



Levantamentos geofísicos na rota submarina planejada para o Metrô Rio-Niterói.

Gilberto Tavares de Macedo Dias, Univesidade Federal Fluminense, LAGEMAR, gilberto@igeo.uff.br.
Cleverson Guizan Silva, Universidade Federal Fluminense, LAGEMAR, cleveson@igeo.uff.br.

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents 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

High-resolution single-channel seismic, side-scan sonar and bathymetry were used to define the seabed structures and sedimentary thickness along the proposed route of the Rio de Janeiro – Niterói subway, projected across Guanabara Bay. Three seismic horizons were mapped, being the lower one representative of the crystalline basement rocks or the regolith above the basement. The nature of these seismic horizons was later confirmed by comparison with a geotechnical drill existent along the Guanabara Bay margin.

Introdução

Os levantamentos foram realizados com objetivo de subsidiar o projeto de viabilidade técnica da construção do trecho submarino do metrô entre Rio de Janeiro e Niterói, cruzando a Baía de Guanabara. A empresa Noronha Engenharia Ltda. convidou o Laboratório de Geologia Marinha da Universidade Federal Fluminense (LAGEMAR-UFF), para realizar os levantamentos geofísicos na rota proposta tendo em vista as informações sobre a baía de Guanabara e seus sistemas dinâmicos, acumulados ao longo de mais de 15 anos de levantamentos geológicos, geofísicos e oceanográficos, como resultado das atividades práticas do Curso de Especialização em Geologia e Geofísica Marinha da UFF.

A baía de Guanabara está localizada em uma faixa de depressões formadas durante o período Terciário (Baixada Fluminense) denominada "Rift" da Guanabara, que é constituído por depressões assimétricas (semi-grabens) com escarpamentos de orientação SE-NW e blocos que mergulham para NW. O flanco Norte é constituído pelas serras das Araras e dos Órgãos e o flanco Sul pelas serras de Bangú Carioca e Mato Grosso (Ferrari, 1990). A orientação atual da baía de Guanabara (N-S) foi formada durante o período Quaternário e deve-se ao ajustamento da paleo-drenagem em função das subidas (transgressões) e descidas (regressões) do nível do mar (Amador 1997).

No interior da baía observa-se um canal central relativamente plano, com largura média de 400m, definido

aproximadamente pela isóbata de 30m. Este canal é natural, isto é, não foi modificado por dragagens. A norte do alinhamento Aeroporto Santos Dumont-Gragoatá, onde ocorre o maior estreitamento das margens da Baía de Guanabara, o canal central perde suas características de confinamento, alargando-se até 900m e tornando-se progressivamente mais raso. Sob o vão central da ponte Rio-Niterói, sua profundidade é de 20m. Deste trecho em direção ao interior da baía, as profundidades tornam-se muito rasas e o canal natural desaparece em função da intensa sedimentação lamosa.

A maior profundidade do canal ocorre próximo da Ilha da Laje, onde existe localmente uma depressão que atinge 59m. Existem ainda vários afloramentos do embasamento cristalino, com morfologia do tipo "Pão de Açúcar", alinhados normalmente na direção NE-SW e oferecendo riscos à navegação.

Na margem leste do canal central, entre a Fortaleza de Santa Cruz e Ilha de Boa Viagem, existe um campo de dunas sub-aquosas (sand waves) muito bem evidenciado, entre as profundidades de 10m e 26m, com alturas entre 2,5m e 0,5m e comprimentos de ondas entre 20m e 100m. Em direção ao interior da baía, observa-se uma diminuição progressiva de tamanho das dunas sub-aquosas que desaparecem completamente, a NW da ilha de Boa Viagem. O exemplo em questão mostra nitidamente o deslocamento destas feições para o interior da Baía de Guanabara, estando relacionadas à interação de ondulações (swell) com as correntes de preamar. As ondas de grande energia provenientes do setor SSE, associadas à passagem de frentes frias, entram quase frontalmente na baía, colocando em suspensão as areias, que são transportadas pelas correntes de preamar, mais intensas e mais atuantes próximo ao fundo. (Dias e Quaresma, 1996).

