

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CYNTHIA MARIA MAZZEI FADIGATTI

**SEDIMENTAÇÃO NOS BERÇOS DE ATRACAÇÃO DE NAVIOS NO PORTO
DE PARANAGUÁ E NOS TERMINAIS PORTUÁRIOS DA PONTA DO FÉLIX
(ANTONINA) - PR**

PONTAL DO PARANÁ

2012

i

CYNTHIA MARIA MAZZEI FADIGATTI

**SEDIMENTAÇÃO NOS BERÇOS DE ATRACAÇÃO DE NAVIOS NO PORTO
DE PARANAGUÁ E NOS TERMINAIS PORTUÁRIOS DA PONTA DO FÉLIX
(ANTONINA) - PR**

**Monografia apresentada como
requisito parcial para a obtenção do
grau de Bacharel em Oceanografia,
Centro de Estudos do Mar, Setor de
Ciências da Terra, Universidade
Federal do Paraná.**

**Orientadores: Prof. Dr. Carlos Roberto
Soares e Prof. Dr. Henrique Firkowski
(Depto. de Geomática).**

PONTAL DO PARANÁ

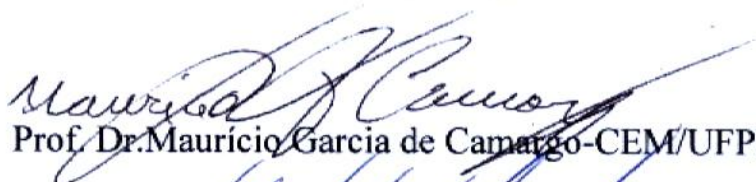
2012

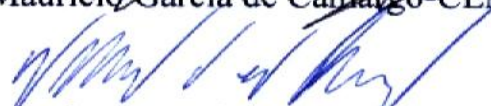
TERMO DE APROVAÇÃO

Cynthia Maria Mazzei Fadigatti

“Sedimentação nos berços de atracação de navios no porto de Paranaguá e nos Terminais Portuários da Ponta do Félix (Antonina-PR)”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:


Prof. Dr. Mauricio Garcia de Camargo-CEM/UFPR


Prof. Dr. Eduardo Vedor de Paula-Departamento Geografia/UFPR


Prof. Dr. Carlos Roberto Soares-CEM/UFPR
Presidente

Pontal do Paraná, 04 de dezembro de 2012.

*Aos meus pais, Carlos Augusto Fadigatti e
Sônia Regina Mazzei Fadigatti.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, motivo de minha saudade infinita pelo amor, carinho, confiança, dedicação, por tudo (no sentido mais amplo que essa palavra pode ter). Por me ensinarem a ver a vida sempre de forma positiva ainda que a luta parecesse vencida. A minha mãe por sempre estar com aquele sorriso no rosto mesmo em meio a todas as adversidades, brincando de ser feliz; ao meu pai pelo eterno otimismo e alegria de viver.

A minha irmã que foi minha primeira amiga, companheira de todas as aventuras de infância, pareceira de todas etapas da vida.

Aos meus amigos: Maria Fernanda Marques, Letícia Maria Stroniollo, Bruno Morales, Liane Toynaga, Vinícius Oliveira, Marlon Moura, Kaline Marchesan, Pedro Rodrigo, Família Coqueiros, Marina Virmond, Gabriela Naline, Juliane Castro, GRR2008, por suportarem minhas crises, minhas dúvidas, meus dias cinzas, minhas dores, minhas perdas, por chorarem junto comigo e comemorarem com a mesma verdade minhas vitórias, pelas loucuras, viagens, aventuras gastronômicas ou mesmo pelo ócio criativo coletivo, e a todos aqueles que estiveram presentes nessa minha caminhada pessoal e acadêmica.

Aquele que trouxe alegria de volta a minha vida com amor, carinho, cuidado, compreensão e alguma bobagem pra me fazer rir, André Taian Cherergatti Giannini.

Ao CEM e ao LOGeo com seus professores e funcionários de todas as categorias, não só pelos ensinamentos acadêmicos e pessoais, em especial aos meus orientadores Carlos Roberto Soares e Henrique Firkowski, por acreditarem no meu potencial e me guiarem nesta etapa. Aos meus colaboradores do projeto Jens Scarpione e Eduardo Chiarani.

A Dona Esther e ao Seu Antonio pelo bom humor com que compartilharam cinco anos de R.U. sempre com uma palavra amiga outra nem tanto assim, mas sempre com carinho e respeito.

A Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina e aos Terminais Portuários da Ponta do Félix, pela solicitude em nos receber, por cederem informações e dados, e confiarem no projeto.

Finalmente, a banca examinadora deste trabalho por disponibilizar tempo e considerações.

*“Um barco, no ancoadouro, está seguro. Mas,
não é para isso que os barcos são feitos.”*
Willian Shedd

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTAS DE TABELAS	X
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	3
3. OBJETIVOS	4
3.1 OBJETIVO GERAL	4
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
4. ÁREA DE ESTUDO	5
4.1 MEIO FÍSICO	5
4.2 ESTRUTURA PORTUÁRIA	11
5. MATERIAIS E MÉTODOS	15
6. RESULTADOS	20
6.1 PARANAGUÁ	20
6.2 TERMINAIS PORTUÁRIOS DA PONTA DO FÉLIX, ANTONINA.....	22
7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	29
8. REFERÊNCIAS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do litoral do Estado do Paraná. Modificado de ANGULO <i>et al</i> (2004).....	5
Figura 2 – Mapa de localização do Complexo Estuarino de Paranaguá Adaptado de LAMOUR (2007).....	8
Figura 3 - Vista panorâmica do cais público ou comercial do Porto de Paranaguá Fonte: Informativo dos Portos (2011).....	12
Figura 4 – Berços de atracação do Porto de Paranaguá Fonte (SOARES, 2009)..	13
Figura 5 - Região portuária de Antonina. Imagem <i>Spot</i> do ano de 2003. Fonte SOARES, (2009).....	14
Figura 6 - Berços de atracação do Terminal Portuário da Ponta do Félix.....	14
Figura 7 – Articulação das folhas dos levantamentos analógicos.....	18
Figura 8 - Levantamento referente ao cais comercial ou público de Paranaguá.....	21
Figura 9 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 30.09.2005.....	22
Figura 10 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 20.10.2005.....	22
Figura 11 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 11.11.2005.	23
Figura 12 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 24.12.2005.	23
Figura 13 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 07.01.2006.	24
Figura 14 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 03.03.2006.	25
Figura 15 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 17.04.2006.	25
Figura 16 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 30.05.2006.....	25

Figura 17 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 13.06.2006.	26
Figura 18 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 21.06.2006.....	26
Figura 19 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 31.07.2006.....	26
Figura 20 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 09.08.2006.....	27
Figura 21 – Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 21.11.2006.	27
Figura 22 – Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 20.12.2006.	27
Figura 23 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 10.04.2007... ..	28
Figura 24 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 10.08.2007.....	29
Figura 25 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 18.10.2007.....	29
Figura 26 - Mapa de pontos amostrados e de superfície relativos à batimetria de 02.12.2007.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –Relação de cartas batimétricas referente aos Portos de Paranaguá, retirados da mapoteca do LOGeo, UFPR, destaque-se os mapas utilizados	15
Tabela 2 – Estimativa volumétrica dos intervalos entre levantamentos batimétricos do TPPF em 2005.....	24
Tabela 3 – Estimativa volumétrica dos intervalos entre levantamentos batimétricos do TPPF em 2006.....	28
Tabela 4 – Estimativa volumétrica dos intervalos entre levantamentos batimétricos do TPPF em 2007.....	30

RESUMO

O Brasil está inserido em um grupo de países de emergentes, cuja economia depende principalmente do comércio internacional, através das exportações. Esses produtos saem/entram no país quase em sua totalidade pelos portos. Para atender a essa demanda foram criadas leis que incentivam a modernização e a adequação dos portos à nova realidade, como a Lei de Modernização dos Portos e a Lei 11.610, que institui o Plano Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária. Ambas visam melhorias com relação à infraestrutura necessária para essa intensa atividade, como maiores profundidades (calados) para atender navios mais modernos e maior capacidade de carga. Neste sentido, obras de dragagens são necessárias para o aprofundamento dos berços de atracação e canais de navegação. Foram estudados dois portos no Estado do Paraná: um terminal público (Porto de Paranaguá) e um terminal privado (Terminais Portuários da Ponta do Félix), situados no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). Dados batimétricos dos berços de atracação dos dois terminais foram usados para o cálculo de volume, para que pudesse ser estimado a sedimentação de cada porto/terminal. Para análise do Porto de Paranaguá foram usadas cartas batimétricas analógicas referentes aos anos de 2001 e 2002, que passaram por uma digitalização e cartas batimétricas digitais referente aos anos de 2005, 2006 e 2007. Para os TPPF, foram usadas cartas batimétricas digitais referentes aos anos de 2005, 2006 e 2007. Os cálculos volumétricos no porto público de Paranaguá não puderam ser realizados por que a digitalização dos levantamentos não foram processados corretamente, impossibilitando a sobreposição real e os levantamentos na forma digital não foram eficientes em reproduzir o relevo submerso. Para o terminal privado TPPF os resultados obtidos relativos às variações volumétricas para os levantamentos de 2005, mostraram um cenário de deposição de sedimentos. Para o período de 2006 apenas 2 intervalos indicaram sedimentação, sendo que todos os demais obtiveram resultados negativos, demonstrando que houve um decréscimo de volume, ou seja, erosão, possivelmente devido às dragagens realizadas nos berços. Para o ano de 2007 os resultados evidenciaram um processo deposicional

Palavras chave: batimetria, dragagens

ABSTRACT

Brazil belongs to the group of emergent countries, which economy depends of the international trade, mainly by exportation. Goods are moved almost in all totality by harbours. To attempt this demand laws were established to incentivate the modernization and adequacy to this new reality, as the Law of Harbour Modernization and the Law 11.610, which refers to the National Dredging Plan of Harbour and Waterways. Both conduced to the improvement of the necessary infrastructure of this intense activity, like deeper drafts to receive modern ships, with higher cargo capacity. In this way, dredging is required to deep harbour berths and navigational channels. In this study two harbor were studied: a public port (Paranaguá) and a private terminal (Terminais Portuários da Ponta do Felix – TPPF)), both located at the Paranagua Estuarine Complex (PEC). Bathymetric data of berths of both harbours were used to calculate volumes, trying to estimate the sedimentation in each one. To Paranaguá were used analogical bathymetric maps of the years of 2001 and 2002, which were digitalized, and bathymetric digital data of the years 2005, 2006 and 2007. At the Terminais Portuários da Ponta do Félix were used digital data of the years of 2005, 2006 and 2007. The volumetric calculation at the public harbour of Paranaguá was not possible since the digitalization were not correctly processed, becoming impossible to overlay the different surveys, and the digital data were not enough to produce the submerse relief. The results of volumetric variation obtained at the private terminal of TPPF concerning the year of 2005 indicates deposition of sediments. All surveys at the year of 2006 at this terminal indicate a decrease of volume, indicating erosion, probably caused by dredging process at the berths, instead at this year 2 surveys indicated sedimentation. All surveys at the year of 2007 indicates a process deposition of sediments

Key–words: bathymetry, dredging.

1. INTRODUÇÃO

Há centenas de anos os portos de todo o mundo passam por transformações tecnológicas e de gestão para se adequarem às exigências estabelecidas pelo comércio internacional, denominada de “Modernização Portuária” (SOARES, 2009). No Brasil, em 25 de fevereiro de 1993 foi promulgada a Lei 8.630, conhecida como “Lei de Modernização dos Portos” ou “Lei dos Portos”. Esta dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias, sendo considerada o marco regulador no país, visando fornecer meios de melhorias na qualidade dos serviços prestados pelo setor com uma maior participação da iniciativa privada.

Com a criação dessa lei, o cenário do comércio exterior brasileiro foi ampliado, foram aplicados vultosos investimentos em equipamentos, obras civis de melhoria e expansão de terminais, construção de armazéns e áreas para contêineres refrigerados, contribuindo para um alavanque da economia do comércio exterior (ERVILHA, 2006). Frente à necessidade de melhorias portuárias, independentemente do Ministério dos Transportes e da ANTAQ – Agência Nacional dos Transportes Aquaviários (agência reguladora do setor), foi criada a Secretaria Especial de Portos (SEP).

Juntamente com a modernização surgiu a necessidade dos portos oferecerem maiores profundidades nos seus canais de acesso, bacias de evolução e berços de atracação para o embarque e desembarque de cargas, a fim de receber os navios mais modernos e com maior capacidade de transporte de carga, existentes atualmente.

