

# Possibilidade de aproveitamento dos sedimentos de dragagem do porto de Paranaguá

## *Possibility of dredged sediment utilization from Paranaguá harbor*

José Augusto Simões Neto<sup>ac</sup>, Maria Cristina de Souza<sup>bf</sup>, Barbara Trzaskos<sup>cg</sup>, Rodolfo José Angulo<sup>bh</sup>, Marcell Leonard Besser<sup>di</sup>

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação, Departamento de Geologia, UFPR, Agência Nacional de Mineração – ANM, <sup>b</sup>Laboratório de Estudos Costeiros, Departamento de Geologia, UFPR, <sup>c</sup>Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná – UFPR, <sup>d</sup>Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

<sup>e</sup>[gu\\_to\\_ja@hotmail.com](mailto:gu_to_ja@hotmail.com), <sup>f</sup>[cristinasouza2527@gmail.com](mailto:cristinasouza2527@gmail.com), <sup>g</sup>[barbaratzaskos@ufpr.br](mailto:barbaratzaskos@ufpr.br), <sup>h</sup>[fitoangulo@gmail.com](mailto:fitoangulo@gmail.com), <sup>i</sup>[marcellbesser@hotmail.com](mailto:marcellbesser@hotmail.com)

### Resumo

As obras de dragagem do canal de acesso aos portos de Paranaguá e Antonina, no estado do Paraná, sul do Brasil, mobilizaram 23,5.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de sedimentos entre 2009 e 2015, totalizando investimentos em 365,8 milhões de reais. A partir da análise dos dados sedimentológicos fornecidos pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA) e da revisão dos métodos de aproveitamento, avaliou-se as possibilidades de usos destes materiais dragados. Conclui-se que estes sedimentos apresentam características próprias para recuperação e alimentação de praias com problemas de erosão. O trecho de dragagem mais externo, localizado sobre o delta de maré vazante, denominado trecho Alfa, apresenta as melhores características quantitativas e qualitativas para este aproveitamento, com predomínio de areia grossa a fina e baixos ou ausentes teores de contaminantes. Foram identificados três setores da costa paranaense com problemas erosivos localizados próximos ao canal, que poderiam receber reposições artificiais de areia, correspondentes ao istmo da Ilha do Mel, a região da Fortaleza da mesma ilha e o trecho entre Pontal do Sul e a Ponta do Poço. Finalmente, observou-se que, embora atualmente os sedimentos dragados no Complexo Estuarino de Paranaguá sejam descartados seguindo padrões e imposições ambientais, não há indicações de usos benéficos para eles.

**Palavras-chave:** Canal da Galheta; erosão costeira; alimentação de praia.

### Abstract

The dredging works in the access channel to the Paranaguá and Antonina harbors in the State of Paraná, Southern Brazil, were responsible for the mobilization of 23.5 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> of sediments between 2009 and 2015, also had a total of 365.8 million Brazilian Reals in investments. The present research was developed based on sedimentological data analysis provided by the Paranaguá and Antonina Harbors Administration, aiming to review the methods of exploitation with the objective of indicating the various possibilities of use of these materials. It was concluded that all the dredged sediment present characteristics suitable for beach filling. The most external dredging section, located on the ebb tidal delta, called the Alpha stretch, presents the best quantitative and qualitative sediment characteristics for this use, with a predominance of coarse to fine sand, and low or absent levels of contaminants. Three sectors of the Paraná coast with erosive problems were selected in the study, corresponding to the isthmus of Ilha do Mel, the region of the fortress of the same island and the stretch between Pontal do Sul and Ponta do Poço, those areas could receive artificial sand filling in eroded beaches. Finally, it was observed in the research that although the sediments dredged in the Paranaguá Estuarine Complex are discarded following environmental standards and impositions, there are no indications of beneficial uses for them.

**Keywords:** Galheta Channel; coastal erosion; beach nourishment.

## 1. Introdução

As atividades portuárias, intensas e constantes, geram alterações sobre o ambiente e carecem de regras normativas e técnicas para que os impactos ambientais sejam amenizados (Machado *et al.* 2012).