Todo o fundo marinho ao longo do canal central desde a entrada da Barra até o alinhamento Gragoatá - Santos Dumont é constituído por areias quartzosas de granulometria média (0,500 a 0,250mm), representando areias reliíquias, bem trabalhadas por processos marinhos. As dunas sub-aquosas descritas anteriormente são formadas por estas areias. Em direção ao interior da baía os sedimentos tornam-se gradativamente mais finos passando a ser totalmente lamosos nas imediações da Ponte Rio-Niterói.

Na área do levantamento os sedimentos superficiais são predominantemente compostos por areia fina (0,250-0,125mm) a muito fina (0,125-0,062mm) com lamas (silte + argila) na margem oeste do canal central (Quaresma e Dias, 1996, Quaresma, 1997). Observa-se que os teores de lama são baixos e que existem misturas de areias finas a muito finas com areias médias, demonstrando ser uma área de transição entre as areias médias que ocorrem nas áreas mais externas e as lamas que dominam para o interior da baía.

A distribuição de sedimentos superficiais, descrita anteriormente, reflete bem a variação da intensidade de

correntes na Baía de Guanabara, principalmente as correntes de preamar, que são mais intensas e atuam sobre o fundo. Medições correntométricas foram efetuadas durante um período de 15 dias em três estações de fundeio (Kjërve et al, 1997). Duas estações foram posicionadas ao longo do alinhamento Santos Dumont-Gragoatá (C1-22° 54',3/43° 09',2; C2-22° 54',3/43° 08',5) e a terceira no canal central, próximo à Ilha do Governador (C3-22° 50',0/43° 09',3). Seus resultados demonstram que: a direção das correntes oscila entre 165°, na baixamar e 345°, na preamar; as velocidades máximas encontradas na baixamar e preamar distribuem-se segundo a tabela abaixo:

Estação.	Prof.	Velocidade. BM	Velocidade.PM
C1	03 m	0.5 m/s	0.85 m/s
C1	26 m	0.57 m/s	0.96 m/s
C2	03 m	1.37 m/s	1.56 m/s
C2	17 m	0.53 m/s	1.05 m/s
C3	03m	0.44 m/s	0.54 m/s

Metodologia

Os levantamentos constaram de perfilagens geofísicas ao longo de 5 perfis espaçados de 25 m e linhas transversais, de controle.

A navegação foi controlada por DGPS e programa de navegação e aquisição de dados em tempo real.

Perfilagem Sísmica de alta resolução.

Foi utilizado o sistema sparker, operando com potência de 100 a 300 J, com banco de capacitores e fonte de energia da EGG, (modelos 231A e 232 A).

Levantamento Batimétrico

O Levantamento batimétrico foi feito com ecobatímetro de precisão, modelo DE-719C da Raytheon, operando na frequência de 200 kHz. Este equipamento possui interface digital Digitrace (Odom) que permite gravar os valores de profundidade em intervalos de 1 segundo. Através do software de navegação, integrou-se os dados de profundidade com as coordenadas geográficas para cada 20 cm de terreno, navegando-se a uma velocidade média de 4 nós.

Sonar de Varredura Lateral

O levantamento sonográfico foi feito ao longo da linha central, utilizando-se o sistema de sonar de varredura lateral modelo EGG-260, com sensor modelo EGG-272TD operando em alcance de 100m para cada lado da linha navegada.

Interpretação

Os refletores identificados nos registros analógicos de sísmica de reflexão foram traçados em filme transparente e posteriormente digitalizados em AUTOCAD. As profundidades dos refletores foram determinadas a cada minuto ao longo dos registros. Considerou-se para efeito de cálculo de profundidade dos refletores uma velocidade de 1.530 m/s. Os dados de profundidade assim determinados foram lançados no programa GEOSOFT, gerando-se *grids* e mapas de contorno do topo dos principais refletores identificados. Também no programa GEOSOFT, utilizando-se esta mesma base de dados sísmicos, foi gerado um perfil

composto, rebatendo-se todas as informações de profundidade dos horizontes principais em um único perfil.

