
Projeto de Avaliação de Impactos Ambientais Resultantes da Atividade de Perfuração de Poços de Petróleo na Bacia de Santos e Pelotas (PAI)



Relatório Final Volume I

Fevereiro/2012



ÍNDICE GERAL

Volume I

| | |
|--|----------|
| I - SUMÁRIO EXECUTIVO | 1 |
| II – INTRODUÇÃO..... | 1 |
| III - HISTÓRICO..... | 2 |
| IV – OBJETIVOS..... | 1 |
| IV.1 – OBJETIVO GERAL | 1 |
| IV.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 1 |
| V - ÁREA DE ESTUDO | 1 |
| VI - METODOLOGIA | 1 |
| VI.1 - SELEÇÃO DAS ÁREAS DE REFERÊNCIA..... | 1 |
| VI.2 - SELEÇÃO DOS POÇOS DE CONTROLE | 1 |
| VI.3 - DEFINIÇÃO DA MALHA AMOSTRAL | 8 |
| VI.3.1 - Áreas de Referência | 8 |
| VI.3.2 - Poços de Controle | 15 |
| VI.4 - PROCEDIMENTOS DE CAMPO..... | 27 |
| VI.4.1 - Amostragem em Área Profunda | 28 |
| VI.4.1.1 - Equipamento Utilizado | 28 |
| VI.4.2 - Amostragem em Área Rasa..... | 29 |
| VI.4.2.1 - Equipamento Utilizado | 29 |
| VI.4.3 - Critérios para Aceitação da Amostra | 31 |
| VI.4.4 - Registros Obtidos em Campo..... | 32 |
| VI.4.5 - Tratamento da Amostra a Bordo..... | 87 |
| VI.4.6 - Sedimentologia e Química do sedimento | 89 |
| VI.4.7- Macrofauna bentônica | 93 |
| VI.4.7.1 - Área da macrofauna bentônica - Área Profunda | 93 |
| VI.4.7.2 - Área da macrofauna bentônica - Área Rasa | 94 |
| VI.4.7.3 - Acondicionamento das amostras de macrofauna bentônica | 95 |
| VI.4.8 - Contraprovas | 96 |
| VI.4.9 - Parâmetros Avaliados..... | 97 |

| | |
|---|-----|
| VI.5 - PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO | 98 |
| <i>VI.5.1 - Análises Químicas</i> | 98 |
| VI.5.1.1 - Metais Totais e Mercúrio..... | 98 |
| VI.5.1.2 - Hidrocarbonetos..... | 100 |
| VI.5.1.3 - n-Alcanos - C5 a C7..... | 101 |
| VI.5.1.4 - n-Alcanos – C8 a C40..... | 102 |
| VI.5.1.5 - Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR)..... | 103 |
| VI.5.1.6 - Matéria Orgânica Total | 104 |
| VI.5.1.7- Carbono Orgânico Total..... | 104 |
| VI.5.1.8 –Fósforo (P), Nitrogênio (N)..... | 105 |
| VI.5.1.9 - Carbonatos | 105 |
| <i>VI.5.2 - Análises Granulométricas</i> | 106 |
| <i>VI.5.3 - Tratamento dos Dados</i> | 107 |
| <i>VI.5.4 - Análises Biológicas</i> | 109 |
| VI.5.4.1 - Macrofauna | 109 |
| VI.5.4.2 - Triagem Detalhada | 112 |
| VI.5.4.3 - Identificação Taxonômica | 113 |
| VI.5.4.4 - Tratamento dos Dados..... | 113 |
| <i>VI.5.5 - Análise Integrada</i> | 114 |

VII - RESULTADOS

Volume II

VII.1 - RN-BS

Volume III

VII.2 - BS-500

Volume IV

VII.3 - RC-BS

Volume V

VII.4 - MEXILHÃO

Volume VI

VII.5 - RS-BS

Volume VII

VII.6 - MERLUZA

Volume VIII

VII.7 - SPS-029

Volume IX

VII.8 - TUBARÃO

Volume X

VIII – DISCUSSÃO

IX – CONCLUSÃO

X – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

XI – EQUIPE

FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura V-1 - Desenho esquemático da localização da Bacia de Santos. | 1 |
| Figura V-2 - Mapa faciológico regional das bacias de Santos e Pelotas..... | 3 |
| Figura V-3 - Distribuições esquemáticas da circulação em superfície (a), nível picnoclínico (b) e nível intermediário (c) na região de estudo. Silveira et al. (2000). | 4 |
| Figura VI.2-2 - Localização das áreas de referência e dos poços de controle na Bacia de Santos..... | 4 |
| Figura VI.3.1-1 – Disposição das estações de amostragem na área de RN-BS (em vermelho: estações de amostragem sorteadas). | 9 |
| Figura VI.3.1-2: Malha amostral executada na Área de RN-BS. | 10 |
| Figura VI.3.1-3 - Disposição das estações de amostragem na área de RC-BS (em vermelho: estações de amostragem sorteadas). | 11 |
| Figura VI.3.1-4: Malha amostral executada na Área de RC– BS. | 12 |
| Figura VI.3.1-5 - Disposição das estações de amostragem na área de RS-BS (em vermelho: estações de amostragem sorteadas). | 13 |
| Figura VI.3.1-6: Malha amostral executada na Área RS-BS. | 14 |
| Figura VI.3.2-1 - Exemplo da disposição geral das estações de coleta no campo de Merluza - poços de controle em áreas profundas (<300 m)..... | 16 |
| Figura VI.3.2-2- Malha amostral da área de BS500 - Bacia de Santos. | 17 |
| Figura VI.3.2-3 - Malha amostral executada na área de BS500 - Bacia de Santos..... | 18 |
| Figura VI.3.2-4- Malha amostral da área de Mexilhão - Bacia de Santos - MXL. | 19 |
| Figura VI.3.2-5– Malha amostral executada na área de Mexilhão – Bacia de Santos - MXL. | 20 |
| Figura VI.3.2-6- Malha amostral da área de Merluza - Bacia de Santos - MLZ. | 21 |
| Figura VI.3.2-7- - Malha amostral executada na área de Merluza - Bacia de Santos - MLZ. | 22 |
| Figura VI.3.2-8 - Malha amostral da área de SPS-29 - Bacia de Santos. | 23 |

| | |
|---|----|
| Figura VI.3.2-9- Malha amostral executada na área de SPS-29 - Bacia de Santos. | 24 |
| Figura VI.3.2-10: Malha amostral no entorno do Campo de Tubarão localizado na Bacia de Santos. | 25 |
| Figura VI.3.2-11 Malha amostral executada no entorno do Campo de Tubarão localizado na Bacia de Santos..... | 26 |
| Figura VI.4-1 - A - Navio oceanográfico Gyre, utilizado na primeira campanha; B - Navio Luke Thomas, utilizado na segunda campanha; C - navio Miss Emma McCall utilizado na terceira campanha..... | 28 |
| Figura VI.4.1.1-1 - Box-corer (50 x 50 cm) utilizado para campanha de sedimento marinho. | 29 |
| Figura VI.4.2.1-1 - A- box-corer (50 x 50 cm) utilizado para campanha de sedimento marinho; B - Aspecto da amostra considerada inválida, coletada com o box corer (50 x 50 cm)..... | 30 |
| Figura VI.4.2.1-2 - Lançamento do mini box-corer nas áreas rasas. | 30 |
| Figura VI.4.4-1 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de RN-BS. | 33 |
| Figura VI.4.4-2 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de BS-500 -Uruguá..... | 39 |
| Figura VI.4.4-3 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de RC-BS. | 45 |
| Figura VI.4.4-4 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de Mexilhão (MXL). | 51 |
| Figura VI.4.4-5 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de RS-BS – AS..... | 57 |
| Figura VI.4.4-6 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de Merluza (MLZ). | 65 |
| Figura VI.4.4-7 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de Tubarão (TB). | 71 |
| Figura VI.4.4-8 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de SPS-029 (SPS29). | 79 |
| Figura VI.4.5-1 - Drenagem do sobrenadante no amostrador..... | 87 |

| | |
|---|------------|
| Figura VI.4.5-2 - A – Registro fotográfico das amostras, B – Amostra com testemunhos. | 88 |
| Figura VI.4.5-3 - Aferição da temperatura do sedimento com termômetro de mercúrio. | 88 |
| Figura VI.4.5-4 - A – Colocação dos testemunhos e gabaritos na amostra; B – Processo de estratificação das amostras. | 89 |
| Figura VI.4.6-1 - Medição de potencial redox in situ com auxílio de um pHmetro. | 90 |
| Figura VI.4.6-2 - A – Coleta de sedimento para análise de metais; B – Acondicionamento da amostra em sacos plásticos. | 90 |
| Figura VI.4.6-3 - A – Coleta das amostras com gabaritos e colher de metais, B – Acondicionamento das amostras em recipiente de alumínio, C – Armazenamento das amostras com papel alumínio, D – Amostras mantidas sob congelamento na embarcação. | 91 |
| Figura VI.4.6-4 - A – Estratificação das amostras destinadas a análise de matéria orgânica total e carbono orgânico total; B – Armazenamento das amostras em sacos plásticos e sob congelamento. | 92 |
| Figura VI.4.6-5 - A – Fracionamento da amostra para análise de granulometria e carbonatos; B – Acondicionamento das amostras em sacos plásticos. | 93 |
| Figura VI.4.7.1-1 - Área delimitada em vermelho destinada para coleta da macrofauna (30 x 30 cm) - Área Profunda. | 94 |
| Figura VI.4.7.2-1 - A – Área destinada para coletada da macrofauna (20 x 20 cm) - Área Rasa, B – Exemplos de organismos retirados da superfície das amostras. | 94 |
| Figura VI.4.7.3-1 - A – Acondicionamento das amostras referente à macrofauna em potes plásticos, B – Preservação das amostras com formol a 4%. | 95 |
| Figura VI.4.7.3-2 - A e B – Preservação das amostras para serem transportadas ao laboratório. | 96 |
| Figura VI.4.8-1 - Contraprovas – Amostras para análises químicas congeladas. | 96 |
| Figura VI.5.1.1 - Análise de metais utilizando o ICP-OES. | 99 |
| Figura VI.5.1.2-1 - Análise de HPA utilizando o CG-MS. | 100 |

| | |
|--|-----|
| Figura VI.5.1.4 -1- Análise de n-alcanos utilizando o CG-FID..... | 103 |
| Figura VI.5.1.7-1 - Análise de COT..... | 105 |
| Figura VI.5.2-1 - A – Pesagem da alíquota de 30 g; B – Peneiramento da amostra em conjunto de peneiras de-2 fi a 4 fi..... | 106 |
| Figura VI.5.2-2 - A –Pipetagem da fração fina; B – Pesagem das diferentes frações do sedimento. | 107 |
| Figura VI.5.4.1-1 - A – Retirada do formol das amostras em capela com exaustão.; B – Utilização de EPI durante o tratamento das amostras..... | 110 |
| Figura VI.5.4.1-2 - A – Retirada das amostras dos potes; B – Retirada dos sedimentos finos com água filtrada em malha de 0,3 mm; C – Conferência com a etiqueta interna; D – Colocação do material retido nas peneiras em potes; E – Fixação da amostra; F – Identificação nos potes por malha e cores..... | 111 |
| Figura VI.5.4.2-1 - A – Vista geral do laboratório; B – Procedimento de triagem com microscópio estereoscópico; C – Separação dos organismos por táxon.. | 112 |

TABELAS

| | |
|---|-----------|
| Tabela VI.1-1 - Áreas de referência do PAI BS. | 1 |
| Tabela VI.2-1 - Lista dos poços controle selecionados e suas características. ... | 5 |
| Tabela VI.3.1-1 - Coordenadas geográficas das estações de coleta na área de Referência Norte - Bacia de Santos - RN-BS. (DATUM: SIRGAS 2000)..... | 10 |
| Tabela VI.3.1-2 - Coordenadas geográficas das estações de coleta na área de Referência Centro - Bacia de Santos - RC-BS. (DATUM: SIRGAS 2000)..... | 12 |
| Tabela VI.3.1-3 - Coordenadas geográficas das estações de coleta na área de Referência Sul - Bacia de Santos - RS-BS. (DATUM: SIRGAS 2000)..... | 14 |
| Tabela VI.3.2-1 - Coordenadas geográficas das estações de coleta na área de BS500 - Bacia de Santos. (DATUM: SIRGAS 2000) | 18 |
| Tabela VI.3.2-2 - Coordenadas geográficas das estações de coleta na área de Mexilhão - Bacia de Santos - MXL. (DATUM: SIRGAS 2000) | 20 |
| Tabela VI.3.2-3 - Coordenadas geográficas das estações de coleta na área de Merluza - Bacia de Santos - MLZ. (DATUM: SIRGAS 2000) | 22 |
| Tabela VI.3.2-4 - Coordenadas geográficas das estações de coleta na área de SPS-29 - Bacia de Santos. (DATUM: SIRGAS 2000)..... | 24 |
| Tabela VI.3.2-5 - Coordenadas geográficas das estações de coleta na área de Tubarão - Bacia de Santos - TB. (DATUM: SIRGAS 2000) | 26 |
| Tabela VI.4-1 - Datas das campanhas e poços amostrados. | 27 |
| Tabela VI.5.1.1-1 - Resumo das metodologias utilizadas nas análises de metais totais. | 99 |

I - SUMÁRIO EXECUTIVO

O Projeto de Avaliação de Impactos Ambientais Resultantes da Atividade de Perfuração de Poços de Petróleo na Bacia de Santos e Pelotas – PAI-BS foi elaborado em atendimento à exigência contida no inciso I da Cláusula Segunda do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC de Perfuração), firmado entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras, em 4 de abril de 2007.

O estudo foi concebido para permitir a comparação de poços de controle (locais onde pode ter ocorrido algum efeito adverso) com locais de referência livres de efeitos das atividades de perfuração, tanto em águas rasas quanto em águas profundas localizadas sobre toda a extensão da Bacia de Santos.

Os poços de controle foram definidos a partir do histórico da atividade de perfuração e as áreas de referência de forma a apresentar características ambientais semelhantes às dos poços controle. Com isso, foi definida uma área profunda Norte com duas localidades (BS-500 e RN-BS), uma área profunda Centro com duas localidades (Mexilhão e RC-BS), e uma área rasa Sul com quatro localidades (Merluza Tubarão, SPS-029 e RS-BS).

Destaca-se, como estratégia amostral diferenciada, a equiparação do esforço amostral entre as localidades de referência e as de controle, com 20 estações em cada localidade nas áreas profundas e com 16 estações na localidade rasa.

Foram realizados três cruzeiros oceanográficos entre dezembro/2009 e novembro/2010, quando foram coletadas as amostras para determinação de granulometria, matéria orgânica total, carbono orgânico, nitrogênio, fósforo, carbonatos, Fe, Al, Ba, Cu, Cr, Pb, Cd, Zn, Ni, V, Hg e Mn, n-alcanos, HPAs e macrofauna bentônica.

As amostras coletadas em todas as áreas (Norte, Centro e Sul) foram separadas em três estratos (0-2 cm, 2-5 cm e 5-10 cm). As análises químicas de contaminantes foram realizadas apenas no estrato superficial (0-2 cm) e as análises de carbonatos e granulometria no estrato 0 – 10 cm.

Na análise da macrofauna as amostras foram peneiradas em malhas de 300 µm de abertura nas áreas profundas (Norte e Centro). Já as da área rasa (Sul) foram peneiradas em malhas de 500 µm de abertura.

As áreas profundas (Norte e Centro) foram caracterizadas por substrato lamoso com percentuais acima de 75% (silte + argila) e as localidades de área rasa (Sul) por substrato arenoso (areias muito finas a médias), sendo exceção SPS-29 onde o substrato também foi lamoso e com teores de carbonatos com valores semelhantes em todas as áreas.

O carbono e o nitrogênio nas áreas Norte e Centro (profundas) apresentaram maior contribuição de matéria orgânica de origem marinha (algal), enquanto na área rasa (Sul) a maior contribuição foi de origem continental (plantas superiores).

Os HPAs medidos nas três áreas (Norte, Centro e Sul) foram em sua grande maioria não detectadas ou apresentam valores iguais ou muito próximos ao limite de detecção do método ($0,010 \text{ mg.kg}^{-1}$). Os n-alcenos individuais encontrados estão na faixa entre n-C₁₃ a n-C₁₈ e entre n-C₂₅ a n-C₃₇, ou não apresentaram distribuição definida, exceto para as áreas de BS500 e Mexilhão.

Em BS500 os maiores valores individuais ocorreram na faixa do n-alcenos C₁₄ nas estações BS500_2_R3 (2.339 µg.kg^{-1}), BS500_6 e BS500_10 (1.842 µg.kg^{-1}) e apresentaram perfil semelhante de distribuição no fluido de base sintética NAF, indicando a presença de cascalho revestido com o fluido.

Em Mexilhão os maiores valores dos n-alcenos ocorreram na faixa C₁₅ a C₁₆ nas estações MXL_21 (C₁₅ - $2.143,3 \text{ µg.kg}^{-1}$ e C₁₆ - 8.218 µg.kg^{-1}) e MXL_34 (C₁₅ - 1.589 µg.kg^{-1} e C₁₆ - 3.012 µg.kg^{-1}) e maior razão impar/par entre os compostos pesados (> 22) comparativamente aos mais leves (< 22). Nas estações MXL_21, MXL_34 e MXL_52 o IPC foi próximo de um (1,0). As únicas estações onde foi possível calcular a razão pristano/fitano foram MXL_21 (1,69) e MXL_34 (1,20).

Os HTPs e a MCNR apresentaram concentrações que são consideradas baixas e compatíveis com áreas não afetadas da plataforma continental brasileira;

Entre as localidades profundas (Norte e Centro) os valores de metais obtidos são mais homogêneos do que as encontradas nas localidades rasas (Sul). A área SPS-29 destaca-se por ter apresentado as mais altas concentrações de todos os metais analisados, exceto cádmio, mas sem atingir concentrações indicadas como potencialmente danosas à biota marinha. Já as concentrações mais altas de bário foram encontradas em BS500 nas estações BS500_2, BS500_6, BS500_10 e BS500_14 alinhadas na direção nordeste, o que mostrou a contaminação destas estações por fluido de perfuração de base sintética, utilizado na perfuração do poço na área de BS-500.

Os resultados das análises biológicas mostraram, considerando as três áreas (Norte, Centro e Sul), que os mais característicos grupos da macrofauna bentônica de substratos não consolidados encontram-se presentes: Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nemertinea, Priapula, Mollusca, Annelida, Sipuncula, Echiura, Kynorincha, Pycnogonida, Chaetognatha, Arthropoda, Bryozoa, Brachiopoda, Echinodermata e Chordata;

A área mais rasa (Sul) apresentou, de maneira geral, maior riqueza de táxons: 149 táxons na área Norte (RN-BS e BS500); 111 táxons na área Centro (RC-BS e Mexilhão;) e 316 táxons para a área Sul (RS-BS, Merluza, SPS-29 e Tubarão). A classe Polychaeta (Annelida) foi o grupo dominante em termos qualitativos em todas as áreas com exceção de Mexilhão, onde o subfilo Crustacea (Arthropoda) foi o que apresentou o maior número de táxons.

As avaliações qualitativas mostraram que apenas entre as localidades RS-BS e SPS-29 são distintas no que diz respeito à composição taxonômica, o que se deveu às características distintas do substrato.

Por outro lado, foram encontradas diferenças significativas nas densidades da macrofauna entre RN-BS e BS500 e entre RC-BS e Mexilhão, exceto para a estação MXL_21. As diferenças observadas entre a estação MXL_21 e as demais de Mexilhão e de RC-BS, decorrem, principalmente, de valores extremamente elevados, nas três réplicas da estação MXL_21, das densidades de *Tharyx* sp. (Polychaeta: Cirratulidae) que também afetou os índices biológicos nesta estação.

Foram identificadas diferenças significativas entre RS-BS e Merluza, contudo como não foram encontrados sinais de contaminação e Merluza sugerindo que as mesmas são naturais e não decorrem da perfuração do poço. Já entre RS-BS e SPS-29 as diferenças significativas são decorrentes do substrato diferenciado das duas localidades. Embora tenham sido encontradas concentrações altas de bário em Tubarão, não foram identificadas diferenças significativas em relação à RSBS.

As análises integradas mostraram que o principal fator responsável pela estruturação da macrofauna bentônica é a profundidade do sedimento, expressa pelos estratos neste estudo.

Os resultados permitiram concluir que apesar das contaminações verificadas em BS500, apenas na estação MXL_21 foi identificada uma alteração significativa que é decorrente da perfuração do poço em Mexilhão.

II – INTRODUÇÃO

O Projeto de Avaliação de Impactos Ambientais Resultantes da Atividade de Perfuração de Poços de Petróleo na Bacia de Santos e Pelotas – PAI-BS foi elaborado em atendimento à exigência contida no inciso I da Cláusula Segunda do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC de Perfuração), firmado entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras, em 4 de abril de 2007.

O Termo de Ajustamento de Conduta foi adotado com o intuito de regularizar o licenciamento ambiental de todos os poços já perfurados pela Petrobras nas bacias de Santos e Pelotas até a data da sua assinatura, e daqueles que foram perfurados até 31 de dezembro de 2007.

A mencionada Cláusula Segunda, em seu inciso I, estabeleceu como obrigações da Petrobras a identificação e a avaliação dos impactos ambientais causados pelas atividades de perfuração realizadas desde o início da década de 70 nas bacias de Santos e Pelotas. Para tal, foram selecionados parâmetros tradicionalmente utilizados em estudos científicos que objetivam avaliar a qualidade de ambientes bentônicos marinhos nos seus aspectos físicos, químicos e biológicos (granulometria, elementos e compostos químicos contaminantes e índices biológicos).

Estrategicamente, o estudo foi concebido para permitir a comparação de poços de controle (locais onde pode ter ocorrido algum efeito adverso) com locais de referência livres de efeitos das atividades de perfuração, tanto em águas rasas quanto em águas profundas, localizadas sobre toda a extensão da Bacia de Santos.

Os poços de controle foram definidos a partir de informações obtidas no levantamento do histórico da atividade de perfuração na Bacia de Santos e nos critérios descritos no anexo IV do TAC de Perfuração (ELPN/IBAMA no 034/06). Neste contexto, considera-se que as informações obtidas e aqui apresentadas, contribuem de forma relevante para a compreensão da influência que a atividade de perfuração exerceu e exerce sobre o ambiente bentônico marinho. Além disso,

espera-se que as mesmas forneçam subsídios ao IBAMA para aprimorar a gestão ambiental da atividade de perfuração de poços no mar.

III - HISTÓRICO

As atividades exploratórias na Bacia de Santos tiveram início no final da década de 1960. O primeiro poço perfurado na bacia data de 1970 sendo locado no litoral do Paraná e denominado 1-PRS-1. Nesta época o Brasil adotava o regime de monopólio estatal da atividade de exploração e produção e os investimentos eram realizados exclusivamente pela PETROBRAS.

