

## A IMPORTÂNCIA DO SONAR DE VARREDURA LATERAL EM PROJETOS DE HIDROVIAS: O EXEMPLO DA HIDROVIA DO ARAGUAIA

Luiz Antonio Pereira de Souza \* [laps@ipt.br](mailto:laps@ipt.br)  
Wilson Shoji Iyomasa \* [wsj@ipt.br](mailto:wsj@ipt.br)  
Nabil Alameddine \* [nabil@ipt.br](mailto:nabil@ipt.br)  
João Ignácio Reis Vieira \*\* [ignacio@ahitar.gov.br](mailto:ignacio@ahitar.gov.br)

\* INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT

\*\* ADMINISTRAÇÃO DAS HIDROVIAS TOCANTINS E ARAGUAIA - AHITAR

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### ABSTRACT

This paper presents the results of a side scan sonar and dual frequency bathymetric survey carried out along Araguaia river, (center-west region of Brazil) in order to assist hydroway projects on this river. All the data collected show that the side scan sonar system is a very powerful tool for sedimentary processes studies on rivers.

### INTRODUÇÃO

Levantamentos sonográficos (SVL) e batimétricos, cujos resultados preliminares serão apresentados neste trabalho, foram realizados para fornecer subsídios técnicos aos estudos de processos erosivos e de assoreamento em dois trechos do rio Araguaia, com vistas a dar suporte ao projeto de implantação da hidrovía Araguaia.

Dois trechos do rio Araguaia foram previamente determinados, a saber: a área próxima a cidade de Aruanã, no Estado de Goiás, e outro trecho do rio próximo à cidade de Conceição do Araguaia, no Estado do Pará (figura 1).

Centenas de quilômetros de perfis batimétricos e sonográficos foram executados em cada uma destas localidades, durante o mês de março de 2009. Os dados obtidos se encontram ainda em fase de processamento, todavia a imagens coletadas (algumas ilustram este artigo) permitem concluir em caráter preliminar, sobre a importância do uso desta ferramenta de investigação em projetos desta natureza.

A importância das hidrovias para o Brasil é indiscutível, em especial quando se analisam as necessidades básicas com relação a transporte da produção agrícola na porção central do país (Camargo, 2000; Padovezi, 2003). Se considerarmos a precariedade da infraestrutura de transporte terrestre atual naquela região, as hidrovias passam a exercer importância ainda maior. Ao nível internacional é este meio de transporte que viabiliza

custos competitivos dos produtos agrícolas. Países como EUA, China, entre outros países, usam deste modal de transporte e assim ocupam papel de destaque no mercado internacional.

O Governo Federal tem sido alertado pela comunidade técnica e científica, e pelos empresários que atuam na região central do país sobre as necessidades de infraestrutura naquela região. Conseqüentemente, agências de fomento tem viabilizado o desenvolvimento de estudos básicos importantes e fundamentais para garantia da sustentabilidade ambiental de projetos de hidrovias.



Figura 1: localização das áreas estudadas: Aruanã, GO e Conceição do Araguaia (PA).

### FUNDAMENTOS DO SONAR DE VARREDURA LATERAL

O sonar de varredura lateral – SVL ou a sonografia constitui-se num método acústico de investigação de áreas submersas e baseia-se nos princípios da propagação do som na água. Originalmente sonares eram equipamentos acoplados ao casco dos navios e utilizados com dois objetivos básicos: medir a coluna d'água imediatamente abaixo da embarcação e/ou localizar grandes obstáculos à navegação como icebergs e submarinos.

Somente a partir dos anos 60, os sonares passaram a emitir vários pulsos acústicos simultaneamente, ao contrário dos primeiros modelos que emitiam um único pulso e numa direção específica (Souza, 2006). Passaram também, nesta mesma época, a apontar lateralmente ou perpendicularmente, em relação à rota de navegação, e não verticalmente para baixo, como até então, permitindo desta forma a construção de uma imagem da superfície de fundo a partir de uma série de sucessivas varreduras (*scans*) laterais (Figura 2).

