

3

Aquisição de dados, processamento e campanha de ensaios

3.1. Introdução

Investigações multidisciplinares e abrangentes devem ser realizadas para que se possam conhecer as condições geológicas nas regiões do talude continental. Deve haver uma grande interação entre os profissionais das áreas de geofísica, geologia, oceanografia, geoquímica e geotecnia, e a aquisição, processamento e análise dos dados ambientais requerem planejamento e coordenação cuidadosos.

Devido à dificuldade e o alto custo de se pesquisar o fundo marinho através dos métodos de investigação direta tradicionais, faz-se uso de métodos geofísicos como batimetria, sonar e sísmica, que permitem o reconhecimento do fundo marinho de forma mais abrangente.

Investigações do solo em águas profundas são operacionalmente mais difíceis e tecnicamente mais complexas que em águas rasas, pois requerem técnicas e equipamentos especiais. Os custos são mais altos, porém podem ser justificados pelos altos investimentos feitos nas estruturas instaladas nessas regiões e pelo fato de que as condições geológicas são geralmente mais diversas e menos conhecidas no talude continental, onde evidências de instabilidade são muito mais comuns do que em regiões da plataforma continental (Campbell *et al.*, 1982). Apenas para exemplificar, um recente levantamento geológico-geofísico-geotécnico realizado em um campo em desenvolvimento da Petrobras custou apenas 1,5% do total do projeto.

As coordenadas utilizadas nesse trabalho são relativas e referenciadas a um ponto arbitrário, mantendo no entanto todos os parâmetros e relações do sistema de coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator). A tabela 2 informa as coordenadas relativas e valores de lâmina d'água dos pontos A, B e C ao longo da rota, conforme explicado no item 1.2.

Tabela 2 – Coordenadas dos pontos limites da rota

PONTO	COORDENADAS RELATIVAS (m)		LDA (m)
	X	Y	
A	2230	1249	88
B	23747	12930	974
C	28846	21229	1315

3.2. Aquisição de Dados

3.2.1. Dados Existentes

A primeira etapa do trabalho de aquisição de dados ambientais consistiu na busca por dados pré-existentes. Levantamentos geofísicos eram inexistentes nas áreas do talude continental. Os dados geotécnicos existentes na região de estudo eram poucos e incompletos. A maioria das amostras obtidas para projetos anteriores foi adquirida ainda na região da plataforma continental, e muitas das vezes em áreas consideradas distantes da diretriz de projeto do duto, além de não contemplarem ensaios de resistência dos sedimentos, apenas ensaios de caracterização, não suficientes para este tipo de projeto e para esta análise de estabilidade. Somente dados oceanográficos puderam ser aproveitados, conforme será comentado adiante.

3.2.2. Levantamento Geofísico

Foi realizado um levantamento geofísico de alta resolução com o objetivo de dar uma visão geral das condições do fundo marinho. Ele mostra a extensão lateral e as variações de espessura das camadas de solo e permite mapear feições morfológicas em larga escala, como escorregamentos de massa e falhas. Além disso, é através da interpretação dos dados geofísicos que se torna possível planejar a quantidade e localização dos furos de sondagem geotécnica, para que seja realizada uma caracterização adequada da região (Campbell *et al.*, 1982).

A área foi levantada nos períodos de 25 a 30 de outubro de 2002, 23 a 25 de dezembro de 2002, 10 a 18 de janeiro de 2003, 3 e 4 de fevereiro de 2003 e 14 e 15 de fevereiro de 2003.

3.2.2.1. Batimetria

A batimetria consiste em um método utilizado para a determinação da topografia do fundo marinho. Através dela, gradientes e declives são mapeados, o que no caso de dutos submarinos é de grande importância, uma vez que determina regiões de ocorrência de vãos livres e gradientes acentuados.

O levantamento batimétrico foi realizado com um ecobatímetro da marca Simrad, modelo EA 500 com frequência variável de 12, 27 e 200 kHz de acordo com a profundidade. Os dados batimétricos foram filtrados através de um compensador de movimento da marca TSS, modelo 333, cujo sensor fica instalado próximo ao transdutor do ecobatímetro, preso a casco da embarcação. Os dados batimétricos foram gravados em arquivos texto (XYZ) para posterior processamento.

Para o TRECHO 1 adquiriram-se 7 linhas batimétricas orientadas na direção NE-SW com comprimento de 8,7 km, equidistantes de 50 m. Em cada linha, os pontos (XYZ) identificados a cada 10 m, aproximadamente. Adicionalmente, realizaram-se dois levantamentos mais detalhados (400 m x 400 m) nas locações do Ponto A e Ponto B que constaram de 41 linhas na direção NE-SW com 400 metros de comprimento.

No TRECHO 2 foram adquiridas 244 linhas batimétricas, sendo 122 linhas orientadas na direção NNE-SSW com 4,4 km de comprimento, 61 linhas orientadas na direção NE-SW com 2,0 km de comprimento e 61 linhas orientadas na direção NW-SE com 3,3 km de comprimento totalizando 860,1 km. As linhas são equidistantes 10 m entre si e com pontos (XYZ) identificados a cada 10 m, aproximadamente.