As preocupações e debates acerca do processo de dragagem se intensificaram a partir da década de 1980. Nos Estados Unidos da América, a Agência de

Proteção Ambiental, em cooperação com o Corpo de Engenheiros do Exército Americano, desde a década de 1980 desenvolvem pesquisas sobre o manejo de material dragado e em 1992 elaboraram relatório técnico sobre os possíveis destinos deste material, compreendendo alternativas para a disposição em mar aberto, ou em terra, uso benéfico e remediação (USEPA 1992).

No Brasil, os debates resultaram na elaboração da Resolução Conama nº 454 (Brasil 2012), cujo teor já aponta para políticas públicas que devem ser adotadas e a possibilidade de “uso benéfico do material dragado”, que de acordo com esta mesma norma pode ser para: obras de engenharia, criação e melhoria do terreno, recomposição, engorda artificial de praias, estabilização da linha de costa, uso na construção civil, indústria, agricultura, aquicultura, entre outros.

No Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) o início da atividade portuária remonta ao período pós-invasão europeia na América do Sul, provavelmente a partir da segunda metade do século XVI, mas teria sido com a Abertura dos Portos, decretada em 1808 no início do período pós-colonial do Brasil, que o desenvolvimento

portuário foi impulsionado em todo o país (Morgenstern 2017).

No CEP, localizado no litoral paranaense, se encontram os portos de Paranaguá e Antonina (Figura 1). O Porto de Paranaguá, além das vias marinhas, pode ser acessado via terrestre pela estrada BR-277 e pela ferrovia Ferroeste.

Atualmente, a única via dragada no CEP é o Canal da Galheta, que se divide nos setores Alfa, Bravo, Charlie e Delta (Figura 1). A gestão do porto e consequentemente o manejo das operações de dragagem estão sob encargo da Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), empresa pública vinculada à Secretaria de Infraestrutura e Logística do Estado do Paraná.



Figura 1: Localização do canal de acesso ao Porto de Paranaguá e suas subdivisões. Fonte: Modificado de APPA (2015).

### Geologia geral e da área

O litoral paranaense estende-se por 126 km e tem em sua conformação uma planície costeira com até 55 km de largura; além de complexos estuarinos, ambos delimitados a oeste pela Serra do Mar e a leste pelo Oceano Atlântico Sul.

As unidades geológicas na área correspondem ao domínio de depósitos sedimentares cenozoicos, representado principalmente por planícies com cordões litorâneos, planícies paleoestuarinas quaternárias e depósitos atuais de praia, eólicos e plataformais (Angulo *et al.* 2016).

Os trechos do canal de acesso aos portos de Paranaguá e Antonina (Alfa, Bravo, Charlie e Delta) apresentam as seguintes características gerais e sedimentológicas, segundo APPA (2015):

O trecho Delta corresponde à área mais interna do CEP, apresenta maior variação granulométrica, talvez influenciada pelas contribuições fluviais,

ocasionalmente apresentando até 4% de grânulos e até 39% de argila na composição das amostras. No entanto, as modas granulométricas principais são areia fina a muito fina e silte.

O trecho Charlie corresponde à área no entorno da cidade e do Porto de Paranaguá, apresenta modas principais de areia média a fina nas classificações granulométricas mais constantes, ocasionalmente apresenta silte até 40%. Corresponde à área com maiores preocupações de monitoramento e acompanhamento ambiental.

Enquanto o trecho Bravo corresponde àquela área na desembocadura do complexo estuarino, até o início das formações de bancos de deltas de maré. Nestas áreas existe uma predominância de areia fina, em alguns pontos chegando a quase 90% desta fração granulométrica.

Já o trecho Alfa se mostrou aquele com melhores condições sedimentológicas, volumétricas e logísticas para a definição de área fonte para o aproveitamento do

sedimento, por esta razão, será detalhado no capítulo de resultados.

### Dinâmica e evolução costeira no CEP

O entendimento da dinâmica sedimentar é importante na caracterização dos impactos gerados pelas dragagens e, este conhecimento torna-se decisivo no apontamento de possíveis aproveitamentos dos sedimentos dragados.