Com a evolução dos sistemas de aquisição de dados, estes equipamentos passaram a ser rebocados a certa distância da embarcação e mergulhados na coluna d'água, o que em muito melhorou o desempenho do sistema e a qualidade dos sinais registrados, pois assim o sistema ficou à parte dos ruídos e das movimentações inerentes da embarcação, bem como passou a existir a possibilidade de posicionar a fonte acústica abaixo da termoclina, evitando-se deste modo a interferência de outros fenômenos acústicos sobre o sinal emitido (refração etc.).

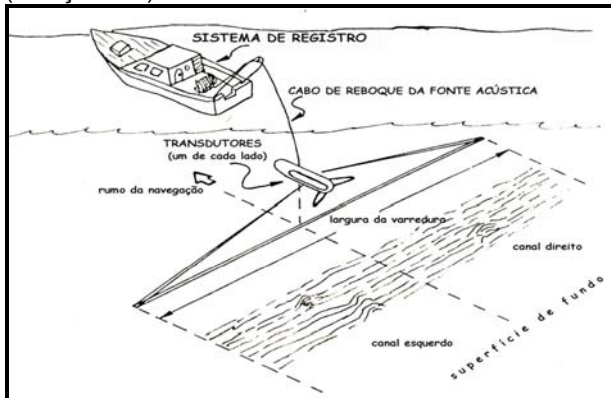


Figura 2: Ilustração mostrando como é construída a imagem do sonar de varredura lateral à medida que a embarcação se locomove ao longo do perfil. Modificado de Mazel (1985).

Se comparado com os demais sistemas acústicos de investigação de áreas submersas observar-se-á, que a sonografia se utiliza preferencialmente de espectros de frequências superiores, normalmente entre 100 e 500 kHz.

A sonografia tem por objetivo o imageamento da superfície de fundo de áreas submersas, em substituição às técnicas usualmente empregadas no mapeamento em terra, como a fotografia aérea, imagens de satélite e de radar, que não são aplicáveis no mapeamento de superfícies submersas, tendo em vista as limitações quanto à penetração da luz, que sofre forte atenuação na coluna d'água (McQuillin & Arduis, 1977).

O princípio da sonografia está baseado na emissão de um sinal acústico de alta frequência, em intervalos de tempo regulares, por dois transdutores (emissores e receptores) submersos, que apontam para ambos os lados da superfície de fundo em relação ao rumo da navegação.

Em contraste à forma padrão cônico do feixe de sinais emitidos pelos ecobatímetros, o feixe principal de sinais emitidos pelo sonar de varredura lateral é bastante estreito, na direção paralela à navegação (raramente

ultrapassando 2°) e largo na direção perpendicular à rota de navegação (comumente da ordem de 40-50°). A Figura 3 ilustra a geometria deste método de investigação.

Os mesmos transdutores de emissão do sinal acústico são também responsáveis pela recepção do sinal, oriundos da reflexão ou do *backscattering* na superfície de fundo, e atuam independentemente um do outro. Os transdutores, geralmente constituídos por conjuntos de pastilhas piezelétricas, formam a parte principal do sistema, já que são os responsáveis pela conversão da energia elétrica original em energia mecânica (vibrações) que irá se propagar na coluna d'água e retornar ao transdutor após refletir na superfície de fundo.

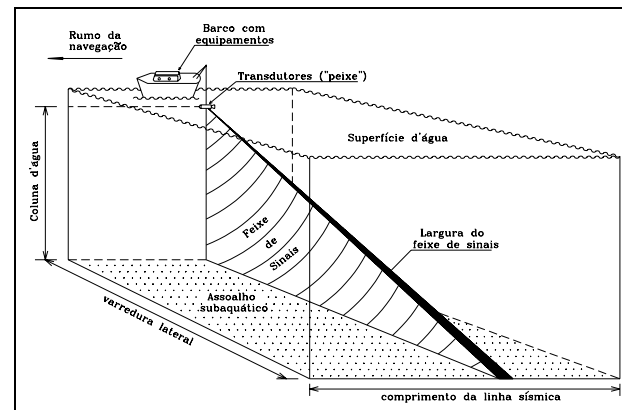


Figura 3: Geometria do sistema de aquisição de dados do sonar de varredura lateral. Vista do canal lateral esquerdo (Souza, 1988).