O total de perfilagem batimétrica para a rota como um todo foi de 953,8 km.

3.2.2.2. Sonar e Sísmica

O levantamento sonográfico permite a visualização da distribuição superficial dos sedimentos do fundo marinho. Já os perfis de sísmica de alta

resolução permitem a definição da estratigrafia do terreno até poucos metros abaixo do leito marinho (Campbell *et al.*, 1982).

Para o levantamento sísmico e sonográfico de alta resolução, utilizou-se o sistema sonográfico rebocado próximo ao fundo marinho, de marca Datasonics e modelo SIS 3000. A figura 5 ilustra o sistema que emite freqüências de 100 kHz para aquisição dos dados sonográficos e 3,5 kHz para a aquisição dos dados sísmicos e é posicionado acusticamente com o equipamento da marca ORE, modelo Trackpoint II Plus. Os dados sísmicos e sonográficos foram gravados em arquivos digitais formato Q-MIPs (DAT).

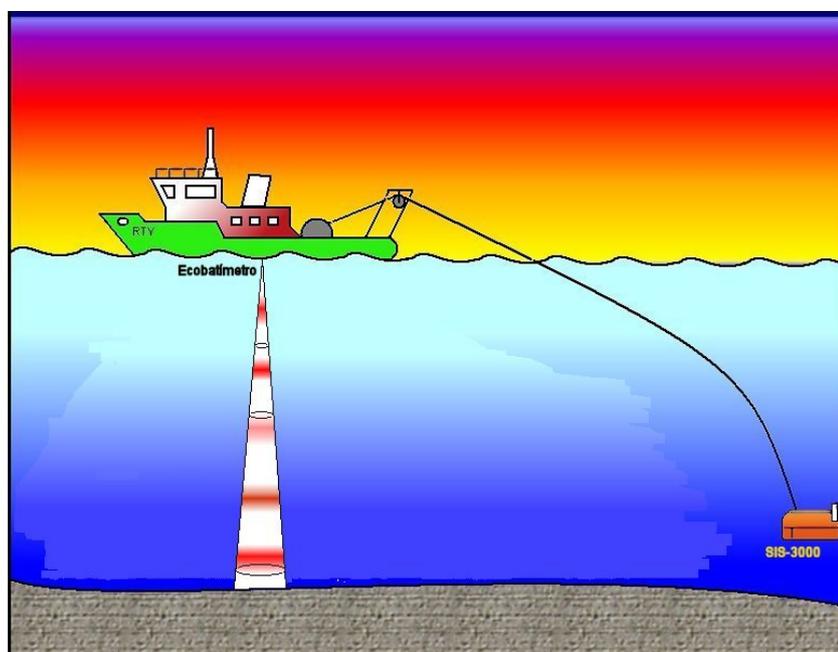


Figura 5 – Sistema sonográfico rebocado – “peixe”

Foi adquirido um total de 15 linhas sísmicas e sonográficas, sendo 3 linhas orientadas na direção ENE-WSW, com 18,1 km de comprimento, equidistantes 500 m no TRECHO 1 e 12 linhas, sendo 6 linhas orientadas na direção NNE-SSW com 4,4 km de comprimento, 3 linhas orientadas na direção NE-SW com 2,0 km de comprimento e 3 linhas orientadas na direção NW-SE com 3,3 km de comprimento, equidistantes 250 m no TRECHO 2. O total de perfilagem sísmica e sonográfica para toda a rota foi de 96,6 km. A varredura lateral utilizada foi de 375 metros. A figura 6 corresponde ao posicionamento das linhas sísmicas e sonográficas adquiridas na área estudada.