No período que abrange os anos de 1975 a 1984, o esforço exploratório na Bacia de Santos se materializou através dos investimentos diretos da PETROBRAS e sob o regime de contratos de risco. Assim, em 1979 foi descoberto pelo consórcio Pecten/Shell/Marathon, na porção norte da Bacia, o campo de Merluza, situado na região da plataforma externa a cerca de 180 km da costa do Estado de São Paulo, que acabou abandonado sem realização de testes.

Posteriormente, em 1983, quando foi perfurado o poço 1-SPS-20, foram encontrados hidrocarbonetos cujos testes demonstraram a comercialidade do Campo de Merluza. Até 1986, seis companhias estrangeiras já haviam operado individualmente ou em consórcio, realizando levantamentos geofísicos e perfurando 29 poços exploratórios na área.

No período entre 1985 e 1997 as atividades exploratórias resultaram na descoberta de cinco campos de óleo: Tubarão, Coral, Estrela do Mar, Caravela e Caravela do Sul. Em meados de 1992, a Bacia de Santos contava com 68 poços perfurados. As campanhas exploratórias na bacia resultaram, até março de 1998, na perfuração de 100 poços, sendo 65 pela PETROBRAS e 35 por empresas atuando por meio de contratos de risco.

Entre 1998 e 2005, já sob a égide da nova Lei do Petróleo (Lei nº 9478/97) foram perfurados 64 poços exploratórios nas concessões da PETROBRAS e parceiras, que resultaram nas descobertas dos campos de Cavalo-Marinheiro,

Lagosta, Uruguá e Tambaú. Um marco importante foi a descoberta do campo de Mexilhão em 2003, uma gigantesca reserva de gás a 140 km da costa do Estado de São Paulo.

A partir de 2005, a PETROBRAS e outras operadoras têm atuado na Bacia de Santos com relativo sucesso, sobretudo em águas profundas e ultra profundas. No período entre 2005 a 2011 foram perfurados 162 poços.

Com vistas à avaliação dos impactos ambientais decorrentes da atividade de perfuração de poços na Bacia de Santos, a cronologia histórica pode ser classificada de acordo com a tecnologia dos fluidos de perfuração empregados na atividade. Esta classificação se justifica pelos impactos potenciais característicos de cada tecnologia empregada. Assim, os poços perfurados na Bacia de Santos podem ser classificados da seguinte forma:

- | | |
|---|--|
| • Poços perfurados até 31/12/1987 | - período aproximado em que se utilizou fluido base óleo diesel com descarte; |
| • Poços perfurados de 01/01/1988 até 31/12/1988 | - período aproximado em que se utilizou fluido base óleo diesel sem descarte; |
| • Poços perfurados de 01/01/1989 até 31/12/1990 | - período aproximado em que se utilizou fluido base óleo diesel sem descarte; |
| • Poços perfurados de 01/01/1991 até 31/12/1994 | - período aproximado em que se utilizou fluido base n-parafina não retificada; |
| • Poços perfurados de 01/01/1995 até presente | - período aproximado a partir do qual passou-se a utilizar fluido base n-parafina retificada |

Essa classificação foi estabelecida em função do histórico aproximado de utilização dos fluidos com diferentes características, refletindo a evolução da tecnologia de desenvolvimento de fluidos para atender às demandas da atividade de perfuração, não significando, entretanto, que apenas houve perfurações utilizando o fluido descrito na faixa. Fluidos base água, por exemplo, foram utilizados durante todos os períodos descritos.

IV – OBJETIVOS

IV.1 – Objetivo Geral

Identificar e quantificar impactos no substrato marinho não consolidado resultantes da atividade de perfuração.

IV.2 – Objetivos Específicos

- Identificar e quantificar alterações das características granulométricas;
- Identificar e quantificar alterações das características químicas do substrato marinho;
- Identificar e quantificar alterações das características das comunidades de invertebrados marinhos da macrofauna bentônica, no que diz respeito à riqueza, densidade, equitabilidade, diversidade e dominância.

V - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está contida nos domínios fisiográficos que caracterizam as bacias de Santos e Pelotas enquanto a área geográfica se caracteriza como um polígono imaginário que abrange os blocos exploratórios adquiridos pela Petrobras e suas parceiras na Bacia de Santos.

A Bacia de Santos ocupa uma área de aproximadamente 352 mil km² e está situada na margem continental brasileira. Estende-se pela faixa litorânea dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina até o município de Florianópolis. Está limitada a nordeste pela Bacia de Campos e ao sul pela Bacia de Pelotas (figura V-1), e, em direção ao continente, pela Serra do Mar, o que a torna uma bacia essencialmente marinha. Em direção a leste seus limites são desconhecidos, mas estima-se que possa se estender até a planície abissal cobrindo, portanto a plataforma continental, o talude e parte do platô de São Paulo.

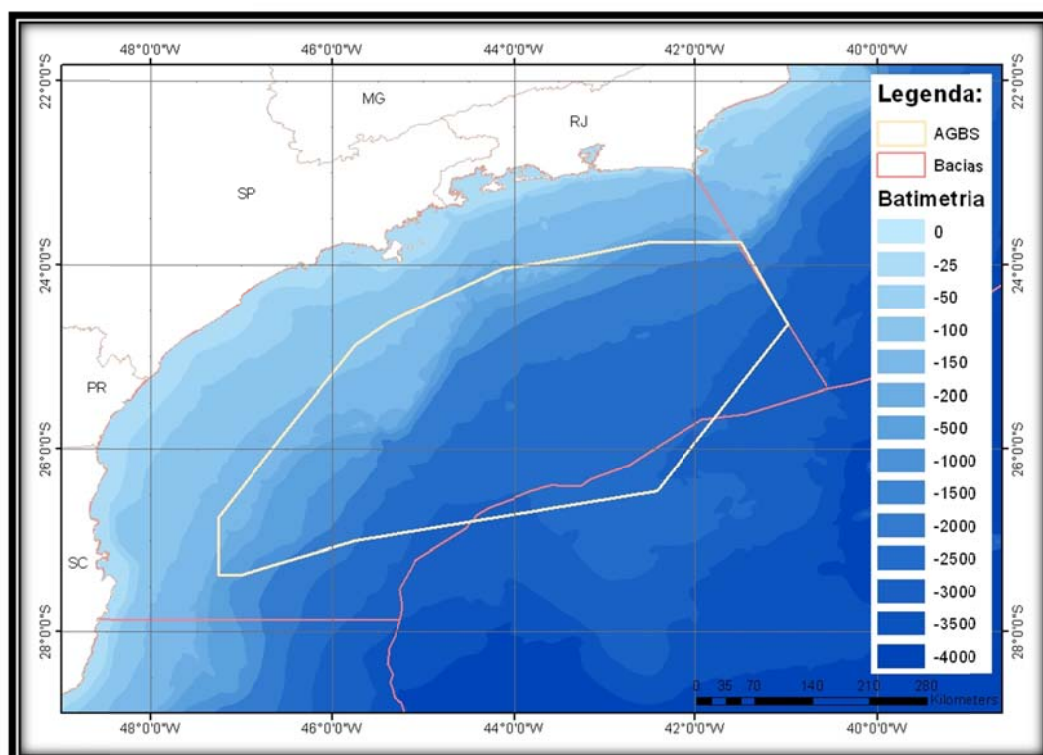


Figura V-1 - Desenho esquemático da localização da Bacia de Santos.

A plataforma continental, na Bacia de Santos, possui relevo suave e monótono. Seu limite externo é definido pela sua quebra que se encontra a, aproximadamente, 180 m de profundidade a distância da costa que podem variar de 100 a 250 km.

Por sua vez, a quebra da plataforma, ou talude continental, apresenta uma declividade bastante acentuada nos extremos norte e sul, e na sua porção central é anormalmente suave. As variações na sua morfologia decorrem da presença de cânions, ravinas e sulcos e seu limite externo pode chegar a 2.000 m de profundidade.

Já o platô de São Paulo é caracterizado por um relevo irregular e seu limite externo coincide com uma grande escarpa que ocorre a uma profundidade aproximada de 3.000 m de profundidade (VIANA *et. al.* 1998). Alguns autores o classificam como a mais importante feição fisiográfica da margem sudeste brasileira (Ponte *et al.* 1977; Ponte e Asmus, 1978; Ponte *et al.* 1980; Asmus, 1982; Kowsmann *et al.* 1982; Palma, 1984).

Os poços perfurados na Bacia de Santos encontram-se distribuídos nessas três províncias, com maior concentração na plataforma externa e no talude. É importante mencionar que devido às características geomorfológicas e evolutivas da bacia, estas duas províncias apresentam cobertura sedimentar bastante heterogênea que resulta em padrões faciológicos também muito diversificados (figura V-2).

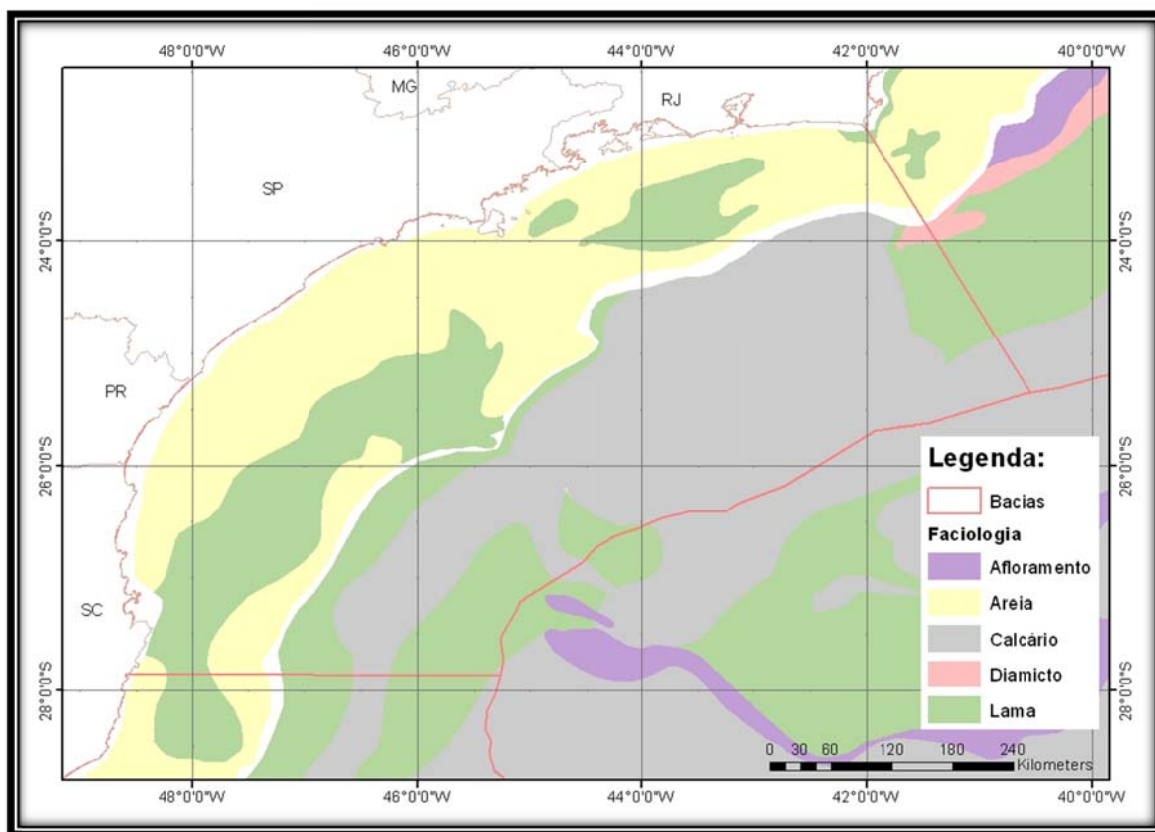


Figura V-2 - Mapa faciológico regional das bacias de Santos e Pelotas.

O principal fenômeno oceanográfico a determinar os padrões hidrodinâmicos de circulação na costa sudeste brasileira é a corrente do Brasil (CB). O seu comportamento contribui de forma expressiva para os padrões de circulação sobre a plataforma continental na Bacia de Santos. Por sua vez, a CB é fortemente afetada pelo comportamento das massas d'água encontradas ao longo do litoral brasileiro, conforme o descrito por Emilson (1961), Castro (1996) e revisadas por Silveira *et al.* (2001).

Nas figuras V-3 (A, B e C) encontra-se representado de forma esquemática o padrão de correntes que atuam na área onde se localizam os poços objetos deste projeto.

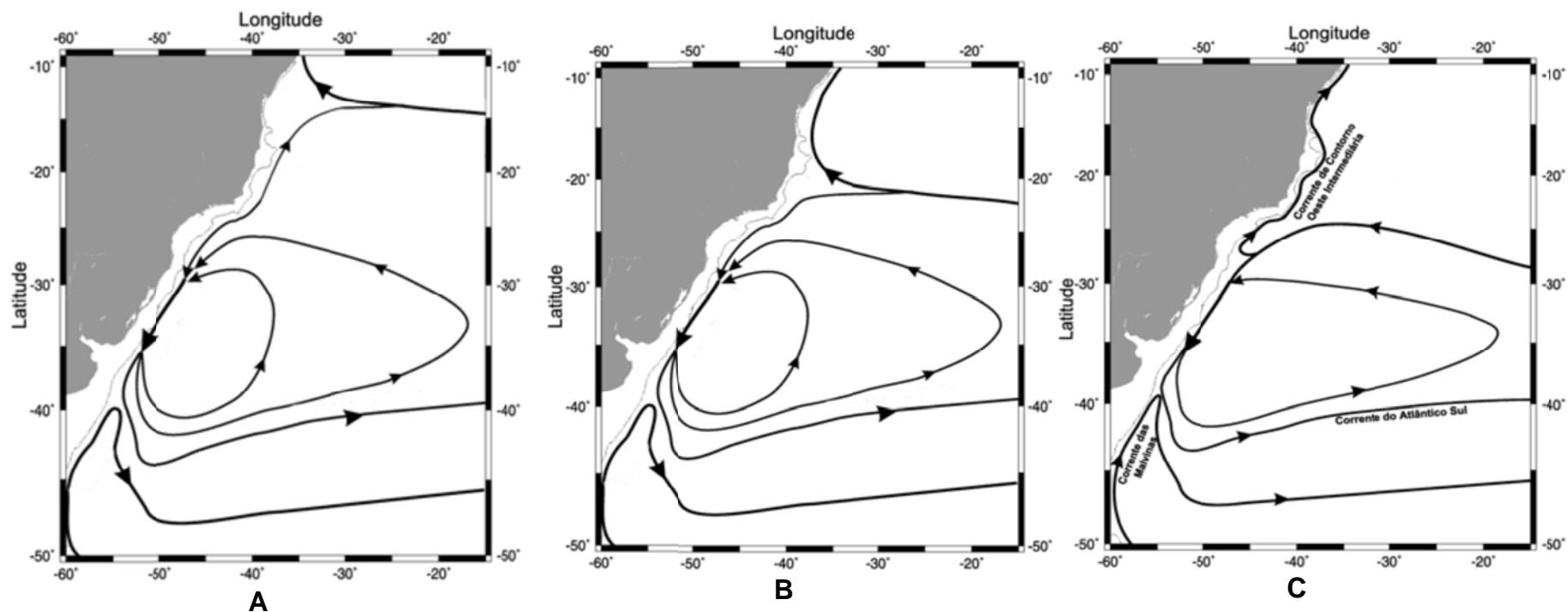


Figura V-3 - Distribuições esquemáticas da circulação em superfície (a), nível piconclínico (b) e nível intermediário (c) na região de estudo. Silveira et al. (2000).

VI - METODOLOGIA

VI.1 - Seleção das Áreas de Referência

As áreas de referência foram selecionadas de forma a apresentar, da melhor maneira possível, as mesmas características batimétricas e faciológicas das áreas dos poços controle escolhidos na região. Para tal, foram escolhidas três áreas de referência, duas em águas profundas e uma em águas rasas.

A nomenclatura definida para cada uma delas foi a seguinte: Referência Norte (RN-BS), Referência Centro (RC-BS) e Referência Sul (RS-BS).

Cabe ressaltar que as mesmas distam, no mínimo, 10 km de qualquer atividade de exploração e produção pretérita ou no momento das atividades de amostragem. As coordenadas do ponto central, a profundidade e o tipo de substrato predominante em cada uma delas, se encontram relacionados na tabela VI.1-1.

Tabela VI.1-1 - Áreas de referência do PAI BS.

| Área de Referência | LD (m) | Coordenadas (SAD 69) | | Facies |
|--------------------|--------|----------------------|-------------|----------|
| | | Lat. (S) | Long. (W) | |
| RS-BS | 113 | 25° 52' 51" | 46° 20' 33" | Areia |
| RC-BS | 409 | 24° 40' 12" | 44° 24' 00" | Lama |
| RN-BS | 960 | 24° 04' 02" | 42° 27' 53" | Calcário |

VI.2 - Seleção dos Poços de Controle

Os critérios adotados para seleção dos poços de controle foram os seguintes:

- Proximidade de áreas sensíveis (estuários, baías, recifes e unidades de conservação, entre outras);
- Agrupamento (grande quantidade de poços em uma área restrita);
- Idade dos poços (considerado como o tempo decorrido desde a conclusão da perfuração);

- Tipos de fluido utilizados (priorizando os poços em que foram utilizados fluidos de maior toxicidade) e de volumes descartados (priorizando os poços que descartaram maiores volumes);
- Volume estimado de cascalho gerado (priorizando aqueles poços que descartaram maiores volumes);
- Avaliação do histórico da perfuração na área (de 1971 a 2004);
- Dispersão provável do cascalho.

Além desses critérios foram observadas também as seguintes características ambientais locais:

- Batimetria e faciologia do fundo marinho;
- Hidrodinâmica local;
- Proximidade de outras fontes de hidrodinamismo;
- Proximidade de outras fontes de contaminantes;
- Existência de dados pretéritos (biológicos, geológicos, físico-química dos sedimentos, oceanográficos físicos, imagens de sonar de varredura lateral).

Para a seleção dos poços de controle, conforme descrito no projeto aprovado pelo IBAMA, estabeleceu-se o seguinte procedimento:

1. Foram espacializados todos os poços listados nos anexos II (201 poços perfurados) e III (52 poços a perfurar) do TAC de Perfuração (figura VI.2-1), listados nos anexos I e II que foram atualizados pela Carta UN-BS/CLA 0021/2007 protocolada em 02/05/2007. Verificou-se que dos 201 poços do anexo II (poços perfurados), 12 encontram-se na Bacia de Pelotas enquanto que 189 estão situados na Bacia de Santos;
2. Mesmo considerando que a atividade de exploração marítima de óleo e gás na área de estudo é relativamente recente e restrita, ainda assim foram identificados todos os obstáculos submarinos já instalados e com previsão de instalação durante a vigência do TAC de Perfuração. A

escala de cada uma dessas áreas foi ampliada para que fossem evitados poços muito próximos (menos de 1 km de distância) de obstáculos submarinos (âncoras, dutos rígidos, dutos flexíveis etc.). Os poços localizados muito próximos foram descartados;

3. Foram selecionados os poços que apresentaram, nesta ordem de classificação: o tipo de fluido, maior volume de fluido, maior volume de cascalho;
4. Todos os poços perfurados com água do mar ou fluidos aquosos foram descartados;
5. Foram destacadas as áreas nas quais havia existência de dados pretéritos relativamente recentes e de boa qualidade que pudessem oferecer informações para fins de comparação;
6. Em virtude da baixa densidade de poços na Bacia de Pelotas (12 em 265.000 km²), além do que, diversos dos poços na Bacia de Santos atenderam aos critérios de seleção utilizados, optou-se por trabalhar apenas com os poços da Bacia de Santos.

A nomenclatura de cada um dos poços de controle bem como a lâmina d'água e tipo de sedimento em cada uma das áreas de amostragem se encontram relacionados na tabela VI.2-1. A composição dos fluidos utilizados em cada um dos poços de controle, encontra-se descrita na tabela VII.2-1. A figura VI.2-1 mostra a localização dos poços controle e áreas de referência selecionadas dentro da área de estudo.

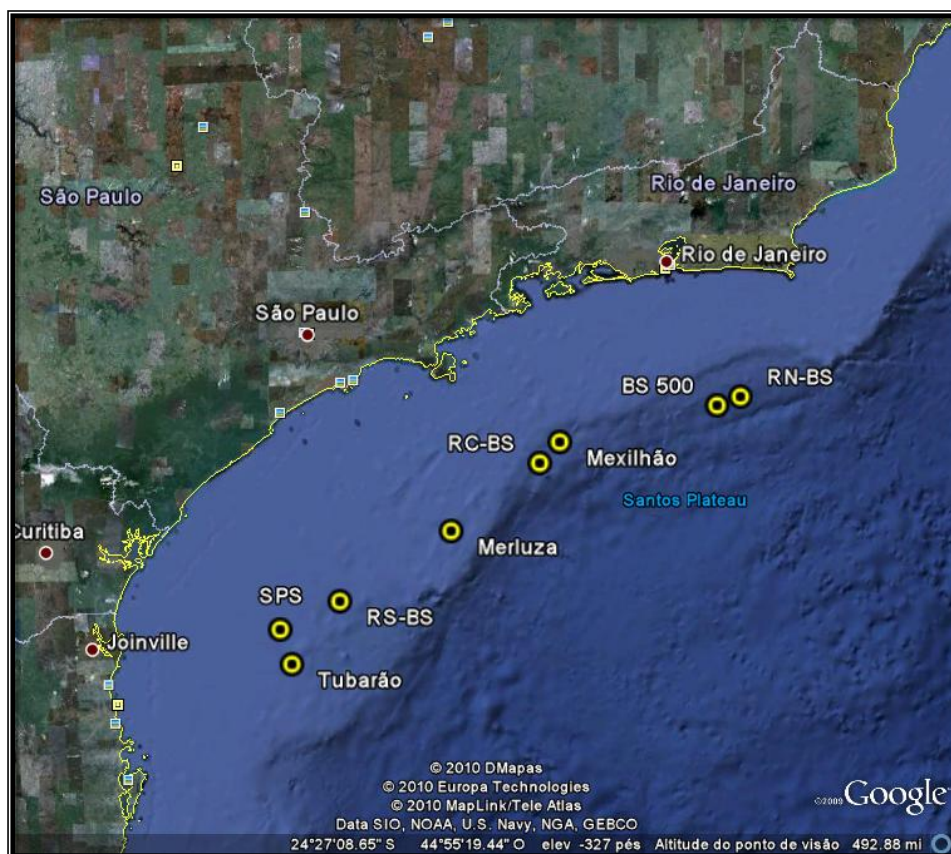


Figura VI.2-1 - Localização das áreas de referência e dos poços de controle na Bacia de Santos.