Os sinais provindos da superfície de fundo são gravados à medida que chegam ao registrador, de modo que os sinais oriundos de pontos mais próximos são gravados primeiro, e os de pontos mais distantes, posteriormente, compondo desta forma uma imagem do fundo da área investigada. A geometria dos registros de campo obtidos por meio da sonografia, denominados de sonogramas, está ilustrada na figura 4.

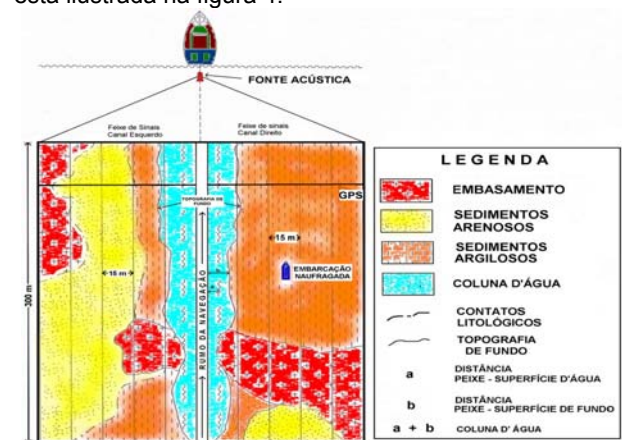


Figura 4: Características geométricas do registro de campo obtido por meio da sonografia (Souza, 1988).

## AQUISIÇÃO DE DADOS

Normalmente transdutores do sonar de varredura lateral operam com uma única frequência e com único emissor

de sinais instalado em cada lado do “peixe”, nome pelo qual é conhecida a fonte acústica. Sistemas modernos têm utilizado com sucesso transdutores de dupla frequência, que permitem, comumente de forma simultânea, a utilização de alcances laterais maiores, devido às baixas frequências (ao redor de 100 kHz), e a obtenção de grande resolução, devido às altas frequências (entre 300 e 500 kHz). Alguns modelos de sonar são mostrados na figura 5.

Uma tendência de evolução dos SVL que se constata atualmente é a construção de sistemas com mais de uma fonte acústica (sistemas multifeixes) de cada lado do “peixe”. Os modelos 4300 MPX da EdgeTech e o System 5000 da Klein são bons exemplares desta tendência evolutiva do sonar de varredura lateral.

Com a emissão de sinais multifeixes laterais (dois, quatro ou oito emissores de cada lado), estes sistemas possibilitam a aquisição de dados com cobertura total da superfície, com a embarcação navegando em velocidades muito superiores àquelas convencionais. Permitem, neste modo de operação, a obtenção de grande cobertura em área, num intervalo de tempo muito menor que o convencional com altíssima resolução e longo alcance lateral, contribuindo efetivamente para diminuição dos custos operacionais quando da investigação de grandes áreas.

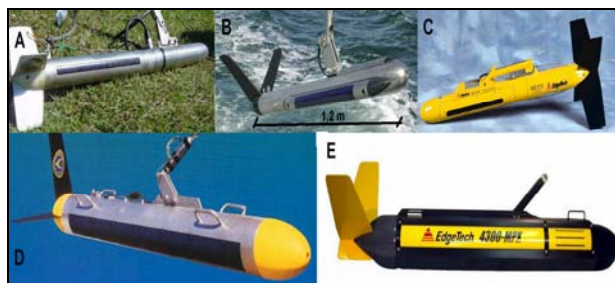


Figura 5: Exemplos de cinco modelos de “peixes” existentes no mercado a) modelo antigo Klein Hydroscan 530 (100 kHz - pertencente ao IPT); b) sistema 3000 digital da Klein (132-445 kHz) pertencente ao IPT; c) modelo 272 TD digital da Edgetech (100-500 kHz); d) sistema de ultra-resolução multifeixe (4 5 ou 8 feixes de cada lado) modelo 5000 – 455 kHz da Klein; e) sistema de ultra-resolução multifeixe modelo 4300 MPX – 410 kHz da Edgetech. Fonte: diversas.

## APLICAÇÕES DO SVL

O sonar de varredura lateral – SVL tem vasta aplicação na investigação de áreas submersas, contribuindo para a solução de várias questões relacionadas com projetos de investigação geológica, geotécnica e oceanográfica.