Os dados de batimetria, após a correção de maré, foram também processados no programa GEOSOFT, gerando-se o mapa batimétrico gridado (Kriging), com intervalo de contorno de 0,5 m.

O registro sonográfico foi interpretado manualmente, lançando-se as informações em um mapa base de posicionamento dos pontos de navegação anotados nos registros. Este mapa base, com os limites dos padrões sonográficos interpretados, foi também digitalizado em AUTOCAD e exportado para o programa GEOSOFT, onde se procedeu a integração final com os dados de amostras de fundo existentes na base de dados do LAGEMAR-UFF para a região de levantamentos. Desta forma, pôde-se integrar os padrões sonográficos observados nos registros aos tipos de sedimentos superficiais do fundo submarino.

Resultados

Batimetria

A Figura 1 apresenta o grid de batimetria, sobreposto à imagem da carta náutica da DHN. Observa-se que as maiores profundidades do canal atingem 34 metros, e ocorrem mais próximo a Niterói, onde o gradiente de sua borda leste é mais acentuado.

No Rio de Janeiro, o fundo desde a Praça XV até as proximidades do Aeroporto Santos Dumont, passa de profundidades de 2 m para 7 m, dando lugar a um gradiente mais acentuado em direção ao canal central, até profundidades de 21 m. O gradiente torna-se então mais suave na porção central do canal até atingir as maiores profundidades (34 m).

Sonar de varredura

O mapa de interpretação dos registros de sonar de varredura lateral mostra a predominância de um padrão de reflexão cinza homogêneo, correspondendo a areias de granulometria pedrominante fina à média. Bolsões de lama fluida ocorrem nas proximidades da Praça XV e de Niterói, conferindo às sonografias um padrão cinza muito claro.

Sísmica rasa

Os refletores identificados limitam três seqüências sísmicas abaixo do fundo submarino. A profundidade do topo destes horizontes é apresentada na Figura 2 na forma de um perfil composto rebatido, representando as cinco linhas realizadas na área.

O horizonte sísmico mais inferior corresponde ao topo do embasamento alterado. O horizonte mapeado é um refletor bastante difuso, com sub-reflexões em muitos locais. Nas proximidades da sondagem F-9 (medidas realizadas pela Geotécnica, dados fornecidos pela Noronha), observa-se o início do embasamento alterado (solo residual), a cerca de 33 metros e um grande aumento na resistência à penetração próximo a 42 m, profundidades estas correspondentes ao topo deste horizonte mapeado na sísmica.

Observa-se grandes irregularidades neste refletor, delineando vales profundos, com relevos relativos de mais de 20 metros. Estes vales estão preenchidos por material que apresenta grande transparência acústica, o que sugere a presença de sedimentos lamosos nestes locais. O

embasamento ocorre em profundidade de -35 m, nas imediações da Praça XV, apresentando, em direção à Niterói um grande vale, onde atinge profundidades superiores a -70 m, tornando a subir para um patamar de -55 m ao longo do canal central para mergulhar, logo a seguir, para profundidades superiores a -80 m no flanco leste do canal. Neste local, perde-se totalmente a penetração do sinal acústico impedindo a visualização do sub-fundo. Este fenômeno está associado à presença de gás biogênico (provavelmente metano) junto aos sedimentos, o que provoca a dissipação quase que total do sinal acústico.

Os outros horizontes mapeados acima do embasamento alterado limitam três seqüências sedimentares. (ver Fig 2) A seqüência inferior representa provavelmente areias e siltes micáceos de origem fluvial. A seqüência intermediária corresponde a sedimentos areno-lamosos estuarinos. Estas duas seqüências apresentam características progredientes, com as camadas mergulhando do Rio de Janeiro em direção à Niterói. A seqüência superior, até o fundo submarino atual é predominantemente areno-lamosa com refletores sísmicos concordantes com o fundo submarino atual. Esta seqüência representa a fase final da transgressão holocênica.

