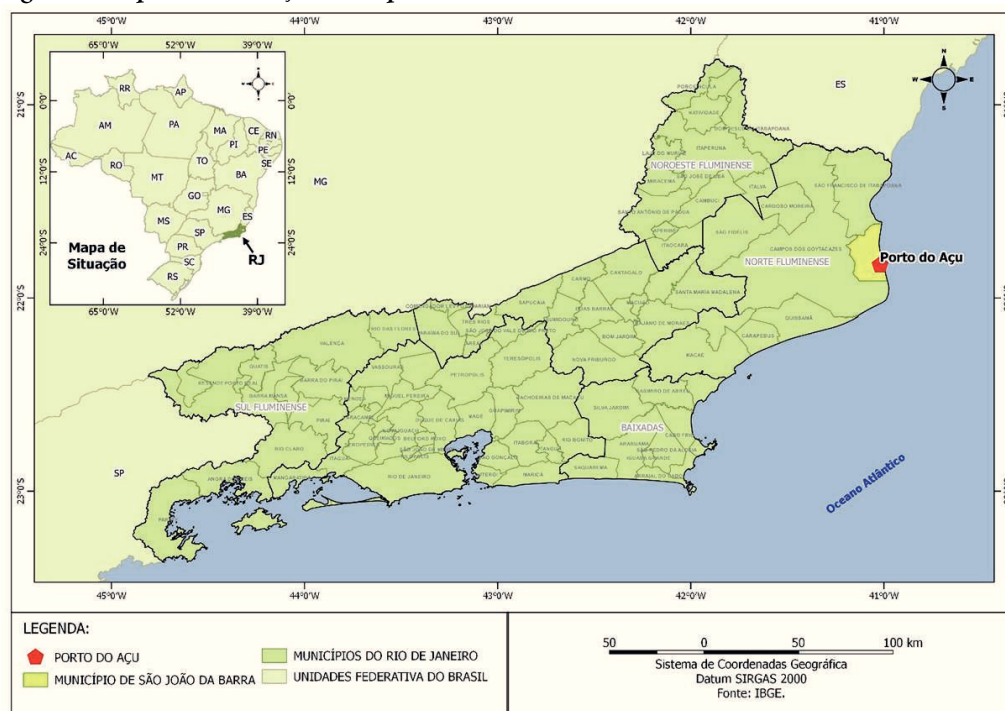
a) demonstrar através de imagens de satélite o realinhamento da linha de costa antes e após a instalação das obras portuárias e mensurar as áreas alteradas através de ferramentas de geoprocessamento;

b) simular, através do Mike21 (Software para modelagem em ambientes aquáticos, sendo mais utilizado no âmbito do litoral), parâmetros hidrodinâmicos como altura significativa, altura máxima, direção média de ondas, potência de ondas e velocidade horizontal de partículas além do efeito de ondas extremas de diferentes direções, utilizando as condições sem as estruturas do porto e com as estruturas do porto, para comparação e análise da extensão das alterações.

2 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na baía de Campos, especificamente no litoral norte-fluminense, município de São João da Barra, distrito do Açu. Na Figura 1 é possível visualizar a localização da área de estudo no território brasileiro.

Figura 1. Mapa de localização do empreendimento



Fonte: Adaptado de IBGE (2016)

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

A bacia de Campos situa-se na extremidade meridional da costa leste brasileira, na costa norte do estado do Rio de Janeiro e sul do Espírito Santo. Delimita-se ao sul pelo Alto de Cabo Frio, que a separa da Bacia de Santos; e ao norte pelo Alto de Vitória, que a separa da Bacia do Espírito Santo (RANGEL *et al.*, 1994). A área de estudo está integrada na porção superior da referida bacia, na costa do litoral norte do estado do Rio de Janeiro, especificamente no distrito do Açú, localizado ao sul do município de São João da Barra. Trata-se da principal bacia sedimentar já explorada na costa brasileira em relação a petróleo e gás, e possui uma área de aproximadamente 100 mil quilômetros quadrados, segundo a Petrobrás¹.

Está localizada na Zona Tropical e sofre predominante influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que oscila em torno de sua posição média, localizando-se mais ao sul e a leste no verão (30°S e 15°W) e mais ao norte e a oeste no inverno (22°S e 30°W). Esse sistema de ação gera ventos que sopram em torno do seu núcleo, divergentes e contrários aos ponteiros do relógio; estabelecendo assim as condições meteorológicas mais frequentes na região, que são os ventos de direções variáveis de norte a leste, e de intensidades fracas a moderadas (PINHO, 2003).

As duas massas de ar que afetam as condições meteorológicas da região da Bacia de Campos são a Massa de Ar Tropical Marítima, quando não existe entrada de sistemas frontais, e a Massa Polar Marítima, quando existe invasão de frentes frias oriundas de latitudes maiores. A primeira está localizada sobre as latitudes tropicais oceânicas e é caracterizada pelo centro de ação, denominado de Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. A segunda é a massa de ar que está associada ao Anticiclone Polar, que se situa atrás das frentes frias. Possui núcleo frio e ocasionalmente migra em direção às latitudes menores, onde se encontra com a Massa Tropical Marítima. Desse encontro de massas de ar resulta a formação da frente fria. (PINHO, 2003).

A corrente do Brasil flui paralelamente à costa, chegando aproximadamente até a latitude do Uruguai. Essa corrente exerce uma influência direta sobre a massa tropical marítima que circula pela costa oriental da América do Sul, comandada pelos ventos anticiclônicos da região. Tal corrente promove um aquecimento pela base na massa de ar, o que acarreta instabilidade na linha de costa (PINHO, 2003).