A aplicação deste método de investigação possibilita a análise e caracterização de terrenos submersos, visando, por exemplo, em demandas ambientais, a escolha e monitoramento de áreas para depósito de materiais dragados, monitoramento de populações de peixes, mapeamento de recifes naturais ou artificiais.

Na construção civil, a inspeção ou o fornecimento de subsídios técnicos para projetos de obras submersas, tais como, pontes, píers, dutos entre outras.

Tem ainda grande aplicação em questões não necessariamente relacionadas à investigação geológica,

tais como, operações de busca e salvamento de pessoas afogadas, veículos, barcos, aeronaves e equipamentos naufragados, e até mesmo em questões militares, de segurança nacional de áreas portuárias, quando das operações de busca de armas (minas etc.).

Em estudos geológicos e oceanográficos, o SVL tem aplicação sem precedentes, pois possibilita o mapeamento detalhado das superfícies submersas, identificando estruturas sedimentares (Tessler & Souza, 1996,1998; Souza, 1984,1988,1995; Lopes et al., 2003; Lancker et al., 2004), afloramentos rochosos, beachrocks, recifes de corais (IPT, 2002a, 2005a e Dias et al., 1982, 2000), bancos arenosos, estruturas geológicas (falhas, lineamentos etc.) e a distribuição de sedimentos de fundo (Woodruff et al. 2001), características geológicas que muito contribuem para a compreensão da evolução geológica da área investigada e dos processos sedimentares atuantes.

Este método de investigação de áreas submersas constitui-se assim em um poderoso instrumento, não só em estudos geológicos básicos, mas também nos estudos que envolvam a delimitação de áreas de riscos à integridade de estruturas instaladas, ou por instalar, tais como, plataformas exploratórias de petróleo, dutos de gás e petróleo, cabos de telecomunicações etc.

Outra aplicação de destaque do SVL se dá nos estudos relativos a hidrovias, assunto em foco deste artigo, seja na fase de execução do projeto, seja nas fases posteriores de aperfeiçoamento de rotas de navegação, quando se precisa avaliar os dinâmicos processos sedimentares atuantes nos rios (IPT, 2006).

As imagens obtidas com este equipamento permitem identificar obstáculos à navegação de toda ordem, desde embarcações naufragadas, afloramentos rochosos, bancos de areia, árvores (comuns em reservatórios), características estas de fundamental importância, quando da necessidade do remodelamento ou redimensionamento de vias navegáveis, o que, comumente, implica na remoção de materiais.

O sonar de varredura lateral tem também vasta aplicação em questões ambientais. O monitoramento de áreas de deposição de material dragado constitui-se num dos exemplos desta aplicação. Apesar do rígido controle existente quanto à rota de navegação e, portanto, da posição da embarcação no processo de transporte e descarga de sedimentos dragados em áreas predeterminadas, levantamentos com o sonar de varredura lateral permitem o monitoramento de detalhe das transformações que ocorrem na superfície de fundo da área de descarte, quando do lançamento do material dragado. Permitem ainda, principalmente quando associados com imagens de vídeo, observar se o material lançado se depositou efetivamente na posição esperada ou planejada.

O potencial de monitorar a superfície de fundo é, hoje em dia, ainda mais eficaz, pois a maioria dos SVL é atualmente digital possibilitando não só a interpretação dos registros ou das imagens, em tempo real, como a geração dos próprios mosaicos, também em tempo real, o que propicia uma ampla visualização da área estudada.



As alterações texturais nas imagens seqüenciais do SVL, oriundas de levantamentos sistemáticos em áreas submetidas a este tipo de atividade, permitirão certamente o monitoramento em detalhe da evolução dos processos atuantes nestas superfícies submersas.

Excelentes exemplos de aplicação desta ferramenta no monitoramento ambiental estão ilustrados em Mosher & Currie (1997), que se utilizaram desta para monitorar uma das mais ativas áreas de descarga de material de dragagem na costa Oeste do Canadá e, em Garcia-Garcia et al. (1999) e Garcia-Garcia et al. (2002), que identificaram nas imagens de sonar de varredura lateral, obtidas na costa noroeste da Espanha (Vigo), marcas na superfície de fundo correlacionadas a pontos de exsudação de gás (*gas-seep pockmarks*), fenômeno relativamente comum em ambientes costeiros.