Segundo SOARES (2009), a primeira geração de navios de contêineres, datada de 1956 a 1970, tinha comprimento entre 135 m e 200 m, seu calado era inferior a 9 m, com capacidade de transporte de 500 a 800 TEU's (*Twenty Feet Equivalent Unit*, módulo de padrão internacional que significa “unidade equivalente a 20 pés”). Já a sexta geração que teve início em 2006, com comprimento de 397 m, aproximadamente 15,5 m de calado e transporta entre 11.000 e 14.500 TEU's. Essa mudança na configuração e na capacidade de carga dos navios exige uma adequação dos portos quanto às profundidades seguras à navegação, o que pode

implicar na necessidade de realização de obras de dragagem.

Para normatizar a condição de uso dos portos sob o ponto de vista do calado, em 12 de dezembro de 2007 foi criada a Lei 11.610 que institui o “Plano Nacional de Dragagem Portuária e Hidroviária”. Esta lei abrange obras e serviços de engenharia de dragagem de leitos das vias aquaviárias visando a manutenção ou a ampliação das profundidades seguras à navegação dos portos. Porém, um dos maiores problemas encontrados nessas obras de modernização e de engenharia são as estruturas civis já existentes nos portos públicos, que geralmente são antigas e não permitem aprofundamentos ou adequações.

O Brasil está inserido no grupo de países emergentes que se destacam no cenário mundial pelo rápido desenvolvimento de suas economias, chamado BRIC, que é uma sigla que designa Brasil, Rússia, Índia, e China. Esses países representam 25% da área terrestre do planeta e aproximadamente 40% da população mundial. O Brasil é também a maior economia da América Latina, sendo que dados do governo brasileiro apontam um fortalecimento do comércio exterior nacional, que no primeiro quadrimestre de 2011 apresentou um aumento de 132,3% em relação ao mesmo período do ano anterior.

Neste contexto, já no ano de 2008, segundo o “Livro Brasileiro de Desenvolvimento” (IPEA,2009), os portos foram responsáveis por 80% da movimentação do comércio exterior, perfazendo US\$214 bilhões em transações de mercadorias. Este cenário demonstra a importância e a necessidade dos portos nacionais na política desenvolvimentista brasileira, visto que praticamente toda a movimentação de cargas de exportação e importação é efetuada por este meio.

Constata-se, na literatura, que há uma deficiência de informações sobre os volumes de sedimentação nos berços de atracação dos portos brasileiros, bem como nos canais de acesso ao porto. Isto deve-se principalmente ao fato de que no passado os levantamentos batimétricos, que fornecem informações sobre as profundidades em áreas submersas, eram feitas por: a) triângulação (por teodolitos situados em áreas emersas; b) por equipamentos que utilizavam rádios que permitiam medir distâncias. Em ambos os métodos o produto final se dava através de mapas batimétricos ou folhas de bordo de forma impressa, analógica, sem qualquer informação em forma digital. Praticamente todas as informações relativas

a berços, bacias de evolução e canais de acesso aos portos antes da entrada do uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS), no final dos anos 80 e início da década de 1990, encontram-se, assim, em forma analógica, ou cuja sobreposição em séries históricas que permitam, por exemplo, estabelecer taxas de sedimentação por médias, por períodos de tempo, é bastante dificultoso.

Após o surgimento do Sistema de Posicionamento Global, em efetivas melhorias nos últimos anos, acoplado a ecobatímetros de melhor precisão e performance, é que foi possível a sobreposição exata de pontos com a mesma localização (seja ela em coordenadas geográficas, UTM, ou outra) e profundidade (geralmente em metros).

Neste sentido, o presente estudo visa estimar o volume de sedimentos depositados nos berços de atracação dos navios do Porto de Paranaguá e dos Terminais Portuários da Ponta do Félix, em Antonina, ambos localizados no Estado do Paraná, no denominado Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP).

2. JUSTIFICATIVA

No Brasil, o sistema portuário possui 45 principais portos ao longo da costa, que no ano de 2006 escoaram 77,46% de todo o volume do comércio exterior nacional (RAMOS, 2007). Os portos localizados no interior de estuários, frequentemente apresentam problemas relacionados à navegabilidade (LAMOUR, 2000), em decorrência da necessidade de dragagens de manutenção.

O porto de Paranguá no ano de 2011 bateu os recordes de volume de de embarque do país, totalizando 41 milhões de toneladas, um aumento de 8%. Liderou as exportações de soja com 7 milhões de toneladas e do complexo de soja (grão, farelo e óleo), superando os Portos de Santos, São Francisco do Sul e Rio Grande, com um montante de 12,25 milhões de toneladas, desenhando um crescimento de movimentação geral acima da média nacional que ficou em 5% (BOLETIM INFORMATICO DO SISTEMA FAEP, 2012).

Ainda segundo esse mesmo boletim o porto de Antonina neste mesmo período e com suas limitações teve uma movimentação de 1,54 milhão de toneladas, um aumento que chega a 400%. Juntos, portanto, geraram uma receita

16% superior em relação ao ano anterior.

Porém a falta de investimento em dragagens nos principais portos do país é um fator que eleva os custos logísticos e limita a competitividade do agronegócio no mercado internacional. Existe uma relação direta de profundidade de berços e canais de acesso e o calado do navio. O assoreamento dos berços e dos canais de acesso aos portos ocasiona prejuízos econômicos pois, por exemplo, navios do tipo o PANAMAX, chegam a deixar o porto de Paranaguá com 10 mil toneladas a menos de sua capacidade total de carga que é de 60 mil toneladas (Revista Portuária, 2008).

Esses fatores podem gerar perdas de até 5 bilhões segundo a Confederação de Agricultura e Pecuária no Brasil. Sendo que aproximadamente 8500 t deixam de ser embarcadas em cada navio que atraca no Porto de Paranaguá devido às restrições de calado, acarretando prejuízos de US\$756 mil por navio (Revista Portuária, 2008).

Levando em consideração a importância comercial e econômica dos portos e terminais portuários, o presente estudo visa analisar com mais detalhe os volumes de deposição de sedimentos nos berços de atracação dos navios em um porto público (Paranaguá) e em um terminal especializado (TPPF), que demandam dragagens.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Estimar os volumes de sedimentação dos berços de atracação de navios do Porto de Paranaguá e dos Terminais Portuários da Ponta do Felix, Antonina.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Levantar dados batimétricos históricos e atuais da região estudada;
- b) Delimitar áreas sobrepostas espacialmente pelos levantamentos batimétricos históricos e atuais;
- c) Vetorizar os mapas analógicos para padronização dos cálculos;

d) Calcular os volumes de sedimentação dos berços portuários.

4. ÁREA DE ESTUDO

4.1 Meio Físico

A área de estudo, que compreende a região portuária de Paranaguá e Antonina, localiza-se na baía de Paranaguá, a qual corresponde a inúmeros pequenos estuários conectados a dois eixos principais (baía de Paranaguá propriamente dita e Laranjeiras), motivo pelo qual se adotou na literatura técnico-científica a designação Complexo Estuarino de Paranaguá (ANGULO, 1992) (Figura 1).



Figura 1 - Mapa de localização do litoral do Estado do Paraná. Modificado de ANGULO et al (2004).

Estuários são feições de transição entre o continente e o oceano, corpos de água costeiros semifechados que possuem livre contato com o mar e no interior do qual a água salgada se dilui de forma mensurável à água doce proveniente de drenagem terrestre (PRITCHARD, 1967). Porém, segundo Bird (2008), a definição

anterior não considera as marés e a geomorfologia dessas feições, podendo então defini-la como “um sistema de vale afogado, sujeito a flutuações de maré e encontro e mistura de água doce do rio com a água salgada do mar, e recebendo sedimentos de suas bacias hidrográficas e de fontes marinhas”.

A descarga de água doce, o vento e a maré são as três principais forçantes que regem a hidrodinâmica dos estuários, que proporcionam os principais processos de mistura (MANTOVANELLI, 1999). Sua morfologia está relacionada aos processos hidrológicos (marés, fluxo dos rios, ondas, correntes) e também aos processos químicos e biológicos (BIRD, 2008).

As características morfológicas do substrato nos estuários são uma herança das variações do nível relativo do mar durante o Quaternário, das áreas-fonte, dos processos hidrodinâmicos que ocorrem nessas áreas abrigadas, dos processos de interação entre o mar aberto e o estuário e, dependendo do caso, do tectonismo (LAMOUR *et al*, 2004).

Um estuário é um ambiente de baixa energia (área de mistura) em relação a ambientes praias, e funciona como parte da rota do ciclo das rochas, através do fluxo de água proveniente dos rios em direção ao oceano, transportando uma grande quantidade de sedimentos em suspensão. Esse transporte funciona de forma seletiva determinando a granulometria, o grau de seleção e a assimetria. As frações granulométricas maiores são depositadas a montante do estuário, próximo à desembocadura e as frações mais finas são distribuídas em todo estuário misturando-se com aqueles de origem marinha, que são transportadas pelas marés (BIRD, 2008). Essas características fazem desse ambiente uma área de sedimentação e feições efêmeras no tempo geológico.

É possível diferenciar dois tipos de ambientes sedimentacionais em sistemas estuarinos: no interior e na entrada do estuário. Neste primeiro, os ambientes são separados em planícies de marés, canais de maré da zona intermarés, baixios, fundos médios e canais principais subaquáticos e no segundo, além dos canais de maré subaquáticos, os deltas de maré (ANGULO, 1992).

Os estuários têm relevância em diversos âmbitos, seja pela sua importância ecológica ou pela importância do intenso uso humano associado, onde se desenvolvem algumas das maiores áreas metropolitanas do mundo servindo

também como área de abrigo para embarcações, por serem ambientes abrigados das ações marinhas, culminando com a implantação de portos, marinas, além do uso recreacional, entre tantos outros exercidos pelo homem. (LAMOUR *et al*, 2004).

O litoral do Estado do Paraná, no sul do Brasil, possui uma pequena extensão em relação aos demais estados brasileiros, totalizando 105 km (ANGULO e ARAÚJO, 1996), ocorrendo dois estuários bem desenvolvidos, o de Guaratuba (na porção sul) e o de Paranaguá (no litoral norte).

Nestes estuários são desenvolvidas distintas atividades como a pesca artesanal, maricultura, turismo, lazer e, em particular na baía de Paranaguá, as atividades portuárias.

A baía de Paranaguá, também designada como Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), está localizada entre os paralelos 25°00'S e 25°35'S e os meridianos 48°15'W e 48°50'W com uma extensão superficial de 612 km² (LANA, 2002) e uma profundidade média de 5,4 m, com um volume de água de 14×10^9 m³ e um tempo de residência de 3,49 dias (MARONE, *et al.*, 2007).

O CEP é um estuário de planície costeira (ANGULO, 1992) que recebe 70% da drenagem da Bacia Hidrográfica Atlântica (MANTOVANELLI, 1999). Este complexo é composto dois eixos principais, denominados de Baía de Paranaguá e Antonina propriamente dita, com orientação E-W, totalizando 56 km de extensão e as Baías de Laranjeiras, Guaraqueçaba e Pinheiros, orientada no eixo N-S com extensão de 30 km (LAMOUR, 2000). Estes setores possuem ligação com o oceano aberto na área do entorno da Ilha do Mel, formando duas desembocaduras denominadas Norte (canais Norte entre a Ilha do Mel e a Ilha de Palmas e Sueste entre a Ilha de Palmas e a Ilha das Peças) e Sul (canal da Galheta, usado para a navegação de acesso portuário, entre a Ilha do Mel e do Balneário de Pontal do Sul) (Figura 2).