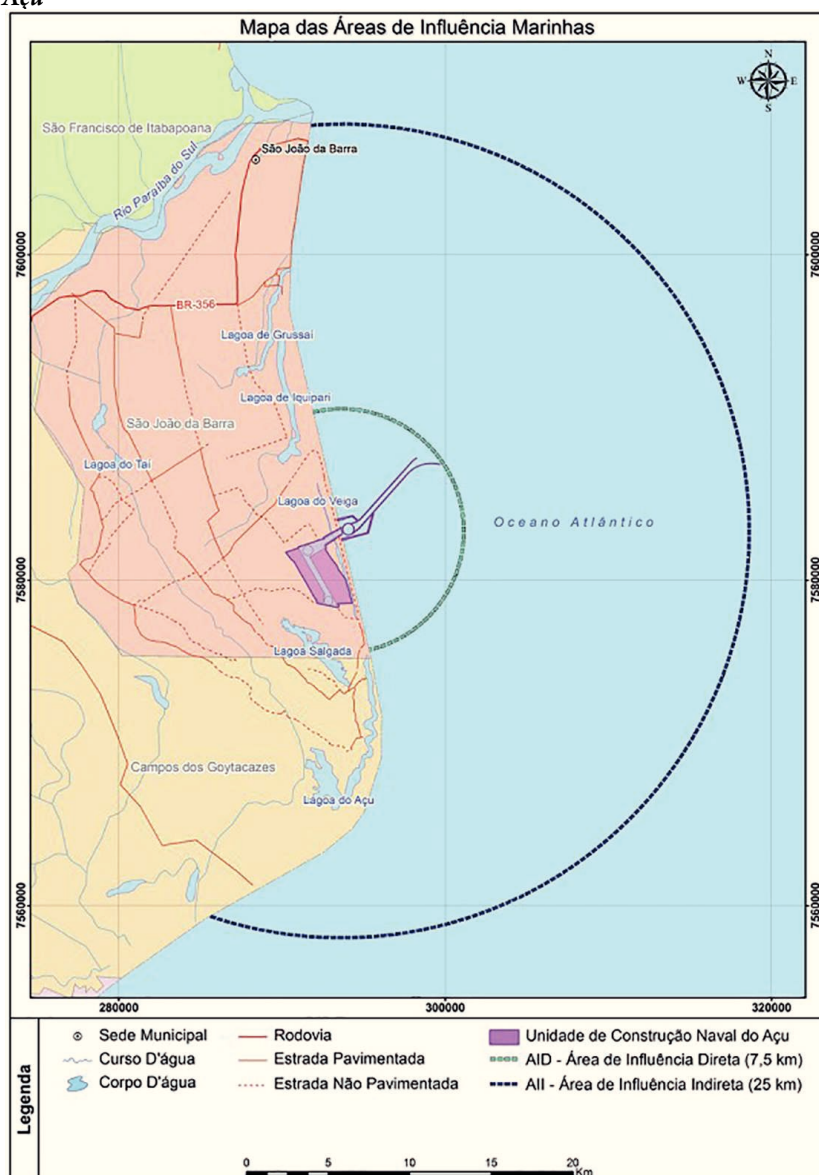
Partindo do que está descrito no EIA (INFRAESTRUTURAS..., 2011), as áreas de influência do Ambiente Marinho para os meios Físico e Biótico foram definidas de acordo com os resultados das modelagens de configuração morfológica, hidrodinâmica marinha, deposição de material dragado e derrame de óleo. Sendo denominadas: AII – Área de Influência Indireta: faixa de aproximadamente 25 km do empreendimento, estendendo-se da foz do rio Paraíba do Sul até as proximidades do Farol de São Tomé; AID – Área de Influência Direta: raio de 7,5 km, incluindo toda a extensão do canal de navegação, guias-corrente e a área de intersecção com o canal de acesso do Porto do Açú. A Figura 2 permite visualizar o recorte da AII e AID para a área de estudo.

¹ Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/bacias/bacia-de-campos.htm>.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

Figura 2. Áreas de Influência Direta (AID) e indireta (AII) na Região Costeira, adjacente ao Porto do Açú



Fonte: INFRAESTRUTURAS... (2011)

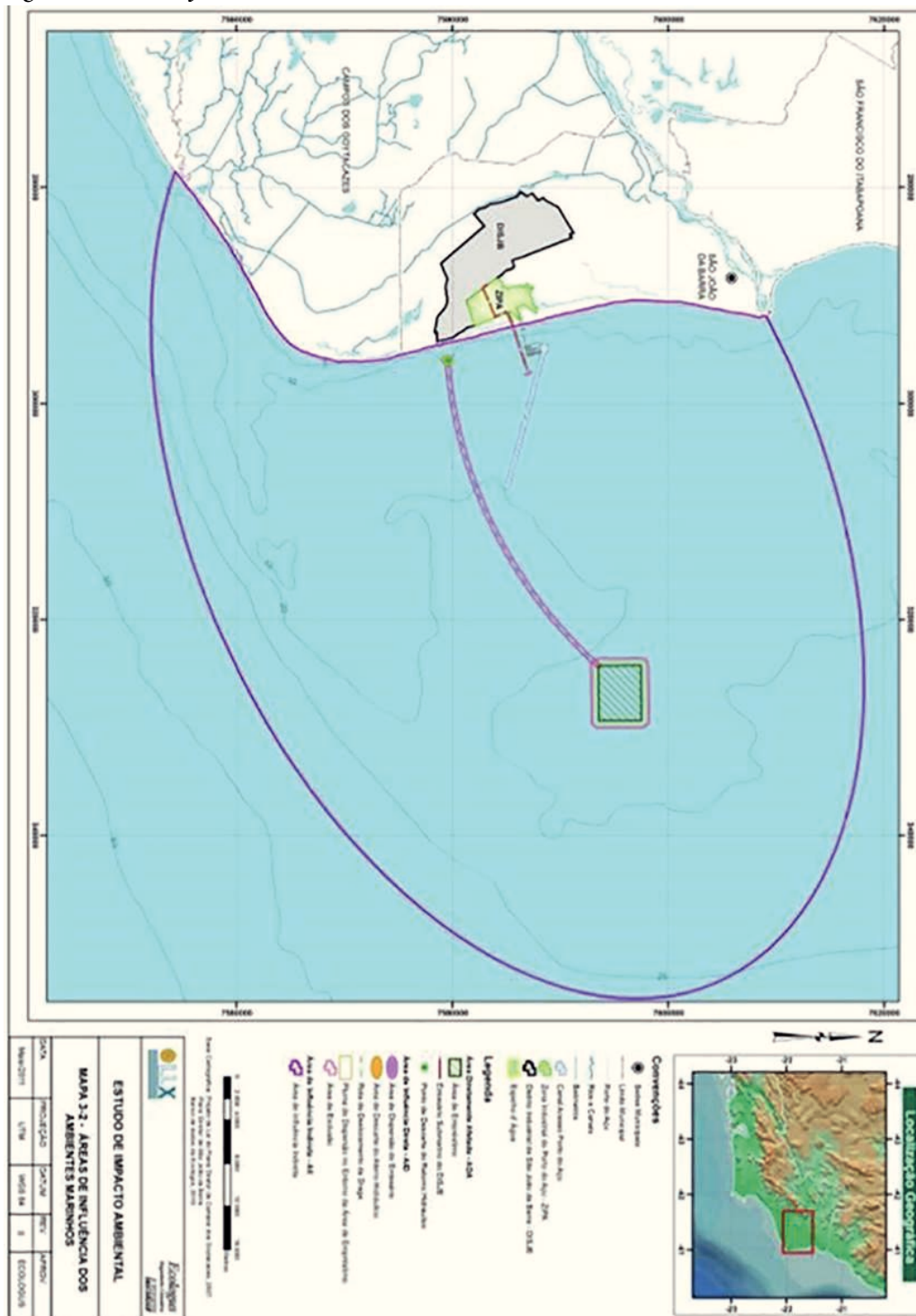
As áreas marítimas contidas no espaço litorâneo entre a foz do rio Paraíba do Sul e o Farol de São Tomé estão sujeitas à influência indireta dos impactos do empreendimento sobre o meio físico, em decorrência de potenciais desdobramentos indiretos das intervenções relativas à construção e operação do emissário submarino. Entretanto, existe outro recorte de área, que será especificamente o recorte espacial deste trabalho, que é definido pelo espaço marítimo, e esta área decorre dos potenciais efeitos indiretos da atividade de dragagem e de bombeamento de areia para o terreno do empreendimento, que poderá influenciar na circulação oceânica local

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

e conseqüentemente afetar a linha de costa, onde existe as obras de abrigo portuário. Tal recorte segue na Figura 3.