Ainda no contexto de questões ambientais, o SVL tem ainda larga aplicação no mapeamento de recifes de corais naturais, de recifes artificiais, e de afloramentos rochosos, principalmente em áreas cuja visibilidade é comprometida a partir de certa profundidade, tornando os métodos visuais convencionais inoperantes (observação visual, fotografia ou vídeo). Apesar da ocorrência em área ser praticamente desprezível, se comparada com a enorme área que corresponde às superfícies submersas sedimentares, as superfícies duras (afloramentos rochosos, recifes de corais etc.) têm papel de suma importância na biodiversidade submarina e, portanto a delimitação das áreas de ocorrência destas feições cumpre papel relevante na investigação biológica (Bianchi et al., 2004).

À parte do excelente desempenho na investigação geológica de superfícies submersas, o SVL tem também grande aplicação nas investigações relacionadas com a arqueologia subaquática e a operações de busca e salvamento. Na arqueologia subaquática, as imagens obtidas com o SVL subsidiam efetivamente não só a localização, mas também o mapeamento detalhado de embarcações naufragadas de interesse arqueológico.

Em operações de busca ou salvamento, as aplicações do SVL são as mais variadas e vão desde localização de naufrágios recentes, de embarcações e aeronaves até utilização militar no auxílio a projetos de mapeamento de detalhe de áreas costeiras para localização de minas enterradas. Os mais recentes exemplos de uso não-geológico do SVL têm sido dados por companhias seguradoras, que se utilizam deste sistema para localização de carros, barcos etc., desaparecidos em operações tidas, em princípio, como fraudulentas.

No imageamento de superfícies submersas com o sonar de varredura lateral, o alcance lateral ou a varredura lateral representa o ponto máximo de amostragem da superfície ao longo de uma linha perpendicular à rota de navegação, de ambos os lados da embarcação. Os equipamentos disponíveis atualmente permitem optar por alcances laterais variáveis, no caso da investigação rasa, entre 25 e 600 metros. Os sonares de grande alcance podem atingir até mesmo mais de 50 km de varredura lateral, mas não se adequam a levantamentos de áreas rasas.

A utilização de alcances laterais curtos (inferiores a 100 m) significa elevado custo operacional do levantamento, pois grande número de perfis será necessário para o recobrimento total ou parcial da área de interesse, que, por sua vez, implica a coleta de maior quantidade de dados e conseqüentemente na necessidade de enorme memória para armazenamento e maior tempo para processamento dos dados.

Alcances laterais maiores que 200-300 m estão normalmente relacionados com levantamentos de grandes áreas que privilegiam o reconhecimento amplo da área a um menor custo.

Os sistemas acústicos de varredura lateral de uso mais comum utilizam freqüências ao redor de 100 kHz. Com este espectro de freqüências, estes sistemas podem ser configurados para alcances laterais desde algumas dezenas de metros até algumas centenas de metros, comumente inferiores a 1000 m.

Existem também sonares que emitem freqüências ainda maiores (300, 500, 900 e até 1200 kHz), constituindo-se em equipamentos de grande desempenho do ponto de vista da resolução, com prejuízo do alcance lateral, que raramente é superior a 250 m. Estes equipamentos produzem imagens da superfície de fundo extremamente detalhadas e têm aplicação em especial nas operações de busca e salvamento ou operações militares.

#### LEVANTAMENTOS EXECUTADOS / RESULTADOS OBTIDOS

Centenas de quilômetros de perfis sonográficos e ecobatimétricos foram executados nos dois trechos estudados no rio Araguaia, o que acumulou, nesta primeira fase do projeto, cerca de 100G de dados. Na aquisição dos dados foram utilizados o sonar da marca Klein modelo 3000 (100 e 500 kHz) e o ecobatímetro de dupla freqüência EA400 (38-200kHz) da kongsberg-Sinrad (figura 6).



Figura 6: Equipe de pesquisadores do IPT em operação de aquisição de dados no rio Araguaia. A) detalhe do sistema de gerenciamento da aquisição de dados (notebook e central de controle da fonte acústica); B) a fonte acústica; C) embarcação de pequeno porte em operação.

A localização, bem como, a distribuição dos perfis executados, podem ser visualizados nas figuras 7 e 8. Todo este material encontra-se ainda em fase de processamento, já que foram coletados durante o último mês de março. Todavia, algumas imagens são



apresentadas neste artigo e permitem concluir sobre a importância da utilização desta ferramenta geofísica de investigação em projetos de hidrovias.

Como podem ser observados nos exemplos apresentados, bancos de areia, afloramentos rochosos e outros obstáculos à navegação puderam ser identificados e mapeados com grande precisão. Todos os dados obtidos estão sincronizados com sistemas de posicionamento global GPS o que viabiliza posicionar (georreferenciar) espacialmente toda e qualquer característica identificada na superfície de fundo do rio Araguaia.

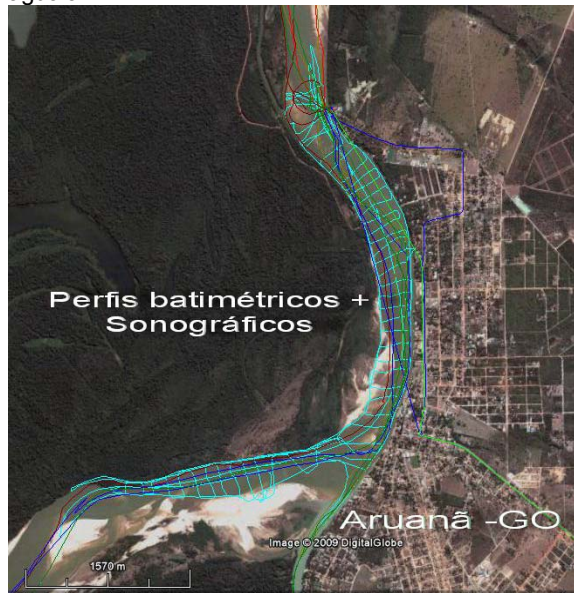


Figura 7: Localização dos perfis batimétricos e sonográficos executados na região de Aruanã – GO.

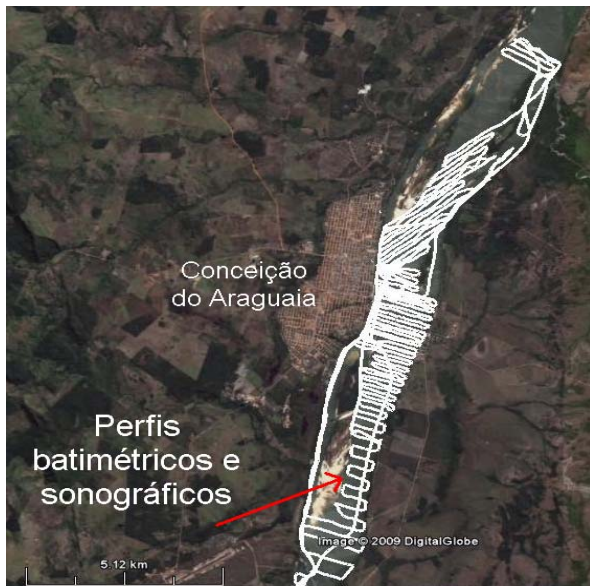


Figura 8: Localização dos perfis batimétricos e sonográficos executados na região de Conceição do Araguaia - PA.

Os dados obtidos permitem ainda identificar na superfície de fundo, contatos litológicos e várias estruturas sedimentares, como marcas onduladas, bancos de areia, de portes variados (figuras, 9, 10, 11 e 12),

características estas direta e intimamente relacionadas com dinâmica sedimentar atuante no rio Araguaia.

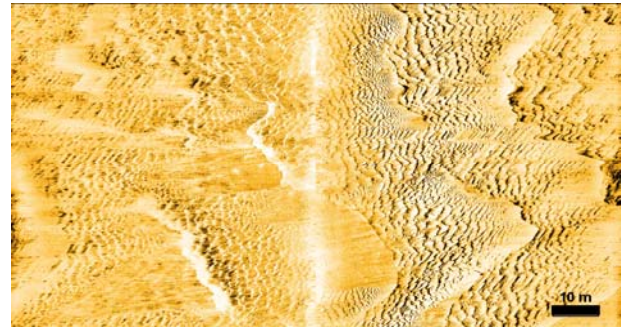


Figura 9: Mar as onduladas no fundo do rio Araguaia.

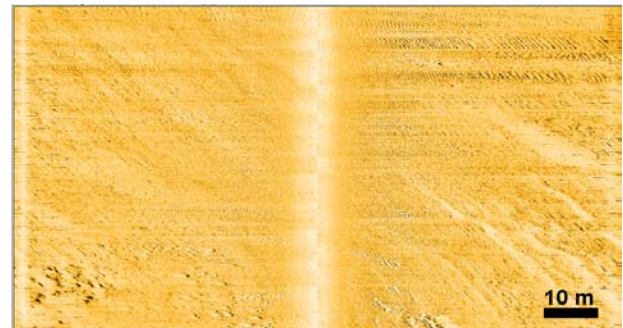


Figura 10: Textura homogênea do fundo do rio Araguaia composta basicamente de cascalhos.



Figura 11: Nítido contato entre a superfície de fundo arenosa, com estruturas sedimentares (ondas de areia) e o fundo homogêneo composto basicamente de cascalhos.

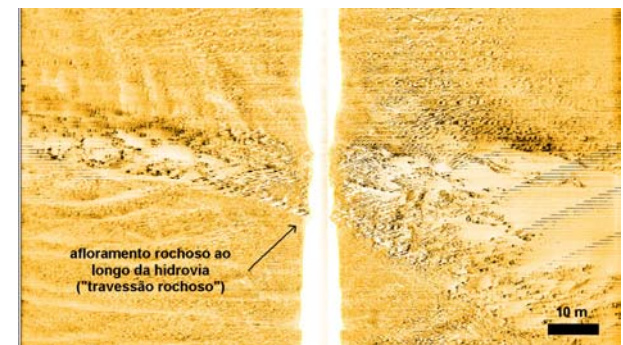


Figura 12: Imagem do sonar de varredura lateral mostrando afloramento rochoso na porção central da hidrovia, em contraste com fundo homogêneo composto basicamente de areias e cascalhos.

## CONCLUSÕES

Todas as informações coletadas neste levantamento serão agrupadas e devidamente analisadas em conjunto com as medidas de vazão do rio, coletados no mesmo período, por meio de levantamento com ADCP. Amostras de sedimentos em suspensão e de sedimentos de fundo foram também coletados neste período e o material está sendo analisado. Levantamentos com sistemas de perfilação sísmica contínua que utilizam fontes acústicas do tipo *boomer* e *chirp* também serão executados nestas próximas semanas, o que permitirá análises quanto ao volume de sedimentos acumulados no rio Araguaia. Todos esses dados irão compor um banco de informações sobre o rio Araguaia que certamente, contribuirá para um melhor entendimento da dinâmica sedimentar do rio, o que, conseqüentemente, fornecerá o devido suporte técnico aos projetos hidroviários ora em desenvolvimento no rio Araguaia, bem como no rio Tocantins.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos que viabilizou o apoio financeiro (processo 1780/06) ao projeto de pesquisa ora em desenvolvimento. Agradecem a AHIATAR – Administração das Hidrovias Tocantins e Araguaia, que através do seu superintendente Dr. Tarlis Junqueira Coleman e de sua equipe técnica, deu o suporte operacional que viabilizou a jornada técnica de aquisição dos dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bianchi, C.N.; R. Pronzato; R. Cattaneo-Vietti; L.B. Cecchi; C. Morri; M. Pansini; R. Chemello; M. Milazzo; S. Frascchetti; A. Terlizzi; A. Peirano; E. Salvati; F. Benzoni; B. Calcinai; C. Cerrano & G. Bavestrello. 2004. Hard bottoms. *Biol. Mar. Medit.* 11(suppl. 1): 185-215.
- Camargo Jr., A. 2000. Sistema de gestão ambiental em terminais hidroviários e comboios fluviais: contribuições para o desenvolvimento sustentável na Hidrovia Tietê-Paraná. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista – UNESP. 179p.
- Dias, G.T.M. 2000. Marine bioclats: calcareous algae. *Rev. Bras. Geof.*, 18(3):307-318.
- Dias, G.T.M.; M.A. Gorini; C.G. Gallea; C.R.S. Espindola; S.M. Mello; H. Dellapiazza & J.R.J.C. Castro. 1982. Bancos de arenito de praia (*beachrocks*) submersos na plataforma continental SE brasileira. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32. Salvador, BA, setembro de 1982. Anais, 4:1540-1546.
- García-García, A.; F. Vilas & S. García-Gil 1999. A seeping sea-floor in a Ría environment: Ría de Vigo (NW Spain). *Environmental Geology*, 38(4):296-300.
- García-García, A.; S. García-Gil & F. Vilas. 2005. Quaternary evolution of the Ría de Vigo, Spain. *Marine Geology*, 220(1-4): 153-179.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 2002. Levantamento geofísico com o sonar de varredura lateral para mapeamento de recifes artificiais na plataforma continental rasa do litoral sul do Estado do Paraná. IPT / Instituto Ecoplan. Relatório Técnico IPT n°. 58707. 75p.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 2005a. Levantamento geofísico para mapeamento de recifes na plataforma continental rasa do litoral sul do Estado da Bahia.. Conservation International do Brasil – CI. Relatório Técnico IPT n°. 74072-205. 41p.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. 2006. Aspectos geológicos e geotécnicos da Hidrovia Tietê-Paraná a jusante da eclusa de Barra Bonita, no canal de Igarapu (SP). Secretaria de Estado dos Transportes – Departamento Hidroviário – DH. Relatório Técnico 86.544-205.
- Lancker, V.; J. Lanckneus; S. Hearn; P. Hoekstra; F. Levoy; J. Miles; G. Moerkerke; O. Monfort & R. Whitehouse. 2004. Coastal and nearshore morphology, bedforms and sediment transport pathways at Teignmouth (UK). *Continental Shelf Research* 24:1171-1202.
- Lopes, A.L.M.; C.G. Silva & G. T. M. Dias. 2003. Caracterização sonográfica das feições arenosas de fundo da plataforma continental interna e média a sul da Bacia de Campos. In: Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica – SBGf, 8. Rio de Janeiro, RJ, 14 a 18 de setembro de 2003. Boletim de Resumos Expandidos. CD-ROM.
- Mcquillin, R. & D.A. Ardu. 1977. Exploring the geology of shelf seas. London, Graham & Trotman Limited. 230p.
- Mosher, D.C. & R.G. Currie. 1997. Monitoring of ocean disposal using side-scan mosaicing. *Lead. Edge*, p.1667-1970.
- Padovezzi, C.D. 2003. Conceito de embarcações adaptadas à via aplicado à navegação fluvial no Brasil. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 284p.
- Souza, L.A.P. 1984. Side Scan Sea floor mapping on Tanegashima Western offshore area. Technical Reports Group Training Course in Offshore Prospecting. Japan International Cooperation Agency. Publicação Interna do Serviço Geológico do Japão - GSJ. V.1, p.13-35.
- Souza, L.A.P. 1988. As técnicas geofísicas de Sísmica de Reflexão de Alta Resolução e Sonografia aplicada ao estudo de aspectos geológicos e geotécnicos em áreas submersas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35. Belém, PA, 6 a 13 de novembro de 1988. Anais, 4: 1551-1564.
- Souza, L.A.P. 1995. A planície costeira Cananéia-Iguape, litoral sul do Estado de São Paulo: um exemplo de utilização de métodos geofísicos no estudo de áreas costeiras. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da USP. 201p.
- Souza, L. A. P.2006. Revisão crítica da aplicabilidade dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas.. Tese de doutorado apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 311p
- Tessler, M.G. & L.A.P. Souza. 1996. Feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do canal do Mar Pequeno, sistema Cananéia-Iguape, SP. III Simpósio sobre Oceanografia, 3. São Paulo, SP, 2 a 6 de dezembro de 1996. Boletim de resumos, 1: 357.
- Tessler, M.G. & L.A.P. Souza. 1998. Dinâmica sedimentar e feições sedimentares identificadas na superfície de fundo do sistema Cananéia-Iguape, SP. *Rev. Bras. Oceanograf.*, 46(1): 69-83.
- Woodruff, J.D.; W.R. Geyer; C.K. Sommerfield & N.W. Driscoll. 2001. Seasonal variation of sediment deposition in the Hudson River estuary. *Marine Geology*, 179: 105-119.