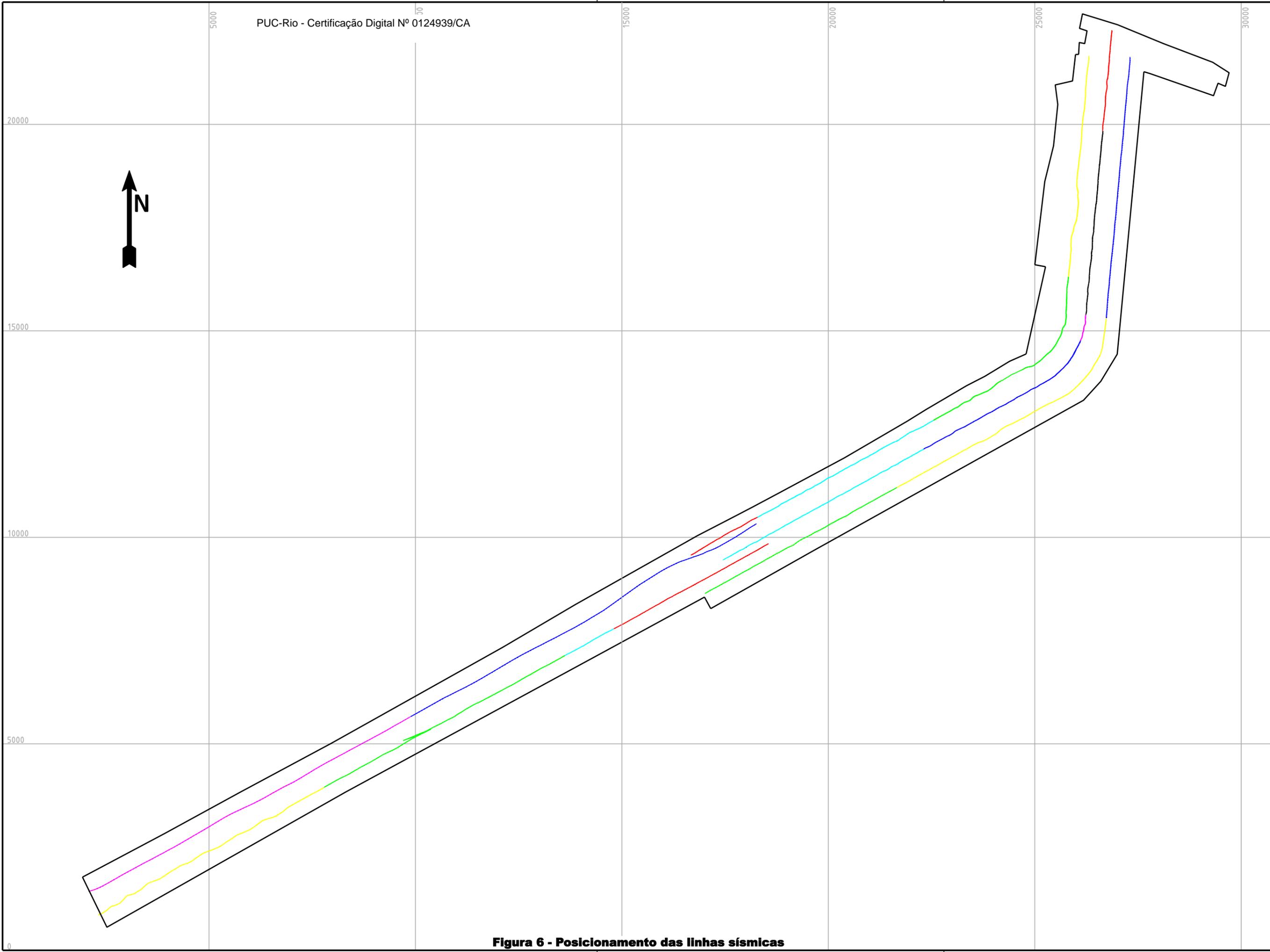


Figura 6 - Posicionamento das linhas sísmicas

No posicionamento da embarcação, utilizou-se um sistema DGPS com correção em tempo real via satélite ou via estação de referência. Já na determinação das coordenadas utilizou-se a projeção UTM, Datum horizontal ARATU - Bacia de Campos e meridiano central 39° W.

3.2.3. Coleta de Dados Oceanográficos

Dados oceanográficos já vinham sendo levantados ao longo de vários anos nas regiões de águas profundas da Bacia de Campos. Com eles foi gerada uma “Especificação Técnica de Dados Ambientais da Bacia de Campos”. Desta forma, informações sobre salinidade e temperatura da água, assim como dados de correntes, ondas e maré foram obtidos desse documento para realização do projeto do duto.

3.2.4. Amostragem Geotécnica e Ensaios *In-situ*

Para projetos de dutos submarinos, algumas empresas utilizam como solução para obtenção de dados geotécnicos, o amostrador de “queda livre” de grande diâmetro com pistão estacionário do tipo kullenberg (neste trabalho, a partir de agora, chamado somente de kullenberg). Também faz parte dos objetivos desse trabalho dar uma outra aplicação para os dados geotécnicos obtidos com o kullenberg, uma vez que eles vêm sendo utilizados somente para projetos de dutos.

O kullenberg é amplamente utilizado na investigação de solos argilosos superficiais e suas amostras permitem a obtenção de parâmetros geotécnicos para projetos de dutos submarinos e também para projetos de fundação de *manifolds*, *templates*¹² e jaquetas de aço, nestas últimas como informações complementares às fornecidas pelas sondagens geotécnicas. Além destas aplicações, auxiliam na interpretação dos levantamentos sísmicos e sonográficos e estudos geológicos em geral.

¹² *Template* ou gabarito é uma estrutura instalada no solo marinho, que serve de guia para a perfuração de poços ou para assentamento e cravação de estacas de plataformas fixas. (Fonte: Gonçalves *et al.*, 2003).

O testemunhador consiste de hastes rosqueadas de aço com 2m de comprimento, que podem ser acopladas em série ao bojo do equipamento, permitindo amostragens contínuas de até 8 metros de comprimento. Porém, devido ao risco de flambagem do conjunto, na prática não são compostos conjuntos com mais de 3 hastes, perfazendo um máximo de 6 metros. Coaxialmente às hastes é inserido um *liner* único de PVC de parede fina, que tem a finalidade de encapsular e armazenar o solo amostrado (Petrobras, 1998). O seu diâmetro interno é de 98 mm. A figura 7 a seguir consiste em um desenho esquemático do kullenberg.