Tabela VI.2-1 - Lista dos poços controle selecionados e suas características.

| Poço | Campo | Data | | LD (m) | Coordenadas (SAD 69) | | Volume de Cascaho descatado (m³) | Volume Fluido não aquoso descatado (m³) | Tipo de Fluido | Facies |
|--------------|--------------------------|----------|----------|-----------|----------------------|---------------|---|---|---------------------|----------|
| | | Início | Fim | | Lat. (S) | Long. (W) | | | | |
| 3-TB-4-BSS | TUBARÃO (TB) | 07/08/90 | 27/10/90 | 148 | 26°26'13.722" | 46°49'37.548" | 711 | 4394 | ÓLEO MINERAL | Areia |
| 7-MLZ-2D-SPS | MERLUZA (MLZ) | 22/03/90 | 05/06/90 | 131 | 25°15'56" * | 45°15'14" * | 1841 | 1233 | BASE ÓLEO DIESEL | Areia |
| 7-MLZ-3D-SPS | | 06/06/90 | 27/08/90 | 131 | | | | | | |
| 7-MLZ-4D-SPS | | 15/10/90 | 23/12/90 | 131 | | | | | | |
| 7-MLZ-5D-SPS | | 25/12/90 | 23/12/90 | 131 | | | | | | |
| 7-MLZ-6D-SPS | | 12/01/91 | 11/03/91 | 131 | | | | | | |
| 9-MXL-4D-SPS | MEXILHÃO (MXL) | 10/07/06 | 13/09/06 | 479 | 24°29'04.230" | 44°12'28.710" | 760 | 501 | BR-MUL | Lama |
| 3-RJS-625-RJ | BS-500/Uruguá (BS500) | 17/03/05 | 08/10/05 | 1012 | 24°08'51.849" | 42°41'27.645" | 1075 | 475 | BR-MUL | Calcário |

* No caso do campo de Merluza, como os poços (7-MLZ-2D-SPS, 7-MLZ-3D-SPS, 7-MLZ-4D, 7-MLZ-5D-SPS e 7-MLZ-6D-SPS) foram perfurados a partir da mesma base, esta representa o reflexo do descarte de fluido e cascalho de todos os poços, assim considerou-se uma única localização para todos eles, com a somatória do fluido e do cascalho descartado por todos os 5 poços.

Tabela VI.2-1 – Composição dos fluidos de perfuração

| Nome do Fluido | Componentes | lb/bbl | g/L |
|---|-------------------------|--------------------|-------|
| 1. Convencional | Água industrial | 30 | 85,8 |
| | Argila ativada | 0,5 | 1,43 |
| | Soda cáustica | | |
| 2. NaCl com Poliacrilamida Alta Salinidade | Água Industrial | 10 | 28,6 |
| | Argila Ativada | 2,0 | 5,72 |
| | CMC AVAS0 | 1,5 | 4,3 |
| | CMC BVAS Amido | 6,0 | 17,16 |
| | PHPA | 3,0 | 8,58 |
| | Soda Cáustica | 1,5 | 4,3 |
| | NaCl (sal grosso) | 150.000 mg/L | 150 |
| | Baritina | p/peso 12,0 lb/gal | |
| 3. NaCl com Poliacrilamida e Bactericida (Triazina) Alta Salinidade | Água Industrial | 10 | 28,6 |
| | Argila Ativada CMC | 2,0 | 5,72 |
| | AVAS CMC BVAS | 1,5 | 4,3 |
| | Amido | 6,0 | 17,16 |
| | PHPA Soda Cáustica | 3,0 | 8,58 |
| | NaCl (sal grosso) | 1,5 | 4,3 |
| | Baritina | 150.000 mg/L | 150 |
| | Triazina | p/peso 12,0 lb/gal | 1,43 |
| | | 0,5 | |
| 4. KCl poliacrilamida | Água Industrial | 10 | 28,6 |
| | Argila Ativada | 2,0 | 5,72 |
| | CMC AVAS CMC BVAS | 1,5 | 4,3 |
| | Amido PHPA | 6,0 | 17,16 |
| | Soda Cáustica | 2,0 | 5,72 |
| | KCl | 1,5 | 4,3 |
| | Baritina | 60.000 mg/L | 60 |
| | | p/peso 12,0 lb/gal | |
| 5. KCl com poliacrilamida e Bactericida (Triazina) | Água Industrial | 10 | 28,6 |
| | Argila Ativada | 2,0 | 5,72 |
| | CMC AVAS CMC BVAS | 1,5 | 4,3 |
| | Amido PHPA | 6,0 | 17,16 |
| | Soda Cáustica | 2,0 | 5,72 |
| | KCl Baritina Triazina | 1,5 | 4,3 |
| | | 60.000 mg/L | 60 |
| | | p/peso 12,0 lb/gal | 1,43 |
| | | 0,5 | |
| 6. Biopolimérico Supersaturado | Água Industrial | 100 | 286 |
| | NaCl (sal grosso) Goma | 2,0 | 5,72 |
| | Xantana | 6,0 | 17,16 |
| | Amido Hidroxipropilado | 50 | 143 |
| | Sal Micronizado | 5,0 | 14,3 |
| | Óxido de Magnésio | | |
| 7. Base Cal | Água Industrial | 15 | 42,9 |
| | Argila Ativada Cal | 3,0 | 8,58 |
| | Hidratada Soda Cáustica | 2,0 | 5,72 |
| | Amido Lignosulfonato | 12,0 | 34,32 |
| | NaCl (sal grosso) | 2,0 | 5,72 |
| | Baritina | 60.000 mg/L | 60 |
| | | p/peso 12,0 lb/gal | |

continuação

| Nome do Fluido | Componentes | lb/bbl | g/L |
|--|---|--------------------|---------|
| 8. Disperso | Água Industrial | 20 | 57,2 |
| | Argila Ativada | 6,0 | 17,16 |
| | Lignosulfonato Amido | 8,0 | 22,88 |
| | Soda Cáustica | 2,0 | 5,72 |
| | NaCl (sal grosso) | 60.000 mg/L | 60 |
| | Baritina | p/peso 12,0 lb/gal | |
| 9. Alta Temperatura (Firma A) | Água Industrial | 10,0 | 28,6 |
| | Argila Poliacrilato | 3,0 | 8,58 |
| | Vinilsulfonato/vinilamida | 5,0 | 14,30 |
| | Lignina Polianiônica | 5,0 | 14,30 |
| | Soda Cáustica | 1,5 | 4,29 |
| | Baritina | p/peso 17,5 lb/gal | |
| 10. Alta Temperatura (Firma B) | Água Industrial | 10,0 | 28,6 |
| | Argila Poliacrilato | 3,0 | 8,58 |
| | EstirenoSulfonato/ | 4,0 | 11,44 |
| | Anidrido Maléico | 5,0 | 14,30 |
| | Acilamida/metilpropano sulfonado | 5,0 | 14,30 |
| | | 1,5 | 4,29 |
| | Lignitos/Resinas poliméricas Soda Cáustica Baritina | p/peso 17,5 lb/gal | |
| 11. NaCl com Poliacrilamida | Água Industrial Argila | 10 | 28,6 |
| | Ativada Soda Cáustica | 1,0 | 2,86 |
| | CMC AVAS CMC BVAS | 1,0 | 2,86 |
| | Amido | 1,5 | 4,29 |
| | PHPA | 6,0 | 17,16 |
| | NaCl (sal grosso) | 2,0 | 5,72 |
| | | 70.000 mg/L | 70 |
| 12. NaCl com Poliacrilamida e Bactericida (Triazina) | Água Industrial Argila | 10 | 28,6 |
| | Ativada Soda Cáustica | 1,0 | 2,86 |
| | CMC AVAS CMC BVAS | 1,0 | 2,86 |
| | Amido | 1,5 | 4,29 |
| | PHPA | 6,0 | 17,16 |
| | NaCl (sal grosso) | 2,0 | 5,72 |
| | Triazina | 70.000 mg/L | 70 |
| 13. N-Parafina BR Hidrogenada EZ MUL | n-parafina | 60% v/v | 60% v/v |
| | EZ-MUL Cal hidratada | 8 | 22,9 |
| | Salmoura NaCl | 10 | 28,6 |
| | GELTONE DURATONE | 40% v/v | 40% v/v |
| | RM 63 | 4 | 11,5 |
| | Baritina p/ peso 10 lb/gal | 4 | 11,5 |
| | | 1 | 2,86 |

VI.3 - Definição da malha amostral

VI.3.1 - Áreas de Referência

O planejamento inicial, de acordo com o TAC de Perfuração (ELPN/IBAMA nº 034/06), previa sete estações de amostragem em cada área de referência. Entretanto, a fim de eliminar as interferências estatísticas causadas pelo esforço amostral diferenciado e favorecer um melhor entendimento dos resultados, ficou definida a equiparação do número de estações nas áreas de referência com o estabelecido para os poços de controle.

Em cada área de referência foi estabelecido um ponto em torno do qual foi definida uma área circular com 1.000 m de raio. No interior dessas áreas foram definidas e posicionadas as estações de amostragem. Para tal, as mesmas foram subdivididas em quadrados de 200 m de lado e seus vértices numerados.

As estações de amostragem foram então sorteadas, sendo 16 estações para as áreas de referência localizadas em águas profundas – Referência Norte (RN-BS) e Referência Centro (RC-BS) e 20 estações para a área localizada em águas rasas – Referência Sul (RS-BS).

Nas áreas de referência, a nomenclatura adotada foi sequencial, conforme o padrão abaixo:

RR-BS-i

Onde:

RR = abreviatura da área de referência (RN, RC, RS);

BS = Bacia de Santos

i = estação de coleta da área de referência (estação 1 a 16 ou 20).

Na área de RN-BS, este padrão não foi utilizado nas etiquetas das amostras obtidas de campo, onde foi utilizado o número da estação corresponde ao vértice sorteado e não a nomenclatura sequencial estabelecida no padrão. A

correspondência das nomenclaturas (definida no padrão e a utilizada) está descrita na tabela de coordenadas executadas (tabela VI.3.1-1).

A malha amostral sorteada em cada uma das áreas de referência, com as coordenadas das estações de coleta estabelecidas e as efetivamente executadas em campo estão apresentadas nas figuras VI.3.1-1 a VI.3.1-6 e tabelas VI.3.1-1 a VI.3.1-3 (UTM, Datum SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°).

RN-BS

A área de Referência Norte (RN-BS) está localizada ao norte da Bacia de Santos, no litoral do Estado do Rio de Janeiro, a aproximadamente 130 km da costa, entre as batimétricas de 900 e 1.000 m de profundidade. Essa área foi selecionada por apresentar características batimétricas e faciológicas semelhantes às da área do poço controle 3-RJS-625 - BS-500, polo Uruguá.

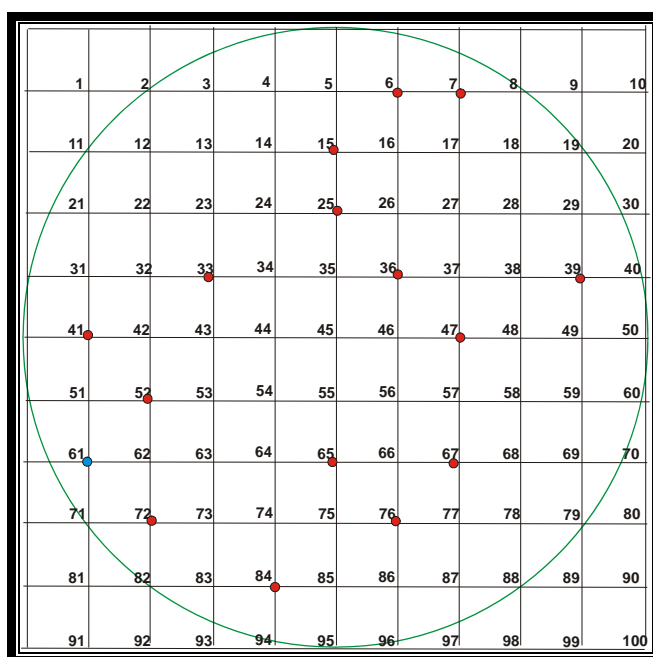


Figura VI.3.1-1 – Disposição das estações de amostragem na área de RN-BS
(em vermelho: estações de amostragem sorteadas).



Figura VI.3.1-2: Malha amostral executada na Área de RN-BS.

Tabela VI.3.1-1 - Coordenadas métricas das estações de coleta na área de Referência Norte - Bacia de Santos - RN-BS. (UTM, Datum SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45º)

| Estações | | Projetada | | Executada | |
|----------|-----------|--------------|------------|--------------|------------|
| Padrão | Utilizada | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) |
| RN-BS_1 | RN-BS_6 | 7.336.749,04 | 757.944,64 | 7.336.767,29 | 757.988,32 |
| RN-BS_2 | RN-BS_7 | 7.336.749,04 | 758.144,61 | 7.336.681,93 | 758.050,89 |
| RN-BS_3 | RN-BS_15 | 7.336.549,04 | 757.744,61 | 7.336.523,96 | 757.756,98 |
| RN-BS_4 | RN-BS_25 | 7.336.349,04 | 757.744,61 | 7.336.357,20 | 757.755,16 |
| RN-BS_5 | RN-BS_33 | 7.336.149,04 | 757.344,61 | 7.336.131,77 | 757.349,80 |
| RN-BS_6 | RN-BS_36 | 7.336.149,04 | 757.944,61 | 7.336.141,73 | 757.965,32 |
| RN-BS_7 | RN-BS_39 | 7.336.149,04 | 758.544,61 | 7.336.117,04 | 758.574,45 |
| RN-BS_8 | RN-BS_41 | 7.335.949,04 | 756.944,61 | 7.335.973,91 | 756.977,05 |
| RN-BS_9 | RN-BS_47 | 7.335.949,04 | 758.144,61 | 7.335.941,12 | 758.160,14 |
| RN-BS_10 | RN-BS_52 | 7.335.749,04 | 757.144,61 | 7.335.785,98 | 757.165,83 |
| RN-BS_11 | RN-BS_64 | 7.335.549,04 | 757.544,61 | 7.335.547,48 | 757.547,37 |
| RN-BS_12 | RN-BS_65 | 7.335.549,04 | 757.744,61 | 7.335.533,13 | 757.739,10 |
| RN-BS_13 | RN-BS_67 | 7.335.549,04 | 758.144,61 | 7.335.513,59 | 758.165,98 |
| RN-BS_14 | RN-BS_72 | 7.335.349,04 | 757.144,61 | 7.335.324,00 | 757.167,35 |
| RN-BS_15 | RN-BS_76 | 7.335.349,04 | 757.944,61 | 7.335.359,21 | 757.980,02 |
| RN-BS_16 | RN-BS_84 | 7.335.149,04 | 757.544,61 | 7.335.193,48 | 757.542,85 |

RC-BS

A área de Referência Centro (RC-BS) está localizada ao centro da Bacia de Santos, no litoral do Estado do Rio de Janeiro a aproximadamente 140 km da costa e com aproximadamente 409 m de profundidade. Essa área foi selecionada por apresentar características batimétricas e faciológicas semelhantes à área do poço controle 9-MXL-4D-SPS, selecionado no Campo de Mexilhão.

Em campo, após a realização de três tentativas de amostragem sem sucesso na estação 2, foi definido, pela equipe a bordo, que deveria ser realizada a realocação da estação 2 de RC-BS. Foi sorteado um novo ponto para RC-BS_2, sendo assim, o mesmo foi realocado do ponto 29 para o ponto 18 da malha amostral.

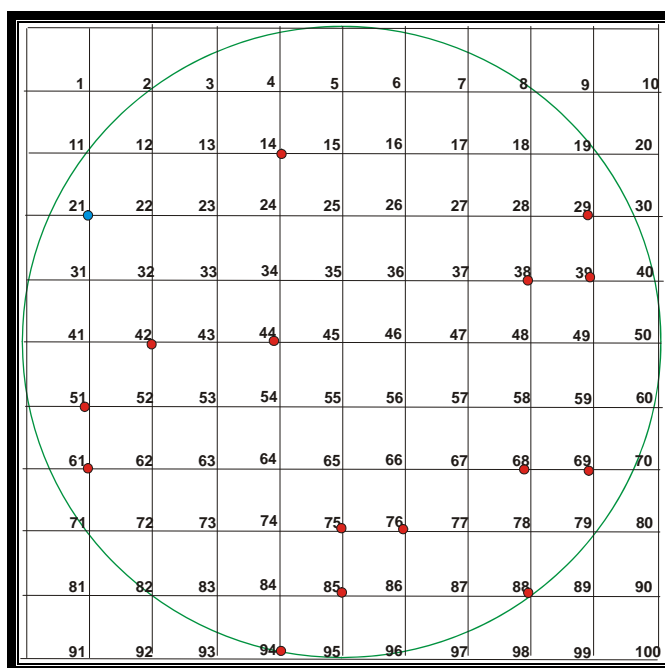


Figura VI.3.1-3 - Disposição das estações de amostragem na área de RC-BS (em vermelho: estações de amostragem sorteadas).



Figura VI.3.1-4: Malha amostral executada na Área de RC– BS.

Tabela VI.3.1-2 - Coordenadas métricas das estações de coleta na área de Referência Centro - Bacia de Santos - RC-BS. (UTM, Datum SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45º)

| Estações | | Projetada | | Executada | | Reposicionadas | |
|----------|----------|--------------|------------|--------------|------------|----------------|--------------|
| Padrão | Sorteada | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) |
| RC-BS_1 | RC-BS_14 | 7.272.003,88 | 560.462,69 | 7.271.992,37 | 560.453,25 | - | - |
| RC-BS_2 | RC-BS_29 | 7.271.803,92 | 561.462,69 | --- | --- | 7.272.005,9900 | 561.255,3100 |
| RC-BS_3 | RC-BS_38 | 7.271.603,78 | 561.262,69 | 7.271.574,20 | 561.247,96 | - | - |
| RC-BS_4 | RC-BS_39 | 7.271.603,78 | 561.462,69 | 7.271.594,54 | 561.448,75 | - | - |
| RC-BS_5 | RC-BS_42 | 7.271.403,92 | 560.062,65 | 7.271.399,77 | 560.027,88 | - | - |
| RC-BS_6 | RC-BS_44 | 7.271.403,94 | 560.462,69 | 7.271.378,84 | 560.470,32 | - | - |
| RC-BS_7 | RC-BS_51 | 7.271.203,93 | 559.862,69 | 7.271.175,99 | 559.836,17 | - | - |
| RC-BS_8 | RC-BS_53 | 7.271.203,92 | 560.262,67 | 7.271.205,44 | 560.239,53 | - | - |
| RC-BS_9 | RC-BS_61 | 7.271.003,92 | 559.862,68 | 7.270.993,59 | 559.851,58 | - | - |
| RC-BS_10 | RC-BS_68 | 7.271.003,92 | 561.262,66 | 7.270.996,38 | 561.244,75 | - | - |
| RC-BS_11 | RC-BS_69 | 7.271.003,92 | 561.462,68 | 7.270.996,95 | 561.449,99 | - | - |
| RC-BS_12 | RC-BS_75 | 7.270.803,91 | 560.662,69 | 7.270.802,93 | 560.665,12 | - | - |
| RC-BS_13 | RC-BS_76 | 7.270.803,92 | 560.862,66 | 7.270.818,87 | 560.859,13 | - | - |
| RC-BS_14 | RC-BS_85 | 7.270.603,94 | 560.662,69 | 7.270.621,26 | 560.638,02 | - | - |
| RC-BS_15 | RC-BS_88 | 7.270.603,92 | 561.262,69 | 7.270.588,87 | 561.249,70 | - | - |
| RC-BS_16 | RC-BS_94 | 7.270.404,02 | 560.462,69 | 7.270.429,21 | 560.451,85 | - | - |

RS-BS

A área de Referência Sul (RS-BS) está localizada ao sul da Bacia de Santos, no litoral do Estado do Rio de Janeiro a aproximadamente 180 km da costa e com aproximadamente 113 m de profundidade. Essa área foi selecionada por apresentar características batimétricas e faciológicas semelhantes à área dos poços controle selecionados nos campos de SPS-029, Merluza e Tubarão.

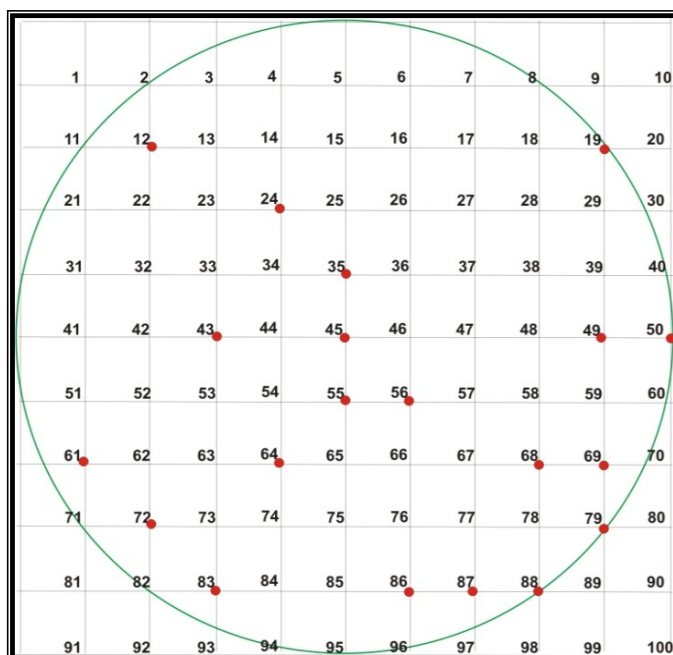


Figura VI.3.1-5 - Disposição das estações de amostragem na área de RS-BS
(em vermelho: estações de amostragem sorteadas).

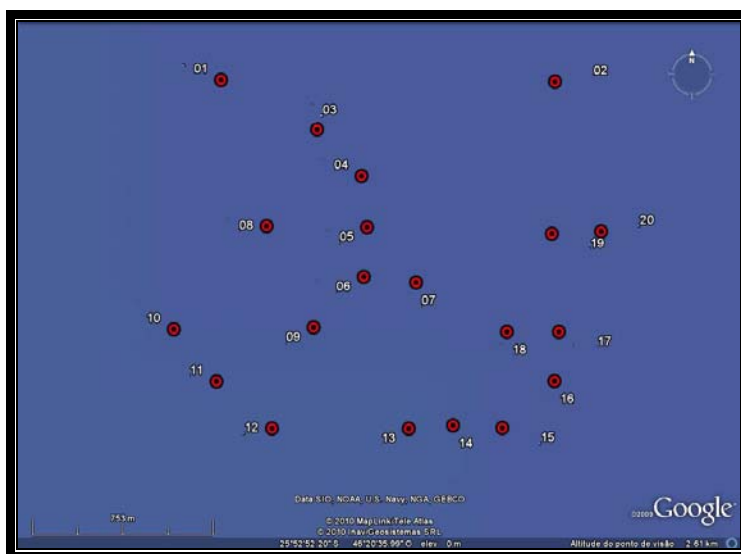


Figura VI.3.1-6: Malha amostral executada na Área RS-BS.