Na costa paranaense, seguindo o padrão do sistema de geração de ondas no Atlântico Sul, a propagação das mesmas está vinculada aos centros de geração em áreas oceânicas distantes (Angulo *et al.* 2017), independentes das direções dos ventos locais, no litoral sul brasileiro os eventos de ondas de alta energia são formados principalmente a partir de ciclones subtropicais (Bigarella *et al.* 1978).

Estes eventos também estão relacionados à intensificação de forçantes como os ventos de sul-sudeste, estes com capacidade de transformação da costa, a ocorrência simultânea destes fatores potencializa os processos de erosão (Nemes 2011).

Resultantes da ação das ondas, com predomínio de direção de sul e sudeste, a deriva litorânea longitudinal líquida é para norte, o que é confirmado pela orientação das fozes dos rios e córregos nas praias, além da morfologia dos deltas-de-maré vazante (Angulo 1992).

Na costa paranaense, as marés são semidiurnas com interações de oscilações não lineares (Mantovanelli 1999). A amplitude da maré de sizígia é de 1,5 m, na costa oceânica e 2,2 m, no interior do estuário. Também as marés meteorológicas podem atingir 80 cm acima do nível das marés astronômicas (Marone & Jamiyanaa 1997). As marés geram correntes de enchente e vazante e, ainda podem criar vórtices de maré (Camargo *et al.* 2003).

No CEP a influência da maré é o agente de maior impacto na dinâmica sedimentar, pois se trata de um estuário hipsíncrono, com efeito de convergência excedendo o atrito, o que resulta no aumento da amplitude das marés na cabeceira (Mantovanelli 1999).

A capacidade das correntes de maré vazante e enchente em transportar sedimentos de fundo estão mais relacionadas à ocorrência de eventos de alta energia que ao movimento das marés astronômicas (Noernberg *et al.* 2007).

Na parte externa do Canal da Galheta, o transporte de sedimentos ocorre ao longo do canal, influenciado pelas correntes de maré de sizígia, que têm capacidade de transportar sedimentos de fundo e durante eventos de alta energia o transporte de sedimentos também ocorre paralelamente à costa, devido à intensificação das correntes de deriva litorânea (Noernberg *et al.* 2007).

Resultam da dinâmica no CEP os principais sistemas deposicionais correlatos a depósitos estuarinos, plataformais e deltas de maré, sendo estes dois últimos os que ocorrem na área de estudo.

Na plataforma interna predominam sedimentos siliciclásticos com diâmetro médio entre 0,016 e 1,032

mm, ou seja, das classes silte fino até areia muito grossa, e possuem teores de carbonatos e matéria orgânica geralmente inferiores a 5% (Oliveira 2015).

Na desembocadura da Baía de Paranaguá ocorrem bancos arenosos submersos e semisubmersos que configuram deltas de maré, sendo que os de maré vazante são mais desenvolvidos que os de enchente (Angulo 1992, 1999).

### 2. Materiais e Métodos

A amostragem e coletas foram realizadas na décima quinta campanha na pré-dragagem, ou seja, antes das operações de dragagens do trecho Alfa realizadas no ano de 2015. As coletas foram realizadas nos momentos de maré conforme indicação na Figura 2.