Figura 3. Área de influência dos ambientes marinhos



Fonte: INFRAESTRUTURAS... (2011)

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

A atual planície costeira faz parte do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. Segundo Dias (1981), este complexo pode ser entendido como um conjunto de ambientes sedimentares relacionados, principalmente, a diversas fases de evolução do delta do rio Paraíba do Sul. Os processos evolutivos que desencadearam as principais transformações morfológicas no delta foram apresentados entre outros trabalhos por Dias e Gorini (1980); Dominguez *et al.* (1981); Martin *et al.* (1984); Silva (1987); Bastos (1997). Apesar de algumas considerações discordantes em relação à evolução da área, em todos os trabalhos é consenso que o atual sistema de cristas de praia associadas à desembocadura do rio Paraíba do Sul foi formado numa situação regressiva do nível relativo do nível do mar, criando condições para um ambiente progradante da linha de costa nos aproximados últimos 5.000 anos (GUARDADO *et al.*, 2000).

A planície costeira do rio Paraíba do Sul está inserida numa área caracterizada como de clima tropical úmido, com temperatura média de 22 °C. Apresenta uma estação chuvosa no verão e uma estação seca no inverno, indicando uma média anual de 1.300 mm (COSTA, 1994 *apud* BASTOS, 1997). Segundo Bernardes (1957), o mês de dezembro é tido como o mês com maior índice pluviométrico, com cerca de 150 mm.

As temperaturas médias do ar na região variam entre 24 e 27 °C no verão, naturalmente mais elevadas do que no inverno, quando ficam entre 21 e 24 °C. A pressão atmosférica média ao nível do mar mostra-se mais elevada durante o inverno, estando entre 1.015 e 1.020 hPa (hectopascals). Isto se deve ao fato de que, nesta estação do ano, ocorre um menor aquecimento do ar próximo à superfície, bem como entradas mais frequentes de massa de ar polar marítima, por ocasião da passagem de sistemas frontais frios pelo nosso continente. No verão observam-se pressões médias entre 1.012 a 1.015 hPa. Os ventos dominantes provêm do quadrante Nordeste (NE), associados à influência da ASAS, com velocidade em torno de 5-10 nós em média. Associados a passagem de frentes frias, os ventos Sul (S), Sudeste (SE) e, em menor expressividade, os de Sudoeste (SW) atingem a região, principalmente no outono e no inverno (PINHO, 2003 *apud* GUIMARÃES, 2005).

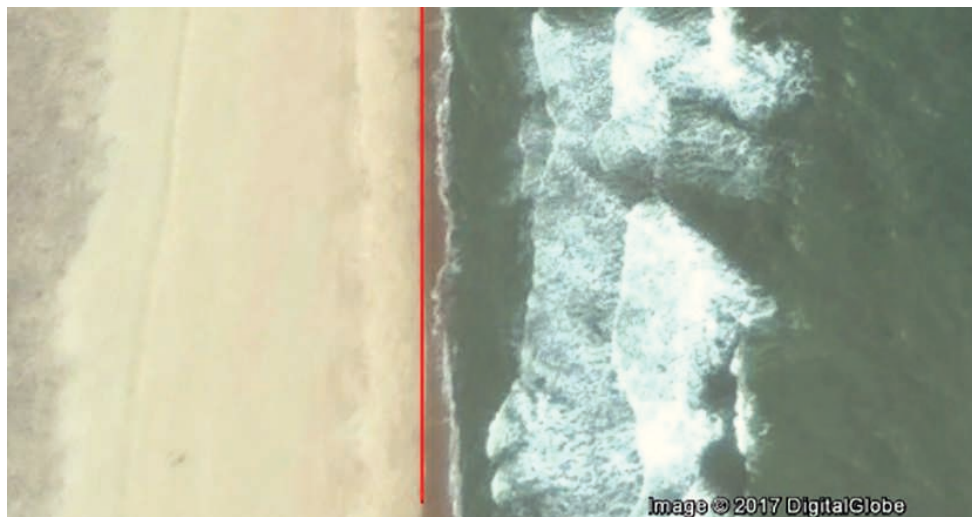
3 Material e Métodos

Para identificar e visualizar o deslocamento da linha de costa, foram utilizadas imagens disponíveis por meio do *Google Earth Pro* (exemplo na Figura 4) para digitalização da fronteira seco/molhado (uma das concepções de linha de costa) no período antes do início das obras do porto até às condições atuais, além do uso de *softwares* como o *QuantumGis* e *ArcGis* para obter resultados quantitativos.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

Figura 4. Exemplo de Linha de Costa Vetorizada na Fronteira seco/molhado Sobre Imagem Google



Fonte: Autores (2017) Adaptado de Imagem Google Earth Pro

Para a área de estudo, estão disponíveis arquivos dos anos de 2003, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015 e 2016. Vale ressaltar que as obras do porto se iniciaram em 2009, ou seja, partindo de imagens disponíveis, é possível visualizar o litoral antes e durante a construção das obras.

Através das imagens disponíveis no programa *Google Earth Pro*, foi feita a vetorização da linha de costa em arquivos vetoriais do tipo *shape* através do programa *QuantumGis*, que posteriormente permitiu a sobreposição e diferenciação das linhas dos respectivos anos da linha de costa no *ArcGis*. Ou seja, o primeiro passo foi criar os vetores no próprio *Google Earth Pro*; o segundo passo foi exportar esses vetores para o *QuantumGis* e converter para o formato *shapefile* (compatível com o *ArcGis*) e o terceiro passo foi sobrepor estes vetores no *ArcGis* para identificar a alteração na linha de costa.

Os critérios utilizados para o limite da vetorização foram de 3,5 km ao norte do canal do porto, e 7,0 km ao sul (até a comunidade em Barra do Açú), com a justificativa de que acima de 3,5 km ao norte já não existem mais alterações significantes, diferente do que ocorre ao sul do terminal 2 (Molhe Sul), onde as alterações são mais nítidas em uma faixa de até 7 km.

As alterações na linha de costa entre 2003 e 2010, e posteriormente entre 2010 e 2016, foram estimadas através da construção de polígonos e transectos. Os polígonos indicam as áreas de progradação e retrogradação. Já os transectos, retas perpendiculares à linha de costa espaçados a cada 50 metros, permitiram estimar o deslocamento da linha de costa entre um ano e outro.

Foi simulado também o ambiente de ondas para a área de estudo entre janeiro de 2004 e janeiro de 2017 considerando a área de estudo sem a presença das estruturas portuárias e com a presença dessas estruturas. Os dados diários de entrada são subdivididos em cada 3 horas, de acordo com os resultados do modelo *WaveWatch III*. Foi calculada para a área de estudo a alteração de parâmetros de entrada como: Altura Significativa das Ondas, Direção Média de Ondas, Período de Pico, Velocidade do Vento e Direção Média do Vento, todos para a quadrícula que abrange a Baía de Campos.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

3.1 Batimetria da Plataforma Continental Interna adjacente à Área de Estudo

Os dados de linha de costa e batimetria da plataforma continental interna adjacente à área de estudo foram extraídos através das cartas náuticas que estão disponíveis no banco de dados do *site* da Marinha do Brasil. Para este trabalho, foi utilizada a Carta Náutica nº 1.550 “Antiga” (sem as estruturas do porto e elaborada a partir de levantamentos e sondagens da Marinha do Brasil entre 1985 e 1992), a Carta Náutica nº 1550 “Atual” (com as estruturas do porto e elaborada a partir da atualização de levantamentos e sondagens da Marinha do Brasil entre 2012 e 2016) que abrange a Baía de Campos, onde está inserido o Porto do Açú e toda a área de influência indireta marinha. Dessas cartas foram extraídas informações de linha de costa e batimetria. Adicionalmente, dados das cartas náuticas CN1405 – Porto do Açú e CN1406 – Proximidades do Porto do Açú foram úteis para o detalhamento das estruturas portuárias e de dados batimétricos para as proximidades do porto. As vetorizações foram executadas através do programa *Didger3* e exportadas em arquivos de texto (.txt e xyz) para compor as bases da modelagem através do programa *Mike21*.