Tabela VI.3.1-3 - Coordenadas métricas das estações de coleta na área de Referência Sul - Bacia de Santos - RS-BS. (UTM, Datum SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°)

| Estações | | Projetada | | Executada | |
|----------|----------|--------------|------------|--------------|------------|
| Padrão | Sorteada | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) |
| RS-BS_1 | RS-BS_12 | 7.137.340,03 | 364.852,16 | 7.137.409,92 | 364.858,85 |
| RS-BS_2 | RS-BS_19 | 7.137.340,05 | 366.252,07 | 7.137.416,37 | 366.247,45 |
| RS-BS_3 | RS-BS_24 | 7.137.139,96 | 365.252,16 | 7.137.213,67 | 365.255,22 |
| RS-BS_4 | RS-BS_35 | 7.136.939,98 | 365.452,16 | 7.137.018,44 | 365.463,16 |
| RS-BS_5 | RS-BS_43 | 7.136.740,04 | 365.452,16 | 7.136.833,39 | 365.457,87 |
| RS-BS_6 | RS-BS_45 | 7.136.539,45 | 365.452,16 | 7.136.626,02 | 365.471,68 |
| RS-BS_7 | RS-BS_49 | 7.136.540,04 | 365.651,98 | 7.136.614,83 | 365.659,53 |
| RS-BS_8 | RS-BS_50 | 7.136.739,91 | 365.052,16 | 7.136.823,68 | 365.068,98 |
| RS-BS_9 | RS-BS_55 | 7.136.340,04 | 365.252,21 | 7.136.418,07 | 365.249,51 |
| RS-BS_10 | RS-BS_56 | 7.136.340,04 | 364.652,24 | 7.136.405,44 | 364.667,43 |
| RS-BS_11 | RS-BS_61 | 7.136.139,98 | 364.852,16 | 7.136.198,87 | 364.849,43 |
| RS-BS_12 | RS-BS_64 | 7.135.940,04 | 365.052,41 | 7.136.003,79 | 365.071,56 |
| RS-BS_13 | RS-BS_68 | 7.135.939,69 | 365.652,16 | 7.136.016,74 | 365.650,78 |
| RS-BS_14 | RS-BS_69 | 7.135.940,56 | 365.852,16 | 7.136.025,81 | 365.833,90 |
| RS-BS_15 | RS-BS_72 | 7.135.940,56 | 366.052,16 | 7.136.025,33 | 366.058,19 |
| RS-BS_16 | RS-BS_79 | 7.136.140,19 | 366.252,16 | 7.136.212,70 | 366.254,36 |
| RS-BS_17 | RS-BS_83 | 7.136.340,04 | 366.252,39 | 7.136.414,26 | 366.268,17 |
| RS-BS_18 | RS-BS_86 | 7.136.340,04 | 366.052,51 | 7.136.401,41 | 366.057,70 |
| RS-BS_19 | RS-BS_87 | 7.136.740,17 | 366.252,16 | 7.136.806,09 | 366.237,63 |
| RS-BS_20 | RS-BS_88 | 7.136.740,17 | 366.452,16 | 7.136.811,21 | 366.432,32 |

VI.3.2 - Poços de Controle

A estratégia de coleta no entorno dos poços de controle consistiu em malha amostral concêntrica ao redor dos poços selecionados. A orientação dos eixos das malhas de coleta foi estabelecida de acordo com a orientação das linhas batimétricas.

No experimento de águas profundas do Projeto MAPEM (Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima, 2004) tentou-se validar os resultados obtidos com modelos computacionais de dispersão de cascalho descartado. Em função da falta de informações medidas das características dos descartes, esta validação não pôde ser executada. Segundo esse mesmo relatório, seria de se esperar que a corrente mais próxima do fundo fosse mais efetiva no espalhamento do cascalho.

Considerando as incertezas ainda existentes sobre calibração e sensibilidade dos modelos de dispersão de cascalho mais utilizados, optou-se por estabelecer-se um desenho amostral considerando o padrão de perfis de correntes esperado.

Nos poços com profundidade inferior a 300 m, foram estabelecidos cinco círculos concêntricos de raio 100 m, 250 m, 500 m, 1.000 m e 2.000 m a partir do centro dos poços. Em cada círculo foram distribuídas ordenadamente quatro estações, totalizando 20 estações por poço. O menor raio (100 m) foi estabelecido para evitar riscos de acidentes e manter a integridade dos equipamentos, já que operacionalmente, é impossível efetuar amostragem sobre a cabeça do poço de controle, sendo a distância mínima de aproximação dessas estruturas de 100 a 200 m (dependendo da lamina d'água).

Nos poços com profundidade superior a 300 m foram estabelecidos quatro círculos concêntricos com raios de 250 m, 500 m, 1.000 m e 2.000 m contados a partir do poço. Em cada círculo foram distribuídas quatro estações sobre duas linhas imaginárias transversais com ângulo de 90° entre si, totalizando 16 estações por poço (figura VI.3.2-1).

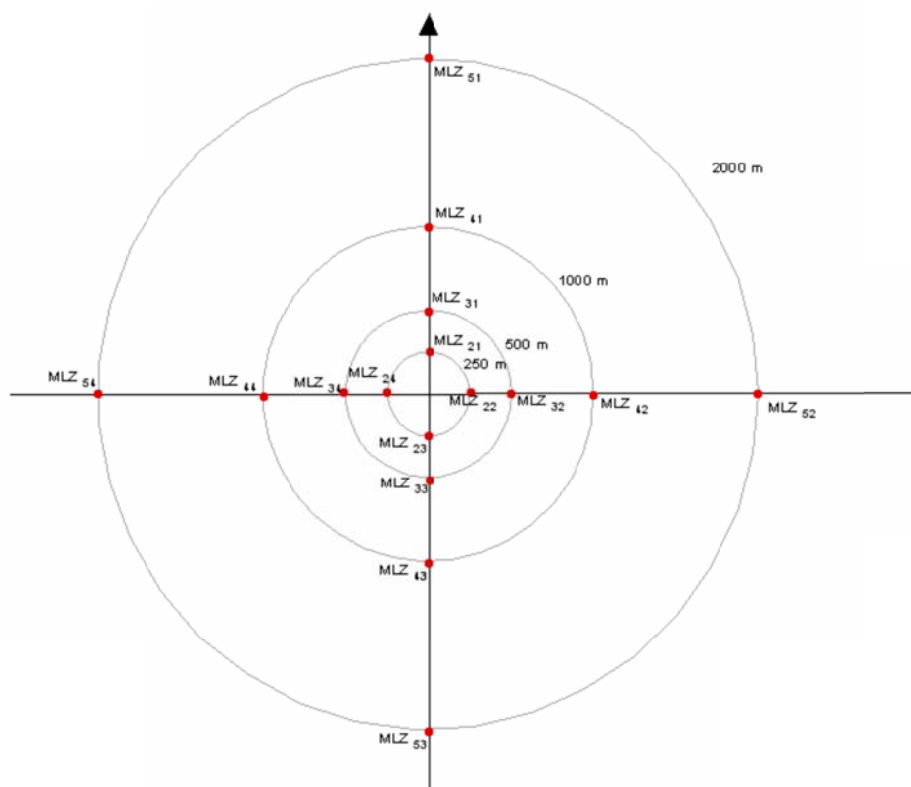


Figura VI.3.2-1 - Exemplo da disposição geral das estações de coleta no campo de Merluza - poços de controle em áreas rasas (<300 m).

A nomenclatura das estações ao redor do poço de controle seguiu o padrão descrito abaixo:

CCC_ij

Onde:

CCC = abreviatura do campo;

i = 1 a 5, representando a distância do poço (*i* = 1 para raio de 100 m, *i* = 2 para raio de 250 m, *i* = 3 para raio de 500 m; *i* = 4 para raio de 1.000 m e *i* = 5 para raio de 2.000 m);

j = 1 a 4, representando a posição da estação com relação ao eixo norte, em sentido horário.

Na área de BS500, este padrão não foi utilizado nas etiquetas das amostras obtidas de campo. A correspondência das nomenclaturas (definida no padrão e a

utilizada em campo) está descrita na tabela de coordenadas executadas (tabela VI.3.2-1).

A malha amostral de cada um dos poços controle definidos no TAC de Perfuração (Termo de Referência ELPN/IBAMA N°. 034/06), com as coordenadas das estações de coleta estabelecidas no projeto e as efetivamente executadas em campo referentes aos poços de controle estão apresentadas nas figuras VI.3.2-2 a VI.3.2-11 e tabelas VI.3.2-1 a VI.3.2-5 (UTM, Datum SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°).

BS-500

Para o Campo de BS500 localizado sob as coordenadas 7.327.427,11 N 734.579,47 E (UTM, Datum SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°) sob lâmina de água de cerca de 1000 m, as estações de coleta foram definidas no entorno do poço controle 3-RJS-625-RJ RJ que foi perfurado no ano de 2005 (figura VI.3.2-2)

A figura VI.3.2-3 apresenta a malha amostral executada e a tabela VI.3.2-1 apresenta as coordenadas das estações de coleta estabelecidas no projeto e as executadas.

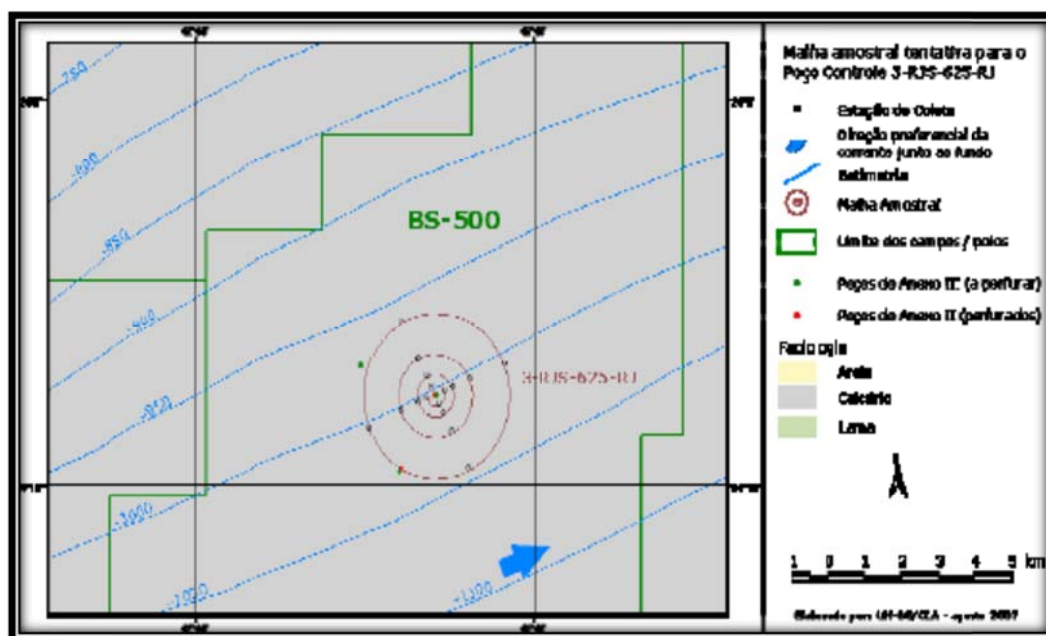


Figura VI.3.2-2- Malha amostral da área de BS500 - Bacia de Santos.

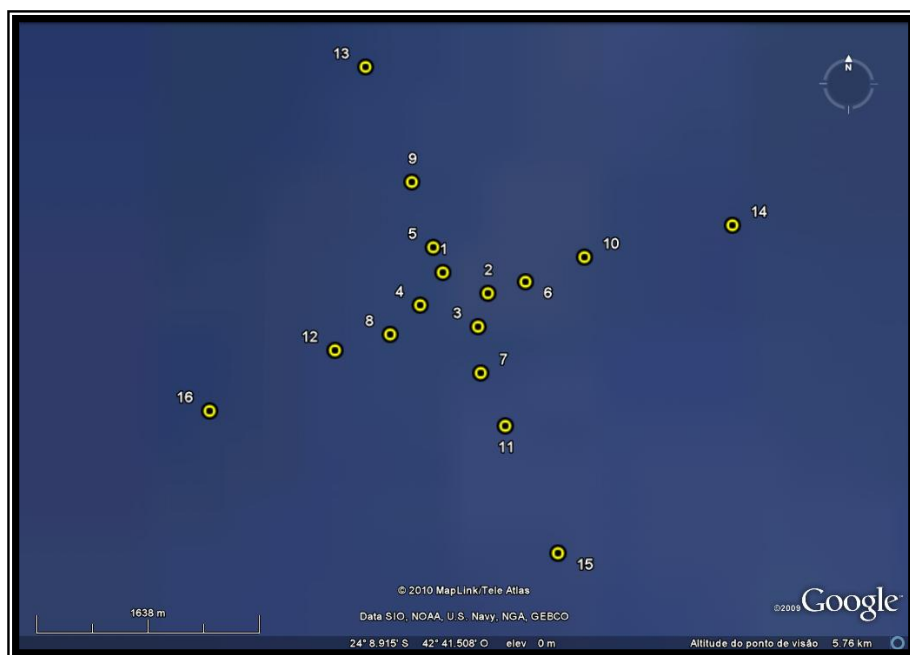


Figura VI.3.2-3 - Malha amostral executada na área de BS500 - Bacia de Santos.

Tabela VI.3.2-1 - Coordenadas métricas das estações de coleta na área de BS500 - Bacia de Santos. (UTM, Datum SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°)

| Estações | | Projetada | | Executada | |
|------------|-----------|--------------|------------|--------------|------------|
| Padrão | Utilizada | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) |
| Poço BS500 | | 7.327.427,11 | 734.579,47 | - | - |
| BS500_21 | BS500_1 | 7.327.643,79 | 734.531,93 | 7.327.677,43 | 734.517,25 |
| BS500_22 | BS500_2 | 7.327.501,48 | 734.854,28 | 7.327.516,59 | 734.863,37 |
| BS500_23 | BS500_3 | 7.327.183,89 | 734.709,47 | 7.327.205,09 | 734.692,15 |
| BS500_24 | BS500_4 | 7.327.326,21 | 734.387,13 | 7.327.436,24 | 734.338,04 |
| BS500_31 | BS500_5 | 7.327.873,81 | 734.443,13 | 7.327.848,68 | 734.413,64 |
| BS500_32 | BS500_6 | 7.327.589,15 | 735.087,95 | 7.327.613,64 | 735.059,70 |
| BS500_33 | BS500_7 | 7.326.953,82 | 734.798,29 | 7.326.985,91 | 734.824,45 |
| BS500_34 | BS500_8 | 7.327.238,52 | 734.153,43 | 7.327.220,73 | 734.112,83 |
| BS500_41 | BS500_9 | 7.328.333,89 | 734.265,52 | 7.328.322,13 | 734.271,78 |
| BS500_42 | BS500_10 | 7.327.764,49 | 735.555,26 | 7.327.776,48 | 735.542,86 |
| BS500_43 | BS500_11 | 7.326.493,72 | 734.975,90 | 7.326.526,39 | 734.960,57 |
| BS500_44 | BS500_12 | 7.327.063,20 | 733.686,15 | 7.327.108,85 | 733.694,78 |
| BS500_51 | BS500_13 | 7.329.254,11 | 733.910,28 | 7.329.255,49 | 733.946,97 |
| BS500_52 | BS500_14 | 7.328.115,19 | 736.489,97 | 7.328.131,86 | 736.453,26 |
| BS500_53 | BS500_15 | 7.325.573,66 | 735.331,09 | 7.325.583,10 | 735.325,23 |
| BS500_54 | BS500_16 | 7.326.712,51 | 732.751,50 | 7.326.723,29 | 732.790,64 |

Mexilhão

O poço de Mexilhão (MXL) está localizado nas coordenadas 7.291.851,93 N / 580.207,57 E (UTM, Datum SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°) sob lâmina d'água de cerca 1000 m. A representação gráfica da malha amostral projetada no entorno do poço controle 9-MXL-4D-SPS que foi perfurado no ano de 2006, encontra-se na (figura VI.3.2-4)

A figura VI.3.2-5 apresenta a malha amostral executada e a tabela VI.3.2-2 apresenta as coordenadas das estações de coleta estabelecidas no projeto e as executadas.

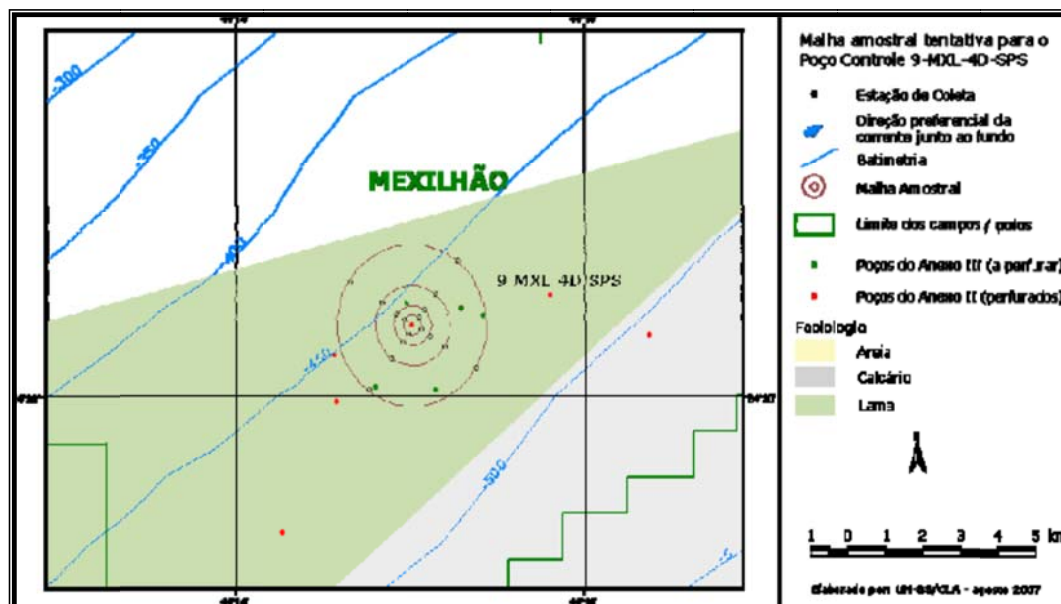


Figura VI.3.2-4- Malha amostral da área de Mexilhão - Bacia de Santos - MXL.

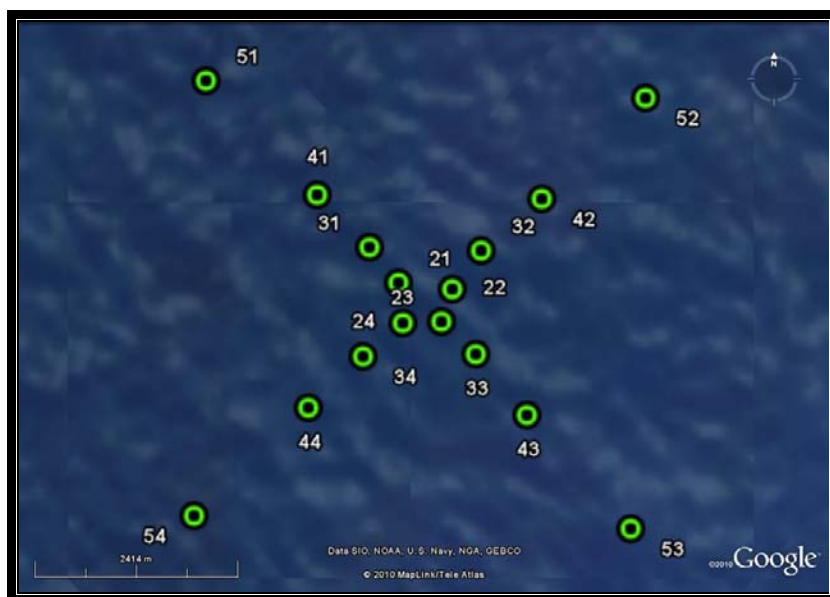


Figura VI.3.2-5– Malha amostral executada na área de Mexilhão – Bacia de Santos - MXL.

Tabela VI.3.2-2 - Coordenadas métricas das estações de coleta na área de Mexilhão - Bacia de Santos - MXL. (UTM, DATUM: SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°)

| Estações | Projetada | | Executada | |
|---------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) |
| Poço Mexilhão | 7.291.971,17 | 580.056,23 | - | - |
| MXL_21 | 7.291.996,74 | 580.069,69 | 7.291.988,15 | 580.043,74 |
| MXL_22 | 7.291.950,54 | 580.315,78 | 7.291.944,64 | 580.293,30 |
| MXL_23 | 7.291.705,07 | 580.343,28 | 7.291.735,38 | 580.321,49 |
| MXL_24 | 7.291.717,31 | 580.059,76 | 7.291.719,34 | 580.059,60 |
| MXL_31 | 7.292.215,53 | 579.864,47 | 7.292.241,95 | 579.842,83 |
| MXL_32 | 7.292.188,63 | 580.577,13 | 7.292.192,51 | 580.581,52 |
| MXL_33 | 7.291.486,27 | 580.548,51 | 7.291.523,34 | 580.543,39 |
| MXL_34 | 7.291.515,26 | 579.837,98 | 7.291.513,13 | 579.811,49 |
| MXL_41 | 7.292.580,25 | 579.522,36 | 7.292.575,90 | 579.502,69 |
| MXL_42 | 7.292.518,73 | 580.939,48 | 7.292.521,63 | 580.956,53 |
| MXL_43 | 7.291.121,59 | 580.890,58 | 7.291.127,61 | 580.872,66 |
| MXL_44 | 7.291.178,56 | 579.468,38 | 7.291.189,01 | 579.460,88 |
| MXL_51 | 7.293.309,61 | 578.838,23 | 7.292.580,24 | 579.518,59 |
| MXL_52 | 7.293.198,81 | 581.685,99 | 7.293.300,42 | 578.823,17 |
| MXL_53 | 7.290.392,23 | 581.574,72 | 7.293.191,38 | 581.657,53 |
| MXL_54 | 7.290.505,09 | 578.729,11 | 7.290.489,18 | 578.708,75 |

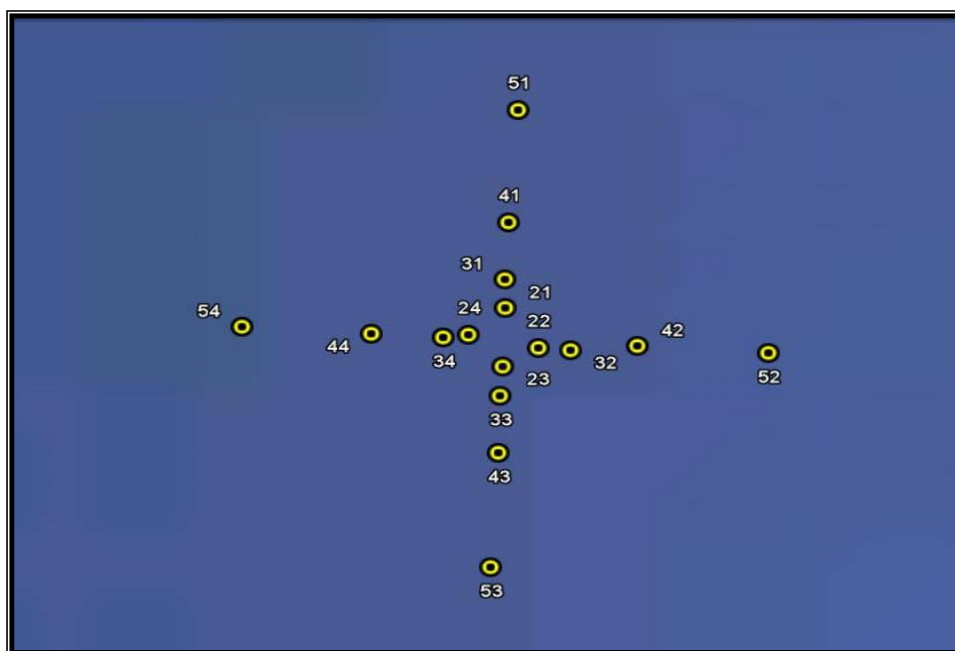


Figura VI.3.2-7- - Malha amostral executada na área de Merluza - Bacia de Santos - MLZ.