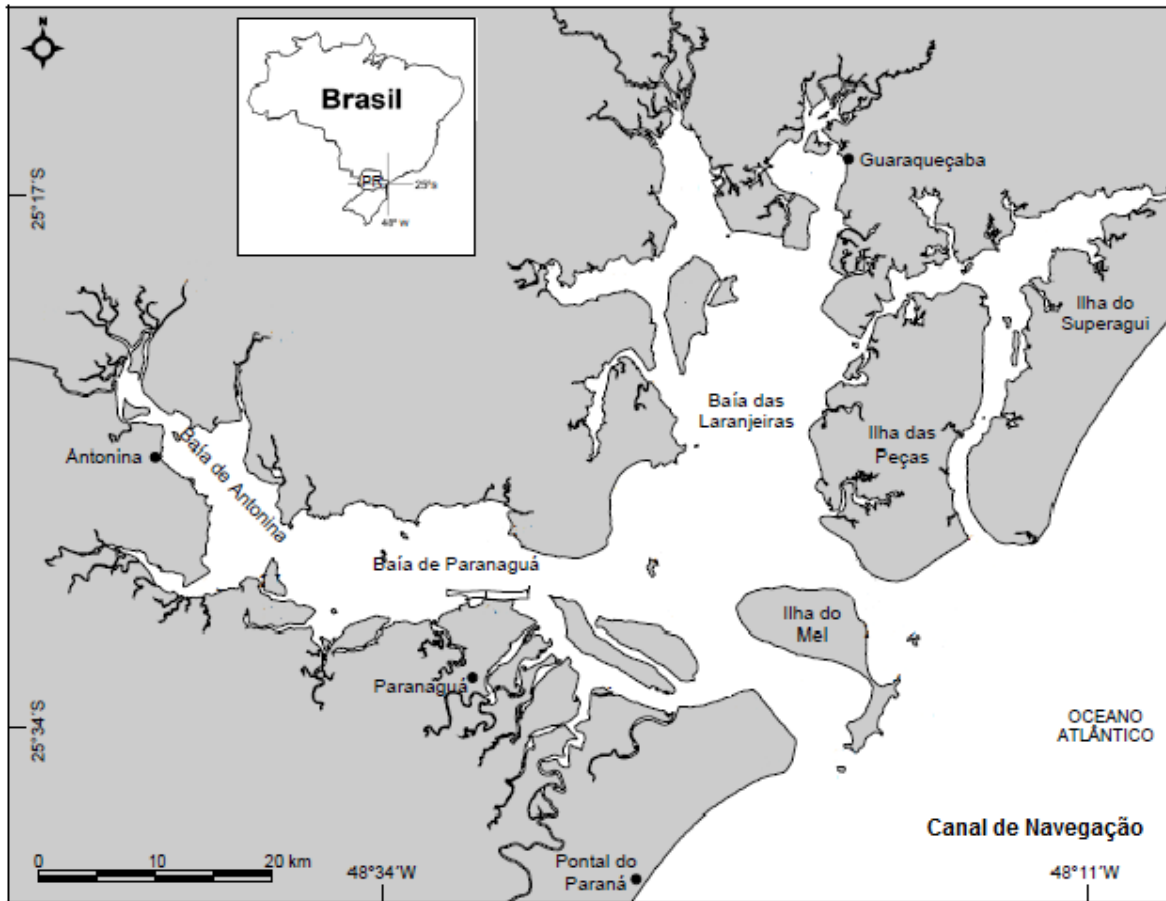


Figura 2 Mapa de localização do Complexo Estuarino de Paranaguá Adaptado LAMOUR (2007).

Marone *et al* (1997, 2007) descrevem o CEP como um estuário parcialmente misturado do tipo b, podendo apresentar in-homogeneidades laterais que ocasionam sistemas de correntes residuais. A salinidade, em todas as profundidades, tende a aumentar de montante para jusante neste tipo de estuário, que normalmente são rasos (CATTANI, 2009). A maré é caracterizada como semidiurna, muito próximo ao limite de marés mistas predominantemente semidiurnas, o que ocasiona uma maré com período menor, secundária, com amplitudes inferiores a 2m (ANGULO, 1992). Carrilho (2003) afirma que a maré tem um aumento do grau de assimetria a montante, com períodos longos de enchente e o inverso de vazante com uma defasagem temporal que pode alcançar 90 min entre a Ilha da Galheta e Antonina. As correntes de marés superficiais têm uma maior intensidade na vazante em quase todo o estuário (LAMOUR, 2000).

Para Angulo (1992) não ocorre deficiência no balanço hídrico do estuário, havendo um excedente hídrico durante o ano todo favorecido pelas altas precipitações do litoral. Porém, segundo Noernberg (2001), nas bacias hidrográficas de Antonina e Paranaguá essa deficiência se faz presente no inverno, época em que a evaporação é em média 7 vezes maior que a precipitação.

Mantovanelli (1999) descreve que o aporte médio de água doce no inverno é de $41\text{m}^3\text{s}^{-1}$ e no verão de $182\text{m}^3\text{s}^{-1}$ com uma carga de material particulado em suspensão (MPS) no verão de 355 ton/dia e 88 t/dia no inverno, e que as principais fontes desse material são os rios Nhundiaquara e Cachoeira (com 82%), para os anos de 1997 e 1998. Paula (2010) encontrou para as vazões de sólidos valores altos tanto no inverno quanto no verão, porém inferiores aos encontrados por Mantovanelli (1999), assim como as principais fontes de material.

A interação das águas provenientes da drenagem fluvial e a marinha, originam contrastes na salinidade e controlam os processos erosivos e de sedimentação. O fluxo e refluxo da maré regula a circulação principal desse complexo, com uma menor influência da descarga dos rios. Neste sentido as correntes de maré se mostram o principal agente de transporte, que devido à maior competência do refluxo, ocorre um maior saldo a jusante (BIGARELLA, 2007).

A escassez de dados referentes ao regime de ondas do litoral paranaense, em específico no CEP, remete a 2 levantamentos realizados pela PORTOBRAS (1983) e Marone *et al.* (1997). Nestes levantamentos foram constatados que existem preferencialmente dois trens de ondas provenientes dos quadrantes ENE e SSE/SE, os azimutes gerados pela atuação dos ventos associados ao Anticiclone Tropical do Atlântico sul que gera ondas de tamanho intermediário e regulares provenientes do quadrante ENE, enquanto as “ondas de tempestades” estão relacionadas ao quadrante SSE/SE de passagem de sistemas meteorológicos. As ondas que chegam ao CEP no verão possuem alturas significativas inferiores a 0,5m com períodos de 7 s, e as menores, com períodos de 12 s atingem 0,25m, com quadrante principal de SE. As características não lineares dessas ondas, segundo os mesmos autores, sugerem que um fluxo turbulento seja criado e com ele uma maior ressuspensão e transporte dos sedimentos.

O clima da região na classificação de Köppen é do tipo Cfa, em que o “C” corresponde a clima pluvial temperado, o “f” sempre úmido e com chuvas todos os meses do ano e por fim “a” temperatura média de 22°C no mês mais quente e umidade relativa do ar de 85% (MAACK, 1968). Ainda que pouco frequentes, o litoral paranaense está sujeito a geadas e as precipitações são regulares em todos os meses do ano, o que estabelece uma ausência de estação seca bem definida (ANGULO, 1992).

Os ventos são basicamente definidos pelos sistemas de anticiclones do Atlântico Sul e Migratório Polar quando sobre o ramo Atlântico da Massa Polar (BIGARELLA *et al*, 1978). A intensidade média dos ventos é de 4m.s^{-1} podendo ultrapassar 25m.s^{-1} durante as tempestades de sudeste, sendo frequentes os ventos nos quadrantes ENE, E, ESSE e SE (FUNPAR, 1977).

Na baía de Paranaguá, os sedimentos de fundo são compostos por uma mistura de material detrítico proveniente de erosão e do intemperismo da formação Alexandra e dos feixes de restinga, além de restos orgânicos e o material terrígeno com material biogênico produzido nos ambientes de sedimentação (BIGARELLA, 2007).

Os sedimentos de fundo têm seu transporte e deposição associados às correntes de maré, e tornam-se mais finos e menos selecionados no interior da baía (BIGARELLA *et al*, 1978). Na descrição dos sedimentos das baías de Laranjeiras e Guaraqueçaba, foi destacado por SOARES (1990), de Sul para Norte, distinções relacionadas à área fonte e a dinâmica entre estas baías e a de Paranaguá, com o compartimento de três diferentes tipos de sedimento na Baía de Laranjeiras, aumentando os teores de carbonato, matéria orgânica e no diâmetro médio dos sedimentos.

SOARES *et al.* (1996) compartimentaram as baías de Antonina e Paranaguá em três setores, o primeiro localiza-se na porção superior do estuário, na baía de Antonina, com maior influência do aporte de rios com sedimentos heterogêneos (sedimentos grossos e finos), pouco selecionados com predominância de sedimentos finos; o segundo setor corresponde a uma porção intermediária, sendo uma área de mistura das águas vinda de drenagem com as marinhas.

Neste segundo compartimento há uma mistura de sedimentos como no primeiro, porém com menor influência de finos; o terceiro setor corresponde à porção inferior, próximo à desembocadura do estuário, onde há predominância de águas marinhas, constituído por grãos de areia fina e muito fina com uma moderada seleção.

Segundo Lamour *et al.* (2004), a distribuição dos diferentes sedimentos de fundo tem importante função no planejamento das áreas estuarinas seja na construção de portos, marinas, no planejamento dos canais de acesso aos portos, além do planejamento das dragagens e áreas de despejo desse material.

A área abordada nesse estudo são os berços de atracação dos navios nos Portos de Paranaguá e Antonina, localizadas na porção mediana do eixo Leste-Oeste do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP).

4.2 Estrutura Portuária

O Porto de Paranaguá dispõe de um cais público com uma extensão de 2.816 m com 14 berços de atracação, e um acréscimo de 200 m relacionado aos *dolphins* para atração de navios Ro - Ro, totalizando uma extensão de 3.016 m (Figura 3).

Os berços de atracação dos navios são áreas restritas com tamanho e profundidades definidas, para que navios possam atracar de forma segura para o embarque e desembarque de mercadorias em um porto. No Porto de Paranaguá, os berços são denominados como 201, 202, 204, 205, 206, 208, 209 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, com profundidades de 8,70 m, 10,70 m, 12,70 m, 13,70 m e 14,50 (Figura 4). O que possibilita receber simultaneamente de 12 a 15 navios, a depender de seus tamanhos. Estes berços têm como movimentação preferencial cargas gerais (não unitizadas), especialmente os granéis sólidos.

A estrutura de engenharia dos berços existentes no cais público é variada, abrangendo cais do tipo dinamarquês (berços 201, 202, 206 a 215), cortina atirantada (berços 204 e 205) e plataforma sobre estacas (berço 216), com exceção do berço 217 que tem como carga preferencial veículos e atende navios o Roll-on/Roll-off e tem como tipo de estrutura dolfin (SOARES, 2009).



Figura 3 – Vista panorâmica do cais público ou comercial do Porto de Paranaguá Fonte: Informativo dos Portos (2011).

Este porto conta também com dois *piers* de inflamáveis, um interno com 174 m de extensão e 10,70 m de profundidade e um externo com 184 m de extensão e 12,20 m de profundidade; dois *piers* de granéis líquidos, ambos com 244 m de extensão, o interno com 10,70 m de profundidade e o externo com 12,70 m e dois *piers* de fertilizantes com 235 m de extensão, com berços interno e externo de acordo com os padrões dos demais. O retroporto é constituído de 21 armazéns de cargas soltas e contêineres, totalizando 63.980m² (ANTAQ, 2011). O Porto de Paranaguá, movimentou cerca de 38,2 milhões de t no ano de 2010 (APPA, 2011), sendo o maior porto do sul do Brasil e o terceiro maior em contêineres, considerado também, o maior exportador de grãos da América Latina.



Figura 4 Berços de atracação do Porto de Paranaguá Fonte (SOARES, 2009).

Em Antonina, a área portuária abrange o Terminal Público Barão de Teffé (administrado pela APPA), e dois terminais de uso misto, os Terminais Matarazzo e os Terminais Portuários da Ponta do Felix (TPPF), arrendados para a iniciativa privada, além de um píer público de turismo. Essa área é também designada como Complexo Portuário de Antonina (Figura 5). Os TPPF contam dois berços de atracação com um complexo frigorificado, com capacidade de armazenagem de 13.000t, 23 mil m² de armazéns alfandegados para carga geral e granéis, uma retroárea de 30 mil m² para armazenagem a céu aberto, pátio para 2.300 contêineres, que operam 24 h por dia, em todos os dias da semana (Figura 6). No ano de 2009, este terminal movimentou cerca de 88.000 t e a perspectiva para 2014 é de 2,5 milhões t (PORTOS E NAVIOS, 2010).

No Complexo Portuário de Antonina, o Terminal Barão de Teffé conta com apenas um único berço de atracação com 62 m de extensão, o Terminal Matarazzo tem 250 m de cais acostável com 5 m de profundidade, ambos atualmente desativados. Os TPPF são compostos por dois berços com total de 360 m de cais, dos quais 150 m são utilizados para cargas frigoríficas e o restante para a movimentação de contêineres e produtos florestais. Este terminal, em termos de tecnologia no manuseio e armazenamento de cargas frigorificadas, é considerado um dos mais modernos da America Latina (SOARES, 2009).



Figura 5 - Região portuária de Antonina. Imagem Spot do ano de 2003. Fonte SOARES, (2009).