3.2 Simulações de ondas em águas rasas com o *Mike21*

O *Mike21* é um programa que faz diferentes tipos de simulações em ambientes aquáticos, seja no oceano, em rios, lagos, ou qualquer outro corpo d’água. No caso deste trabalho, foi utilizado para modelagem de ondas no domínio oceânico. O programa se divide em diversos módulos. Dentre os módulos foram utilizados o *Mike 21 SW (Spectral Waves)* e o *Mike Zero*. O *Mike21 SW* é um modelo espectral de ondas oceânicas baseado numa malha irregular de pontos, na qual simula o crescimento, o decaimento e a transformação de ondas do tipo vaga e ondas do tipo marulho (*swell*) para alto mar e áreas costeiras (OLIVEIRA FILHO, 2016).

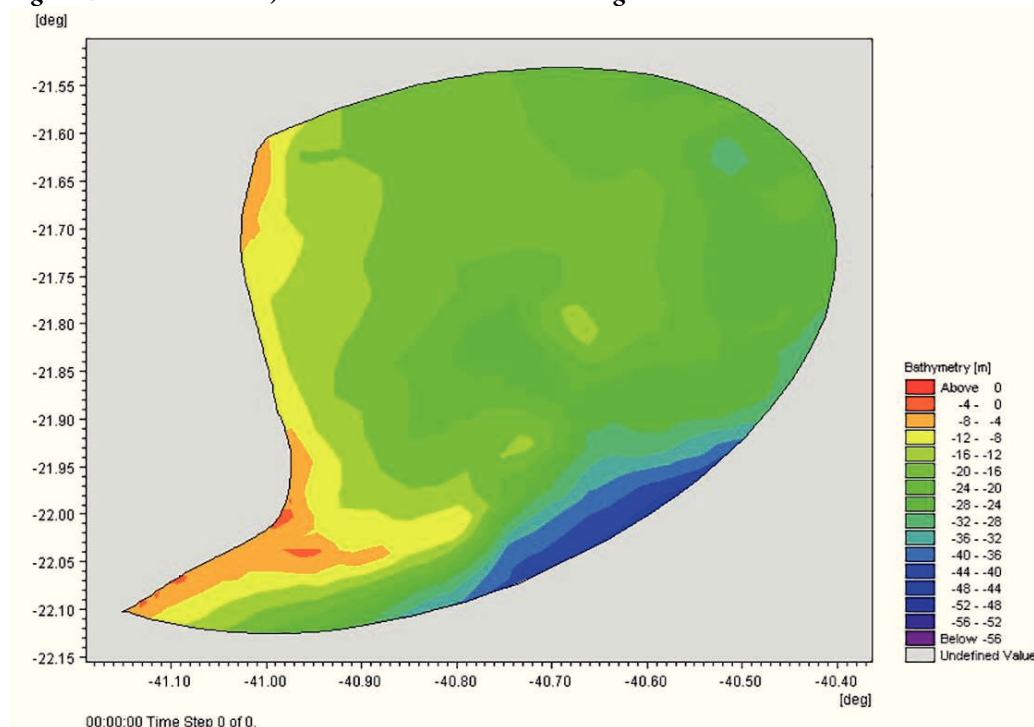
É no módulo *Mike Zero* que se prepara toda a parte pré-simulação, ou seja, onde ocorre a construção dos limites de terras emersas, os limites de quadrante, o desenho da malha irregular de pontos (*unstructured mesh*), em que para cada ponta de cada triângulo desenhado será calculado, durante a simulação, as equações pertinentes de transformação de ondas. A essa malha irregular, acoplam-se dados batimétricos xyz (longitude, latitude e profundidade), representada pela escala de cores, como exemplificado nas figuras 5 e 6, que apresentam, respectivamente, a malha irregular e os limites da área de modelagem sem as estruturas e com as estruturas (OLIVEIRA FILHO, 2016).

Após a etapa do pré-processamento, é necessária a utilização do módulo *Mike21 SW*, onde é selecionado o domínio de simulação, ou seja, a área ou limites em que será realizada a simulação, a partir da série temporal escolhida (OLIVEIRA FILHO, 2016). As figuras 5 e 6 apresentam a linha de costa, a batimetria interpolada e os limites das modelagens respectivamente Sem Estruturas e Com Estruturas.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

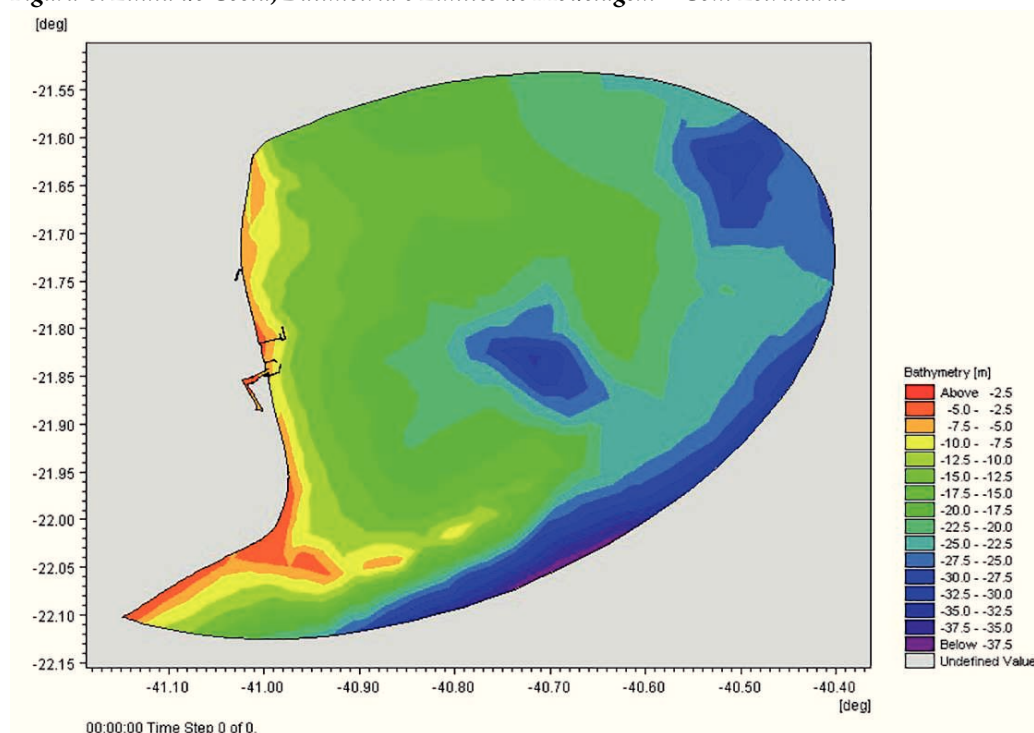
Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

Figura 5. Linha de Costa, Batimetria e Limites de Modelagem – Sem Estruturas



Fonte: A autoria própria (2017)

Figura 6. Linha de Costa, Batimetria e Limites de Modelagem – Com Estruturas



Fonte: A autoria própria (2017)

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

O módulo *Mike21 SW* pode utilizar duas equações distintas para resolver a propagação de ondas oceânicas para águas rasas, uma sendo a equação de conservação de energia de ondas de forma parametrizada (*decoupled parametric formulation*) e a outra de forma completa (*fully spectral formulation*), em que estas variam basicamente em termos de custos computacionais e refinamento dos resultados (BULHÕES, 2011; OLIVEIRA FILHO, 2016).