Tabela VI.3.2-3 - Coordenadas métricas das estações de coleta na área de Merluza - Bacia de Santos - MLZ. (UTM, DATUM: SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°)

| Estações | Projetada | | Executada | | Reposicionadas | |
|--------------|--------------|------------|--------------|------------|----------------|------------|
| | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) |
| Poço Merluza | 7.205.567,38 | 474.390,45 | - | - | - | - |
| MLZ_21 | 7.205.823,63 | 474.567,23 | 7.205.797,99 | 474.565,39 | - | - |
| MLZ_22 | 7.206.072,24 | 474.577,92 | - | - | 7.205.493,11 | 474.801,29 |
| MLZ_23 | 7.206.570,66 | 474.600,59 | 7.205.266,78 | 474.538,03 | - | - |
| MLZ_24 | 7.207.565,22 | 474.644,43 | 7.205.551,61 | 474.277,52 | - | - |
| MLZ_31 | 7.205.563,00 | 474.803,73 | 7.204.172,57 | 474.559,57 | - | - |
| MLZ_32 | 7.205.552,91 | 475.052,84 | - | - | 7.205.481,68 | 475.049,44 |
| MLZ_33 | 7.205.528,62 | 475.549,20 | 7.205.020,91 | 474.516,68 | - | - |
| MLZ_34 | 7.205.485,21 | 476.543,95 | 7.205.531,80 | 474.050,15 | - | - |
| MLZ_41 | 7.205.326,63 | 474.544,30 | 7.206.520,40 | 474.584,84 | - | - |
| MLZ_42 | 7.205.078,22 | 474.532,92 | 7.205.484,96 | 475.547,95 | - | - |
| MLZ_43 | 7.204.580,86 | 474.510,83 | 7.204.531,05 | 474.500,66 | - | - |
| MLZ_44 | 7.203.587,63 | 474.465,37 | 7.205.545,79 | 473.557,54 | - | - |
| MLZ_51 | 7.205.586,23 | 474.306,94 | 7.207.503,31 | 474.657,34 | - | - |
| MLZ_52 | 7.205.597,47 | 474.058,31 | 7.205.428,21 | 476.537,06 | - | - |
| MLZ_53 | 7.205.619,79 | 473.561,53 | 7.203.520,30 | 474.446,53 | - | - |
| MLZ_54 | 7.205.664,68 | 472.567,39 | 7.205.631,46 | 472.560,29 | - | - |

SPS-029

O poço de SPS-29 está localizado sob as coordenadas 7.108.677,33 N 306.539,09 E (UTM, DATUM: SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°) sob lâmina d'água de aproximadamente 126 m. A representação gráfica da malha amostral projetada no entorno do poço controle 1-SPS-029-SP que foi perfurado no ano de 1990 e encontra-se na (figura VI.3.2-8)

A figura VI.3.2-9 apresenta a malha amostral executada e a tabela VI.3.2-4 apresenta as coordenadas das estações de coleta estabelecidas no projeto e as executadas.

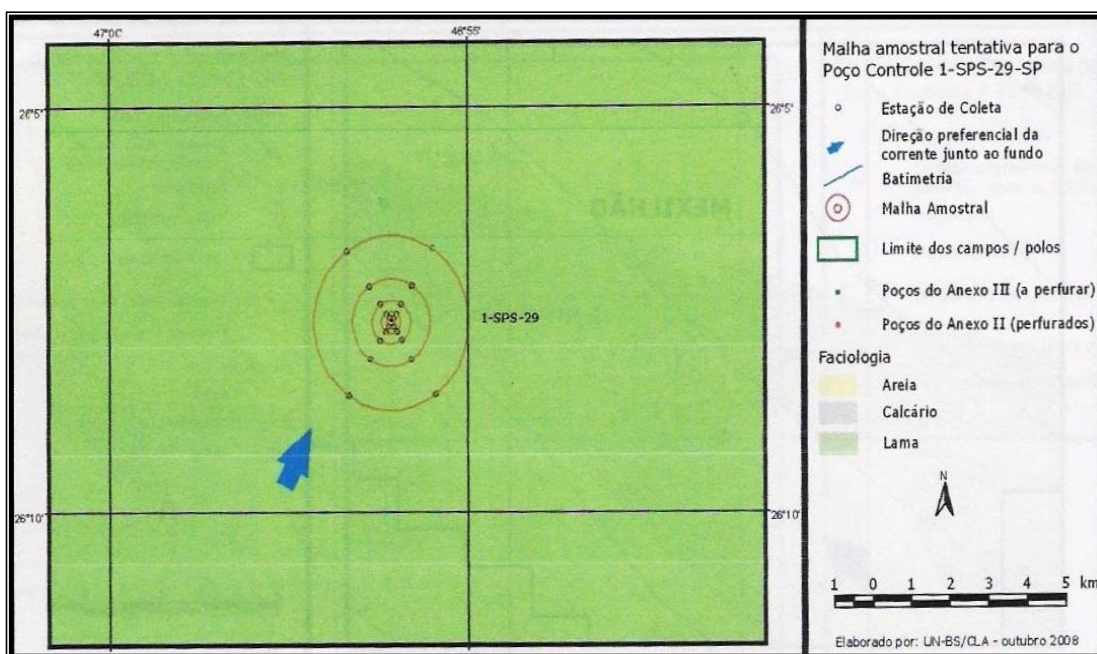


Figura VI.3.2-8 - Malha amostral da área de SPS-29 - Bacia de Santos.

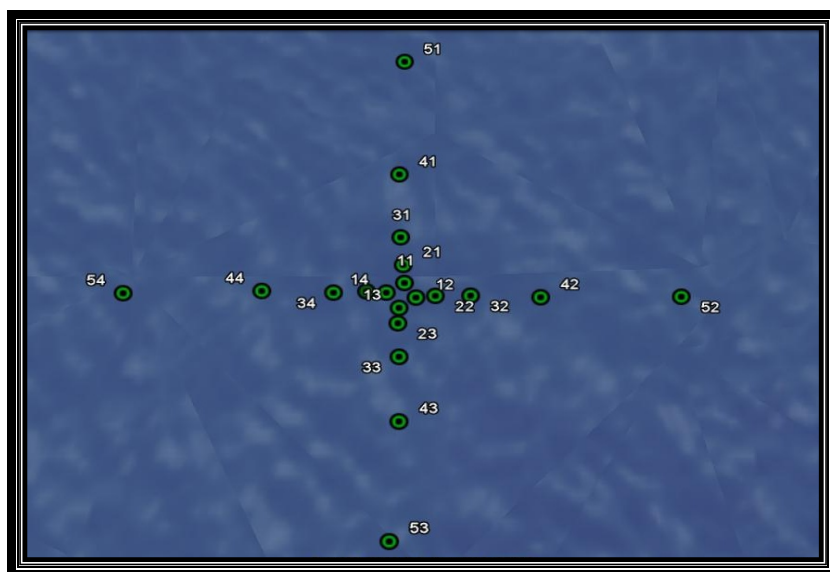


Figura VI.3.2-9- Malha amostral executada na área de SPS-29 - Bacia de Santos.

Tabela VI.3.2-4 - Coordenadas métricas das estações de coleta na área de SPS-29 - Bacia de Santos. (UTM, DATUM: SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°)

| Estações | Projetada | | Executada | |
|-------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) |
| Poço SPS-29 | 7.108.677,33 | 306.539,09 | - | - |
| SPS-29_11 | 7.108.777,82 | 306.539,57 | 7.108.729,44 | 306.554,00 |
| SPS-29_12 | 7.108.677,82 | 306.639,50 | 7.108.615,64 | 306.626,38 |
| SPS-29_13 | 7.108.577,92 | 306.539,57 | 7.106.677,44 | 306.544,88 |
| SPS-29_14 | 7.108.677,82 | 306.439,64 | 7.108.622,95 | 306.434,71 |
| SPS-29_21 | 7.108.927,82 | 306.539,57 | 7.108.854,81 | 304.884,23 |
| SPS-29_22 | 7.108.677,82 | 306.789,57 | 7.108.625,94 | 306.772,77 |
| SPS-29_23 | 7.108.427,82 | 306.539,57 | 7.108.376,10 | 306.551,92 |
| SPS-29_24 | 7.108.677,82 | 306.289,57 | 7.108.656,35 | 306.284,16 |
| SPS-29_31 | 7.109.177,82 | 306.539,57 | 7.109.116,91 | 306.516,72 |
| SPS-29_32 | 7.108.677,82 | 307.039,47 | 7.108.586,09 | 305.364,25 |
| SPS-29_33 | 7.108.177,82 | 306.539,57 | 7.106.278,19 | 306.559,82 |
| SPS-29_34 | 7.108.677,82 | 306.039,67 | 7.108.641,11 | 306.042,81 |
| SPS-29_41 | 7.109.677,82 | 306.539,57 | 7.109.635,48 | 306.527,34 |
| SPS-29_42 | 7.108.677,82 | 307.539,48 | 7.108.623,78 | 307.535,54 |
| SPS-29_43 | 7.107.677,91 | 306.539,58 | 7.107.640,19 | 306.506,36 |
| SPS-29_44 | 7.108.677,82 | 305.539,57 | 7.108.641,22 | 305.555,66 |
| SPS-29_51 | 7.110.677,82 | 306.539,57 | 7.108.750,08 | 304.883,47 |
| SPS-29_52 | 7.108.677,82 | 308.539,48 | 7.108.632,07 | 308.559,40 |
| SPS-29_53 | 7.106.677,91 | 306.539,58 | 7.106.623,92 | 306.522,17 |
| SPS-29_54 | 7.108.677,82 | 304.539,57 | 7.108.627,40 | 304.523,69 |

TUBARÃO

Para o Campo de Tubarão localizado sob as 7.074.553,88 N / 317.766,04 E (UTM, Datum: SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°) sob lâmina de água de 150 m, as estações de coleta foram definidas no entorno do poço controle 3-TB-4-BSS. A representação gráfica da malha amostral projetada no entorno do poço controle 3-TB-4-BSS, perfurado no ano de 1990 e encontra-se na (figura VI.3.2-10)

A figura VI.3.2-11 apresenta a malha amostral executada e a tabela VI.3.2-5 apresenta as coordenadas das estações de coleta estabelecidas no projeto e as executadas.

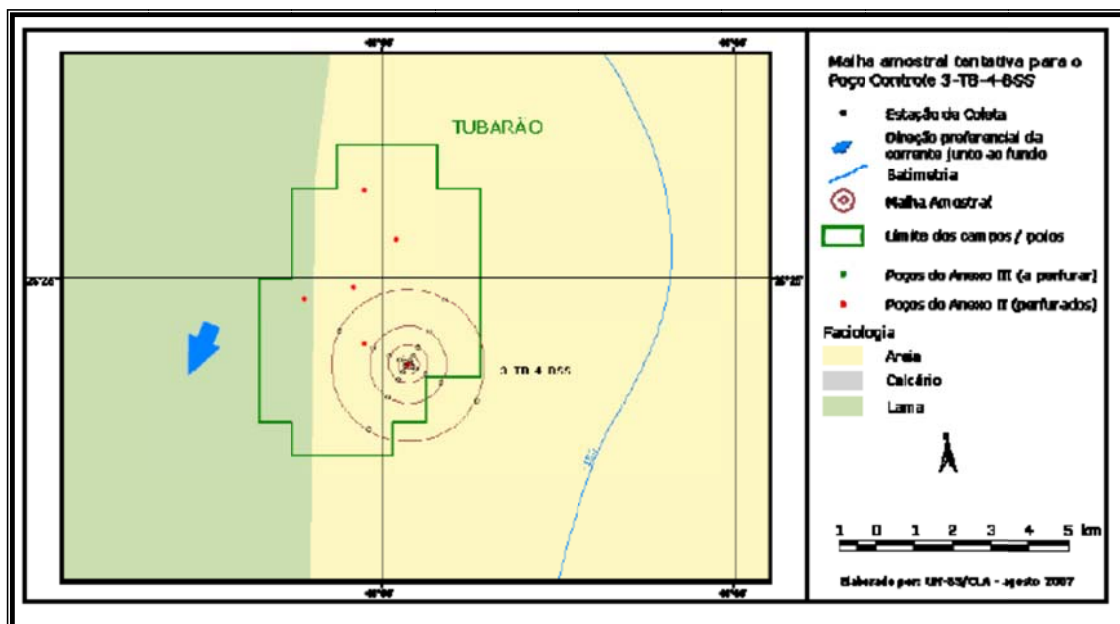


Figura VI.3.2-10: Malha amostral no entorno do Campo de Tubarão localizado na Bacia de Santos.

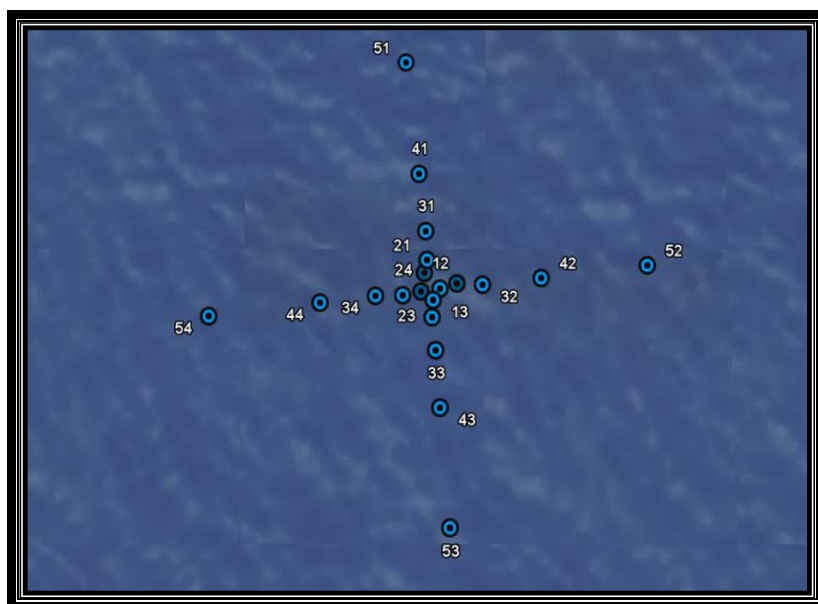


Figura VI.3.2-11 Malha amostral executada no entorno do Campo de Tubarão localizado na Bacia de Santos.

Tabela VI.3.2-5 - Coordenadas métricas das estações de coleta na área de Tubarão - Bacia de Santos - TB. (UTM, DATUM: SIRGAS 2000, Z. 23S, MC 45°)

| Estações | Projetada | | Executada | |
|--------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | Norte (N) | Leste (E) | Norte (N) | Leste (E) |
| Poço Tubarão | 7.074.553,88 | 317.766,04 | - | - |
| TB_11 | 7.074.655,85 | 317.764,60 | 7.074.622,06 | 317.721,32 |
| TB_12 | 7.074.555,85 | 317.864,53 | 7.074.521,84 | 317.842,79 |
| TB_13 | 7.074.455,95 | 317.764,60 | 7.074.421,65 | 317.783,86 |
| TB_14 | 7.074.555,85 | 317.664,67 | 7.074.496,52 | 317.672,40 |
| TB_21 | 7.074.805,85 | 317.764,60 | 7.074.778,79 | 317.716,43 |
| TB_22 | 7.074.555,85 | 318.014,60 | 7.074.554,35 | 317.972,85 |
| TB_23 | 7.074.305,85 | 317.764,60 | 7.074.272,72 | 317.791,80 |
| TB_24 | 7.074.555,85 | 317.514,60 | 7.074.457,62 | 317.508,51 |
| TB_31 | 7.075.055,85 | 317.764,60 | 7.075.005,34 | 317.699,58 |
| TB_32 | 7.074.555,85 | 318.264,50 | 7.074.564,34 | 318.234,41 |
| TB_33 | 7.074.055,85 | 317.764,60 | 7.074.002,16 | 317.804,95 |
| TB_34 | 7.074.555,85 | 317.264,70 | 7.074.459,41 | 317.271,22 |
| TB_41 | 7.075.555,85 | 317.764,60 | 7.075.500,74 | 317.628,02 |
| TB_42 | 7.074.555,85 | 318.764,53 | 7.074.617,28 | 318.738,78 |
| TB_43 | 7.073.555,95 | 317.764,60 | 7.073.534,03 | 317.859,66 |
| TB_44 | 7.074.555,85 | 316.764,68 | 7.074.396,10 | 316.782,14 |
| TB_51 | 7.076.555,85 | 317.764,60 | 7.076.486,30 | 317.492,12 |
| TB_52 | 7.074.555,85 | 319.764,52 | 7.076.591,06 | 319.702,99 |
| TB_53 | 7.072.555,95 | 317.764,60 | 7.072.554,56 | 317.981,97 |
| TB_54 | 7.074.555,84 | 315.764,67 | 7.074.278,24 | 315.774,59 |

VI.4 - Procedimentos de Campo

As atividades operacionais de navegação, posicionamento da embarcação, coleta, identificação, acondicionamento, preservação e armazenamento das amostras, foram realizadas pela empresa GSI Brooks e pela C&C Technology do Brasil. Também foram de suas responsabilidades o fornecimento de equipamentos e instrumentos calibrados, a medições de parâmetros e a realização de análises *in situ*, a coleta de informações e a geração de dados a bordo.

A supervisão e validação das amostras foram de responsabilidade da equipe da Fundação Bio-Rio – Bioconsult Ambiental Ltda. A fiscalização de todas as atividades a bordo foi executada pelos fiscais da Petrobras em todas as campanhas.

Foram realizadas três campanhas para amostragem dos cinco poços de controle e das três áreas de referência selecionadas. A relação dos poços amostrados em cada campanha encontra-se na tabela VI.4-1.

A primeira campanha foi realizada em dezembro de 2009 a bordo do *R/V Gyre* (figura VI.4-1 A). A segunda campanha foi realizada em abril de 2010 utilizando o navio *Luke Thomas* (figura VI.4-1 B) e a terceira foi realizada em novembro/dezembro de 2010 a bordo do navio *Miss Emma McCall* onde foram finalizadas todas as amostragens.

Tabela VI.4-1 - Datas das campanhas e poços amostrados.

| Campanhas / Datas | Poços amostrados |
|-----------------------|-----------------------------------|
| C1 - 03 a 18/12/09 | Tubarão, SPS-029, Merluza e RS-BS |
| C2 - 01 a 21/04/10 | BS-500 e RN-BS |
| C3 - 23/10 a 03/11/10 | Mexilhão e RC-BS |



A



B



C

Figura VI.4-1 - A - Navio oceanográfico Gyre, utilizado na primeira campanha; B - Navio Luke Thomas, utilizado na segunda campanha; C - navio Miss Emma McCall utilizado na terceira campanha.

VI.4.1 - Amostragem em Área Profunda

Mexilhão, BS-500, RN-BS e RC-BS.

VI.4.1.1 - Equipamento Utilizado

Para amostragem em águas profundas foi utilizado o *box-corer* com fechamento tipo Eckman e dimensões de 50 x 50 cm na caixa interna, onde foram introduzidos testemunhos de 10 x 10 cm (figura VI.4.1.1-1).

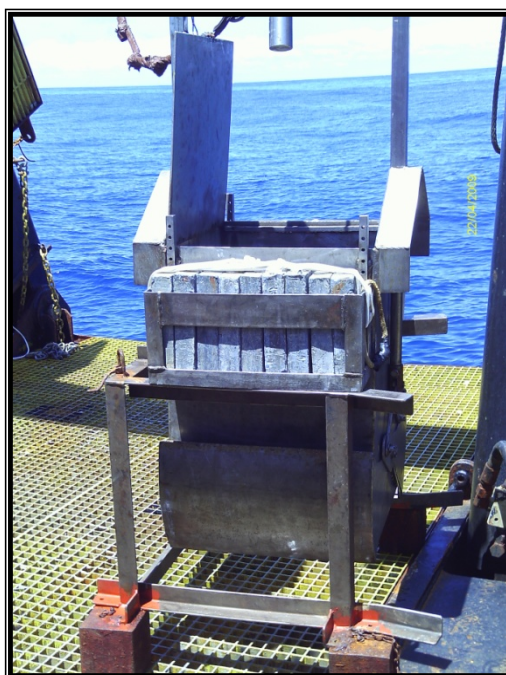


Figura VI.4.1.1-1 - Box-corer
(50 x 50 cm) utilizado
para campanha de
sedimento marinho.

VI.4.2 - Amostragem em Área Rasa

Merluza, Tubarão, SPS-29 e RS-BS.

VI.4.2.1 - Equipamento Utilizado

Para amostragem em águas rasas foi utilizado primeiramente, na área de Tubarão (TB) o *box-corer* com fechamento tipo Eckman e dimensões de 50 x 50 cm na caixa interna. Após uma tentativa em cada estação, obteve-se uma eficiência de 50% nessa área (figura VI.4.2.1-1 A), sendo que tal fato pode estar relacionado a sedimentologia encontrada no local (figura VI.4.2.1-1 B).