Figura 6 - Berços de atracação do Terminal Portuário da Ponta do Félix

Antonina foi no início do século XX o quarto maior porto brasileiro, mas em função do crescimento do tamanho dos navios, das novas tecnologias para o transbordo de cargas e disputas políticas, a atividade foi sendo progressivamente transferida para Paranaguá, com a inauguração efetiva do porto homônimo na

década de 1930. Com este fato, a movimentação portuária de Antonina praticamente cessou na década de 1960. Com incentivo à maior participação da iniciativa privada com a Lei de Modernização dos Portos, em 1993, foi construído na região os TPPF no final da década de 1990, tendo-se realizado dragagens de aprofundamento no canal de acesso, inicialmente para 9,5 m, numa extensão de aproximadamente 17 km. Durante a realização desta obra, os sedimentos dragados foram depositados nas laterais do canal, em função da indisponibilidade de áreas de despejo melhores tendo em vista os recursos financeiros disponíveis. Ao longo dos anos, o canal sofreu rápida sedimentação, por causas naturais e/ou antrópicas, contando atualmente com um calado oficial de 7,3 m.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o levantamento de dados batimétricos históricos e atuais, foram consultados documentos depositados na mapoteca do Laboratório de Oceanografia Geológica (LOGeo) do Centro de Estudos Mar, na forma impressa (dados analógicos). Em específico, foram buscados mapas referentes aos berços de atracação de navios do Porto de Paranaguá localizando-se 80 mapas (Tabela 1).

Destes 80 mapas, 18 foram selecionados (destacados na Tabela 1), que correspondem aos levantamentos mais recentes e que pertencem ao mesmo *datum* e escala. Foram abordados 3 levantamentos no ano de 2001 (fevereiro, agosto e dezembro) e 1 levantamento no ano de 2002.

Para dados atuais a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) e os Terminais Portuários da Ponta do Félix (TPPF) cederam dados batimétricos digitalizados relativos aos anos de 2005, 2006 e 2007.

Os mapas utilizados, tanto digitais como analógicos foram confeccionados pela mesma empresa, a Microars Engenharia, tendo como referência um mesmo Datum (WGS-84) e escala (1/1000). Não foi necessário nenhum tipo de ajuste entre os mapas, como a conversão de *datum* e escalas.

Para a delimitação de áreas em que a sobreposição satisfizesse o estudo, foram selecionados os mapas que cobrissem toda a área acostável dos terminais portuários (berços de atracação de navios) de Paranaguá e dos TPPF, estabelecendo dessa forma, um padrão de área para que os cálculos tivessem a

acurácia necessária, considerando-se uma mesma área entre os levantamentos batimétricos selecionados.

Tabela 1: Relação de cartas batimétricas referente aos Portos de Paranaguá, retirados da mapoteca do LOGeo, UFPR, destaque-se os mapas utilizados (em tom de cinza escuro).

EMPRESA	DATA	DATUM	ESCALA	SONDAGEM
Cia de Docas do RJ	27/12/1993	Itajubá	1:1000	06,13 06,13 e 29/09; 01,14 e 15/10-13/11/93
DNH	1997	WGS-84	1:2000	
DNH- APPA	1997	WGS-84	1:2000	
DNH	1997	WGS-84	1:2000	
DNH	1997	WGS-84	1:2000	
Isobática	22/04/1999	WGS-84	1:1000	19/04/1999
Isobática	22/04/1999	WGS-84	1:1000	19/04/1999
Isobática	11/05/1999	WGS-84	1:1000	29/04/1999
Isobática	11/05/1999	WGS-84	1:1000	23 e 27/04/1999
Isobática	11/05/1999	WGS-84	1:1000	23 e 27/04/1999
MICROARS	19/02/2001	WGS-84	1:1000	12/02/2001 a 17/02/2001
MICROARS	19/02/2001	WGS-84	1:1000	12/02/2001 a 17/02/2001
MICROARS	01/03/2001	WGS-84	1:1000	12/02/2001 a 17/02/2001
MICROARS	01/03/2001	WGS-84	1:1000	12/02/2001 a 17/02/2001
MICROARS	01/03/2001	WGS-84	1:1000	12/02/2001 a 17/02/2001
MICROARS	01/03/2001	WGS-84	1:1000	12/02/2001 a 17/02/2001
MICROARS	11/09/2001	WGS-84	1:1000	20/08/2001 a 07/09/2001
MICROARS	11/09/2001	WGS-84	1:1000	20/08/2001 a 07/09/2001
MICROARS	11/09/2001	WGS-84	1:1000	20/08/2001 a 07/09/2001
MICROARS	11/09/2001	WGS-84	1:1000	20/08/2001 a 07/09/2001
MICROARS	07/12/2001	WGS-84	1:1000	11,13,16,19,20 e 21/12/2001
MICROARS	07/12/2001	WGS-84	1:1000	11,13,16,19,20 e 21/12/2001
MICROARS	07/12/2001	WGS-84	1:1000	11,13,16,19,20 e 21/12/2001
MICROARS	07/12/2001	WGS-84	1:1000	11,13,16,19,20 e 21/12/2001
MICROARS	28/01/2002	WGS-84	1:1000	10,12,15,16,17 e 18/01/2002
MICROARS	28/01/2002	WGS-84	1:1000	10,12,15,16,17 e 18/01/2002
MICROARS	28/01/2002	WGS-84	1:1000	10,12,15,16,17 e 18/01/2002
MICROARS	28/01/2002	WGS-84	1:1000	10,12,15,16,17 e 18/01/2002

Governo do Paraná	Out 1972		1:1000	12/10/1972
Cia BR de Dragagem	06/05/1977	Coordenadas UTM	1:5000	31/01/1977 e 01/02/1977
Cia BR de Dragagem	28/12/1979	Córrego Alegre		
Cia BR de Dragagem	20/08/1979	Coordenadas UTM	1:5000	17/05/1979 a 26/05/1979
Governo do Paraná	Nov 1979		1:25	
Cia BR de Dragagem	22/07/1986	Itajubá	1:5000	07/06/1986 a 09/07/1986
Porto de Paranaguá	30/09/1992	Córrego Alegre	1:2000	
Porto de Paranaguá	30/09/1992	Córrego Alegre	1:2000	
Cia de Docas do RJ	28/12/1993	Itajubá	1:1000	06,13 e 29/09; 01,14 e 15/10 13/11/93
Cia de Docas do RJ	28/12/1993	Itajubá	1:1000	06,13 e 29/09; 01,14 e 15/10 13/11/93
Cia de Docas do RJ	28/12/1993	Itajubá	1:1000	06,13 e 29/09; 01,14 e 15/10 13/11/93
Cia de Docas do RJ	27/12/1993	Itajubá	1:1000	06,13 e 29/09; 01,14 e 15/10-13/11/93
Cia de Docas do RJ	28/12/1993	Itajubá	1:1000	06,13 e 29/09; 01,14 e 15/10-13/11/93
Cia de Docas do RJ	08/04/1993	Itajubá	1:2000	24 a 29/03/1993
Cia de Docas do RJ	08/04/1993	Itajubá	1:2000	24 a 29/03/1993
Ministério da Marinha		Córrego Alegre	1:5000	09,10 e 13/03/1996
	1998	WGS-84	1:5000	
	1998	WGS-84	1:10000	
Governo do Paraná	1998		1:5000	
MICROARS	11/09/2001	WGS-84	1:5000	13/08/2001 e 15/08/2001
Cia BR de Dragagem	09/05/1977	Coordenadas UTM	1:500	09/03/1977 a 29/03/1977
Cia BR de Dragagem	09/05/1977	Coordenadas UTM	1:500	09/03/1977 a 29/03/1977
Cia BR de Dragagem	09/05/1977	Coordenadas UTM	1:500	09/03/1977 a 29/03/1977
Cia BR de Dragagem	09/05/1977	Coordenadas UTM	1:500	09/03/1977 a 29/03/1977
Cia BR de Dragagem	09/05/1977	Coordenadas UTM	1:500	09/03/1977 a 29/03/1977
Cia BR de Dragagem	09/05/1977	Coordenadas UTM	1:500	09/03/1977 a 29/03/1977
Cia BR de Dragagem	09/05/1977	Coordenadas UTM	1:500	09/03/1977 a 29/03/1977
Cia BR de Dragagem	09/05/1977	Coordenadas UTM	1:500	09/03/1977 a 29/03/1977
Cia BR de Dragagem	28/11/1980	Córrego Alegre	1:2000	29/09/1980
Cia BR de Dragagem	28/11/1980	Córrego Alegre	1:2000	29/09/1980
Empresa de Portos do BR	20/10/1989	Itajubá	1:2000	02 e 06/10/1989
Empresa de Portos do BR	10/11/1988	Itajubá	1:2000	09/10/1988 a 14/10/1988
Empresa de Portos do BR	13/06/1988	Itajubá	1:2000	26/05/1988
Empresa de Portos do BR	22/12/1988	Itajubá	1:2000	29/11/1988
Empresa de Portos do BR	21/06/1990	Itajubá	1:2000	12/06/1990
Empresa de Portos do BR	20/08/1990	Itajubá	1:2000	31/07/1990 a 03/08/1990

Empresa de Portos do BR	20/06/1990	Itajubá	1:2000	31/07/1990 a 03/08/1990
Porto de Paranaguá	30/09/1990	Córrego Alegre	1:2000	
Cia de Docas do RJ	02/04/1992	Itajubá	1:1000	24/03/1993
Cia de Docas do RJ	05/05/1993	Itajubá	1:1000	01/05/1993
Cia de Docas do RJ	07/05/1993	Itajubá	1:2000	24/04/1993
Cia de Docas do RJ	01/12/1993	Itajubá	1:1000	05 e 13/10 e 13/11/1993
Cia de Docas do RJ	28/07/1994	Itajubá	1:2000	23/04 a 28/04/1993 e 13/11/1993
Empresa de Portos do BR	15/02/1989	Itajubá	1:2000	20/12/1988
Cia de Docas do RJ	06/04/1993	Itajubá	1:2000	27/04/1993
DNH		WGS-84	1:2000	
DNH		WGS-84	1:2000	
MICROARS	18/10/2000	WGS-84	1:1000	06,07 e 14/10/2000
MICROARS	18/10/2000	WGS-84	1:1000	06,07 e 14/10/2000
MICROARS	18/10/2000	WGS-84	1:1000	06,07 e 14/10/2000
MICROARS	18/10/2000	WGS-84	1:1000	06,07 e 14/10/2000
MICROARS	18/10/2000	WGS-84	1:1000	06,07 e 14/10/2000
MICROARS	12/09/2001	WGS-84	1:25000	13/08/2001

Cada levantamento em forma não digital, é composto de pelo menos 4 folhas articuladas, esquematizadas na Figura 7.

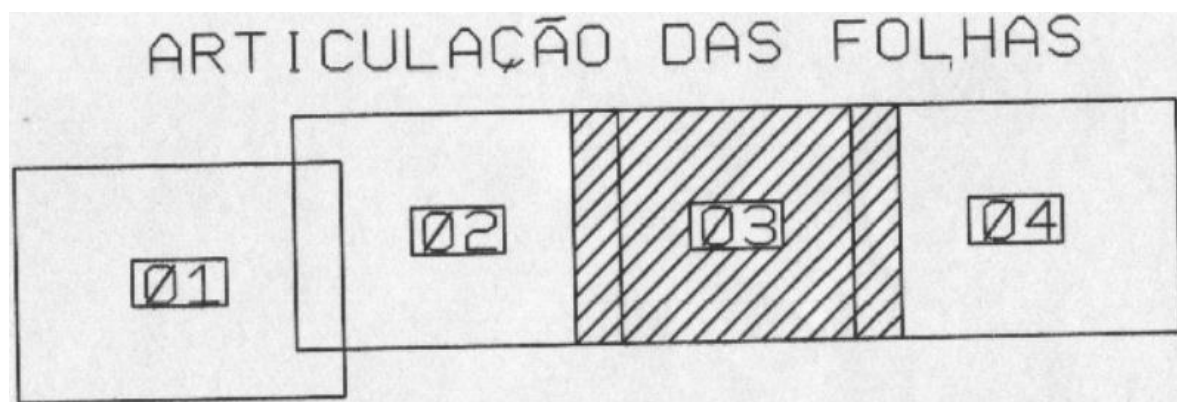


Figura 7 - Articulação das folhas dos levantamentos analógicos relativos aos berços de atracação do Porto de Paranaguá.

Os mapas analógicos selecionados passaram por processo de digitalização no Departamento de Cartografia da Universidade Federal do Paraná. Numa primeira etapa foi efetuado a digitalização dos mapas em formato de imagem, que serviram de base para o emprego do *software* DigitImagem, programa especialmente desenvolvido para este trabalho, já que os similares existentes no

mercado trabalham com pontos fixos de triangulação, em áreas continentais. No caso de alguns mapas batimétricos, estes pontos de referência não existem, pois as áreas mapeadas recobrem apenas porções subaquáticas. Assim, foi necessário o desenvolvimento desta nova tecnologia.

No *software* DigitImagem, as imagens escaneadas (mapas) são orientadas, usando pelo menos 4 pontos das coordenadas referentes ao sistema da carta, distribuídos de forma homogênea (latitude e longitude). Em seguida, foi executada digitalização dos pontos batimétricos existentes nos mapas, ponto por ponto abrangendo as coordenadas (latitude e longitude) com sua respectiva profundidade, considerando-se como nível de referência o zero hidrográfico do marégrafo de Paranaguá, usado também em cartas náuticas da Marinha do Brasil (Diretoria de Hidrografia e Navegação), comumente usado como referência nos levantamentos hidrográficos da região.