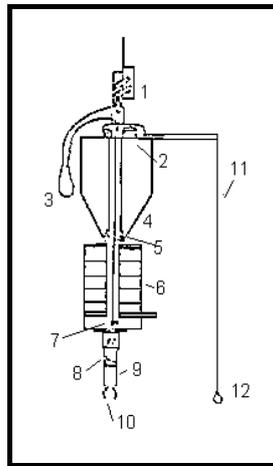


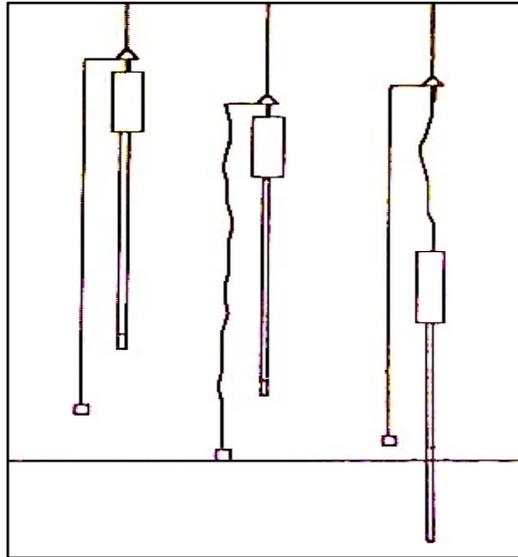
Figura 7 – Desenho Esquemático do Kullenberg (Fonte: Petrobras, 1998)

Onde:

- (1) mordedor do cabo;
- (2) mecanismo de disparo;
- (3) seio do cabo;
- (4) aletas verticalizadoras;
- (5) cabo;
- (6) pesos;
- (7) conexão do cabo ao imobilizador de pistão;
- (8) pistão;
- (9) haste do testemunhador com o *liner* de PVC;
- (10) anel retentor de sedimentos ou aranha retentora;
- (11) cabo do peso disparador;
- (12) peso disparador.

A cravação do amostrador de 1 tonelada ocorre por queda livre (de 2 a 10 metros) no instante que sua extremidade inferior se encontra a uma determinada

altura do leito marinho. A Figura 8 ilustra de forma simples o processo de cravação do amostrador no solo. Na figura, o desenho à esquerda representa a descida do amostrador, o central, o momento onde se inicia a queda livre e o mais à direita, a penetração no solo.



**Figura 8 – Processo de Cravação do Kullenberg no Solo Marinho
(Fonte: Petrobras, 1998)**

Não são todos os solos indicados para este tipo de amostragem. Os sedimentos não cimentados, de reduzida à média consistência, como as argilas moles marinhas são os tipos de material que apresentam as maiores recuperações, fato observado na prática. A recuperação de sedimentos de baixa a média compactidade, como areias pouco compactas a medianamente compactas não é garantida. O equipamento não é recomendado para estes tipos de solos, porém por vezes é utilizado e os recupera com o auxílio de aranha retentora de amostras.

O tipo de material também vai influenciar a altura de queda do amostrador, assim como o número de hastes a serem utilizadas para cada amostragem. Quando realizadas amostragens em solos arenosos, que apresentam maior resistência à cravação, normalmente a altura de queda e o número de hastes são reduzidas, a fim de se obter maiores recuperações e evitar danos ao equipamento.

As análises geológicas e geotécnicas a serem realizadas nas amostras adquiridas para projetos de dutos rígidos submarinos dependem da sua

finalidade. É possível a realização de ensaios tanto de caracterização quanto de determinação de parâmetros de resistência (ensaios triaxiais e de cisalhamento direto, entre outros) e deformabilidade (adensamento oedométrico, por exemplo). Análises geológicas englobam a descrição e datação dos sedimentos, entre outras. Uma série de cuidados devem ser tomados com as amostras dependendo de sua utilização conforme será explicado adiante.

3.2.4.1. Amostras com Finalidade Geofísica ou Geológica

Normalmente, quando a amostra tem fins de geofísica e geologia, é realizada a caracterização do material e seu grau de consistência ou compacidade é determinado, para que seja possível fazer correlações entre as feições observadas no processamento dos dados sísmicos e sonográficos com o tipo de material em campo. Realiza-se a caracterização do sedimento através de uma descrição geológica, com a indicação da cor do sedimento de acordo com um ábaco padronizado de cores, seguida da condução de estudos paleontológicos, sedimentológicos e mineralógicos, quando for o caso.

As amostras requerem identificação da numeração de referência e das extremidades mais rasa e mais profunda. O transporte deve ser cuidadoso porém sem invólucro especial. Seu armazenamento também não necessita de câmara úmida. Sua característica especial é que para serem analisadas, são abertas longitudinalmente, em duas meia-canais.

3.2.4.2. Amostras com Finalidade Geotécnica

A embarcação que faz a aquisição das amostras geotécnicas deve estar dotada de um laboratório de bordo, onde é realizado um controle de qualidade e onde são realizados ensaios expeditos de bordo, tais como: classificação táctil-visual, determinação do teor de umidade e peso específico naturais, torvane e penetrômetro de bolso. A figura 9 exhibe alguns dos ensaios realizados a bordo da embarcação.