Neste trabalho foram realizados dois conjuntos de simulações. O primeiro conjunto foi simulado em condições hipotéticas considerando as cinco principais direções de ondas que atingem a área de estudo (sul, sudeste, sudoeste, leste e nordeste) e partiu de dados de entrada extraídos do cálculo de extremos realizados por Campos (2009) para altura significativa, período de ondas, além de direção e velocidade dos ventos para a Baía de Campos. Essas simulações foram feitas sobre a malha de modelagem com e sem as estruturas do porto para efeito de comparação.

O segundo conjunto de simulações utilizou dados diários do modelo *Wave Watch III* (conforme descritos no item 6.1), ao longo do intervalo entre 01/01/2010 e 01/01/2017, para simular no tempo as diferenças nos resultados indicados pelos parâmetros: altura significativa de ondas (*Hs*); altura máxima de ondas (*Hmax.*); direção média de ondas (*MWD*); potência da onda ou *wave power* (*WPR*); e velocidade horizontal das partículas (*HPV*) novamente comparando os cenários da malha de modelagem com e sem as estruturas portuárias. A partir dos resultados foi calculada a estatística básica descritiva para cada um dos parâmetros e extraídos os valores médios e de desvio padrão.

Os dados de saída para o módulo *Mike21 SW* podem ser obtidos de três formas, ponto, linha e área. Considerando os dois conjuntos de simulações, para este estudo foram extraídos os resultados na forma de pontos para representar as condições específicas pontuais de cada uma das 14 localidades observadas (Figura 7), a saber: Atafona (-41.01,-21.6198); Grussaí (-41.01819,-21.662); Iquipari (-41,0232,-21.73605); Porto do Açú Norte (-41.00849,-21.8); Porto do Açú Sul (-40.99553,-21.851); Praia do Açú (-40.98805,-21.88851); Lagoa do Açú (-40.9735,-21.956); Farol do Açú (-40.986, -22.003); Vila do Sol (-41.015,-22.028); Restinga do Xexé (-41.025,-22.0322); Farol de São Tomé (-41.053,-22.0604); Lagamar (-41.08,-22.0604); Restinga/Mangue Carapeba (-41.0982,-22.07155); e Barra do Furado (-41.1244, -22.0882).

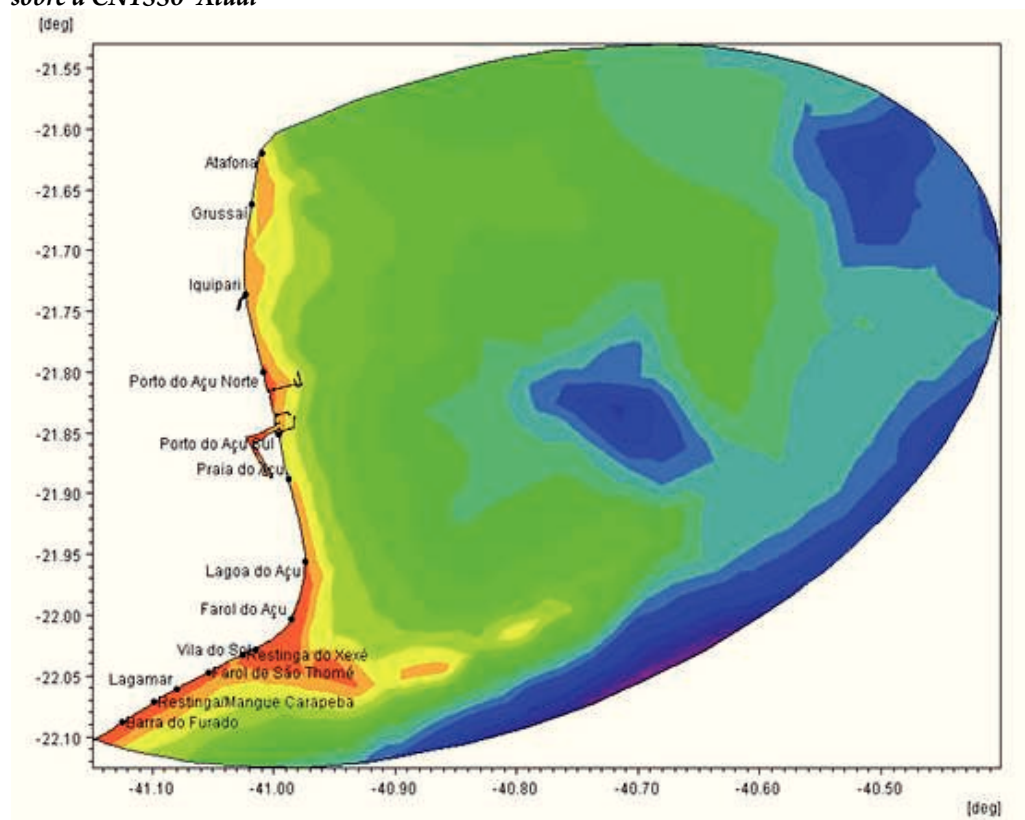
Trata-se basicamente de praias arenosas com algumas diferenças em suas características morfodinâmicas já registradas em trabalhos como os de Bastos e Silva (2000) e Ribeiro *et al.* (2016). Estas posições foram selecionadas por se tratar de estações de interesse e monitoramento do Núcleo de Estudos Costeiros do Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal Fluminense e por se inserirem na área de influência indireta adotada como recorte espacial deste trabalho.

Após as etapas descritas e após o processamento dos dados, torna-se possível a comparação dos diferentes parâmetros para a área de estudo e, conseqüentemente, para todos os pontos de monitoramento indicados (Figura 7), analisando tais parâmetros sem as estruturas portuárias e com as estruturas portuárias, a fim de comparar se as alterações mais significantes ocorrem ao longo de todos os pontos de monitoramento ou especificamente na área do empreendimento.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

Figura 7. Área de modelagem e pontos selecionados como localidades de monitoramento. Exemplo sobre a CN1550 "Atual"



Fonte: Autoria própria (2017)

4 Resultados e Discussões

Para mensurar a alteração em área no litoral ao sul do Molhe Sul (local onde o acúmulo sedimentar é visto facilmente através das imagens em curto espaço de tempo), os resultados extraídos a partir das rotinas de geoprocessamento, que envolveram análise de imagens de satélites de diferentes anos e a vetorização das mesmas para posteriormente poder calcular a alteração no *software* ArcGis, indicaram que no período de 2003 a 2010, durante os 7 anos, onde hoje está posicionado o Molhe Sul, houve um deslocamento médio de 14,13m, enquanto no período entre 2010 e 2016, mesmo com intervalo menor, houve um deslocamento médio de 33,21, pouco mais que o dobro do intervalo anterior. A Figura 8 indica o deslocamento perpendicular à linha de costa através dos transectos. A Tabela 1 mostra os valores do ponto em que houve deslocamento mais significativo, além do deslocamento médio em toda a área e o desvio padrão, também para os dois intervalos de tempo já mencionados.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