Os produtos gerados pelos procedimentos acima descritos foram armazenados em 2 arquivos: um somente com coordenadas e profundidade dos pontos, e outro arquivo denominado “Reserva” com o endereço da imagem, pontos de orientação, parâmetros, coordenadas e profundidade. Após todos os pontos serem digitalizados, foi realizado um processo de concatenação, em que as imagens fracionadas de uma mesma amostragem foram aglutinadas, resultando em tabelas no formato XYZ contendo as coordenadas (latitude e longitude) e a profundidade dos pontos, usados posteriormente para o cálculo volumétrico.

Com os dados tratados, todos na forma digital, em uma mesma escala e datum, foram realizados os cálculos dos volumétricos através do *Software* SURFER 8.0. É uma ferramenta que permite a interpolação de dados irregulares XYZ em uma malha regular. Esta malha pode ser importada de outras fontes como levantamentos geológicos, gerando diferentes tipos de mapas, como os de contornos, vetores, imageamento do relevo e mapas de interpolações, além de poder realizar cálculos volumétricos.

Os dados então, passaram por um processo de branqueamento (*blank*), uma espécie de máscara, em que foram selecionadas somente as áreas amostradas pela batimetria com sobreposição exata (equivalente), para que as interpolações não causassem interferência no cálculo volumétrico, ou seja, foram descartadas

áreas em que o software fazia extrapolações de interpolações, gerando resultados irreais. Os volumes foram calculados por 3 métodos: a) “Trapezional”, b) “Simpson” e c) “3/8 de Simpson”, de forma que o volume final apresentado neste trabalho é a média aritmética dos resultados obtidos pelos três métodos.

A partir desses resultados foram avaliadas as variações volumétricas dentro dos intervalos de tempo entre os levantamentos batimétricos efetivamente compatíveis, no caso (2005, 2006 e 2007 para os dados digitais e 2001 e 2002 para os dados digitalizados).

6. RESULTADOS

6.1 Paranaguá

Os resultados relativos à digitalização dos mapas batimétricos dos berços de atracação do Porto de Paranaguá, relativos aos anos de 2001 e 2002 apresentaram problemas, provavelmente por erros de digitalização ou mesmo por erros de processamento do *software* DigitlImagem, um programa piloto, ainda em fase de testes. O procedimento de digitalização é moroso, constatando-se que após a execução de todo o processo, os mapas digitais gerados não correspondiam à batimetria contida na carta original, ou seja, a imagem digital que foi gerada resultou em um aspecto distinto da original. Para a correção dos valores anômalos detectados, todos os mapas que compõem os levantamentos teriam de ser refeitos, sendo que em um dos levantamentos de 2001, por exemplo, foram plotados aproximadamente 13.000 pontos. Desta forma, não foi possível para o presente estudo o cálculo de volumes para os levantamentos relativos ao ano de 2001.

O único levantamento batimétrico digitalizado em que foi possível realizar o cálculo volumétrico foi o referente ao ano de 2002 do porto público de Paranaguá, o resultado do cálculo obteve um volume total de 6.499.228,1951 m³.

Os dados digitais dos berços de atracação do Porto de Paranaguá, relativos aos anos de 2005, 2006 e 2007, não puderam passar pelo cálculo dos volumes, visto que as batimetrias não foram realizadas com a acurácia necessária para o estudo, como demonstra a Figura 8, referente ao levantamento de 2007. A falta de

levantamentos batimétricos constantes das áreas alvo de interesse também foi um fator que impossibilitou os cálculos volumétricos.

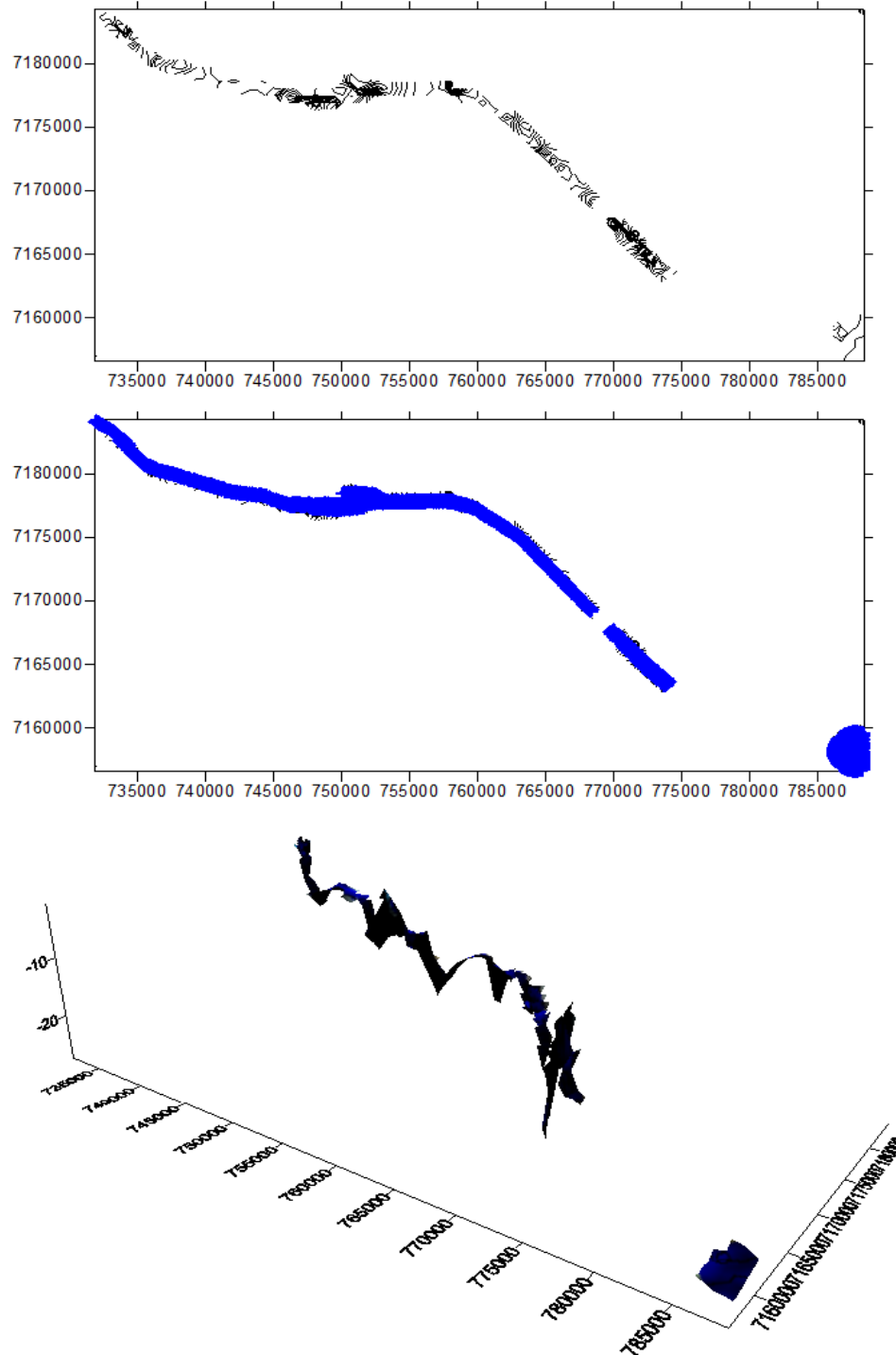


Figura 8 - Levantamento referente ao cais comercial ou público de Paranaguá. Os pontos amostrados (latitude, longitude e profundidade) estão destacados em azul.

6.2 Terminais Portuários da Ponta do Félix, Antonina

Com relação ao cálculo de volumes dos berços de atracação dos Terminais Portuários da Ponta do Félix, foram comparados distintos levantamentos realizados nos anos de 2005 (4 levantamentos – Figuras 9, 10, 11 e 12), 2006 (10 levantamentos – Figuras 13,14,15,16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22) e 2007 (4 levantamentos – Figuras 23, 24, 25,e 26).

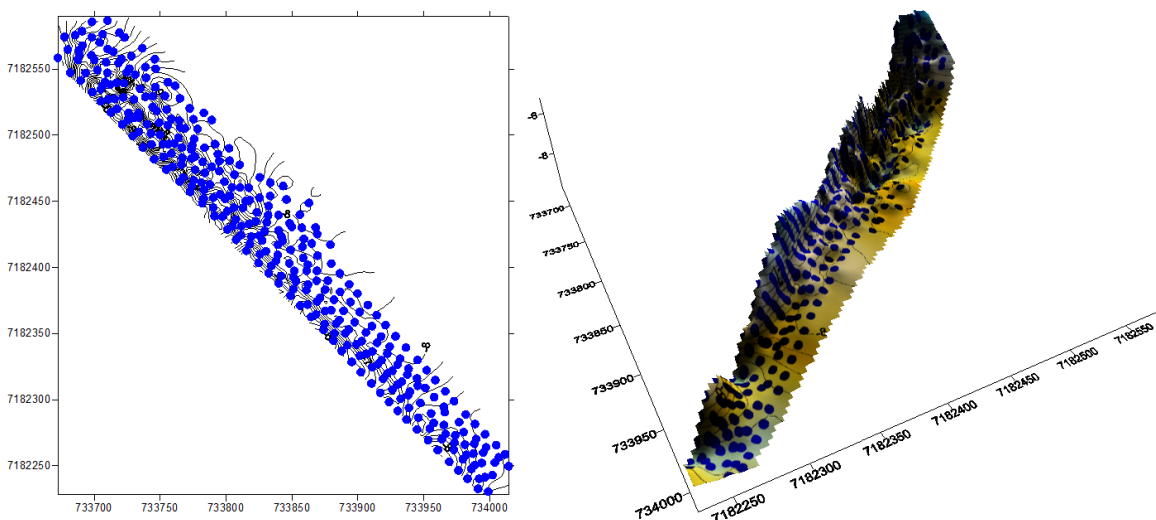


Figura 9 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 30.09.2005. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

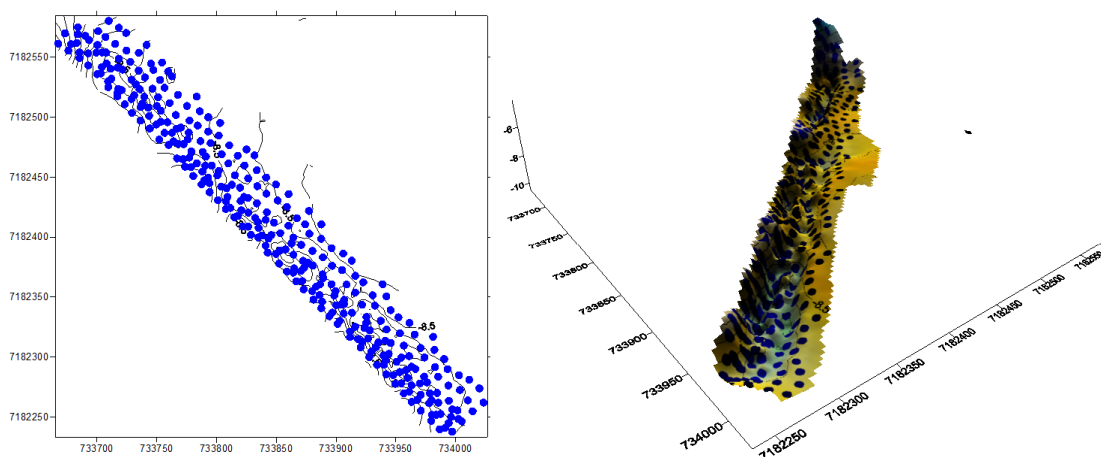


Figura 10 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 20.10.2005. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

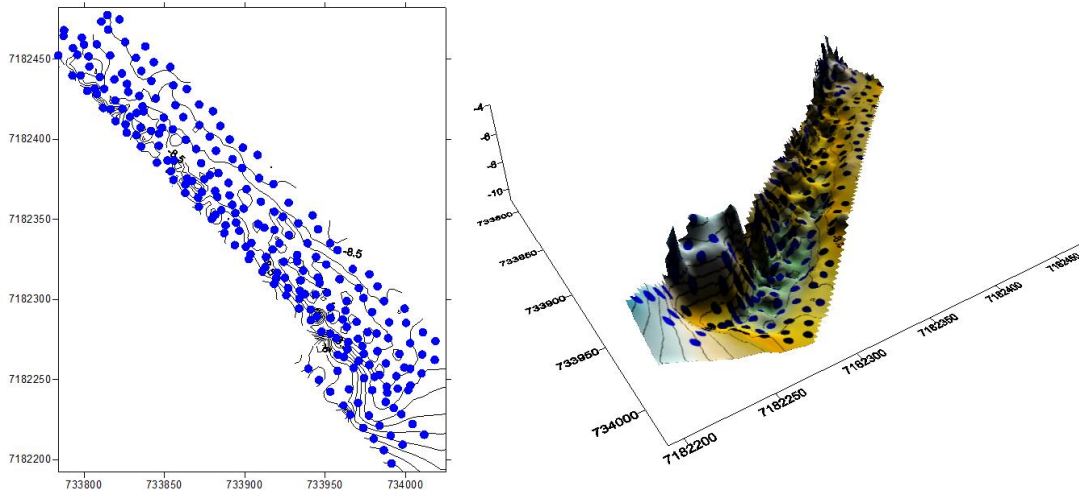


Figura 11 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 11.11.2005. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