Figura 9 – Controle de qualidade das amostras realizado a bordo

As amostras que são remetidas para o laboratório em terra são cortadas a cada metro e tamponadas com parafina a fim de evitar perda de umidade. A identificação dos tubos deve conter o nome do furo e as profundidades de topo e base em referência às suas extremidades mais rasa e mais profunda. Desta maneira são acondicionadas em caixas apropriadas para o transporte, que deve ser cuidadoso. No laboratório, devem ser guardadas na câmara úmida, para que não ressequem e sofram alteração de umidade natural. Para os ensaios, as amostras são segmentadas transversalmente, em função da estratigrafia e da programação de ensaios.

No laboratório em terra é feita a programação de ensaios, que vai de caracterização completa a ensaios de resistência, como os triaxiais e de cisalhamento direto, e de deformabilidade, como o de adensamento. Outros ensaios também podem ser realizados, se houver necessidade.

Todas as determinações que fazem parte da caracterização do material (com exceção da determinação do peso específico natural) podem ser realizadas com amostras amolgadas, não importando se a estrutura e o volume natural da amostra tenham sido alterados pelo processo de testemunhagem. Já para a determinação dos parâmetros de resistência e deformabilidade, a amostragem é mais seletiva, e as amostras devem chegar indeformadas ao laboratório onde são ensaiadas.

As investigações geológicas e geotécnicas utilizados no atual estudo foram realizadas nos períodos de 7 a 30 de agosto de 2003 e 7 de novembro de 2003 com o kullenberg. Foram executados 03 furos geológicos e 23 furos geotécnicos totalizando 79,14 metros de amostras. A figura 10 exhibe a localização das investigações geológicas e geotécnicas da faixa de estudo.

Todas as etapas de manuseio das amostras comentadas foram realizadas, desde o controle de qualidade das amostras a bordo e o acompanhamento de um laboratorista de solos, até a preservação e acondicionamento adequado das mesmas, que foram transportadas para o laboratório em terra.

3.2.4.3. Identificação dos Problemas de Amostragem

Não só a eficiência dos amostradores deve ser considerada em campanhas de investigação do solo marinho, mas também os efeitos do método e processo de amostragem na integridade das amostras que compõe papel fundamental nos mais variados estudos.

Segundo Skinner & McCave (2003), toda técnica de amostragem inevitavelmente afeta a coluna sedimentar de uma maneira particular, na maioria dos casos introduzindo mudanças na estrutura e/ou na dimensão das amostras.

A consideração dos fatores que influenciam a interação entre o amostrador e o sedimento amostrado sugere a possibilidade de ocorrência de deformações significativas e anisotrópicas no arcabouço de grãos do solo durante a amostragem (Parker, 1991).

A amostra de solo deve apresentar integridade dimensional e integridade estrutural. O material tem sua integridade dimensional preservada quando não somente encontra-se na ordem estratigráfica verdadeira, mas também quando apresenta suas dimensões corretas, preservando as relações parciais entre o arcabouço dos grãos de solo e a água de poro. Quando estas relações e as dimensões de cada camada de sedimento são mantidas, resta saber se as propriedades estruturais importantes daquele material também foram preservadas. Perturbações no padrão de arranjo e orientação das partículas de solo podem produzir mudanças nas propriedades do material. Nestes casos, diz-se que a integridade estrutural da amostra não foi preservada (Parker, 1991).

INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS E GEOLÓGICAS			
FURO	COORDENADAS RELATIVAS		LDA (m)
	ESTE	NORTE	
K-01	27074	21531	1028
K-02	26734	21389	1060
K-02A	26958	21389	1057
K-03	26943	21441	1045
K-04	25211	16247	1293
K-05	25822	16214	1308
K-06	23755	12924	970
K-07	25778	20799	1030
K-08	25544	18648	1328
K-09	25972	17533	1387
K-10	25103	16399	1324
K-11	25440	14524	1100
K-12	22430	12793	883
K-13	20090	10808	560
K-13A	20091	10801	560
K-14	17698	10131	454
K-15	14151	7489	312
K-16	6616	3969	182
K-17	4515	2150	88
KGT-1	13327	6714	280
KGL-1	13334	6745	280
KGT-2	16232	8317	366
KGL-2	16276	8295	364
KGT-2A	16017	8207	357
KGT-3	25266	17927	1361
KGL-3	25260	17927	1361