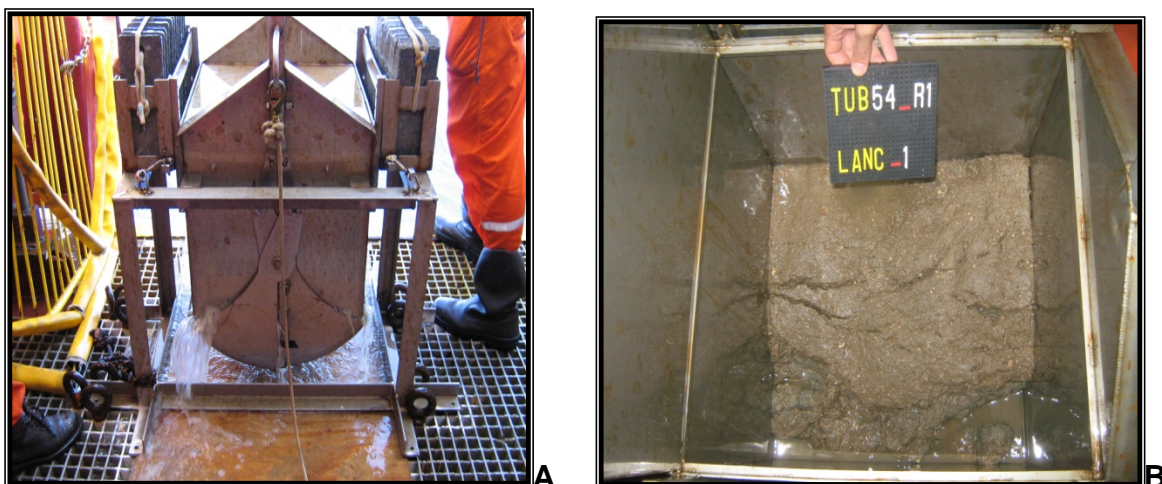


Figura VI.4.2.1-1 - A- box-corer (50 x 50 cm) utilizado para campanha de sedimento marinho; B - Aspecto da amostra considerada inválida, coletada com o box corer (50 x 50 cm).

Após a realização desses testes, optou-se por substituir esse amostrador por um modelo similar, o mini *box-corer*, que é muito semelhante ao *box-corer* convencional, mas com menor área de amostragem. O mini *box-corer* possui área de caixa interna de 30 x 30 cm com 50 cm de altura e apresentou um rendimento bastante superior ao amostrador convencional nas coletas em sedimentos arenosos ou biodetríticos, comumente encontrados em áreas de águas rasas (figura VI.4.2.1-2).

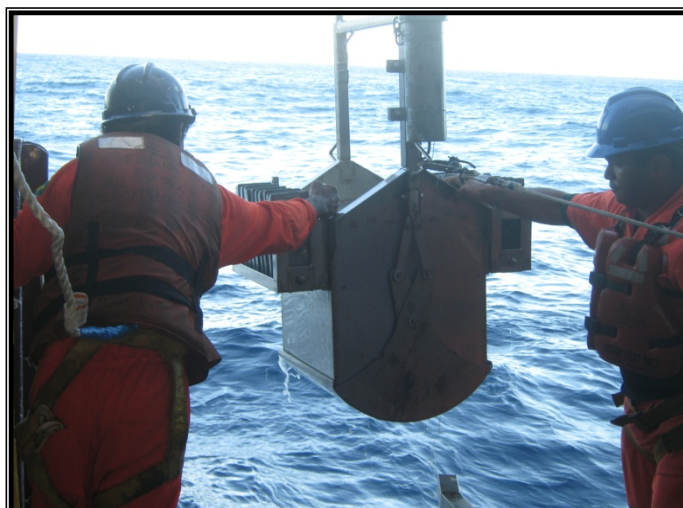


Figura VI.4.2.1-2 - Lançamento do mini box-corer nas áreas rasas.

VI.4.3 - Critérios para Aceitação da Amostra

Os critérios utilizados para validação das amostras seguiram os critérios definidos no protocolo de coleta do CENPES:

- a) **Completo fechamento do amostrador** (critério absoluto);
- b) **Distribuição homogênea do sedimento no interior do amostrador.** Podem ser consideradas aceitáveis amostras com:
 - i) Rachaduras no sedimento devido às colisões do amostrador com a embarcação
 - ii) Com “cuttings” (cascalhos de perfuração) na superfície do sedimento, quando for identificada a proximidade com poços;
 - iii) Descolamento lateral das paredes do box-corer, quando a drenagem for contida por peneiras ou anteparo e não for evidenciada lavagem intensa superficial ou grande escoamento de sedimentos da superfície do box-corer na água drenada.
- c) **Mínima perturbação do sedimento superficial**, considerando um dos critérios:
 - i) Não haver evidência de lavagem do sedimento no interior do amostrador, mantendo detalhes da superfície do sedimento como, micro ondulações no sedimento, marcas de deslocamento de organismos bentônicos, abertura superficial de canais construídos por organismos tubículas, organismos arborescentes preservados sobre a superfície.
 - ii) No caso de haver intensa drenagem no momento da retirada do equipamento da água, o mesmo deve ser fixado no deck e imediatamente deverá ser colocado anteparo ou peneira sob o equipamento para filtração imediata (ou posterior) dos organismos bentônicos da camada superficial que possam estar sendo drenados. Só considerar amostra, caso não haja intensa erosão de paredes laterais e perda de sedimento durante a drenagem.

iii) No caso de drenagem por uma das laterais, reter com peneiras os organismos bentônicos que possam ser levados. Neste caso pode haver erosão de uma das laterais da amostra tornando a face abaulada, desde que a superfície geral permaneça com as características descritas no item a.

Em nenhuma hipótese, deve ser aceita amostra que apresente grande perda do sedimento superficial.

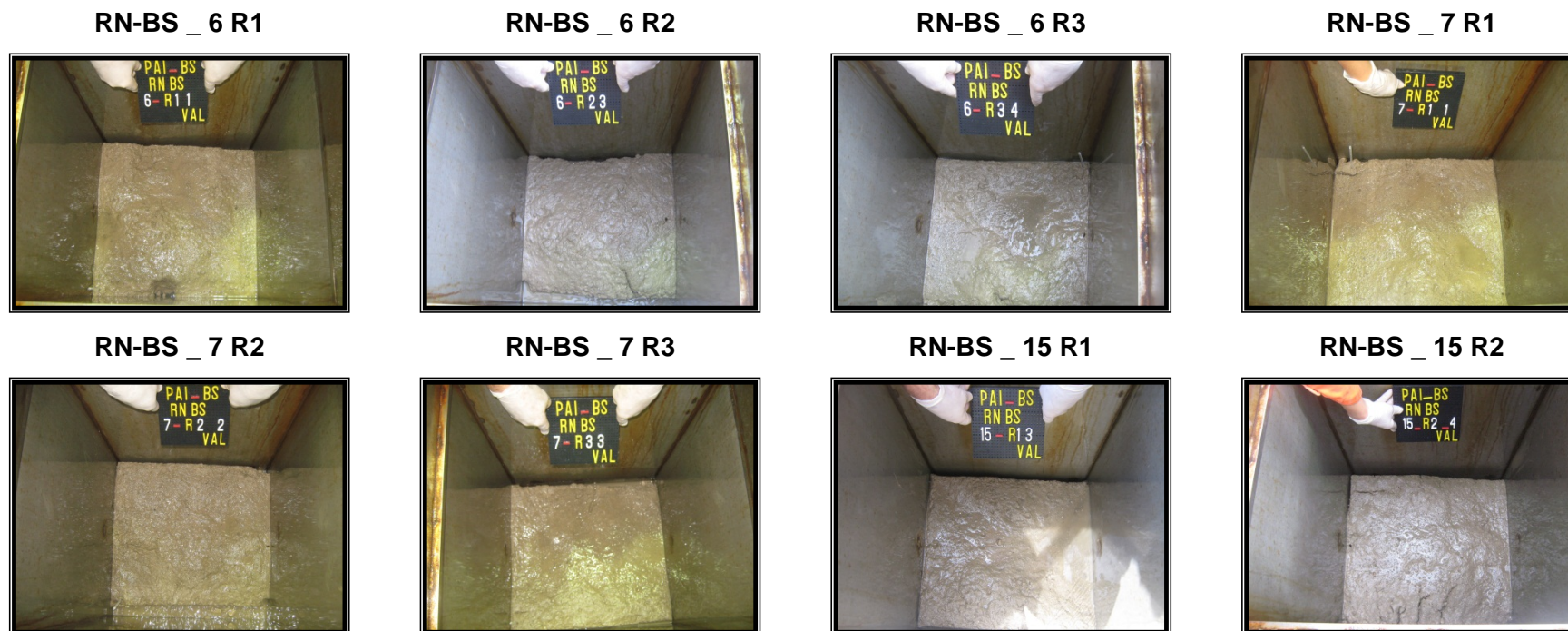
d) **Mínimo de 15 cm de profundidade de amostra** (considerando a base regular da caixa do amostrador)

i) a- aceitar até 12 cm, caso critérios acima tenham sido respeitados Obs.: Mini-corers devem ser colocados sobre a superfície não perturbada do sedimento.

VI.4.4 - Registros Obtidos em Campo

- Fotografia do equipamento com a amostra (figuras VI.4.4 -1 a I.4.4 – 8);
- Temperatura e coloração do sedimento;
- Bioturação e presença de organismos;
- Presença ou não de cascalho de perfuração (*cuttings*).
- As informações obtidas foram registradas em planilha de campo no momento da abertura do *box-corer*.

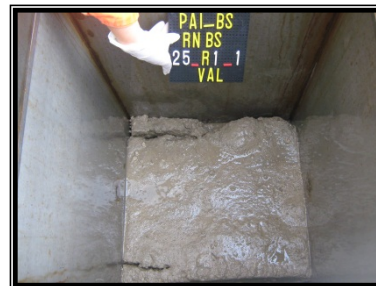
Figura VI.4.4-1 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de RN-BS.



RN-BS _ 15 R3



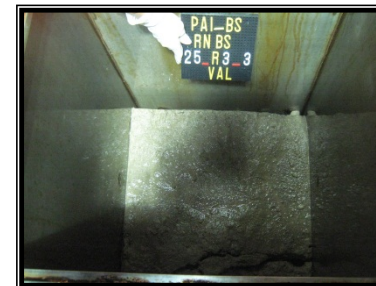
RN-BS _ 25 R1



RN-BS _ 25 R2



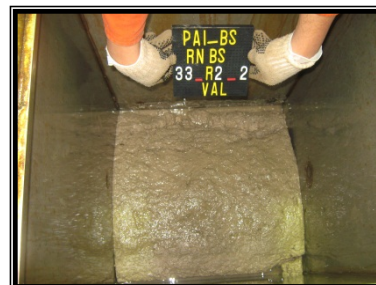
RN-BS _ 25 R3



RN-BS _ 33 R1



RN-BS _ 33 R2



RN-BS _ 33 R3



RN-BS _ 36 R1



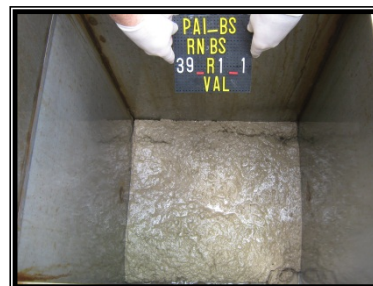
RN-BS _ 36 R2



RN-BS _ 36 R3



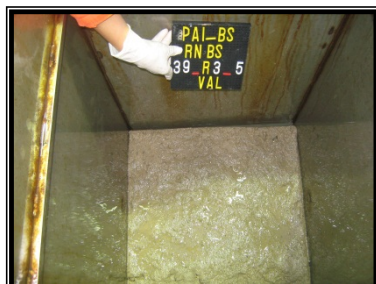
RN-BS _ 39 R1



RN-BS _ 39 R2



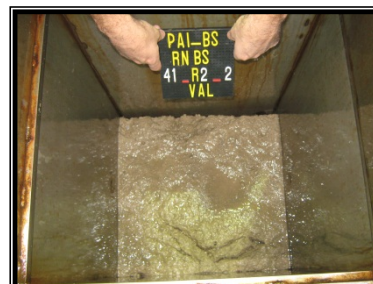
RN-BS _ 39 R3



RN-BS _ 41 R1



RN-BS _ 41 R2



RN-BS _ 41 R3



RN-BS _ 47 R1



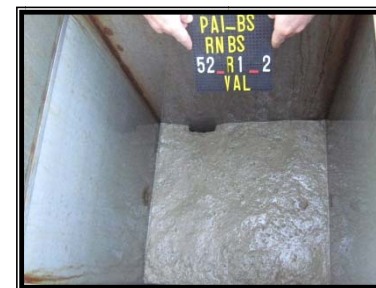
RN-BS _ 47 R2



RN-BS _ 47 R3



RN-BS _ 52 R1



RN-BS _ 52 R2



RN-BS _ 52 R3



RN-BS _ 64 R1



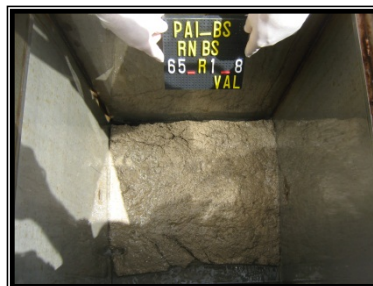
RN-BS _ 64 R2



RN-BS _ 64 R3



RN-BS _ 65 R1



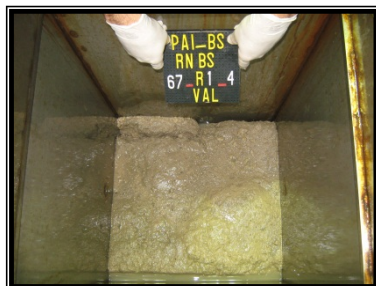
RN-BS _ 65 R2



RN-BS _ 65 R3



RN-BS _ 67 R1



RN-BS _ 67 R2

Réplica não amostrada

RN-BS _ 67 R3

Réplica não amostrada

RN-BS _ 72 R1



RN-BS _ 72 R2



RN-BS _ 72 R3



RN-BS _ 76 R1



RN-BS _ 76 R2



RN-BS _ 76 R3



RN-BS _ 84 R1



RN-BS _ 84 R2



RN-BS _ 84 R3



Figura VI.4.4-2 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de BS-500 -Uruguá.

BS-500 - URUGUÁ _ 1 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 1 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 1 R3



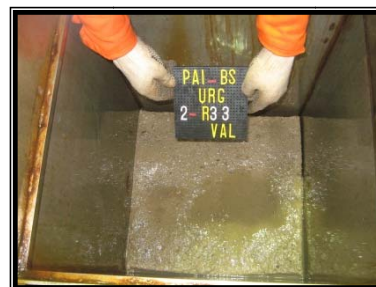
BS-500 - URUGUÁ _ 2 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 2 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 2 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 3 R1



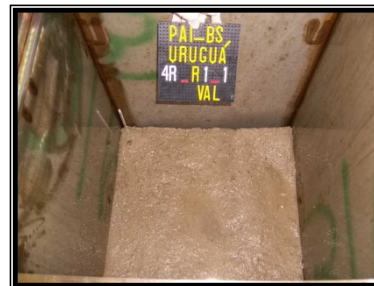
BS-500 - URUGUÁ _ 3 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 3 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 4 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 4 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 4 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 5 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 5 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 5 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 6 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 6 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 6 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 7 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 7 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 7 R3



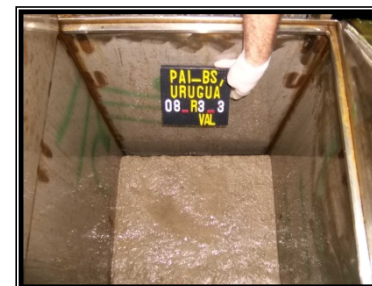
BS-500 - URUGUÁ _ 8 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 8 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 8 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 9 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 9 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 9 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 10 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 10 R2



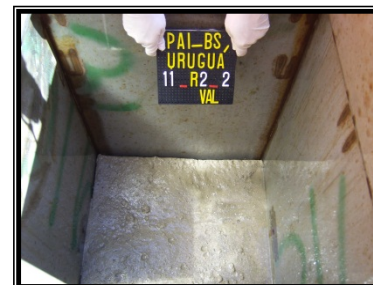
BS-500 - URUGUÁ _ 10 R3



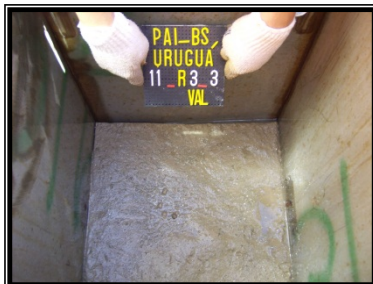
BS-500 - URUGUÁ _ 11 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 11 R2



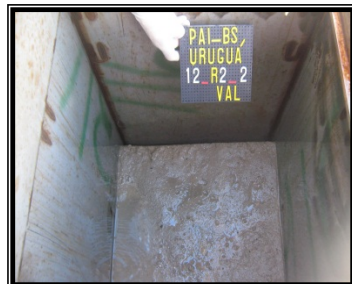
BS-500 - URUGUÁ _ 11 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 12 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 12 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 12 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 13 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 13 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 13 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 14 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 14 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 14 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 15 R1



BS-500 - URUGUÁ _ 15 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 15 R3



BS-500 - URUGUÁ _ 16 R1



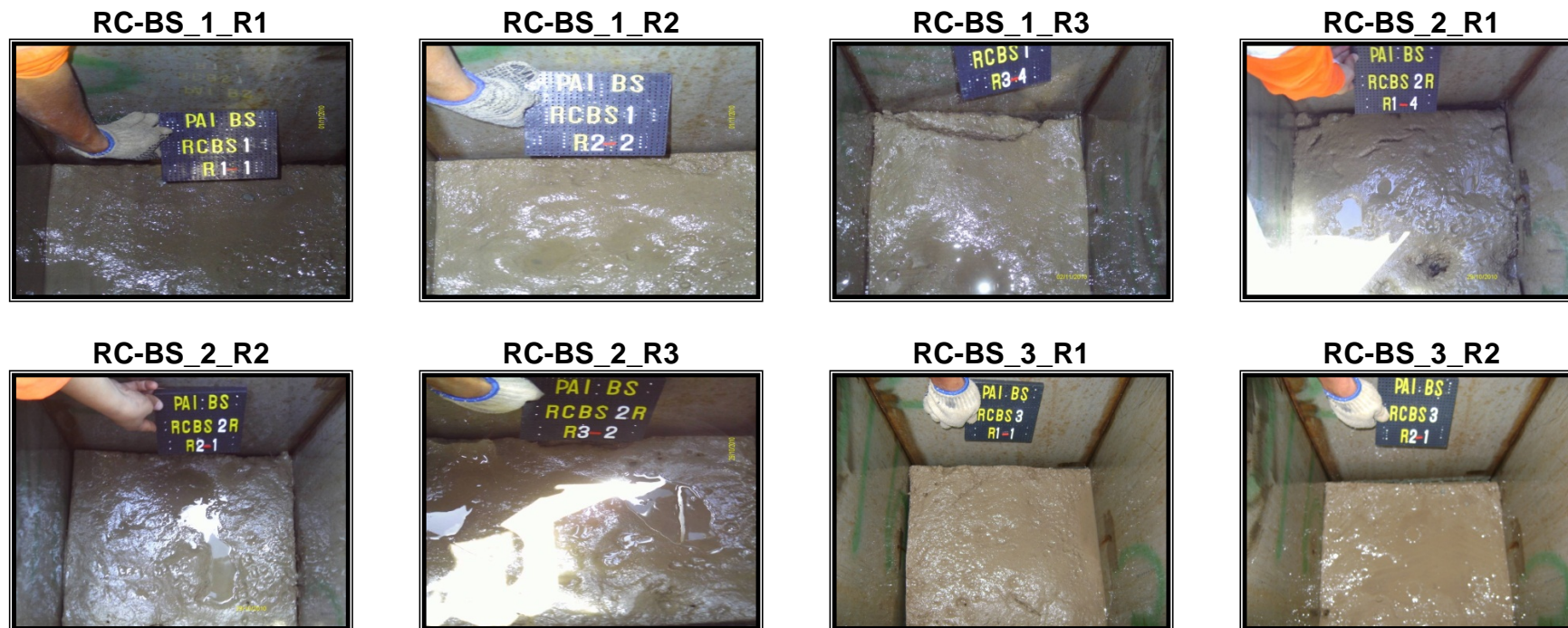
BS-500 - URUGUÁ _ 16 R2



BS-500 - URUGUÁ _ 16 R3



Figura VI.4.4-3 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de RC-BS.