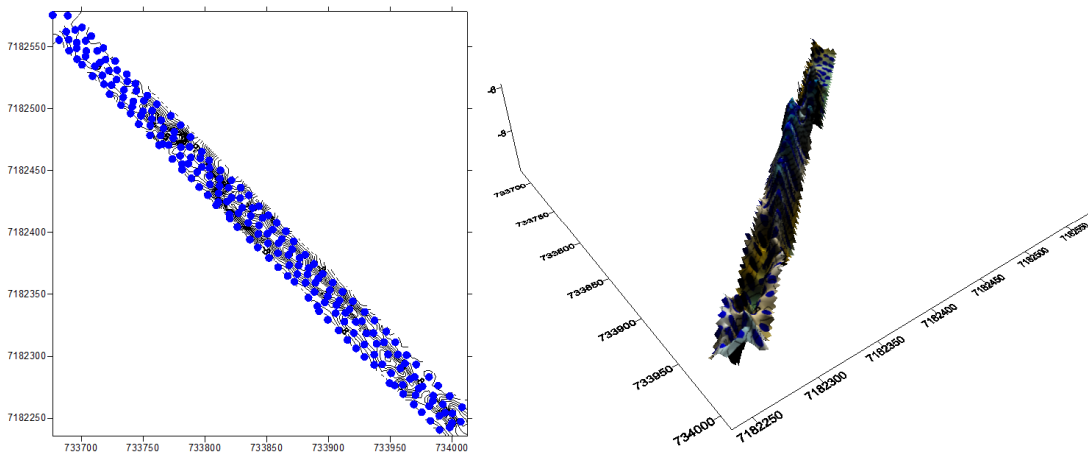


Figura 12 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 24.12.2005. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

Os resultados obtidos relativos às variações volumétricas para os levantamentos de 2005 dos TPPF, mostraram um cenário de deposição de sedimentos, com exceção do intervalo de 20.10 a 11.11, em que houve um decréscimo de $102.257,3394 \text{ m}^3$ no volume, cujos resultados entre os distintos levantamentos encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativa volumétrica dos intervalos entre levantamentos batimétricos do TPPF em 2005.

Estimativa volumétrica dos intervalos entre levantamentos batimétricos do TPPF em 2005	
30.09 – 20.10	27.410,439 m ³
20.10 – 11.11	-102.257,3394 m ³
11.11 – 24.12	44.692,7744 m ³
30.09 – 24.12	119.549,6748 m ³

No ano de 2006 (10 levantamentos – Figuras 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22), apenas 2 intervalos evidenciaram a deposição de sedimentos: os de 07.01 a 03.03, com acréscimo de 1.073.341,4664 m³ e 21.06 a 31.07 com acréscimo de 149.928,6318 m³. Todos os demais intervalos obtiveram resultados negativos, demonstrando que houve um decréscimo de volume, ou seja, erosão, possivelmente devido às dragagens realizadas nos berços (Tabela 3).

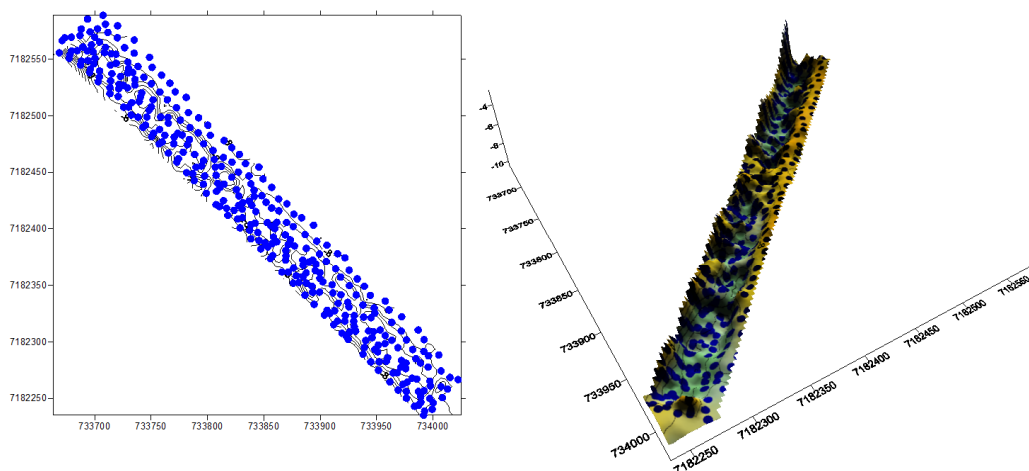


Figura 13 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 07.01.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

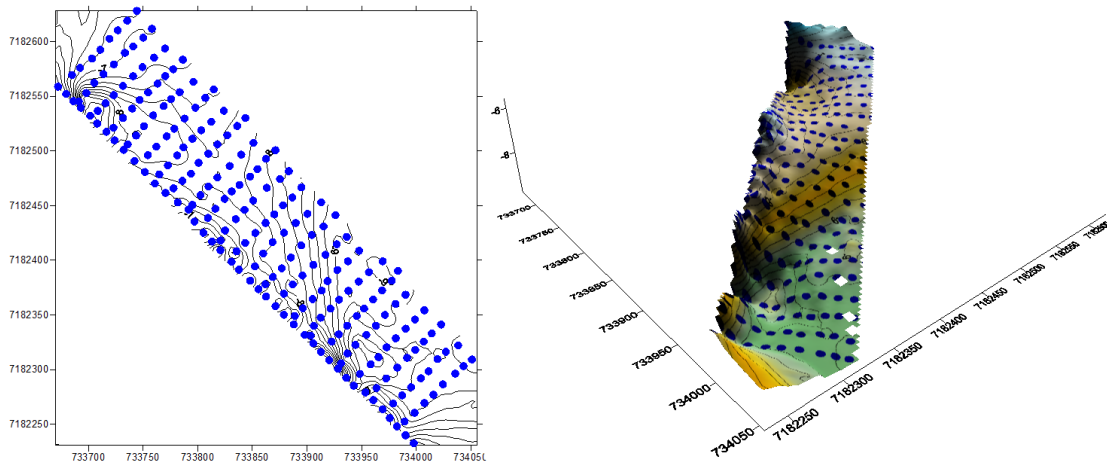


Figura 14 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 03.03.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

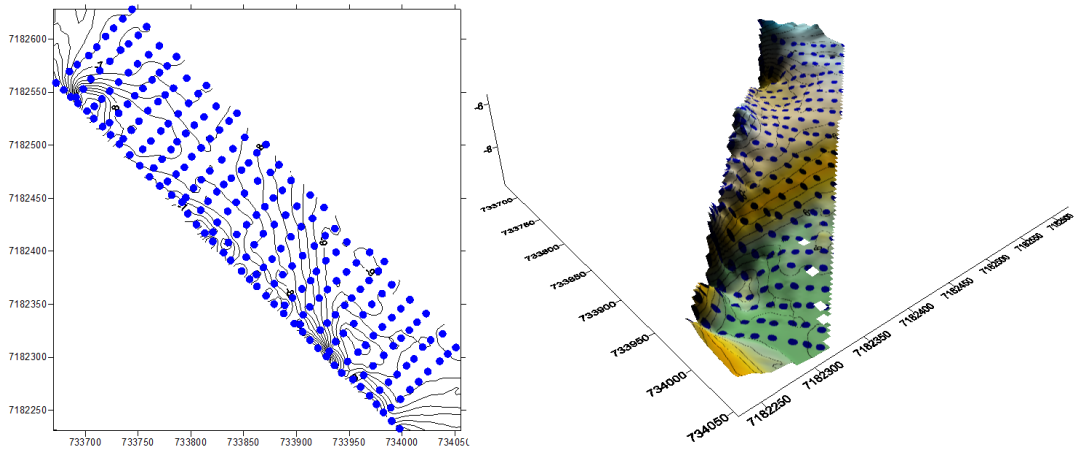


Figura 15 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 17.04.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

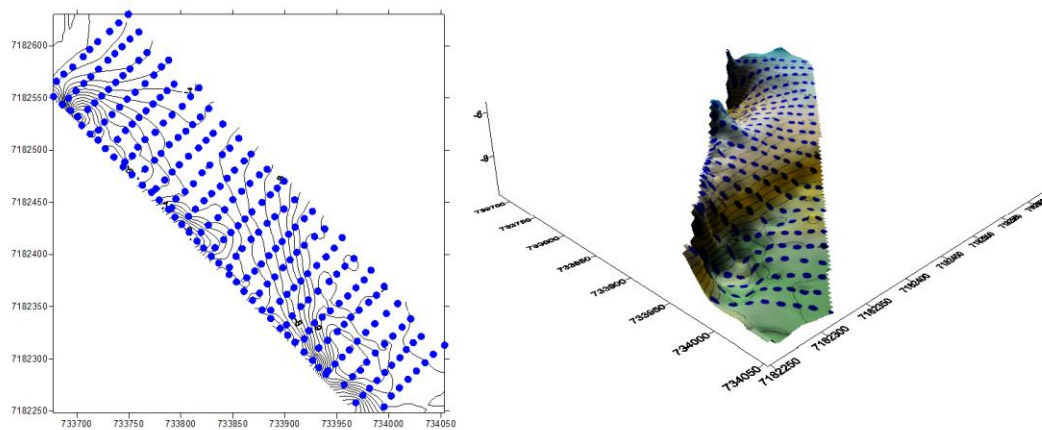


Figura 16 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 30.05.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

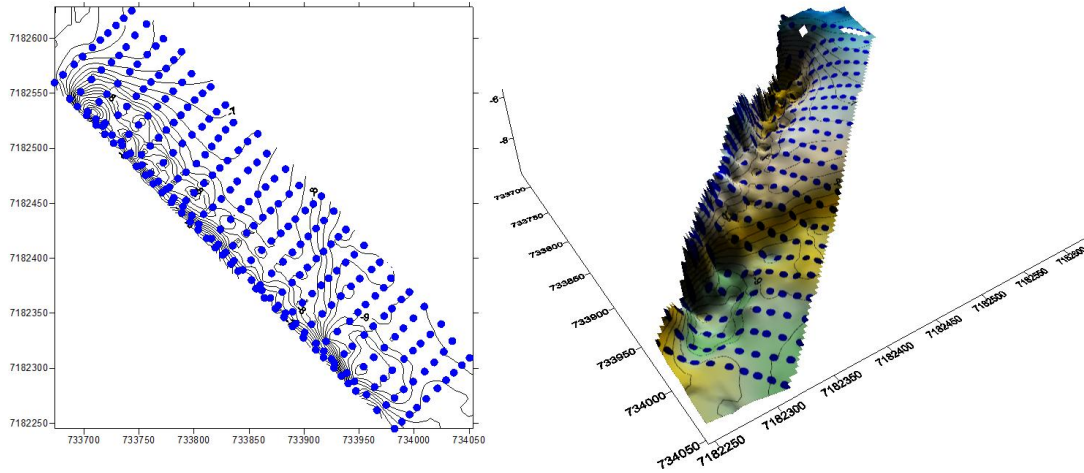


Figura 17 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 13.06.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

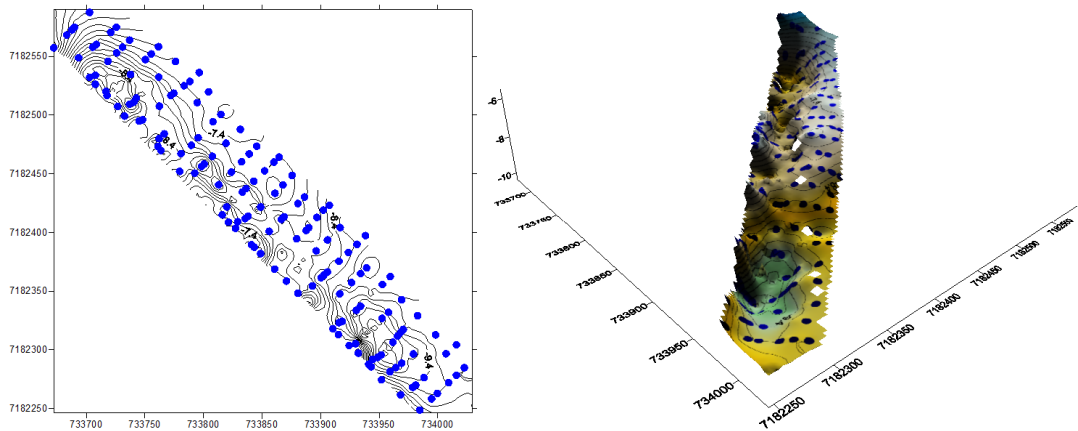


Figura 18 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 21.06.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