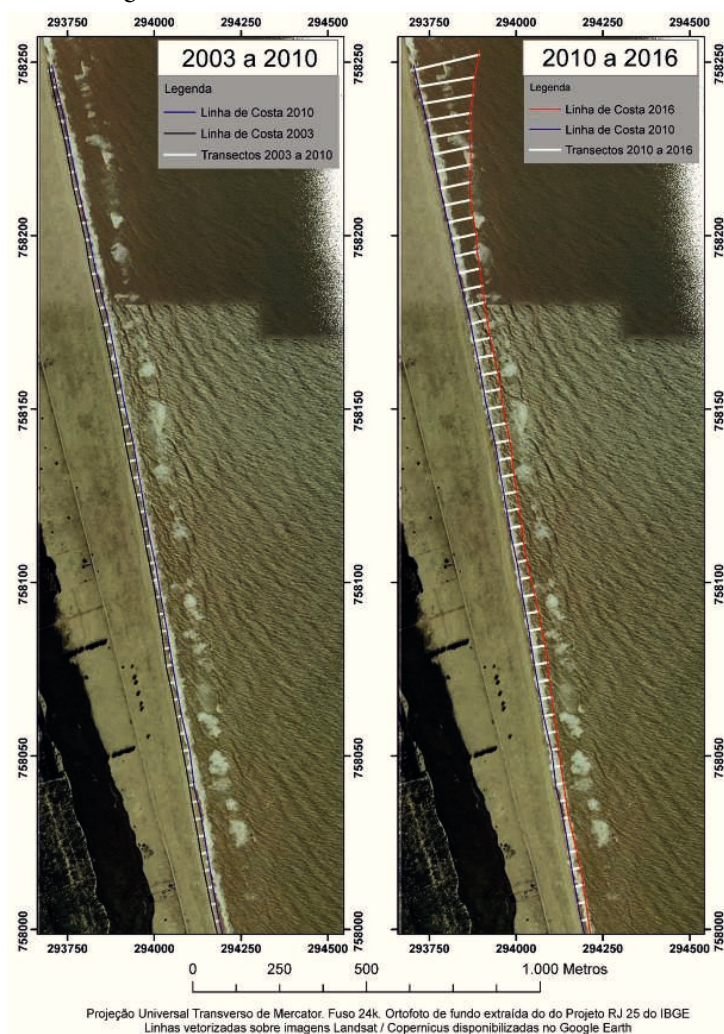
Tabela 1. Quantificação em metros do deslocamento da linha de costa

PERÍODO / EFEITO NA LINHA DE COSTA	AVANÇO (M)			RECUO (M)		
	máximo	médio	desv.pad.	máximo	médio	desv.pad.
2003 a 2010	27,31	14,13	6,66	2,86	1,58	0,93
2010 a 2016	190,59	33,21	34,03	23,98	12,71	5,44

Fonte: Autoria própria (2017)

Para chegar aos resultados indicados na tabela, foram traçados transectos posicionados a cada 50 metros dentro do polígono alterado na linha de costa. Na Figura 9 é possível ver os dados especializados e visualizar que à medida que se afasta do empreendimento, o deslocamento, de maneira geral, vai diminuindo gradativamente. O deslocamento máximo pode ser visto nitidamente no primeiro transecto, ou seja, o que se encontra mais próximo do empreendimento, especificamente ao sul do Molhe Sul.

Figura 8. Exemplo da linha de costa nos dois intervalos de tempo espacializada em transectos a cada 50 metros sobre imagem de 2003



Fonte: Autoria própria (2017)

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

A Figura 9 ilustra comparativamente os anos de 2010 e 2016, ou seja, a situação da linha de costa no fim do primeiro intervalo de tempo à esquerda, e a linha de costa no fim do segundo espaço de tempo à direita, momento em que as obras já estavam consolidadas.

Figura 9. Comparação entre a linha de costa da área de estudo em 2010 (esquerda) e em 2016. A seta azul indica o local de abertura do canal de navegação, área onde as alterações foram mais acentuadas



Fonte: Autoria própria (2016)

Neste contexto, cabe resgatar os resultados de Cassar e Neves (1993), que elaboraram um estudo sobre o residual de transporte litorâneo para as áreas costeiras na Bacia de Campos. O principal resultado desse trabalho mostra um transporte litorâneo residual de sedimentos direcionado para o norte na área de Barra do Açú na ordem de $500\text{m}^3/\text{dia}$ (Figura 10).

O movimento de areia ao longo da costa causado pelas ondas e correntes, é denominado por transporte ou deriva litorânea, sendo uma das causas de variação da linha de costa. Evidentemente, as propriedades dos sedimentos são de fundamental importância no estudo de transporte de sedimentos na engenharia costeira. Essas propriedades podem ser classificadas em três grupos: com relação ao tamanho da partícula do sedimento, sua composição, ou a massa/densidade do sedimento (CASSAR; NEVES, 1993).

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

litoral sem a presença das estruturas portuárias, e com a presença das mesmas, permitindo analisar diferentes condições de ondas para todas os pontos analisados nesses dois diferentes cenários.

O parâmetro *Wave Power* equivale ao transporte (ou fluxo) de energia para uma onda harmônica. Pode ser descrito como Potência da Onda ou Fluxo de Energia de Ondas e considera a densidade da água, a altura da onda, a profundidade, a velocidade do grupo de ondas e a aceleração da gravidade. Na costa quantifica a energia direcionada sobretudo para mecanismos de erosão, deposição e transporte de sedimentos (ALFREDINI; ARASAKI, 2009). A Figura 11 apresenta os resultados em kW/m dos valores médios e máximos desse parâmetro. Comparando os valores máximos na condição Sem Estruturas, as áreas entre as localidades de Iquipari e Praia do Açú apresentam perdas nítidas de fluxo de energia de ondas junto à costa com destaque para a posição Porto do Açú-Norte (53%) seguido por Iquipari e Porto do Açú-Sul, ambas na faixa dos 25%. Considerando os valores médios, apenas a área Porto do Açú-Norte apresenta valores acentuados de perda (70%). Mesmo considerando a condição Com Estruturas a área Porto do Açú-Sul, Atafona, Praia do Açú e Farol de São Thomé apresentam os maiores valores de fluxo de energia, no entanto a variação em relação à situação Sem Estruturas é menor do que os valores médios do desvio padrão.

Figura 11. Comparação entre Médias e Máximos valores de Potência da Onda (*Wave Power*), entre 2010 e 2016, a partir das simulações Sem Estruturas e Com Estruturas para as 14 localidades ao longo da área de estudo



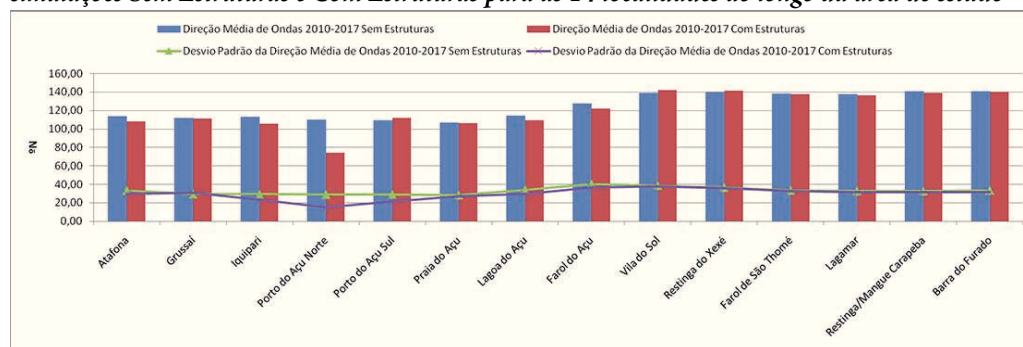
Fonte: Autoria própria (2017)