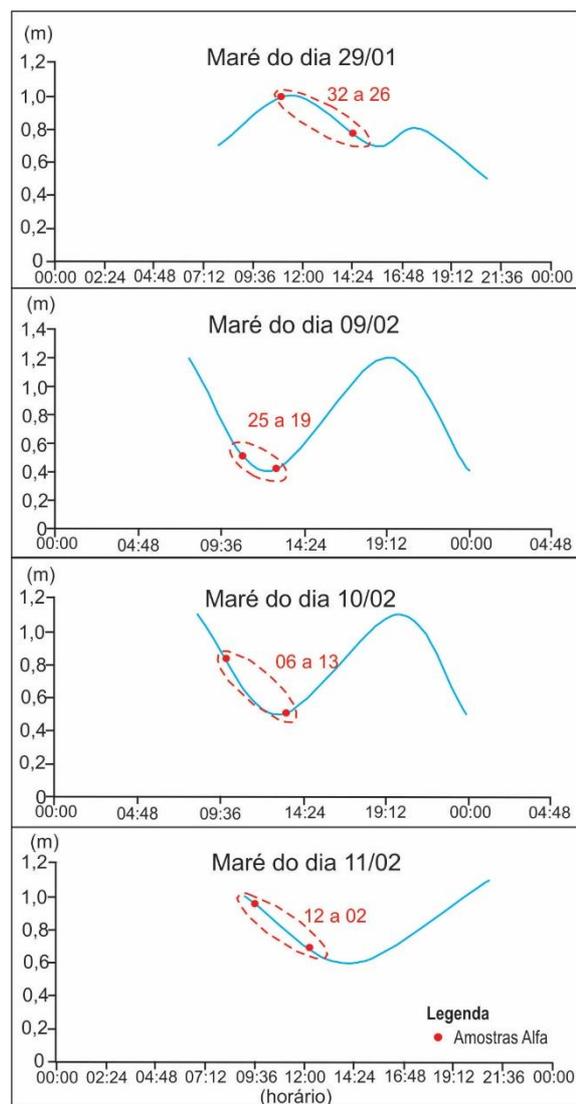


Figura 2: Marés astronômicas nos períodos de amostragem. Executada por trechos aleatórios no sentido NW para SE. Fonte: APPA (2015).

Na área Alfa foram obtidas 32 amostras ao longo do canal, conforme indicado na figura 3, com amostrador de fundo tipo *Van Veen*, nos dias 29 de janeiro e 09, 10, 11 e 19 de fevereiro de 2015. As amostras foram obtidas pela empresa DTA Engenharia.

As análises físico-químicas foram realizadas pelo laboratório Ecolabor Comercial Consultoria e Análise. A análise toxicológica foi executada pelo Laboratório de Ecotoxicologia Marinha e Microfitobentos do Instituto Oceanográfico-USP – LECOTO.

Os resultados das análises foram fornecidos pela Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), e se referem ao programa de monitoramento ambiental da dragagem de manutenção do canal de acesso, bacia de evolução e berços dos cais comercial do Porto de Paranaguá.

Os métodos analíticos considerados para a pesquisa e utilizados nas análises dos sedimentos foram: granulométrica N.T. CETESB L6.160 e metais pesados USEPA SW 846, 3051A, 6010C, SMEWW 3114B, 3030F, 2120B, 3030B, 3112B e 3120B. Também foi considerado na pesquisa o estudo ecotoxicológico no ponto Alfa-14, que utilizou o método padronizado ABNT/NBR 15638:2015 com *Leptocheirus plumulosus*.

Por fim, foram realizadas análises de agregados-orgânicos e não metálicos, como bifelinas policloradas,

hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, óleos e graxas, os métodos analíticos foram: oxidação com dicromato de potássio – IAC; USEPA 3550C, 8082<sup>a</sup> e 8270D; e SMEWW 4500, 5220C e B.

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1 O processo de dragagem

Entre 2009 e 2015, as intervenções de dragagem no CEP foram responsáveis pela movimentação de 23,5 milhões de metros cúbicos de sedimentos a custo de 365,8 milhões de reais (tabela 1). Estes materiais são descartados numa área despejo (Figura 4), de acordo com as normas ambientais, mas sem usos benéficos definidos.

Tabela 1: Custos (em milhões de reais) e volumes de sedimentos dragados (em milhões de m<sup>3</sup>), no CEP, entre 2009 e 2015.