Conclusões

O embasamento cristalino alterado ou inalterado apresenta-se como um refletor muito irregular, com grandes vales preenchidos provavelmente por material lamoso, que podem atingir até 30 metros de relevo. A profundidade do embasamento atinge mais de 70 m no flanco leste do canal central (lado de Niterói). As mudanças nos padrões sonográficos estão associadas a variações laterais de fácies sedimentares, com um predomínio de areias muito finas com maior ou menor presença de lamas.

Dois horizontes arenosos ocorrem acima do embasamento alterado, limitando seqüências sedimentares que juntas possuem espessuras variando entre 15 m a 45 m.

A seqüência arenosa inferior deve ser associada a sedimentação em ambiente fluvial durante períodos de nível do mar rebaixado durante o período Pleistocênico. A seqüência arenosa superior, assim como as camadas areno-lamosas mais superiores estão associadas a sedimentos fluvio-estuarinos depositados ao longo do evento holocênico posterior de subida do nível do mar, que afogou a antiga rede de drenagem formando a Baía de Guanabara tal qual a observamos nos dias atuais.

Referências Bibliográficas

Amador, E.S., 1997, BAÍA DE GUANABARA E ECOSSISTEMAS PERIFÉRICOS: HOMEM E NATUREZA. Reproarte Gráfica e Editora Ltda., 539 pp.

Dias, G.T.M. e Quaresma, V.S., 1996, BAÍA DE GUANABARA .EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO FUNDO SUBMARINO.. Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia Salvador vol.4, p. 514-517.

Ferrari, A.L., 1990, A GEOLOGIA DO "RIFT" DA GUANABARA NA SUA PORÇÃO CENTRO-OCIDENTAL E SUA RELAÇÃO COM O EMBASAMENTO PRÉ-CAMBRIANO. XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Natal, RN, p. 258 - 272.

Kerfve, B.; Ribeiro, C. H. A., Dias, G. T. M.; Filippo, A. M; Quaresma, V.S., 1997, OCEANOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF AN IMPACTED COASTAL BAY: BAÍA DE GUANABARA , RIO DE JANEIRO BRAZIL Continental Shelf Research vol.7, no.13, 1997, p.1609-1643.

Quaresma, V.S. Dias, G.T.M., 1996 BAÍA DE GUANABARA .FÁCIES SEDIMENTARES SUPERFICIAIS., Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia Salvador, vol. 4,

Quaresma V., S., 1997, CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA SEDIMENTAR NA BAÍA DE GUANABARA, RJ.. 1977. Dissertação de mestrado.UFF, Depto Geologia, 97 p.

Agradecimentos

À Empresa Noronha Engenharia por permitir a divulgação dos resultados obtidos nos levantamentos.