A direção média de ondas (*MWD*) equivale à direção em graus ($^{\circ}$ N) de chegada das ondas junto à costa e o desvio padrão da direção dá indicações da amplitude de entrada de ondulações para determinada localidade. A Figura 12 apresenta um gráfico comparativo que mostra alterações no ângulo de aproximação das ondas apenas na localidade Porto do Açú - Norte, onde a redução no ângulo da direção média de ondas foi de 32%. Esta redução de 110° para 74° nos valores médios indica que houve uma redução na aproximação de ondas do quadrante Sudeste, Sul, Sudoeste ou um favorecimento da aproximação de ondas de direções Leste-Nordeste, Nordeste ou Nor-Nordeste. Pelo dimensionamento da estrutura destaca-se a primeira possibilidade como mais concreta, sobretudo em virtude da redução do desvio padrão das direções de 29° para 15° .

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

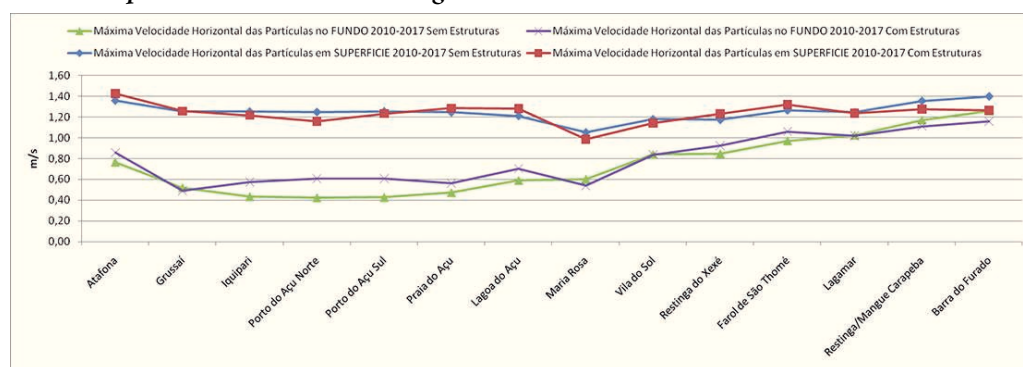
Figura 12. Comparação entre Direção Média de Ondas (MWD), entre 2010 e 2017, a partir das simulações Sem Estruturas e Com Estruturas para as 14 localidades ao longo da área de estudo



Fonte: A autoria própria (2017)

O movimento das partículas ocorre no formato orbital sob a passagem de uma onda progressiva. Esse movimento pode ser matematicamente decomposto entre movimentos horizontais e verticais (DEAN e DALRYMPLE, 2002). Os movimentos horizontais são usualmente medidos junto à superfície e junto ao fundo e indicam a capacidade de remobilização de materiais na coluna d'água. A Figura 13 apresenta as velocidades máximas em m/s da movimentação horizontal das partículas junto ao fundo e na superfície. O movimento orbital é sempre decrescente em direção ao fundo, então é esperado que os valores junto à superfície sejam sempre maiores.

Figura 13. Comparação entre os valores máximos de Velocidade Horizontal de Partículas (HPV) no fundo e na superfície, entre 2010 e 2017, a partir das simulações Sem Estruturas e Com Estruturas para as 14 localidades ao longo da área de estudo



Fonte: A autoria própria (2017)

Há a indicação de que, após o dimensionamento das estruturas, houve redução de 36% na velocidade máxima das partículas em superfície junto à localidade Porto do Açú - Norte, possivelmente em função das barreiras que são as estruturas portuárias. Sobre a variação da média das máximas velocidades das partículas junto ao fundo, foram detectados aumentos significativos nas localidades Porto do Açú - Sul (38%), Iquipari (28%) e Praia do Açú 22%. Para o restante das localidades e de uma forma geral as condições se mantiveram oscilando dentro do desvio padrão.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

É importante mencionar que, apesar dos resultados apontarem para uma disparidade na localidade do Porto do Açú, em diferentes condições analisadas, e apesar de ser de amplo conhecimento que um empreendimento de grande porte sempre gera uma série de impactos que devem ser contidos e amenizados, existem outras discussões que apontam para outras causas que não estão diretamente relacionadas às estruturas do empreendimento. Entretanto, especificamente na localidade do Porto, as alterações mais significativas que vem sendo identificadas foram intensificadas a partir do início das obras, principalmente as que estão fixadas no litoral em contato direto com o oceano.

Em 2014, por exemplo, foi apresentado um estudo coordenado pelo professor Paulo Cesar Colonna Rosman (COPPE/UFRJ) também relacionado a esta questão, encomendado pela LLX Logística S.A. em 2011, que posteriormente passou os direitos de tal contrato para a Prumo – Logística Global. O estudo teve como objetivo analisar a evolução da linha de costa adjacente ao terminal TX2 do Porto do Açú e a necessidade de implantação de mecanismos para transpasse de sedimentos, além de associar isso à erosão que vem ocorrendo na Barra do Açú. De acordo com o professor, é possível que a erosão em Barra do Açú tenha causas similares à da região do litoral Norte de Atafona, onde há rotação de cordões arenosos por conta da alteração na direção de incidência de ondas. O relatório conclui que o estreitamento do litoral que vem sendo identificado na orla da Praia do Açú, ao sul dos molhes do terminal 2, não decorre da construção das referidas estruturas, uma vez que foi verificada a tendência de equilíbrio sedimentar na região adjacente aos molhes, baseado na acumulação de sedimentos quase simétrica ao norte do Molhe Norte e ao sul do Molhe Sul. Contudo, apesar de haver um relativo equilíbrio sedimentar, as estruturas (principalmente o Molhe Sul e Molhe Norte) acabam se tornando um obstáculo e de fato alteram a dinâmica litorânea.

5 Conclusões

O dimensionamento perpendicular à linha de costa promove acúmulo dos sedimentos arenosos ao sul do guia-corrente, sedimentos estes que estariam sendo transportados para o norte. Além disso, os sedimentos que viriam transportados do norte para o sul, também tendem a ficar retidos junto às outras estruturas posicionadas para a proteção do porto (quebra-mar/molhe). Na Figura 10 é possível visualizar a alteração de forma nítida, comparando o mesmo local em duas épocas diferentes.

As alterações na circulação hidrodinâmica marinha e dos processos de erosão e sedimentação na faixa costeira, sobretudo dentro da Área de Influência Direta (AID), são induzidas pelas atividades de dragagem do canal de acesso/atracação e da construção dos guias-corrente.

Na análise do RIMA - Relatório de Impacto Ambiental (RIMA, 2011), produzido para fins de licenciamento ambiental, foi verificado que está previsto um processo erosivo decorrente das intervenções físicas que seriam realizadas no ambiente costeiro local para viabilizar o empreendimento. Por exemplo, na página 68 do relatório está indicado que um dos impactos ambientais previstos seria a “alteração da hidrodinâmica marinha e dos processos de erosão e sedimentação praial”. O fato é que apesar do relatório apontar para as alterações, o mesmo não faz

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

projeções de cenários futuros e não considera que os impactos seriam iniciados e intensificados em um espaço de tempo tão curto. Além de destacar os impactos, caberia mencionar que, para este tipo de mudança, devem ser feitos monitoramentos constantes que possibilitem realizar ações a fim de neutralizar as alterações na linha de costa.