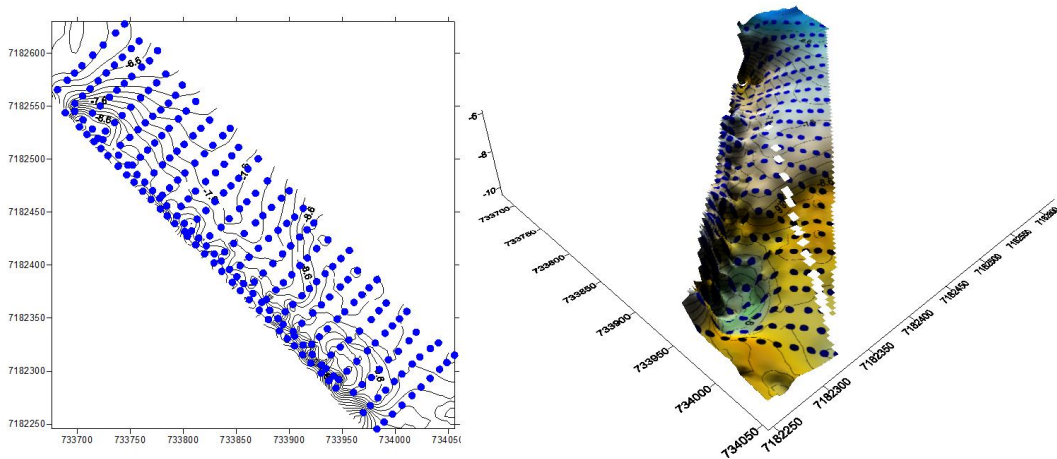


Figura 19 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 31.07.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

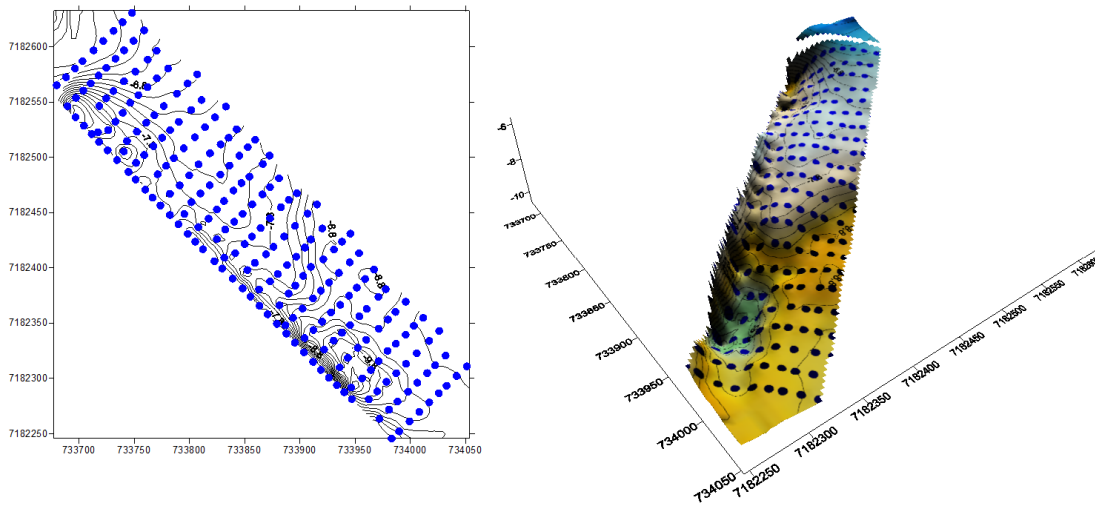


Figura 20 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 09.08.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

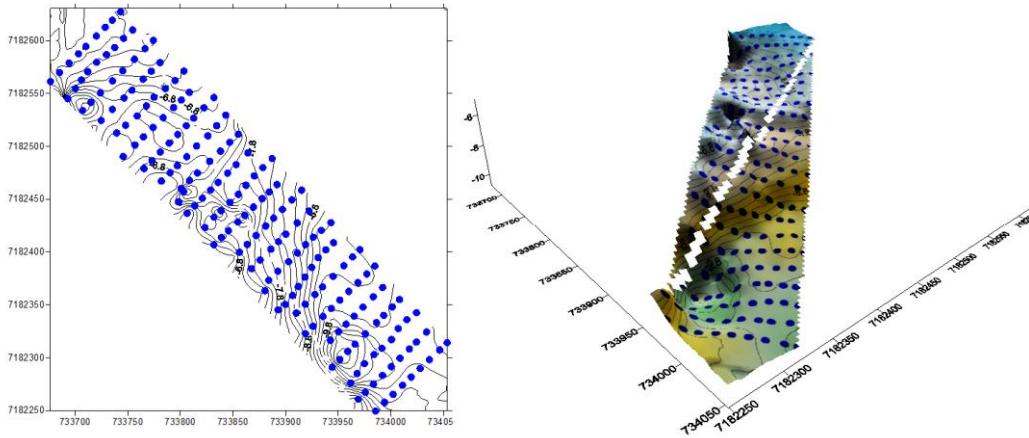


Figura 21 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 21.11.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

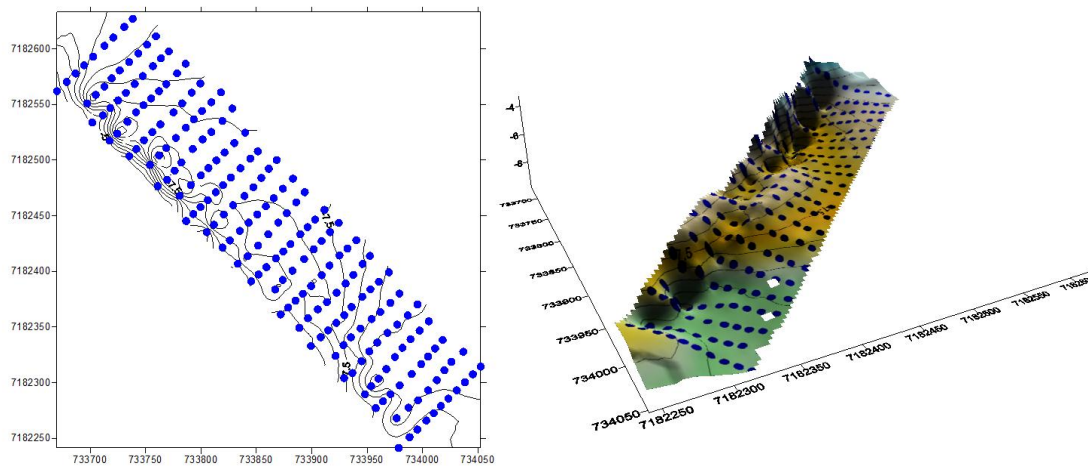


Figura 22 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 20.12.2006. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

Tabela 3 - Estimativa volumétrica dos intervalos entre levantamentos batimétricos do TPPF em 2006.

Estimativa volumétrica dos intervalos entre levantamentos batimétricos do TPPF em 2006	
07.01 – 03.03	1.073.341,4664 m ³
03.03 – 17.04	-860.876,9643 m ³
17.04 – 30.05	-14.845,5221 m ³
30.05 – 13.06	-1.380,5631 m ³
13.06 – 21.06	-131.247,6228 m ³
21.06 – 31.07	149.928,6318 m ³
31.07 – 09.08	-28.656,1658 m ³
09.08 – 21.11	-3.544,4966 m ³
21.11 – 20.12	- 13.676,1868 m ³
07.01 – 20.12	169.042,5707 m ³

Para o ano 2007, nos intervalos das 4 batimetrias realizadas (Figuras 21, 22, 23,e 24), todas apresentaram um processo deposicional, como mostrado na Tabela 4.

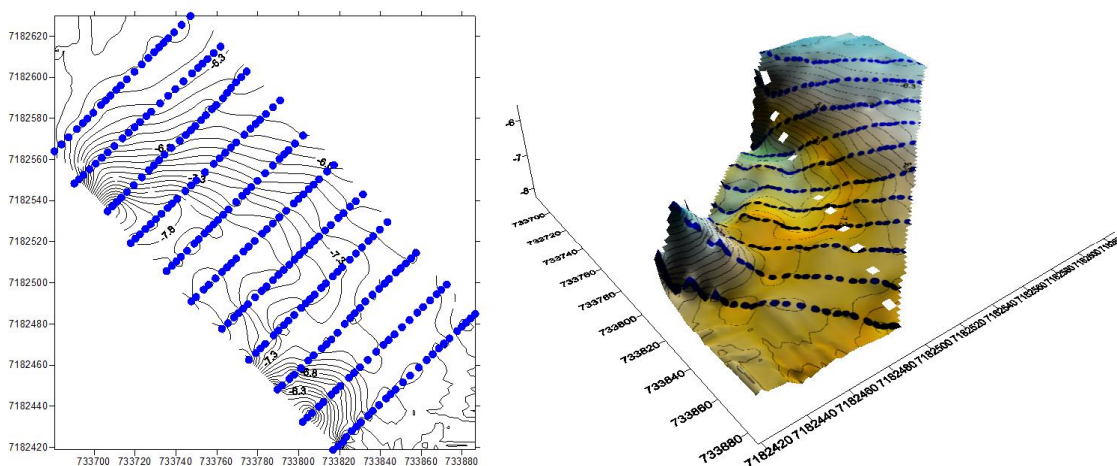


Figura 23 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 10.04.2007. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

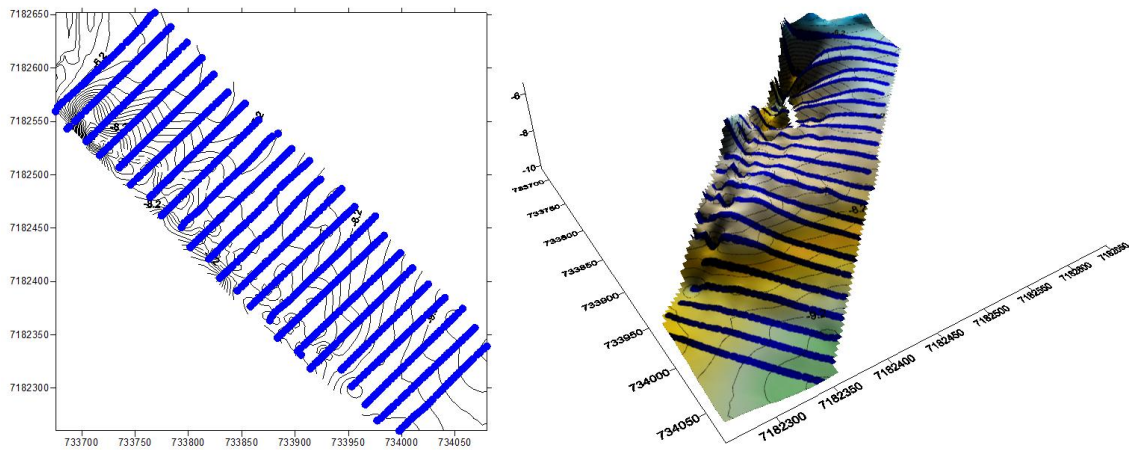


Figura 24 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 10.08.2007. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

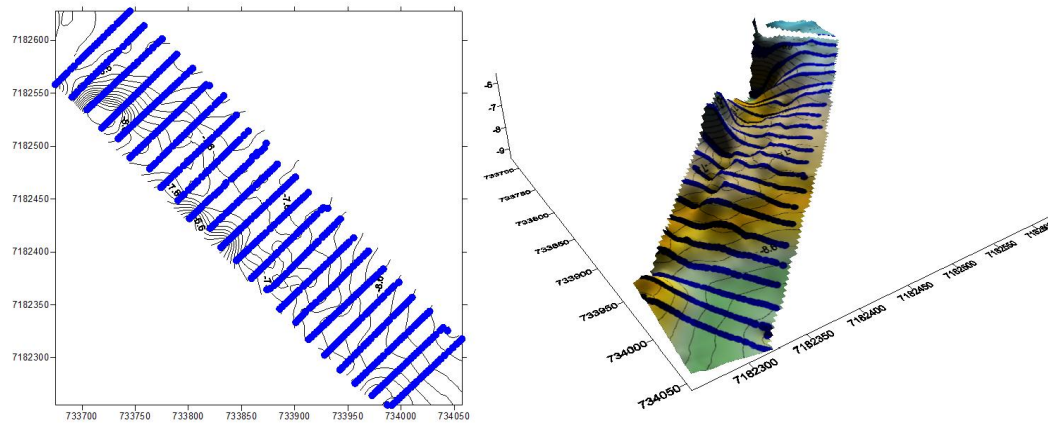


Figura 25 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 18.10.2007. A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