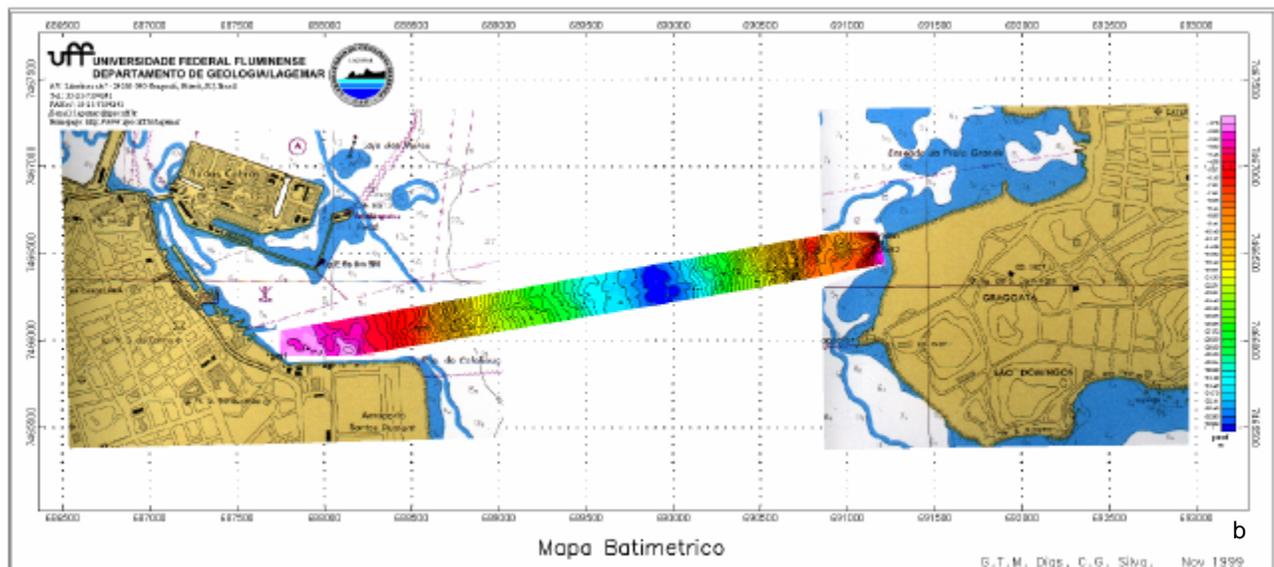
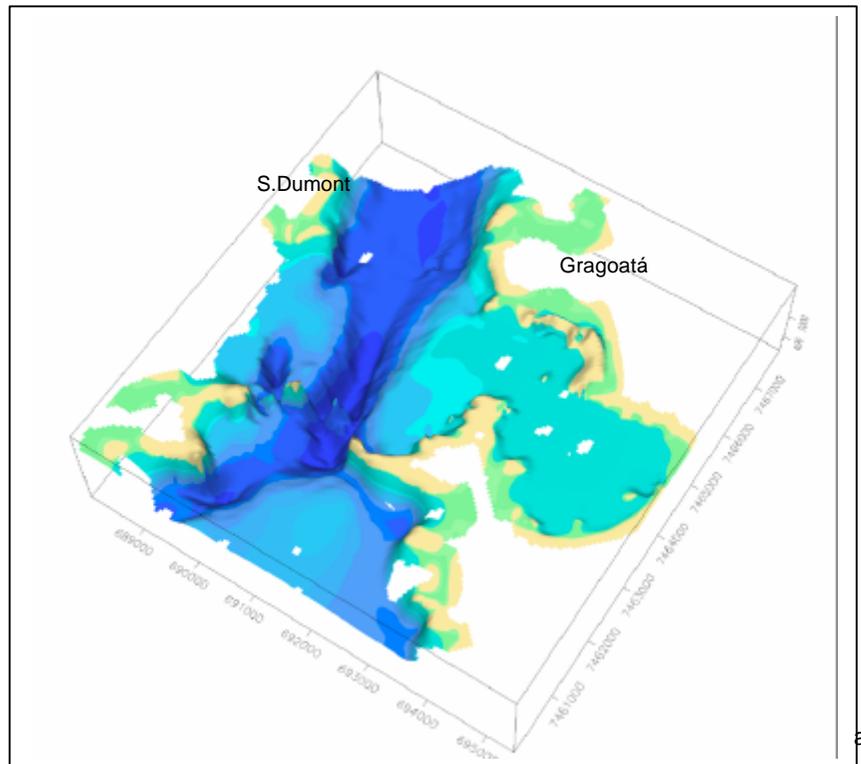


Figura 1 - O diagrama 3D (a) foi elaborado por alunos do curso de especialização em geologia e geofísica marinha da UFF a partir do contorno manual das dos pontos batimétricos das folhas de bordo da DHN. As isóbatas possuem espaçamento de 1 metro. No interior da Baía observa-se um canal central relativamente plano, com largura média de 400m, definido aproximadamente pela isóbata de 30m. Ao norte do alinhamento Aeroporto Santos Dumont-Gragoatá, onde ocorre o maior estreitamento das margens da Baía de Guanabara, o canal central perde suas características de confinamento, alargando-se até 900m e tornando-se progressivamente mais raso. A maior profundidade do canal ocorre próximo da Ilha da Laje, onde existe localmente uma depressão que atinge 59m. A Figura 1B mostra a batimetria ao longo da rota planejada para o Metrô.