Ano	2009	2011	2012	2013	2015
Custo	32,8	2,5	39,9	137,8	152,8
Volume	4,007	0,108	3,633	9,102	6,625

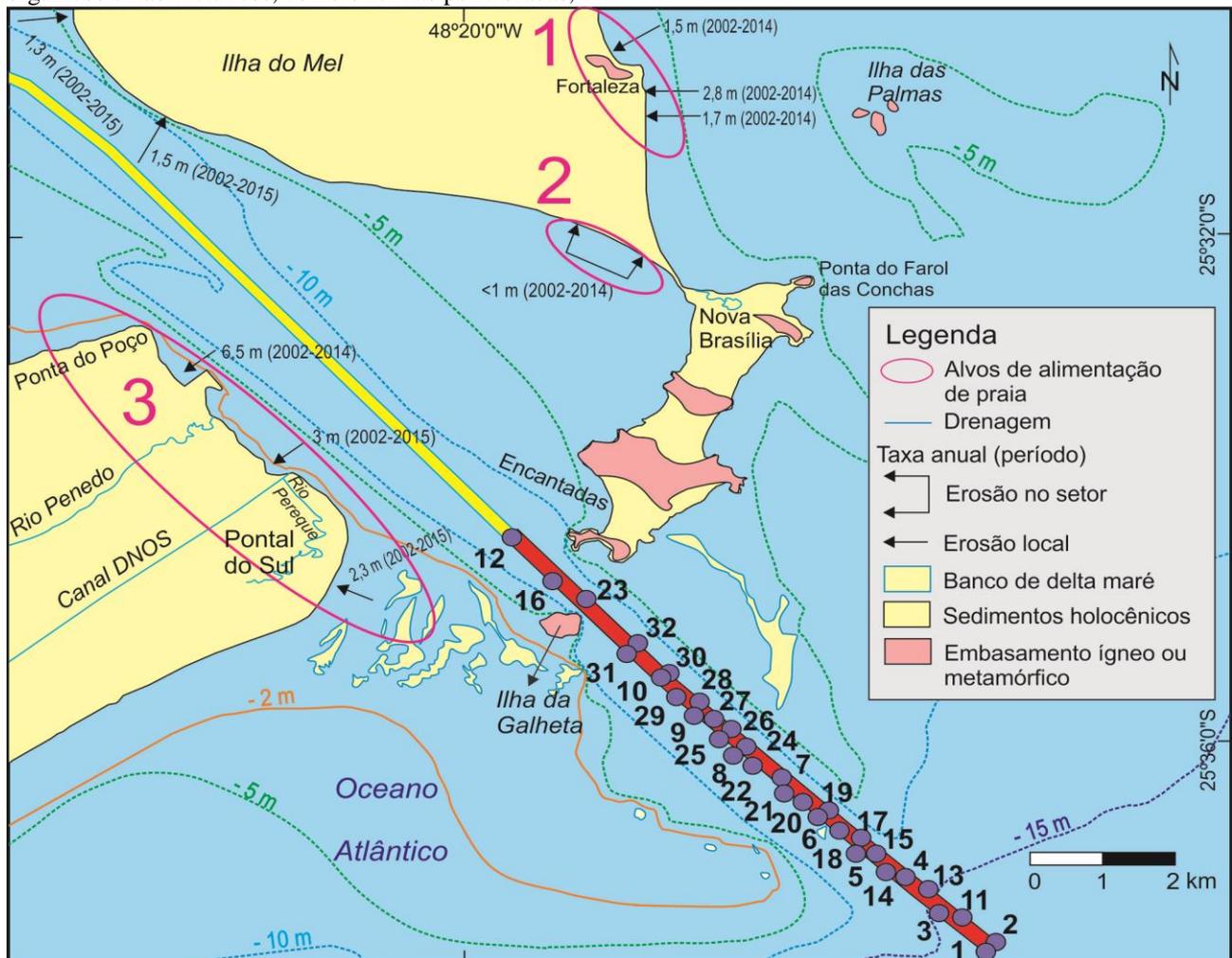


Figura 3: Localização das amostras no trecho Alfa do Canal da Galheta; taxas de erosão costeira segundo Angulo *et al.* (2017) e alvos sugeridos de alimentação de praia.

### 3.2 Qualidade do sedimento

A área do presente estudo foi limitada ao trecho de dragagem Alfa (Figura 3), porque esta área sozinha foi responsável pelo fornecimento de  $9,4.10^6$  m<sup>3</sup> de sedimento entre 2009 e 2015, que corresponde a 40% do total do sedimento dragado no Canal da Galheta no período. Ademais, porque os problemas de erosão existentes no litoral paranaense estão mais próximos a esta área (Angulo *et al.* 2017).