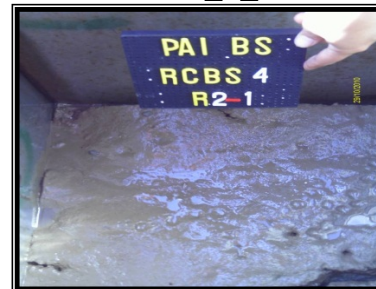
RC-BS_3_R3



RC-BS_4_R1



RC-BS_4_R2



RC-BS_4_R3



RC-BS_5_R1



RC-BS_5_R2



RC-BS_5_R3



RC-BS_6_R1



RC-BS_6_R2



RC-BS_6_R3



RC-BS_7_R1



RC-BS_7_R2



RC-BS_7_R3



RC-BS_8_R1



RC-BS_8_R2



RC-BS_8_R3



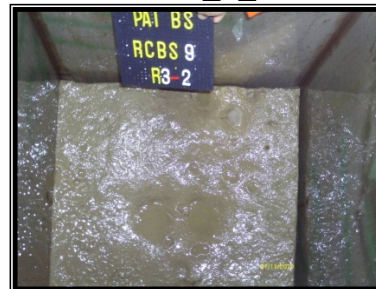
RC-BS_9_R1



RC-BS_9_R2



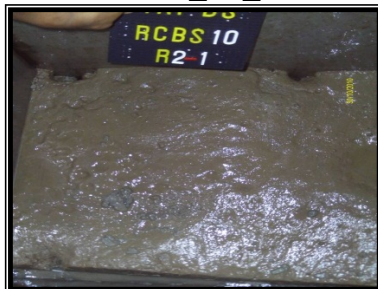
RC-BS_9_R3



RC-BS_10_R1



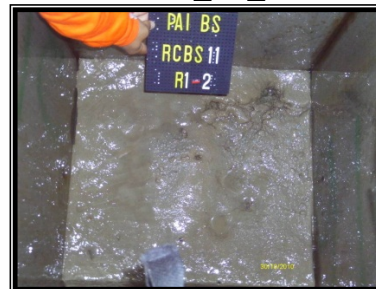
RC-BS_10_R2



RC-BS_10_R3



RC-BS_11_R1



RC-BS_11_R2



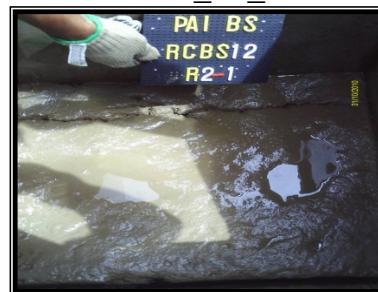
RC-BS_11_R3



RC-BS_12_R1



RC-BS_12_R2



RC-BS_12_R3



RC-BS_13_R1



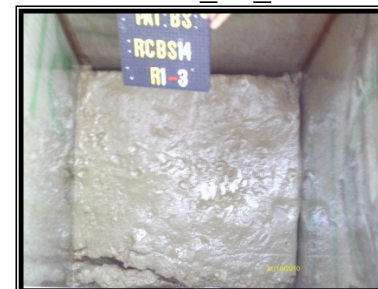
RC-BS_13_R2



RC-BS_13_R3



RC-BS_14_R1



RC-BS_14_R2



RC-BS_14_R3



RC-BS_15_R1



RC-BS_15_R2



RC-BS_15_R3



RC-BS_16_R1



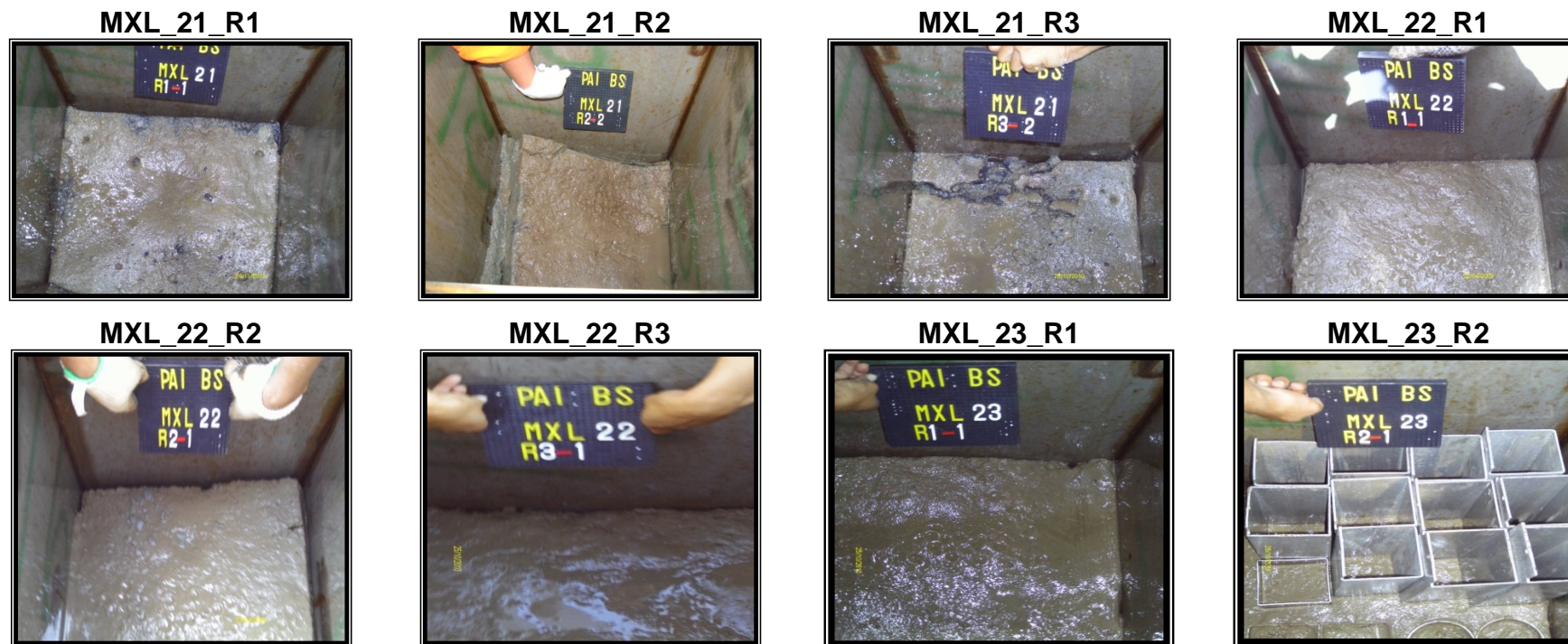
RC-BS_16_R2



RC-BS_16_R3



Figura VI.4.4-4 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de Mexilhão (MXL).



MXL_23_R3



MXL_24_R1



MXL_24_R2



MXL_24_R3



MXL_31_R1



MXL_31_R2



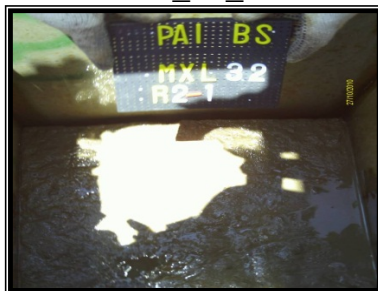
MXL_31_R3



MXL_32_R1



MXL_32_R2



MXL_32_R3



MXL_33_R1



MXL_33_R2



MXL_33_R3



MXL_34_R1



MXL_34_R2



MXL_34_R3



MXL_41_R1



MXL_41_R2



MXL_41_R3



MXL_42_R1



MXL_42_R2



MXL_42_R3



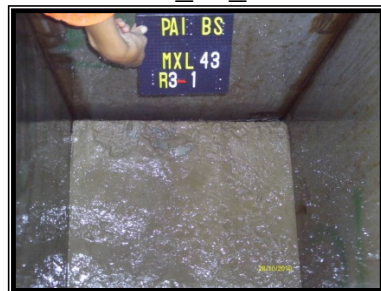
MXL_43_R1



MXL_43_R2



MXL_43_R3



MXL_44_R1



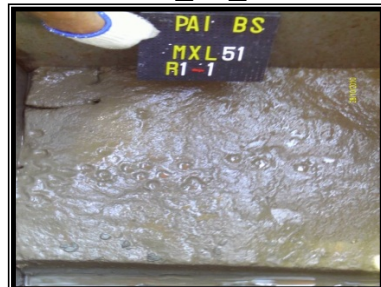
MXL_44_R2



MXL_44_R3



MXL_51_R1



MXL_51_R2



MXL_51_R3



MXL_52_R1



MXL_52_R2



MXL_52_R3



MXL_53_R1



MXL_53_R2



MXL_53_R3



MXL_54_R1



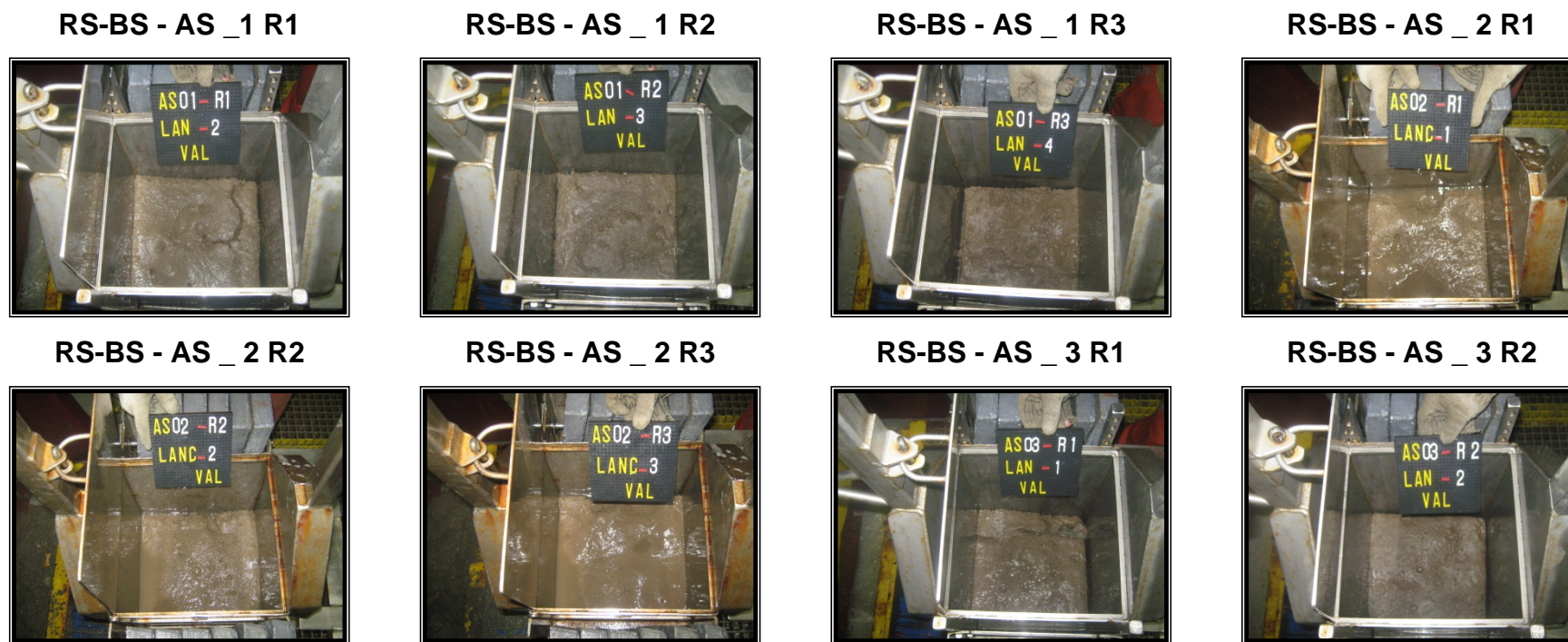
MXL_54_R2



MXL_54_R3



Figura VI.4.4-5 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de RS-BS – AS.



S-BS - AS _ 3 R3



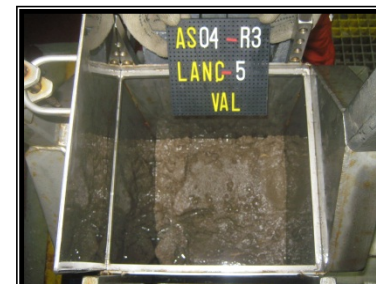
RS-BS - AS _ 4 R1



RS-BS - AS _ 4 R2



RS-BS - AS _ 4 R3



RS-BS - AS _ 5 R1



RS-BS - AS _ 5 R2



RS-BS - AS _ 5 R3



RS-BS - AS _ 6 R1



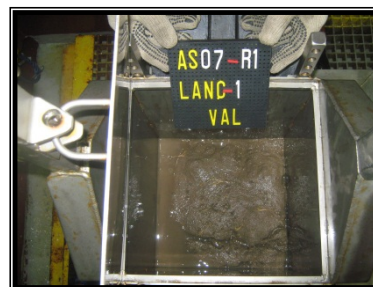
RS-BS - AS _ 6 R2



RS-BS - AS _ 6 R3



RS-BS - AS _ 7 R1



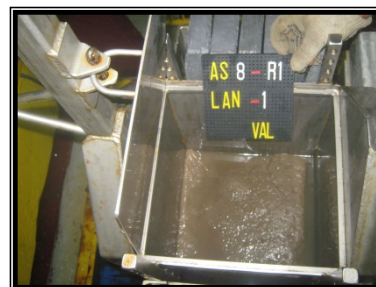
RS-BS - AS _ 7 R2



RS-BS - AS _ 7 R3



RS-BS - AS _ 8 R1



RS-BS - AS _ 8 R2



RS-BS - AS _ 8 R3



RS-BS - AS _ 9 R1



RS-BS - AS _ 9 R2



RS-BS - AS _ 9 R3



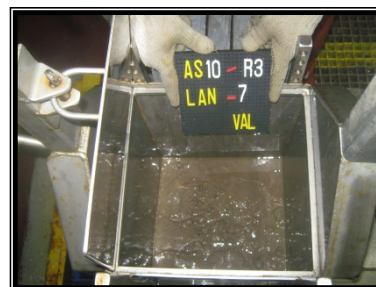
RS-BS - AS _ 10 R1



RS-BS - AS _ 10 R2



RS-BS - AS _ 10 R3



RS-BS - AS _ 11 R1



RS-BS - AS _ 11 R2



RS-BS - AS _ 11 R3



RS-BS - AS _ 12 R1



RS-BS - AS _ 12 R2



RS-BS - AS _ 12 R3



RS-BS - AS _ 13 R1



RS-BS - AS _ 13 R2



RS-BS - AS _ 13 R3



RS-BS - AS _ 14 R1



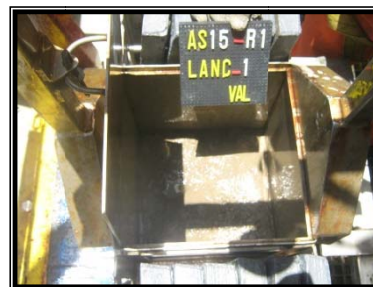
RS-BS - AS _ 14 R2



RS-BS - AS _ 14 R3



RS-BS - AS _ 15 R1



RS-BS - AS _ 15 R2



RS-BS - AS _ 15 R3



RS-BS - AS _ 16 R1



RS-BS - AS _ 16 R2



RS-BS - AS _ 16 R3



RS-BS - AS _ 17 R1



RS-BS - AS _ 17 R2



RS-BS - AS _ 17 R3



RS-BS - AS _ 18 R1



RS-BS - AS _ 18 R2



RS-BS - AS _ 18 R3



RS-BS - AS _ 19 R1



RS-BS - AS _ 19 R2



RS-BS - AS _ 19 R3



RS-BS - AS _ 20 R1



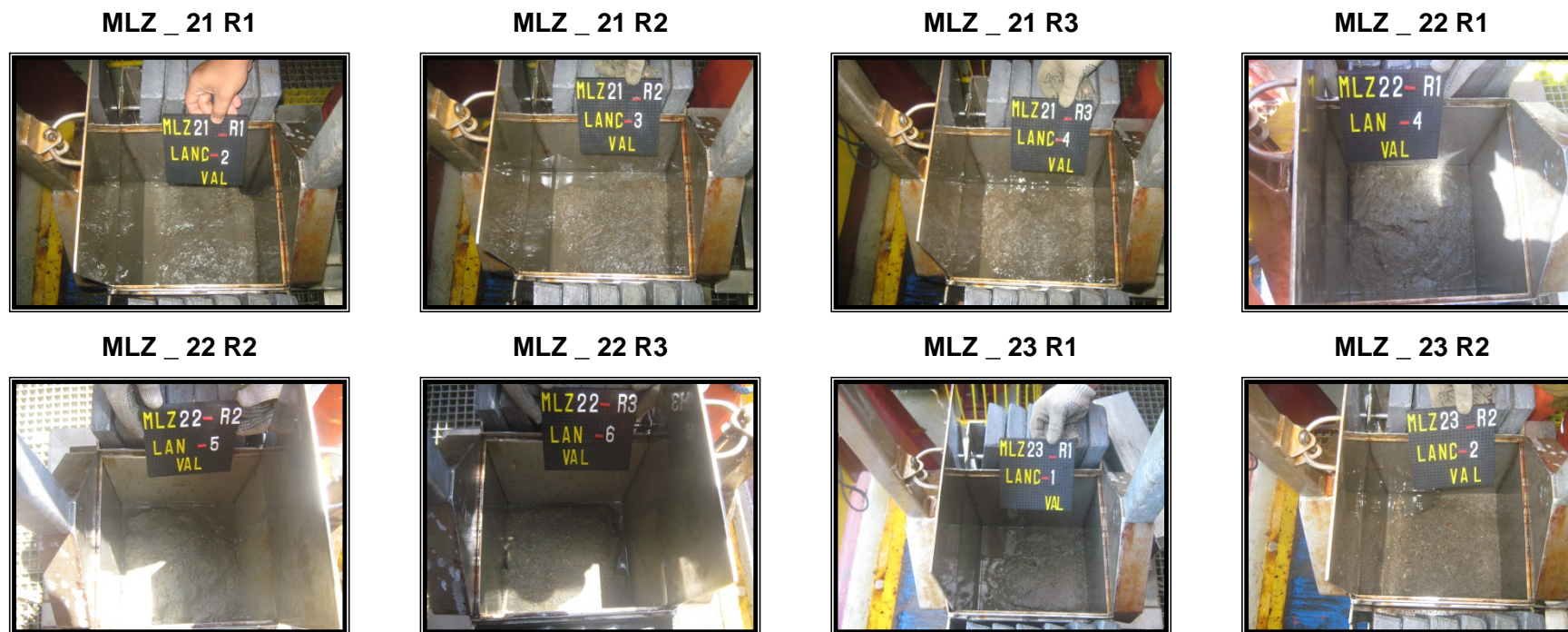
RS-BS - AS _ 20 R2



RS-BS - AS _ 20 R3



Figura VI.4.4-6 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de Merluza (MLZ).



MLZ _ 23 R3



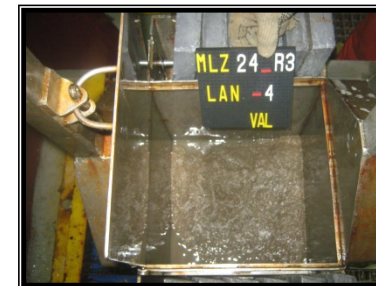
MLZ _ 24 R1



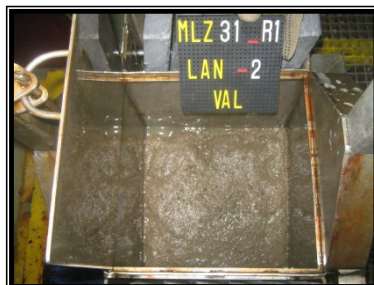
MLZ _ 24 R2



MLZ _ 24 R3



MLZ _ 31 R1



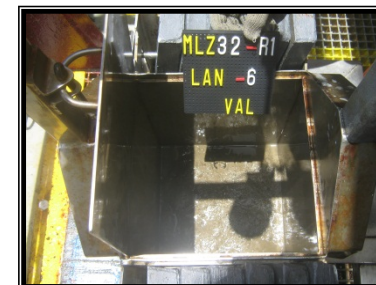
MLZ _ 31 R2



MLZ _ 31 R3



MLZ _ 32 R1



MLZ _ 32 R2



MLZ _ 32 R3



MLZ _ 33 R1



MLZ _ 33 R2



MLZ _ 33 R3



MLZ _ 34 R1



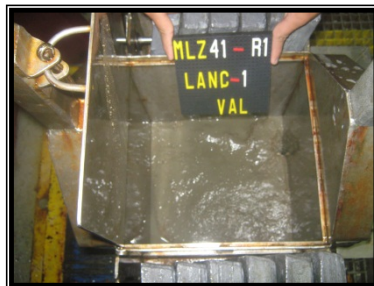
MLZ _ 34 R2



MLZ _ 34 R3



MLZ _ 41 R1



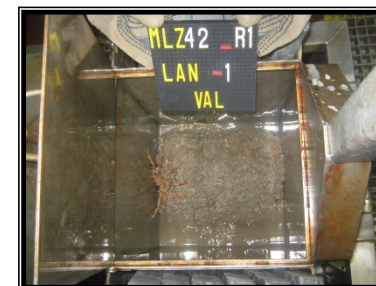
MLZ _ 41 R2



MLZ _ 41 R3



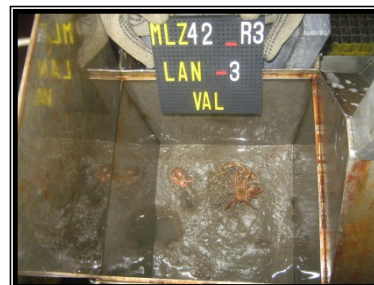
MLZ _ 42 R1



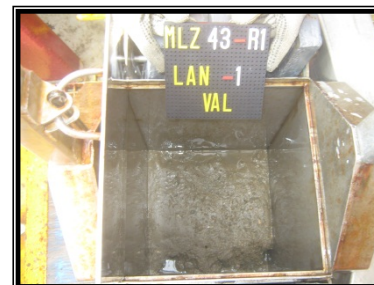
MLZ _ 42 R2



MLZ _ 42 R3



MLZ _ 43 R1



MLZ _ 43 R2



MLZ _ 43 R3



MLZ _ 44 R1



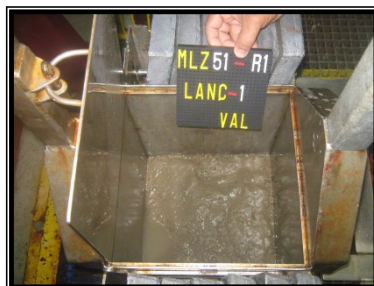
MLZ _ 44 R2



MLZ _ 44 R3



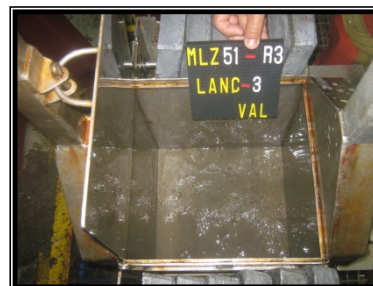
MLZ _ 51 R1



MLZ _ 51 R2



MLZ _ 51 R3



MLZ _ 52 R1



MLZ _ 52 R2



MLZ _ 52 R3



MLZ _ 53 R1



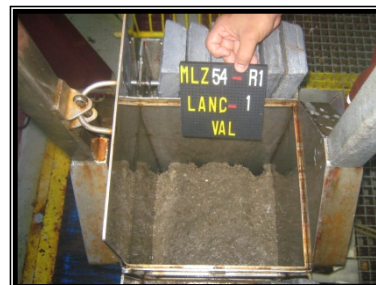
MLZ _ 53 R2



MLZ _ 53 R3



MLZ _ 54 R1



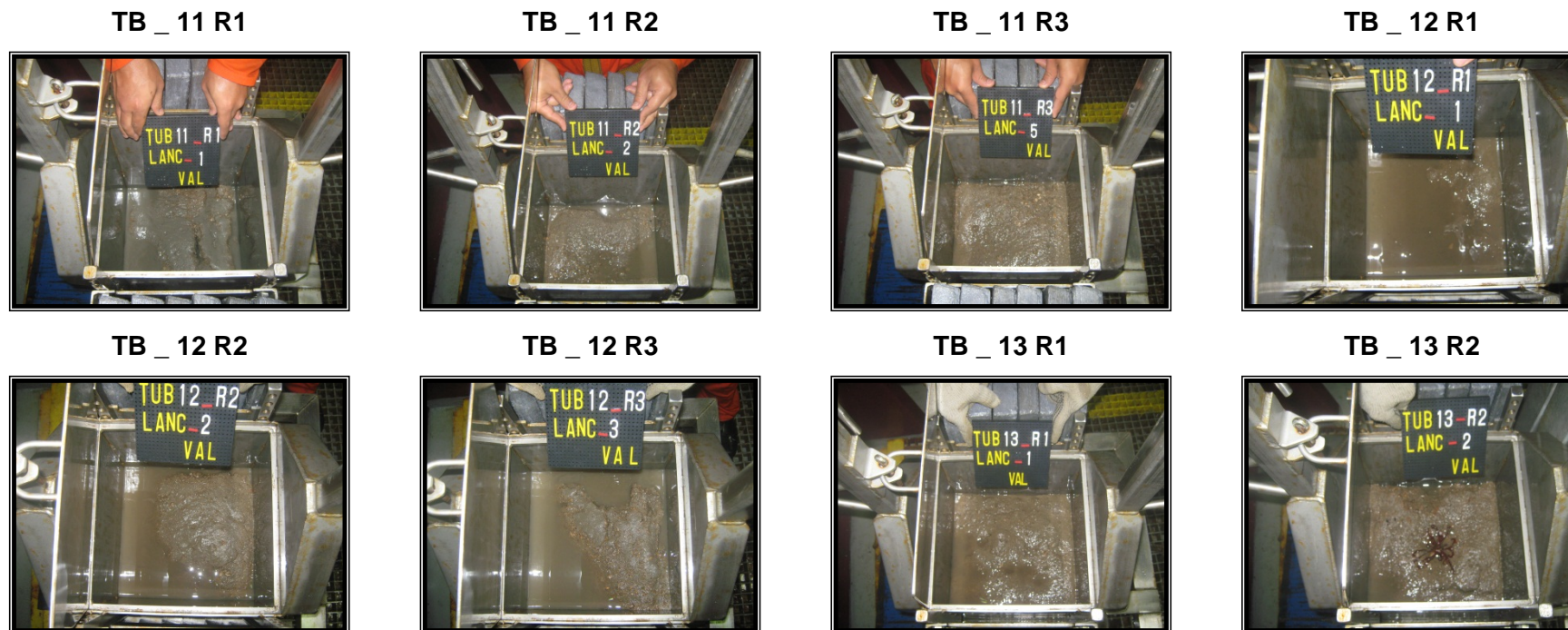
MLZ _ 54 R2



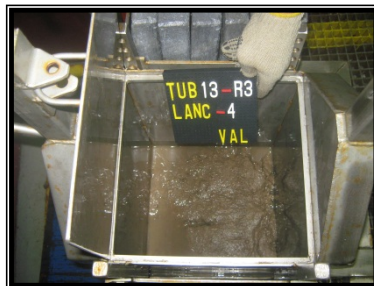
MLZ _ 54 R3



Figura VI.4.4-7 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de Tubarão (TB).