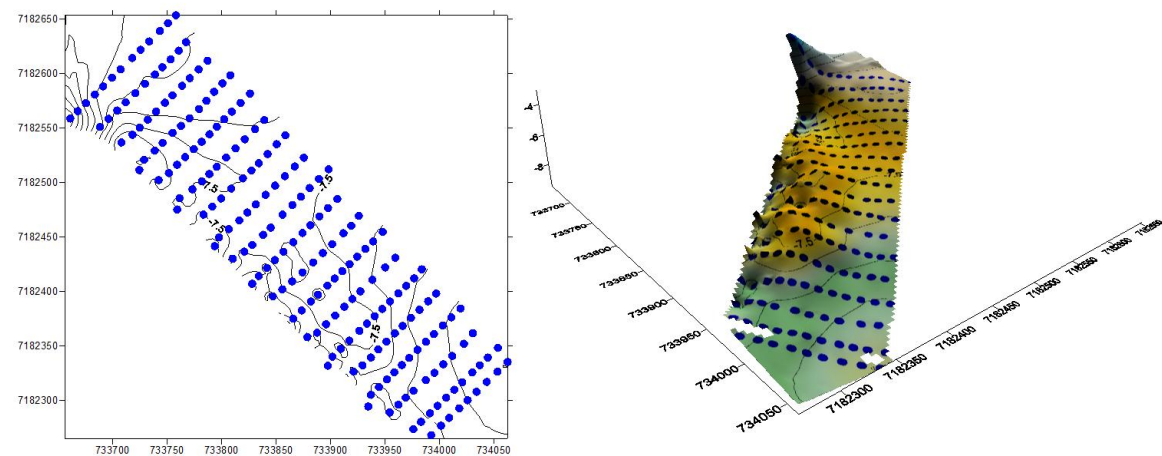


Figura 26 - Mapa de pontos (à esquerda) amostrados e de superfície (à direita) relativos à batimetria de 02.12.2007 . A figura da direita, para fins de permitir uma melhor visualização foi rotacionada.

Tabela 4 - Estimativa volumétrica dos intervalos entre levantamentos batimétricos do TPPF em 2007.

Estimativa volumétrica dos intervalos entre levantamentos batimétricos do TPPF em 2007	
10.04 – 10.08	433.013,8803 m ³
10.08 – 18.10	151.506,9819 m ³
18.10 – 02.12	72.363,5133 m ³
10.04 – 02.12	353.870,4117 m ³

7. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O objetivo geral do presente trabalho, de estimar os volumes de sedimentação nos berços de atracação de navios do Porto de Paranaguá e dos Terminais Portuários da Ponta do Félix, foi obtido parcialmente por diferentes motivos.

Comparar dados analógicos (mapas antigos) de forma temporal, antes da existência do Sistema de Posicionamento Global (GPS) acoplado a *softwares* recentemente desenvolvidos para levantamentos batimétricos (como o *Hypack*, por exemplo), permitiram que os portos pudessem estabelecer as taxas de sedimentação de suas áreas de interesse, como os berços e bacias de evolução. Isto possibilitaria, por exemplo, um planejamento orçamentário mais detalhado quanto às dragagens, que depende de valores de mercado, bem como outros aspectos, como o planejamento e determinação dos sítios de deposição dos materiais dragados, em alguns casos problemáticos, como no caso de sedimentos contaminados.

O *software* desenvolvido DigitlImagem, possui grande potencial para dar respostas às questões acima mencionadas, embora não se tenha obtido no presente trabalho resultados efetivos. Levantamentos batimétricos portuários anteriores às novas tecnologias foram realizados por distintos órgãos/empresas, em diferentes escalas e *datums* de referência, e o ajuste deste num mesmo referencial, possibilitaria análises comparativas de sedimentação ou erosão, pressuposto inicial do trabalho desenvolvido.

No caso do porto público de Paraguá, por exemplo, só foi possível efetuar o cálculo volumétrico de dados relativos a um único levantamento referente ao ano de 2002, não permitindo afirmar se o volume calculado poderia ser extrapolado, por exemplo, para prever volumes a serem dragados num futuro próximo pela Autoridade Portuária. Tampouco, os únicos registros que foram passíveis de utilização permitiram uma comparação efetiva entre os volumes de sedimentação de portos localizados em distintos setores do Complexo Estuarino de Paranaguá, como os Terminais Portuários da Ponta do Félix.

Nos TPPF, os dados disponibilizados em forma já digital facilitou os cálculos volumétricos, cujos resultados indicam altas taxas de sedimentação, como já detectado por ODRÉSKI (2003) para toda a região da baía de Antonina. O monitoramento batimétrico realizado periodicamente pela administração deste terminal, no qual se detectou que a questão do assoreamento dos berços de atracação de navios é um problema efetivo, conduziu à necessidade de permanência de uma draga de pequeno porte no local. Assim, os volumes negativos (de erosão) encontrados neste estudo referem-se às dragagens realizadas.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que os terminais portuários investigados estão sofrendo um processo de sedimentação constante, fato que demanda um acompanhamento do relevo de fundo através de levantamentos batimétricos constantes da região. Este monitoramento possibilitaria o cálculo da taxa de sedimentação ou erosão presente nos terminais de forma mais efetiva do que o aqui apresentado, acarretando em um melhor planejamento portuário.

8. REFERÊNCIAS

ANGULO, R.J. (1992). **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. 344p Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ANGULO, R.J. & ARAÚJO A.D. (1996). **Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea**. n. 44.

17p. Boletim Paranaense de Geociências. Universidade Federal do Paraná, Curitiba

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. Disponível em: www.antaq.gov.br/portal/pdf/Portos/Paranagua.pdf. Acessado em 22 de junho de 2011.

APPA - ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA. Disponível em www.appa.pr.gov.br acessado em 22 de junho de 2011.

APPA – ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA. (2011) **Dicionário básico portuário**. Segunda edição. 170 p. Paranaguá.

BIGARELLA, J.J.; BEKER, R. D.; DE MATOS, D.J.; WERNER, A. (1978) **A Serra do mar e a porção oriental do estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional)**. 248 p. Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado do Planejamento- Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA), Curitiba.

BIGARELLA, J. J. (2007). Problemas de assoreamento na Baía de Paranaguá **Dragagens portuárias no Brasil – licenciamento e monitoramento ambiental**. 312p Governo do Estado do Paraná; Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA/PR); Associação de Defesa do Meio Ambiente e Desenvolvimento de Antonina (ADEMADAN); Faculdades Integradas Espírita (UNIBEM)..

BIRD, E. C. F. 2008. **Coastal geomorphology: an introduction**. Segunda edição. Editora John Wiley & Sons LTD. 411 p. West Sussex, Inglaterra.

FAEP, 2012 **Revista do Boletim Informativo do Sistema FAEP** . nº1168 Ano XXVI. Curitiba.

BRASIL (2011). Disponível em :

www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2011/05/03/nova-meta-de-exportacoes-parap2011-e-de-us-245-bilhoes Acessado em 28/06/2011.

CATTANI P.E. (2009). **Estimativa do assoreamento sedimentar ao longo da Baía de Paranaguá – PR**. 102p. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Sul.

CARRILHO, J. C. (2003). **Dinâmica sedimentar do fundo adjacente ao Porto de Paranaguá**. 89p.Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ERVILHA, R. A. (2006). **Impactos da Lei 8.630 sobre a infra-estrutura de terminais de containers e na viabilização da navegação de cabotagem de carga geral no Brasil**. 88p.Dissertação (Mestrado em Administração e Economia) Faculdades de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro.

FUNPAR (1977). **Correntes, parâmetros oceanográficos e ondas**. Relatório Técnico. Convênio: APPA e CEM.

IPEA. (2009). **Brasil em desenvolvimento: Estado, planejamento e políticas públicas**. vol.2. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília.

LAMOUR, M. R. (2000). **Dinâmica sedimentar do Canal da Galheta, via de acesso ao Porto de Paranaguá – PR**. 88 p.Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LAMOUR, M. R. (2007). **Morfodinâmica sedimentar da desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR**. 162p.Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LAMOUR, M. R.; SOARES, C. R.; CARRILHO, J. C. (2004). **Mapas dos parâmetros texturais dos sedimentos de fundo do Complexo Estuarino de Paranaguá- PR.** Bol. Parana. Geociênc., Curitiba, n. 55, p. 77-82.

LANA, P. C.; MARONE, E.; LOPES, R. M.; MACHADO, E. C. (2001). **The subtropical estuarine complex of Paranaguá bay, Brazil.** v. 144, p. 131-145. Ecol. Stud. Berlin.

LAUBE, D. M. (2009). **Morfodinâmica praias do Balneário de Pontal II, Município de Pontal do Paraná.** 101p. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade do Paraná, Pontal do Sul.

LUZ, R. T. (2008). **Estratégias para modernização da Componente Vertical do Sistema Geodésico Brasileiro e sua integração ao SIRGAS.** 228p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MAAK, R. (1968). **Geografia física do Estado do Paraná.** 350 p. Curitiba: BADEP: UFPR: IBPT,

MANTOVANELLI, A. (1999). **Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem.** 149p. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MARONE, E.; MANTOVANELLI, A.; NOERNBERG, M. A.; KLINGENFUSS, M. S.; LAUTERT, L. F. C.; PRATA JUNIOR, V. P. (1997). **Caracterização física do complexo estuarino da Baía de Paranaguá.** Relatório consolidado do convênio APPA/CEM. Universidade Federal do Paraná.

MARONE, E.; NOERNBERG, M. A.; LAUTERT, L. F.; SANTOS, I.; FILL, H. D.; BUBA, H.; MARENDA, A. (2007). **Medições de correntes e curva vazão-maré na**

Baía de Paranaguá, PR. n. 60-61 55-54p. Bol. Parana. Geociênc., Editora Universidade Federal do Paraná.

NOERNBERG, M. A. (2001). **Processos morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá – Paraná – Brasil: um estudo a partir de dados in situ e LANDSAT – TM.** 179p. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ODRESSKI, L.L.R. (2003). **Taxas de assoreamento e a influência antrópica no controle da sedimentação da Baía de Antonina- Paraná.** 53p. 7-12. Boletim Paranaense de Geociências. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PAULA, E.V.(2010). **Análise da produção de sedimento na Área de Drenagem da Baía de Antonina/PR uma abordagem geopedológica.** 220p. Tese (Doutorado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PORTOBRÁS. (1983). **Campanha de medições de ondas em Paranaguá – PR, período 21.08.82 a 21.01.82.** Rio de Janeiro: Inst. Pesq. Hidr. (IPHN).

PORTOS E NAVIOS, (2011). Disponível em www.portosenavios.com.br/site/noticiario/portos-e-logistica/2958-terminal-do-felix-tema-recuperar-tempo-e-clientes-perdidos Acessado em 01 de julho de 2011.

PRESIDENCIA DA REPUBLICA, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l8630.htm Acessado em 01 de julho de 2011.

PRESIDENCIA DA REPUBLICA, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11610.htm Acessado em 01 de julho de 2011

PRITCHARD, D. W. (1967). **What is na estuary: physical viewpoint**, In LAUFF G. H. American Association for the Advancement of Science. Washington.

RAMOS, A. M. (2007). **Aplicação, investigação e análise da metodologia de reduções batimétricas através do método GPS diferencial preciso**. 227p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

REVISTA PORTUÁRIA. Disponível em :

<http://www.revistaportuaria.com.br/site/?home=noticias&n=CUozd> Acessado em 13 de novembro de 2012.

SOARES, C. R. (1990). **Natureza dos sedimentos de fundo das baías das Laranjeiras e de Guaraqueçaba – Complexo Estuarino de Paranaguá (PR)**. 187p. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

SOARES, C.R. (2009). **Os Portos de Paranaguá (PR) e Itajaí (SC): análise comparativa das suas relações com as cidades de inserção, da estrutura operacional atual e das condições sócio-ambientais das regiões de entorno**. 204p. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e desenvolvimento) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SOARES, C. R.; LESSA; NETO, G. A.; RISENBERG, C. E.; SILVA, C. B. (1996). **Caracterização da distribuição dos sedimentos de fundo das baías de Paranaguá e Antonina, Estado do Paraná**. n. 39. 390-393p. Resumos: Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador.

SURFER 8 (2002). User's guide

TPPF - TERMINAIS PORTUARIOS DA PONTA DO FELIX Disponível em www.pontadofelix.com.br Acessado em 01 de julho de 2011.

VALDEVINO, D. S.; BARBOSA, C. C. A.; VASCONCELOS, T. L.; SÁ, L. A. C. M. (2010). **Coleta de dados espaciais a partir de cartas náuticas**. p.01-07 Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife.