



GEOFÍSICA APLICADA AO ESTUDO DE PORTOS E ROTAS DE NAVEGAÇÃO

Luiz Antonio Pereira de Souza *

Fernando Campagnoli *

Francisco Carlos Vazques de Garcia *

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

ABSTRACT

Geophysical methods are a very important and useful tool for investigations on water covered areas, when we are planning to built bridges, dams and harbours and also to study navigation routes. The traditional investigation methods, like drilling, bottom sample collecting, use to find out important data, but may not give density of data enough to construct maps on scale desirable for engineering purposes. Continuous Seismic Profiling and Sonographic are the most important shallow geophysical methods applied for lakes, rivers and nearshore investigation. In this article we show some examples of projects, developed by IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) on route navigation studies.

INTRODUÇÃO

Os métodos de investigação de terrenos para implantação de obras civis são bastante conhecidos e desde há muito utilizados na engenharia civil. A execução de sondagens mecânicas e a correlação entre as informações obtidas destas sondagens, e as informações geológicas e geotécnicas preexistentes, são procedimentos comuns que precedem a realização de um projeto de uma obra civil. Diversos outros ensaios são também realizados, numa segunda fase, visando melhor conhecer o subsolo da área de interesse. Todavia, quando se trata da implantação de obras sobre áreas cobertas por água, como rios, reservatórios ou áreas costeiras, as formas tradicionais de investigação, comumente, apresentam problemas operacionais, principalmente, relativo às dificuldades de acesso ao local de interesse. Informações de subsuperfície serão sempre necessárias seja no planejamento de obras civis, na construção ou ampliação de portos, ou na implantação ou reformulação de rotas de navegação, o que não necessariamente envolve obras civis.

Assim, na investigação de áreas submersas, os métodos geofísicos tomam maior relevância, tendo em vista que, possibilitam mapear detalhadamente, de forma indireta e rápida, a superfície de fundo e as camadas geológicas rasas, bem como, definir com precisão as áreas de ocorrência de afloramentos rochosos e outras feições, que poderiam ser interpretadas como obstáculos à navegação. Dentre os métodos geofísicos empregados na investigação rasa de áreas submersas, destaca-se a Perfilagem Sísmica Contínua e a Sonografia.

PERFILAGEM SÍSMICA CONTÍNUA

O método sísmico de Perfilagem Contínua baseia-se no princípio da reflexão de ondas acústicas e constitui-se num método indireto de investigação de grande aplicação no estudo de áreas submersas. Possibilita a definição da espessura dos estratos sedimentares rasos e inconsolidados, tendo portanto, vasta aplicação no estudo de assoreamento de reservatórios, de rotas de navegação e de áreas de implantação de pontes, portos e barragens. Vale-se dos contrastes de velocidade de propagação das ondas acústicas entre os diferentes tipos de substratos. Para a geração das ondas sísmicas, de freqüências comumente entre 1 e 10KHz, utiliza-se fontes repetitivas do tipo **boomers ou sparkers**, que mergulhados na água, emitem sinais acústicos em intervalos de tempo predeterminados. Estes sinais propagam-se na água e nas camadas geológicas com velocidades de propagação características de cada um destes meios. Ao retornar à superfície os sinais acústicos são captados por sensores denominados de hidrofones. A FIGURA 1 representa de forma esquemática o princípio do método e a geometria do arranjo fonte - sensor - embarcação.

SONOGRAFIA

Este método está baseado também no princípio de propagação e reflexão das ondas acústicas e constitui-se numa importante ferramenta de investigação indireta no estudo de áreas submersas. Permite, a partir da análise do padrão textural dos registros obtidos em campo, a caracterização da superfície de fundo, possibilitando o mapeamento dos contatos entre as diferentes fácies sedimentares e o contato entre os sedimentos e os afloramentos rochosos subaquáticos. Permite ainda a detecção de obstáculos à navegação, como embarcações naufragadas e, em reservatórios, troncos de árvores preexistentes à inundação. O registro obtido através deste método, assemelha-se sob alguns aspectos, uma fotografia aérea que não pode ser obtida em áreas submersas tendo em vista a forte atenuação dos sinais luminosos na água. Vem daí a importância da Sonografia na investigação destas áreas, pois utilizando-se de sinais acústicos de alta freqüência (100KHz) permite a caracterização detalhada da superfície de fundo. Tendo em vista a alta freqüência dos sinais emitidos, não ocorre, neste caso, a penetração do sinal nas camadas sedimentares rasas.

A FIGURA 2 representa de forma esquemática o princípio da técnica (geometria do arranjo entre fonte de sinais, sensores e a embarcação) e a geometria dos registros (sonogramas) obtidos em campo.

Analisados conjuntamente, os dados obtidos da Perfilagem Sísmica Contínua e da Sonografia, contribuem também para a otimização do planejamento dos demais ensaios (amostragens, sondagens, etc.).

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Exemplo 1

Os registros ilustrados na FIGURA 3 foram obtidos do levantamento executado no canal de Santos, em São Paulo, cujo

objetivo foi mapear em detalhe a superfície de fundo do canal, visando identificar os obstáculos à navegação e subsidiar o planejamento de obras de escavação para aprofundamento do canal. Como pode ser visto nestes registros, foi possível mapear com detalhe as áreas de ocorrências de afloramentos rochosos, indicando que, em alguns trechos do canal, os procedimentos de escavação, passarão necessariamente por remoção de material rochoso. Estes levantamentos permitiram ainda a localização de várias embarcações naufragadas, conforme exemplo ilustrado na FIGURA 4, o que permitiu também, incluir no planejamento das dragagens, procedimentos para remoção destes obstáculos à navegação.

Exemplo 2

Neste exemplo estão ilustrados registros obtidos no rio Tietê, em estudo de implantação e otimização de rota de navegação. O objetivo deste trabalho foi também mapear em detalhe a superfície de fundo, da hidrovia Tietê-Paraná, no trecho a montante de Barra Bonita, num trecho de cerca de 120 Km, com vistas a detecção de obstáculos à navegação, já que neste trecho barcas de porte médio a grande transportam, diariamente, centenas de toneladas de grãos. Afloramentos rochosos, troncos de árvores preexistentes à inundação, locais com topografia de fundo crítica à navegação e, áreas com intensa atividade de dragagem, puderam ser mapeadas com detalhes, através da Sonografia. Dois exemplos de registros obtidos neste estudo estão Ilustrados na FIGURA 5.

Exemplo 3

A área a montante do reservatório de Itaipú, próximo à cidade de Guaíra (PR) foi também investigada utilizando-se de métodos geofísicos. Para a implantação de uma rota de navegação segura, entre as duas margens do reservatório, foram realizados dezenas de quilômetros de Perfilingem Sísmica Contínua e Sonografia. Um exemplo de registro obtido na área investigada pode ser observado na FIGURA 6.

CONCLUSÕES

Os exemplos ilustrados neste artigo mostram a importância de se conhecer com detalhes as características da superfície de fundo, quando se trata de implantação de obras civis (pontes, portos, barragens) ou mesmo, quando se trata de estudos de rotas de navegação, quando obras civis, nem sempre serão necessárias. Os métodos convencionais, tais como sondagens mecânicas, fornecem dados pontuais, o que, principalmente quando se trata de estudo de rotas de navegação, não permitem a geração de mapas ou planejamento de rotas, em escalas compatíveis com as necessidades de segurança exigidas para embarcações de grande porte. Nestes casos, a Sonografia passa a ser fundamental, já que, complementando a ecobatimetria tradicional, que fornece dados ao longo de um perfil, permite a obtenção de dados em área e portanto, a observação total da área de interesse não somente num ponto ou ao longo de uma linha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO 1998. Viagem de reconhecimento da via navegável do reservatório de Barra Bonita desde a Eclusa até a ponte de Anhumas. Volume I/II. Reservatório de Barra Bonita, SP. Rel. IPT nº: 38.231.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO 1986. Perfilingem sísmica, batimetria e sonar de varredura lateral no local de implantação da UHE de Ilha Grande. Rio Paraná, Guaíra, PR. Rel. IPT nº: 24.087
- 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, 1988, SBG, v.4 p.1551-1564.
- SOUZA, L.A.P.; SILVA R.F. & IYOMASA, W.S. 1998. Métodos de Investigação. In: Oliveira, A.M.S. & Brito S.M.A. (Eds.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo : ABGE, 1998. Cap. 11. Publicação IPT 2551.
- SOUZA, L.A.P. 1998. Exemplos de utilização de métodos geofísicos na investigação de áreas submersas. II Encontro Regional de Geotecnia e Meio Ambiente / II Workshop de Geofísica Aplicada. Rio Claro, 19-20 novembro de 1998. CD ROM.
- 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 apresentada em maio de 1995. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

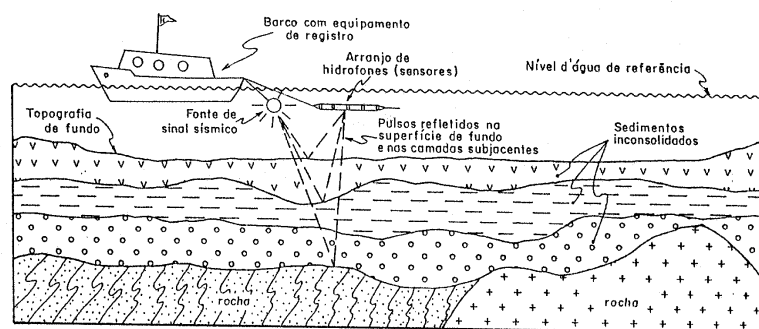


Figura 1 - Princípio do método de Perfilingem Sísmica Contínua (Souza, 1995)

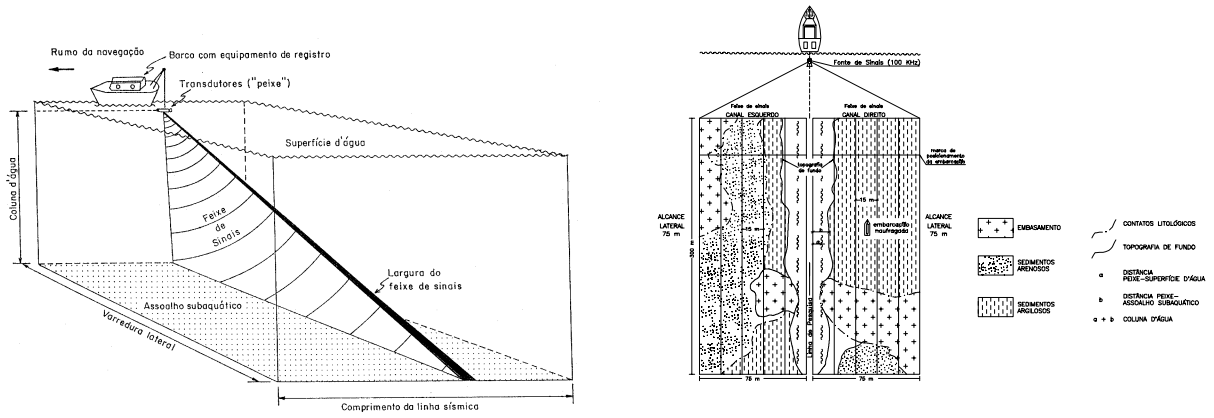


Figura 2 - (a) princípio do método de Sonografia; (b) geometria do registro de campo (Souza, 1995)