O trecho Alfa do canal se estende desde o início do Canal da Galheta, na plataforma interna e atravessa os bancos do delta de maré vazante.

Os sedimentos dragados são principalmente areia grossa até fina e secundariamente silte e excepcionalmente, no máximo, 15% de argila (Figura 5, tabela 2).

Nos metais pesados analisados os parâmetros se mantiveram dentro dos limites definidos pela Resolução Conama 454/12 (Brasil 2012), exceto o chumbo, cuja concentração ficou acima do nível 1 (46,7 mg/Kg) no ponto 14 (78,3 mg/Kg).

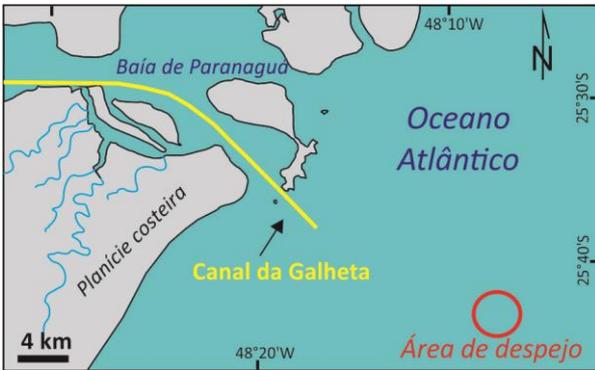


Figura 4: Local da área de despejo.

Neste ponto o ensaio ecotoxicológico mostrou percentual de sobrevivência de 92,50% para *Leptocheirus plumulosus*, ou seja, a amostra não apresentou toxicidade para esta espécie quando comparada à amostra padrão.

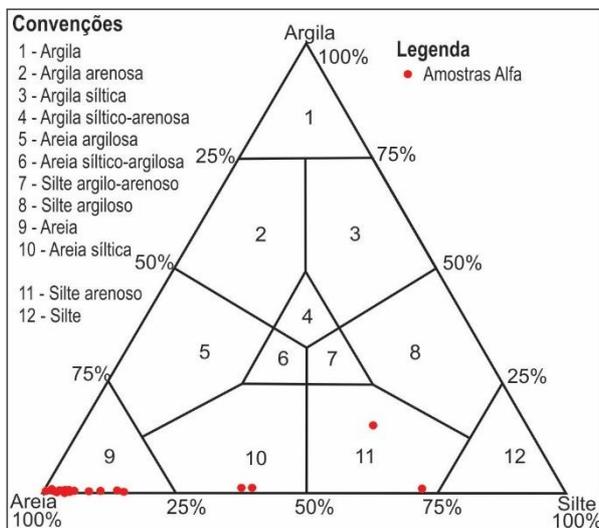


Figura 5: Classificação de Shepard (1954); 32 amostras do trecho Alfa. Fonte: APPA (2015).

### 3.3 Possibilidades de aproveitamento

As características dos sedimentos amostrados no CEP não apresentam restrições, do ponto de vista dos contaminantes, que os inviabilize para o uso, principalmente das areias, em alternativas mais benéficas, mesmo que parcialmente, em substituição ao simples despejo.

As areias encontradas no trecho Alfa apresentam condições de uso direto, sem a necessidade de processos de tratamento e ou descontaminação. Mesmo a amostra 14 que apresentou valor elevado de chumbo não inviabiliza o uso, pois o valor não atinge o nível 2 de alerta, que indicaria “um limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota” de acordo com Resolução Conama 454/12 (Brasil 2012) e tampouco apresentou resultado impeditivo no estudo ecotoxicológico.

Tendo em vista a ausência de restrições físico-químicas nas areias amostradas, e o volume de sedimento dragado, de 9,4 milhões de metros cúbicos, no período de 2009 a 2015, no trecho Alfa, considera-se que esta área seria adequada em qualidade e quantidade para emprego em usos benéficos.

Há de ser considerada no trato de possíveis aproveitamentos a necessidade de controle, manejo e planejamento a título de políticas públicas de longo prazo para enfrentar os problemas de erosão no litoral paranaense.