▲ AMOSTRAGEM COM KULLENBERG

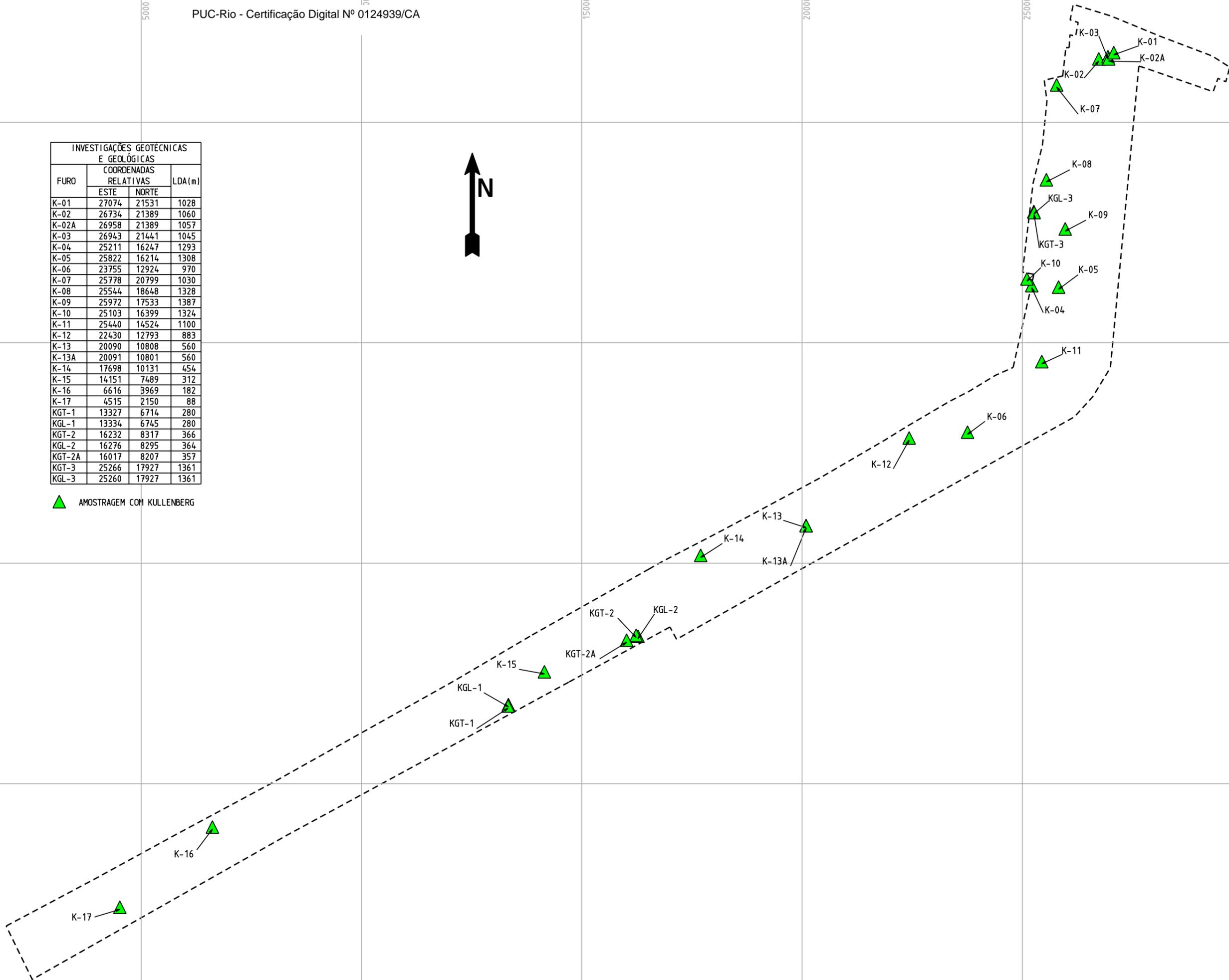


Figura 10 - Localização das investigações geológicas e geotécnicas

As deformações, que parecem inevitáveis, surgem na introdução do amostrador no solo e afetam tanto o arcabouço sólido quanto a poropressão. Dependendo da duração da penetração do amostrador no solo e da permeabilidade da maioria dos sedimentos coesivos adensados, a redução volumétrica do arcabouço de sólidos é impossibilitada, pois não ocorre expulsão da poropressão (adensamento) durante a amostragem (Parker, 1991). Porém na prática, a recuperação das amostras costuma ser inferior à penetração do amostrador no solo.

O controle de qualidade sugerido por Parker (1991) compara a medida direta da penetração do amostrador (p) e a recuperação da amostra (e). Ele define a taxa de recuperação como sendo igual a e/p e o déficit de recuperação igual a $p - e$. Quando a valor da taxa de recuperação é inferior a 1, ocorre o fenômeno de encurtamento da amostra.

Pode-se pensar que este encurtamento é igualmente distribuído em toda a amostra, e uma vez conhecida a penetração do amostrador, o comprimento recuperado de amostra pode ser redimensionado ou “esticado” proporcionalmente. Mas tendo em mente os fatores que influenciam a entrada do amostrador no solo, como a disposição dos sedimentos em camadas e a variação da taxa de penetração do amostrador conforme a camadas que atravessa, foi mostrado, por observação direta, que a entrada da amostra no tubo não é um processo contínuo. Segundo Blomquist (*apud* Parker, 1991 e Skinner & McCave, 2003), o encurtamento da amostra varia com o tipo de sedimento e com as características do tubo amostrador.