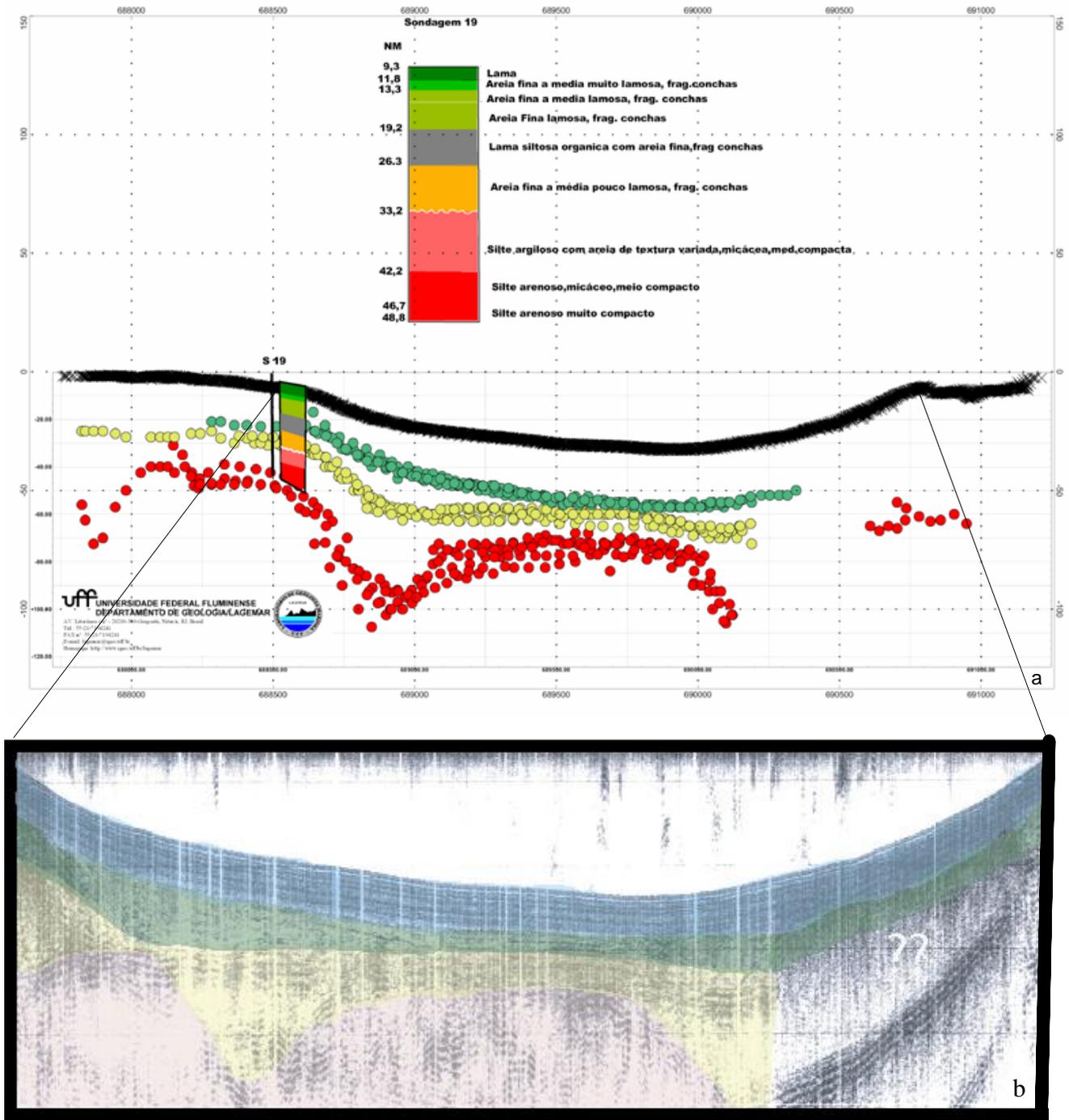


Figura 2 – (a) Perfil composto com os principais refletos e unidades mapeadas nas oito seções sísmicas levantadas e comparados com a sondagem geotécnica. (b) Exemplo de uma linha sísmica com principais unidades mapeadas.