É possível concluir que os métodos utilizados neste trabalho foram suficientes para se chegar aos resultados, que permitiram a comparação dos parâmetros hidrodinâmicos em ambas as situações, ou seja, além de comparar a área de estudo com as estruturas portuárias e sem as estruturas portuárias, foi analisado também o comportamento desses dois cenários em diferentes condições de propagação das ondas e em diferentes localidades ao longo da área de influência indireta do empreendimento. As simulações possibilitaram a análise e comparação do comportamento das ondas em todas as referidas localidades (Figura 7).

Não é coincidência todos esses resultados apontarem para uma disparidade dos resultados na localidade do Porto do Açú em relação aos outros pontos analisados. O fato é que quando as estruturas portuárias são inseridas nos instrumentos de modelagem computacional a fim de comparação, os resultados apontam para mudanças significativas apenas na localidade Porto do Açú-Norte, ou seja, na análise do cenário “com as estruturas” e “sem as estruturas”, todos os parâmetros para os pontos analisados variam pouco, exceto no Porto do Açú, o que indica que, especificamente naquele local, existem interferências significativas, de grande porte, realizadas em um curto espaço de tempo.

É necessária a realização de novos estudos sobre a localidade do Porto do Açú, pois por ser um contexto novo, ainda não há uma produção científica suficiente para entender todas as fragilidades e consequências que a construção do porto irá causar. A partir da geração de conhecimento, torna-se possível gerar e aplicar medidas para diminuir os impactos diretos decorrentes do complexo portuário. É importante que sejam feitos monitoramentos constantes para conseguir entender e agir sobre as alterações que estão ocorrendo, além de gerar resultados que sejam devidamente publicados, a fim de expandir a fronteira do conhecimento e possibilitar novas contribuições para a área de estudo deste trabalho, de modo a evitar a persistência do processo e sua intensificação. É importante também que sejam feitos levantamentos sobre as perdas já ocorridas na infraestrutura urbana das comunidades que vivem nas proximidades do empreendimento e também sobre unidades residenciais que estejam mais próximas da linha da costa.

É importante enfatizar que a relação entre economia e meio ambiente deve ser mais relevante e transparente, principalmente quando se trata do ambiente costeiro, onde já ocorre uma dinâmica natural acentuada e exige um comprometimento ainda maior com o planejamento. No caso da área de estudo, foi possível visualizar e quantificar o quanto as estruturas físicas portuárias que se adentram ao oceano alteraram a linha de costa, cujo processo de construção se iniciou há menos de 10 anos e com mudanças já tão nítidas. O meio ambiente jamais deve ficar em detrimento das atividades econômicas, ele deve ser pensado em primeiro plano e as atividades devem se adaptar aos diferentes meios de forma que não o agrida, pois na maioria das vezes as mudanças na natureza são de caráter cada vez mais irreversíveis, contribuindo para o desequilíbrio ambiental em prol do desenvolvimento econômico.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

Referências

ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. *Obras e gestão de portos e costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 776 p.

BASTOS, A. C.; SILVA, C. G. Caracterização Morfodinâmica do Litoral Norte Fluminense. *Revista Brasileira de Oceanografia*, Niterói, v. 48, n. 1, p. 41-60, 2000.

BERNARDES, L. M. C. *Planície litorânea e zona canavieira do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia, 1957.

BULHÕES, E. M. R. *Exposição de praias, clima de ondas e processos físicos em praias de enseada. Estudo de caso em Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, RJ*. 2011. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Universidade Federal Fluminense, 2011.

CANCIAN, T. B. *Evolução Recente e Predição da Linha de Costa da Praia de Camburi, Vitória, ES*. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

CASSAR, C. M.; NEVES, C. F. Aplicação das rosas de transporte litorâneo à costa norte fluminense. *RBE*, 11, p. 81-103, 1993.

DHI. *Wave Modelling: Guia do usuário*. [S. l.: s. n.]: 2009. v. 1, 324 p.

DIAS, G. T. M. O Complexo Deltaico do Rio Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4., 27 a 31 jul. 1981. Rio de Janeiro. *Resumos, Programa e Participantes [...]*. Rio de Janeiro: SBG, 1981. p. 58-88. Publicação Especial, n.2.

DIAS, G. T. M.; GORINI, M. A. A. Baixada Campista: Estudo Morfológico dos Ambientes Litorâneos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú, SC. *Anais [...]*. v. 1, p.588-602.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 648 p.

INFRAESTRUTURAS do Distrito Industrial de São João da Barra: Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) Distrito Industrial de São João da Barra. Rio de Janeiro: LLX, ECOLOGUS, AGRAR, 2011. Disponível em: <http://ceivap.org.br/downloads/eia-rima-distrito-industrial-de-sao-joao-da-barra.pdf>. Acesso em: 2019.

MAGINE, C. A Influência da Estrutura Portuária na Dinâmica Costeira na Vila do Pecém, Ceará, Brasil. *Revista de Geologia*, v. 24, n. 2, p. 136-149, 2011.

MARTIN, L. *et al.* Evolução da Planície Costeira do Rio Paraíba do Sul (RJ) Durante o Quaternário: Influência das Flutuações do Nível do Mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. *Anais [...]*.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (ed.). *Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

NORDSTROM, K. F. *Recuperação de praias e dunas*. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 263 p.

Impactos de obras costeiras na linha de costa: O Caso do Porto do Açú, Município de São João da Barra, RJ

Luca Lämmle, Eduardo Manuel Rosa Bulhões

OLIVEIRA FILHO, S. R. *Impactos Morfológicos em Praias Oceânicas Associados à Ondas de Tempestade: Exemplo do Litoral Centro-Norte do Estado do Rio de Janeiro*. 2016. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, 2016.

PARENTE, C. E. *Uma nova técnica espectral para análise direcional de ondas*. 1999. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

PETROBRAS. *Bacia de campos*. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/nossasatividades/principais-operacoes/bacias/bacia-de-campos.htm>. Acesso em: 5 jul. 2016.

PINHO, U. F. *Caracterização dos Estados de Mar na Bacia de Campos*. 2003. 123 p. Dissertação (Mestrado) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

PORTO do Açú, RJ: RIMA: Relatório de Impacto ao Meio Ambiente. Rio de Janeiro: CAL, Consultoria Ambiental Ltda, 2006.

PORTO do Açú: Acesso ao Porto. Disponível em: <http://www.portodoacu.com.br/SitePages/terminal-multicargas.aspx#acessoporto>. Acesso em: 5 jul. 2016.

RIMA. *Relatório de Impacto Ambiental: Unidade de Construção Naval do Açú*. Rio de Janeiro: Consetoga Rovers Associados, OSX, 2011.

ROSMAN, P. C. C. *PENO-14653: Assessoria e Suporte Técnico para LLX*. Rio de Janeiro: [s. n.], 2011.

SOUZA, T. A.; BULHOES, E.; AMORIM, I. B. S. Ondas de Tempestade na Costa Norte Fluminense. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 6, n. 2, p. 10-17, 2015.

VIOLANTE-CARVALHO, N. *Investigação Sobre a Evolução do Clima de Ondas na Bacia de Campos e a Correlação com as Situações Meteorológicas Associadas*. 1998. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.