Outro tipo de perturbação pode fazer com que uma amostra seja reprovada no controle de qualidade a bordo: o chamado *flow in*, citado anteriormente. O movimento relativo entre o sedimento e o pistão durante a amostragem pode criar pressões negativas dentro do tubo amostrador, acima do sedimento que é amostrado. Isto gera deformações verticais e destrói a estratigrafia do material, afetando, desta forma, sua integridade estrutural.

Quando os *liners* de PVC emergem rasgados ou amassados, as amostras são igualmente descartadas, e novas tentativas são realizadas, até que se obtenha uma amostra em boas condições.

A seguir é apresentado um gráfico comparativo (figura 11) de S_u (resistência não-drenada, kPa) versus profundidade abaixo do leito marinho (m) com o objetivo de avaliar brevemente a eficiência do kullenberg utilizado pela Petrobras. Os valores de resistência foram obtidos através de interpretações de dados de PCPT (*PiezoCone Penetration Test*) provenientes de outras campanhas geotécnicas, e ensaios triaxiais UU realizados no laboratório em terra nas amostras adquiridas com o kullenberg. As curvas obtidas através do ensaio de penetração do piezocone fornecem parâmetros de projeto precisos, de alta qualidade, pois foram interpretadas a partir de dados adquiridos a bordo de um navio especializado, atualmente a melhor tecnologia disponível no mercado para aquisição de dados geotécnicos.

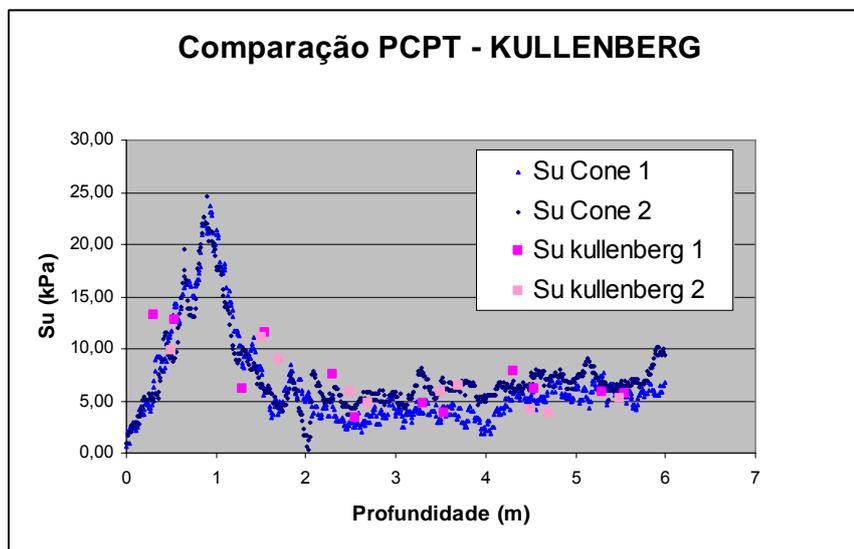


Figura 11 – Comparação entre PCPT e Kullenberg

Neste perfil de argila, pode-se perceber que na profundidade de aproximadamente 1 metro ocorre um pico de resistência ao longo da curva do cone (associado à presença de um material ferruginoso), e esta tendência de aumento de resistência também foi observada nos resultados dos ensaios triaxiais UU. Da mesma forma, o desvio padrão dos valores obtidos pelos dois métodos são bastante semelhantes.

Uma série de fatores influencia no processo de amostragem do sedimento marinho, e conseqüentemente nos resultados das análises e estudos feitos em terra, porém deve-se admitir a praticidade e eficiência do equipamento, que não requer tecnologia cara e sofisticada e de um modo geral apresenta bons resultados.

3.3. Processamento dos Dados Geofísicos

3.3.1. Batimetria

O processamento dos dados batimétricos consistiu primeiramente em uma filtragem com o objetivo de caracterizar os “ruídos” (variações de profundidade que não correspondem ao relevo marinho real).

Eliminados os ruídos, um mapa batimétrico foi gerado, onde cada valor de profundidade foi georeferenciado em coordenadas UTM. As profundidades foram então contornadas através de curvas de isovalores (de 1 em 1 metro), gerando o mapa de isóbatas.

De posse do alinhamento da diretriz do duto, foi produzido um perfil batimétrico tridimensional sob a rota e por fim foi gerado um mapa de gradientes mostrando os valores individuais de gradientes para cada ponto cuja profundidade foi medida.

3.3.2. Sonar

O primeiro passo do processamento dos dados sonográficos consistiu na avaliação do posicionamento dos registros adquiridos. Através de programas computacionais específicos, a imagem de sonar foi visualizada e verificou-se a existência de ruídos ou outros artefatos eletrônicos.

Iniciou-se o processo de montagem da imagem georeferenciada em coordenadas UTM onde o produto final foi um mosaico sonográfico. A partir do mosaico, a imagem foi vetorizada, com relação à diferenciação de texturas e graus de reflexão. Os domínios de comportamento diferenciados foram correlacionados com as amostras superficiais adquiridas ao longo da faixa levantada e foi gerado um mapa de distribuição superficial de sedimentos. Com a integração dos dados batimétricos destacou-se algumas estruturas, como por exemplo as formações carbonáticas, que apresentam características de relevo.