Algumas áreas foram apontadas por Angulo *et al.* (2017) como submetidas a processos erosivos intensos, hora associados a eventos de alta energia, ou ainda, intensificados por obras ou intervenções antrópicas. Com base nos estudos destes autores, são apontados na figura 3, três possíveis alvos indicados para alimentação artificial de praia, assim especificados:

O setor da Fortaleza, na Ilha do Mel, que atualmente apresenta fase erosiva com taxa de até 2,8 metros entre 2002 e 2014, conforme estudos de Angulo *et al.* (2017).

O istmo, também na Ilha do Mel, que por se encontrar entre duas desembocaduras apresenta intensos processos de erosão e deposição, em 1950 tinha 150 metros de larguras e já apresentava erosão (Figueiredo 1954) e, portanto, merece atenção e monitoramento para possíveis reposições artificiais com areia dragada.

Por fim, o setor entre a Ponta do Poço e Pontal do Sul, em Pontal do Paraná, que teve toda sua dinâmica natural alterada pela construção de um canal de drenagem entre 1954 e 1959 (Angulo 1993).

Tabela 2: Profundidade (m), frações granulométricas (%) e metais pesados (mg/Kg) dos sedimentos dragados no trecho Alfa do CEP.

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Profundidade	17	17	16	16	14	16	15	14	16	17	16	19	16	15	16	30	16	16	16	16	16	16	23	15	15	15	15	16	16	16	24	23	
Grânulos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Areia	61	97	81	29	82	97	96	94	91	83	88	94	27	96	94	90	95	94	94	95	91	93	95	59	89	100	99	99	96	100	94	100	
Silte	37	2	15	54	14	1	2	4	8	13	10	4	71	3	5	5	2	5	3	3	4	3	3	39	8	0	0	0	1	0	0	0	
Argila	1	1	0	15	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	2	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	
Arsênio	nd	nd	nd	nd	nd	1	nd	nd																									
Cádmio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0																									
Chumbo	5	4	4	6	9	2	2	1	1	1	2	1	7	78	2	4	4	1	3	2	2	2	3	4	2	1	1	1	nd	1	1	8	
Cobre	8	11	10	12	8	9	8	9	9	8	9	10	14	8	8	9	8	8	8	9	8	10	9	10	9	nd	1	nd	nd	nd	1	nd	
Cromo	3	10	6	14	3	2	2	1	1	1	5	3	24	7	3	1	3	2	2	3	1	2	2	3	1	2	3	2	2	2	4	2	
Mercurio	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd																									
Níquel	1	4	2	5	1	1	1	1	1	1	2	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Zinco	14	25	20	34	18	10	12	9	8	7	15	12	48	16	12	13	11	10	10	11	9	14	12	22	14	5	12	7	15	11	22	10	

Notas: (nd) não detectado.

#### 4. Conclusões

A partir dos dados analisados pode-se concluir que:

- As operações de dragagem são necessárias e a disposição usual em área de despejo pode ser substituída, mesmo que parcialmente, por usos benéficos;
- O sedimento dragado no trecho Alfa do Canal da Galheta apresenta características apropriadas para possibilidades de utilizações diversas;
- O litoral do estado do Paraná apresenta problemas de erosão costeira que poderiam ser minimizados com a alimentação de praias a partir de areias dragadas no Canal da Galheta;

O trecho de dragagem Alfa, além apresentar areias próprias para alimentação de praias e outros usos benéficos, é o trecho mais próximo a áreas com problemas de erosão.

Ademais, sugere-se que seja estudada posteriormente a viabilidade de utilização da areia dragada na alimentação artificial das praias do município de Matinhos, principalmente no Balneário Flamingo.

Também, considera-se necessário o desenvolvimento de pesquisas para no CEP com amostragens próprias, para indicações de usos benéficos também para os sedimentos dragados no interior da baía de Paranaguá e Antonina.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA), pela prontidão e empenho na disponibilização dos dados requeridos por meio do processo sob nº 14.21.496-5, agradecem ainda aos Diretores Luiz Henrique Tessutti Dividino e Bruno da Silveira Guimarães. São gratos também à gestora

ambiental Janelize Nascimento Felisbino da APPA e ao colega Marcelo Eduardo José Müller, pelo auxílio e destreza. Finalmente, agradecem também à Fundação Araucária e ao CNPq pelas bolsas e incentivo à pesquisa e ciência.

#### Referências

- Angulo R.J. 1992. Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 334 p.
- Angulo R.J. 1993. Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas. Boletim Paranaense de Geociências, 41:52-72.
- Angulo R.J. 1999. Morphological characterization of the tidal deltas on the coast of the State of Paraná Anais Academia Brasileira de Ciências, 71(4-II):935-959.
- Angulo R.J. Borzone C.A. Noernberg M.A. Quadros C.J.L. Souza M.C. Rosa L.C. 2016. The State of Paraná Beaches. In: Andrew D.S. Klein A.H.F. (Ed. 1). Brazilian beach Systems. Springer International Publishing AG, Switzerland, 419-464p.
- Angulo R.J. Souza M.C. Müller M.E.J. Noernberg M.A. Soares C.R. Borzone C.A. Marone E. Quadros C.J.L. 2017. Erosão e acreção no litoral paranaense. In: Muehe D. (org.). Erosão e progradação do litoral brasileiro. 2ª edição revisada e atualizada. Editora MMA, Brasília, 01-66: no prelo.
- APPA Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina. 2015. Manutenção do Canal de Acesso, Bacia de Evolução e Berços do Cais Comercial do Porto de Paranaguá (Área Alfa, Bravo e Charlie) e Canal de Acesso ao Porto de Antonina (Áreas Delta). Relatório Técnico Final. Volume I. Paranaguá-PR.
- Bigarella J. J. Becker R. D. 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. Curitiba, Governo do Paraná/SEPL/ADEA. 249p.
- BRASIL 2012. Resolução Conama Nº 454, de 01 de novembro de 2012. "Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional." Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 216, 08 nov. 2012. Seção 1, p. 66.
- Camargo R. Harari J. 2003. Modeling the Paranaguá Estuarine Complex, Brazil: tidal circulation and cotidal charts. Revista Brasileira de Oceanografia. v. 51(único). 23-31.
- Figueiredo J.C. 1954. Contribuição à geografia da Ilha do Mel (Litoral do Estado do Paraná). Tese de Cátedra em Geografia do

- Brasil, Faculdade de Filosofia da Universidade do Paraná, Curitiba, 61 p.
- Machado S.C. Ribeiro J.A. 2012. Dragagem e conflitos ambientais em portos clássicos e modernos: uma revisão. *Sociedade e Natureza*. n. 3, 519-534.
- Mantovanelli 1999. A Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Curitiba, 152p.
- Marone E. Jamiyanaa D. 1997. Tidal characteristics and a variable boundary numerical model for the M2 tide for the estuarine complex of the Bay of Paranaguá, PR, Brazil. *Nerítica*, 11(1-2):95-107.
- Morgenstern A. 2017. Porto de Paranaguá. Contribuição à História: Período de 1948-1935. Coração do Brasil Editora. Volume I. Curitiba, Paraná. 3.442Kb. ePub.
- Nemes D.D. 2011. Caracterização das ondas de superfície na plataforma interna do estado do Paraná. Dissertação de Mestrado, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 134 p.
- Noernberg M.A. Marone E. Angulo R.J. 2007. Coastal currents and sediment transport in Paranaguá estuary complex navigation channel. *Boletim Paranaense de Geociências*, 60-61:45-54.
- Oliveira L.H.S. 2015. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna paranaense. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-graduação em Geologia, Curitiba, 86p.
- Shepard F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24(3): 151-158.
- U.S. EPA - Environmental Protection Agency. 1992, Guidelines for exposure assessment. Washington DC. EPA/600/Z-92/00. Disponível em: [https://oaspub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p\\_download\\_id=429103](https://oaspub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=429103). Acessado em 15 de maio do 2017..

---

Recebido 05 de agosto de 2017  
Aceito 31 de outubro de 2017