3.3.3. Sísmica

O processamento dos dados sísmicos consistiu na geração de um mapa de posicionamento das linhas sísmicas e posterior interpretação das mesmas

segundo o caráter do eco, baseado na metodologia proposta por Damuth & Hayes (1977). Nesta metodologia, províncias apresentando diferentes reflexões sísmicas ou “eco-caráteres” são delimitadas. Cada refletor sísmico representa uma camada de solo, que se difere das demais seja pelo seu comportamento (granular, coesivo ou rochoso) ou pela sua densidade. As linhas sísmicas foram interpretadas e correlacionadas com os testemunhos coletados e um mapa de interpretação sísmica foi então gerado.

Um mapa de amplitude sísmica também pode ser gerado e o mesmo é usado para diferenciar o grau de “dureza” ou compacidade do material (diferencia argilas, areias e rochas).

3.4. Campanha de Ensaios

3.4.1. Ensaios Geológicos

As amostras geológicas foram encaminhadas para o Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR) da Universidade Federal Fluminense onde foram abertas e descritas.

A descrição visual dos testemunhos incluiu anotações sobre a granulometria, presença de estruturas sedimentares, composição mineralógica e cor dos sedimentos, presença de conchas e estruturas de bioturbação¹³.

A bioestratigrafia¹⁴ das amostras KGL-1, KGL-2 e KGL-3 foi realizada pelo Laboratório de Bioestratigrafia, Paleoecologia e Paleoclima do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A ferramenta escolhida para fornecer a moldura bioestratigráfica dos sedimentos foram os foraminíferos. Foraminíferos são organismos protistas (unicelulares, com membrana nuclear), extremamente sensíveis a variações dos parâmetros ambientais (temperatura,

¹³ Perturbação de sedimentos por organismos, que perfuram e constroem tubos ou revolvem os detritos, causando a destruição parcial ou total das estruturas sedimentares primárias como, por exemplo, a estratificação. (Fonte: Glossário Geológico, Editora Nacional, 1997).

¹⁴ Datação dos sedimentos através de fósseis (foraminíferos planctônicos e bentônicos) que emergem e são extintos de acordo com as eras geológicas. (Fonte: Ayres, 2004, em comunicação pessoal).

salinidade, pH, nutrientes, etc.) podendo ser bentônicos (aqueles que habitam o fundo dos oceanos) ou plantônicos (os que vivem na coluna d'água). Eles refletem, com precisão, mudanças ambientais através de sua distribuição no tempo geológico e no espaço geográfico devido à sua rápida taxa de evolução. Tornaram-se, portanto, excelentes ferramentas na datação e correlação de solos e rochas e esta técnica é de comprovada eficácia e ampla utilização na indústria do petróleo, em especial na área de exploração.

A datação das amostras geológicas foi realizada com o objetivo de se obter a taxa de sedimentação em certos pontos da área estudada. Os resultados das análises de bioestratigrafia associados com as espessuras das camadas mapeadas na interpretação das linhas sísmicas permitem determinar a taxa média de sedimentação nas áreas investigadas.

A tabela 3 relaciona as profundidades dos testemunhos onde foram realizadas as análises bioestratigráficas.

Tabela 3 – Profundidades de realização das análises bioestratigráficas

ANÁLISE BIOESTRATIGRÁFICA		
Profundidade da análise na amostra (cm)		
KGL - 1	KGL - 2	KGL - 3
7 - 9	0 - 4	18 - 20
11 - 12	46 - 49	23 - 25
37 - 39	92 - 95	28 - 30
42 - 45	-	32 - 34
65 - 67	-	37 - 39
142 - 144	-	42 - 44
153 - 155	-	85 - 87
200 - 203	-	127 - 129
261 - 263	-	185 - 187
301 - 303	-	227 - 229
361 - 363	-	269 - 271
401 - 403	-	285 - 287
461 - 463	-	327 - 329
-	-	369 - 371
-	-	427 - 429

3.4.2. Ensaios Geotécnicos

Os ensaios geotécnicos foram executados pela empresa Geomecânica S.A. Duas campanhas de ensaios geotécnicos foram realizadas.

De uma forma geral, as análises executadas nas amostras geotécnicas consistiram em:

- Classificação táctil-visual;
- Granulometria com sedimentação;
- Determinação do teor de umidade natural;
- Determinação do peso específico natural,
- Determinação da massa específica real dos grãos,
- Determinação dos limites de Atterberg;
- Classificação Unificada ou Casagrande;
- Índice de vazios mínimo e máximo (no caso de solos arenosos);
- Cisalhamento direto (no caso de solos arenosos);
- Ensaio triaxial UU (no caso de solos argilosos);
- Ensaio triaxial C.I.U. (em algumas amostras de solo argiloso);
- Ensaio de adensamento oedométrico;

Nem todos os furos geotécnicos foram contemplados com todos os ensaios de resistência (a depender do tipo de comportamento do material em questão) listados acima.