TB _ 13 R3



TB _ 14 R1



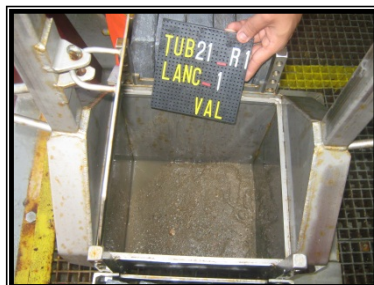
TB _ 14 R2



TB _ 14 R3



TB _ 21 R1



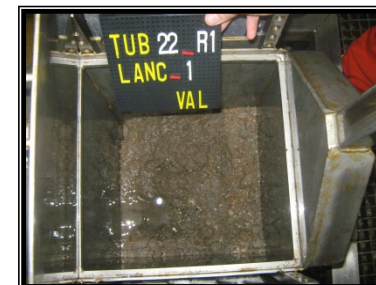
TB _ 21 R2



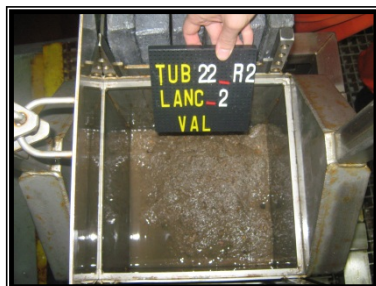
TB _ 21 R3



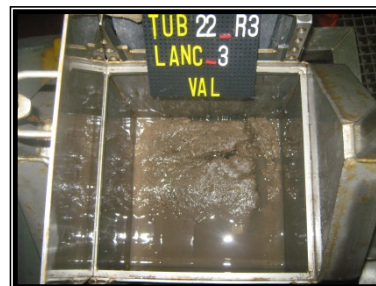
TB _ 22 R1



TB _ 22 R2



TB _ 22 R3



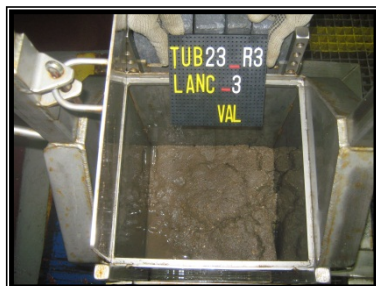
TB _ 23 R1



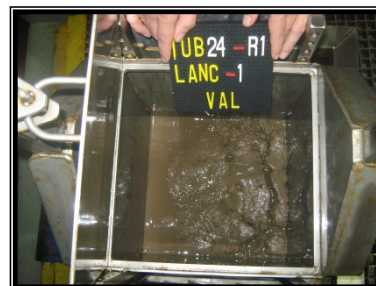
TB _ 23 R2



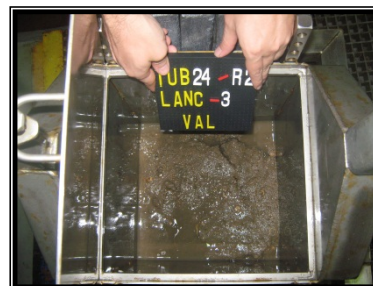
TB _ 23 R3



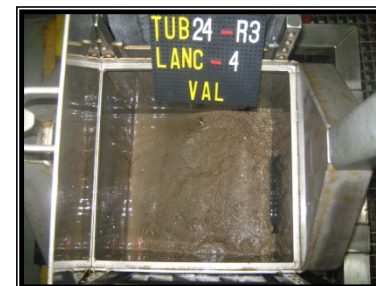
TB _ 24 R1



TB _ 24 R2



TB _ 24 R3



TB _ 31 R1



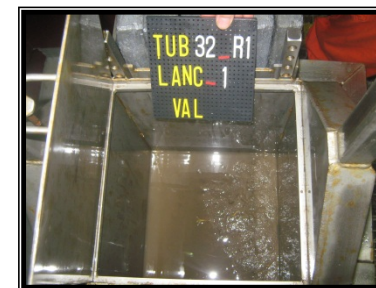
TB _ 31 R2



TB _ 31 R3



TB _ 32 R1



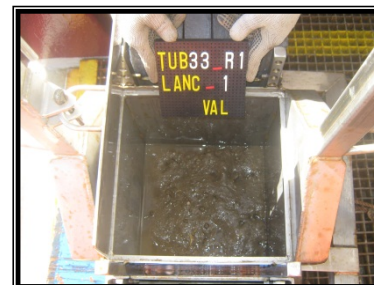
TB _ 32 R2



TB _ 32 R3



TB _ 33 R1



TB _ 33 R2



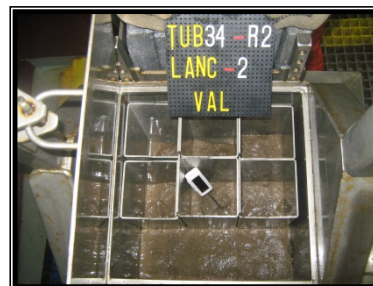
TB _ 33 R3



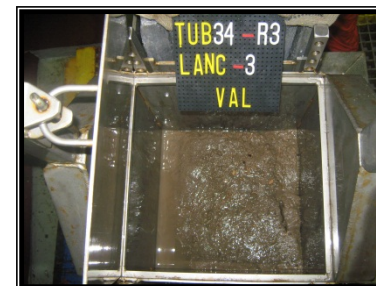
TB _ 34 R1



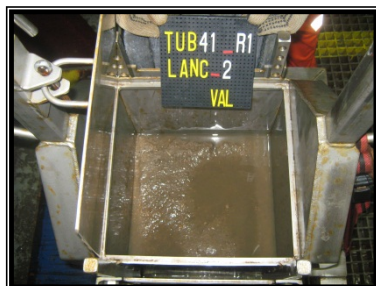
TB _ 34 R2



TB _ 34 R3



TB _ 41 R1



TB _ 41 R2



TB _ 41 R3



TB _ 42 R1



TB _ 42 R2



TB _ 42 R3



TB _ 43 R1



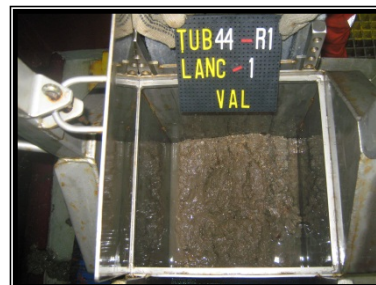
TB _ 43 R2



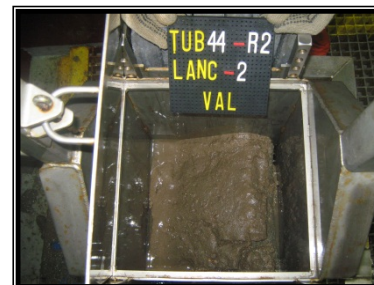
TB _ 43 R3



TB _ 44 R1



TB _ 44 R2



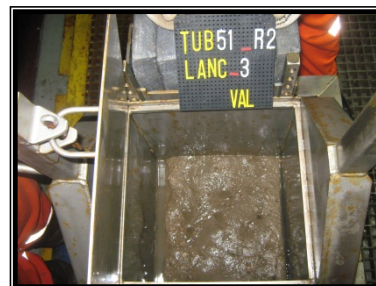
TB _ 44 R3



TB _ 51 R1



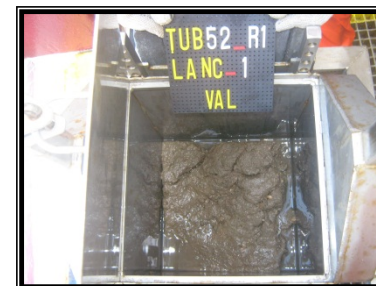
TB _ 51 R2



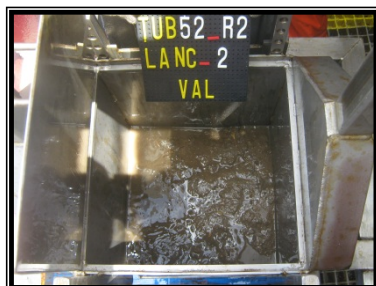
TB _ 51 R3



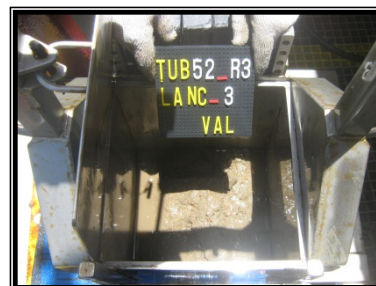
TB _ 52 R1



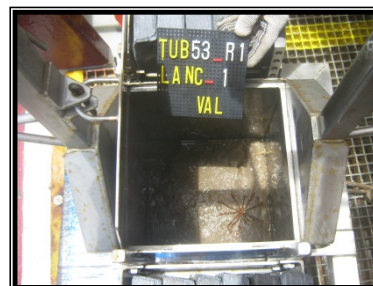
TB _ 52 R2



TB _ 52 R3



TB _ 53 R1



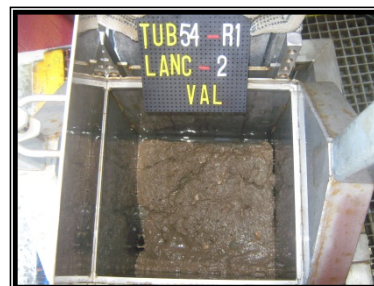
TB _ 53 R2



TB _ 53 R3



TB _ 54 R1



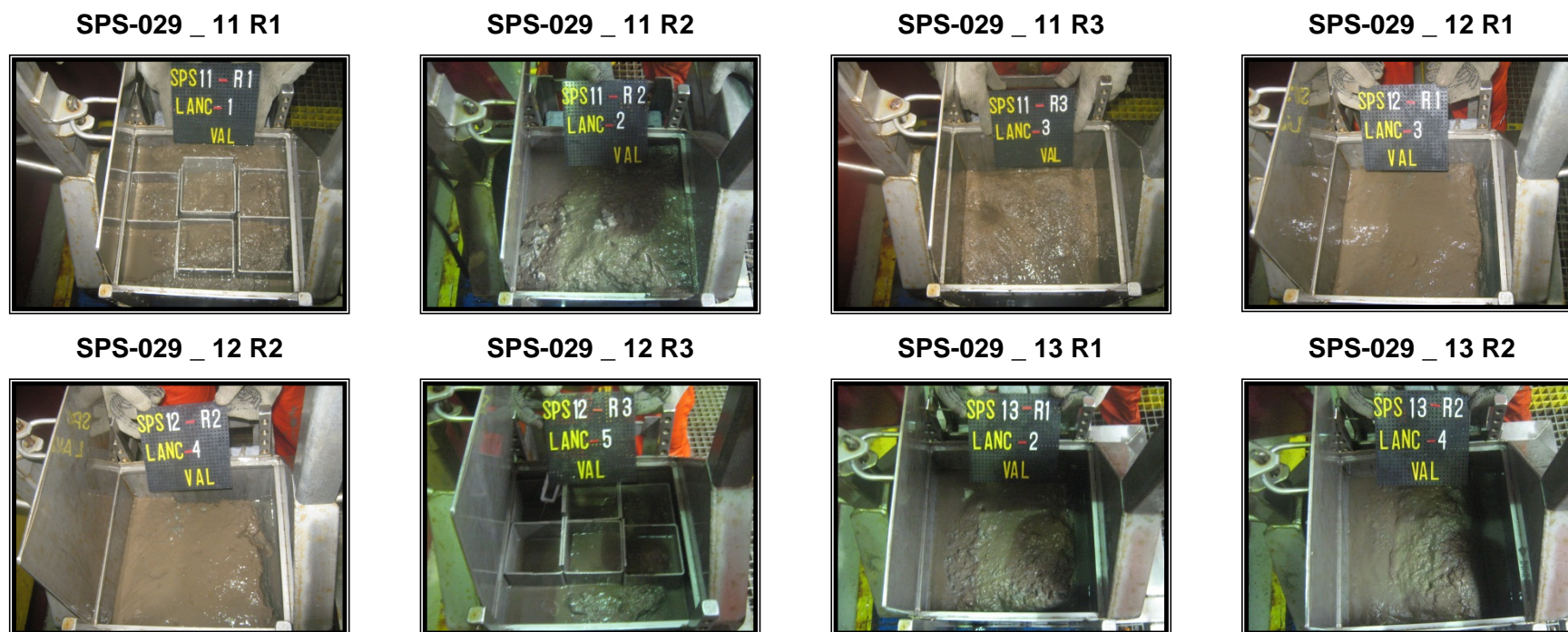
TB _ 54 R2



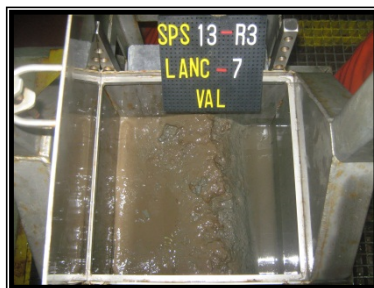
TB _ 54 R3



Figura VI.4.4-8 - Registro fotográfico das amostras válidas no campo de SPS-029 (SPS29).



SPS-029 _ 13 R3



SPS-029 _ 14 R1



SPS-029 _ 14 R2



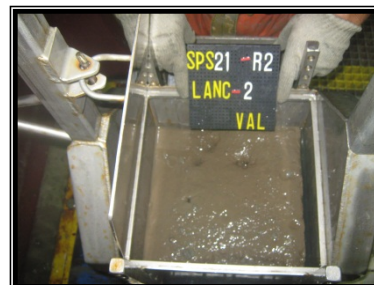
SPS-029 _ 14 R3



SPS-029 _ 21 R1



SPS-029 _ 21 R2



SPS-029 _ 21 R3



SPS-029 _ 22 R1



SPS-029 _ 22 R2



SPS-029 _ 22 R3



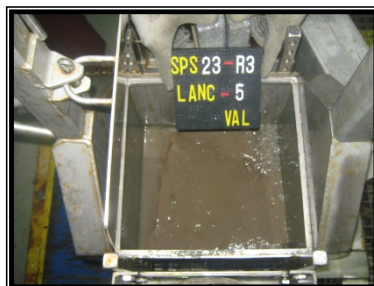
SPS-029 _ 23 R1



SPS-029 _ 23 R2



SPS-029 _ 23 R3



SPS-029 _ 24 R1



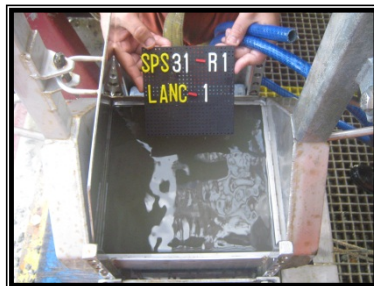
SPS-029 _ 24 R2



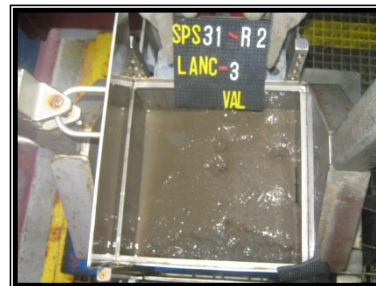
SPS-029 _ 24 R3



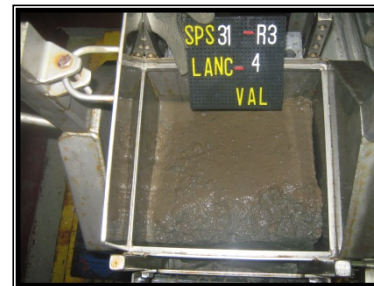
SPS-029 _ 31 R1



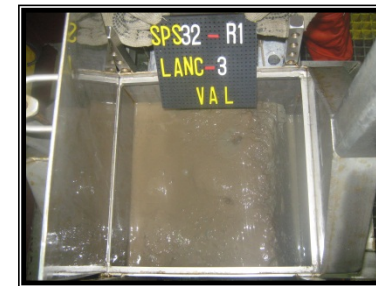
SPS-029 _ 31 R2



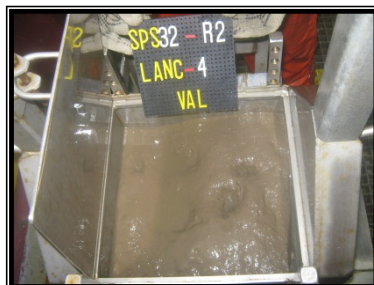
SPS-029 _ 31 R3



SPS-029 _ 32 R1



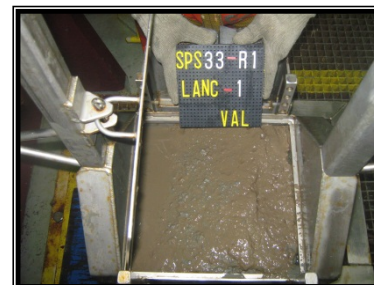
SPS-029 _ 32 R2



SPS-029 _ 32 R3



SPS-029 _ 33 R1



SPS-029 _ 33 R2



SPS-029 _ 33 R3



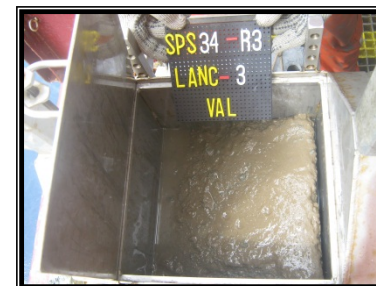
SPS-029 _ 34 R1



SPS-029 _ 34 R2



SPS-029 _ 34 R3



SPS-029 _ 41 R1



SPS-029 _ 41 R2



SPS-029 _ 41 R3



SPS-029 _ 42 R1



SPS-029 _ 42 R2



SPS-029 _ 42 R3



SPS-029 _ 43 R1



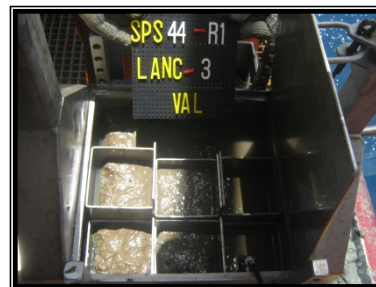
SPS-029 _ 43 R2



SPS-029 _ 43 R3



SPS-029 _ 44 R1



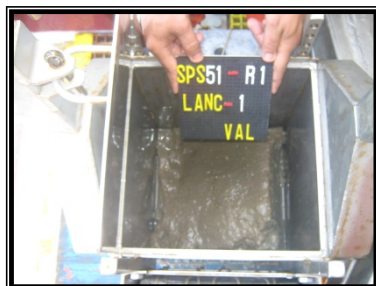
SPS-029 _ 44 R2



SPS-029 _ 44 R3



SPS-029 _ 51 R1



SPS-029 _ 51 R2



SPS-029 _ 51 R3



SPS-029 _ 52 R1



SPS-029 _ 52 R2



SPS-029 _ 52 R3

Amostra sem registro
fotográfico

SPS-029 _ 53 R1



SPS-029 _ 53 R2



SPS-029 _ 53 R3



SPS-029 _ 54 R1



SPS-029 _ 54 R2



SPS-029 _ 54 R3



VI.4.5 - Tratamento da Amostra a Bordo

Ao chegar ao convés o amostrador foi aberto e a água superficial contida no amostrador foi cuidadosamente drenada com o auxílio de um sifão (figura VI.4.5-1). Posteriormente a amostra foi submetida a uma avaliação visual para verificação dos critérios de aceitação estabelecidos no item VI.4.3. É importante mencionar que todo o material drenado foi descartado.



Figura VI.4.5-1 - Drenagem do sobrenadante no amostrador.

Para todas as amostras válidas foram feitos registros fotográficos do sedimento e dos testemunhos (figura VI.4.5-2 A e B). Uma sucinta descrição das características físicas do sedimento foi registrada na planilha de campo.

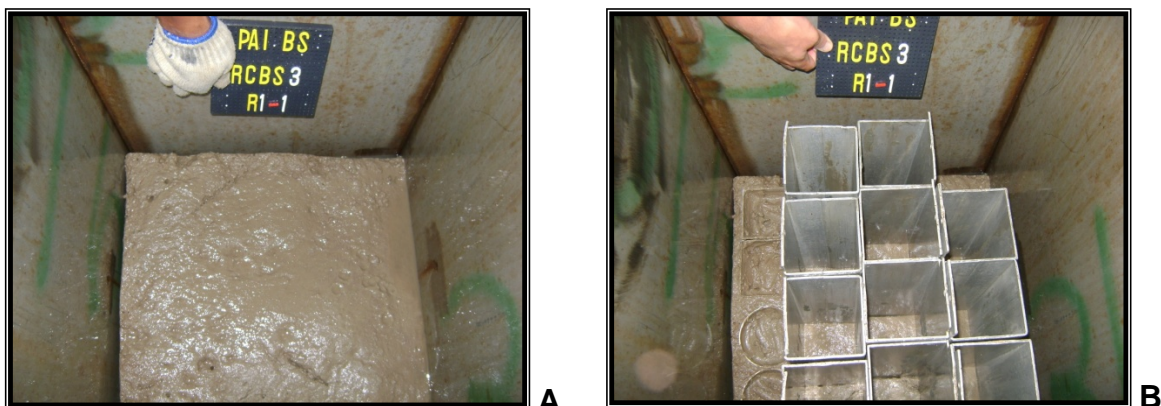


Figura VI.4.5-2 - A – Registro fotográfico das amostras, B – Amostra com testemunhos.

Após a validação da amostra, o primeiro parâmetro a ser mensurado foi a temperatura do sedimento. Para tal foi utilizado um termômetro colocado ao lado dos testemunhos (figura VI.4.5-3).



Figura VI.4.5-3 - Aferição da temperatura do sedimento com termômetro de mercúrio.

Em seguida foram introduzidos os testemunhos de 10 x 10 cm, previamente descontaminados, que posteriormente foram retirados e estratificados (figura VI.4.5-4 A e B). A camada anóxica foi visualizada durante esse processo.

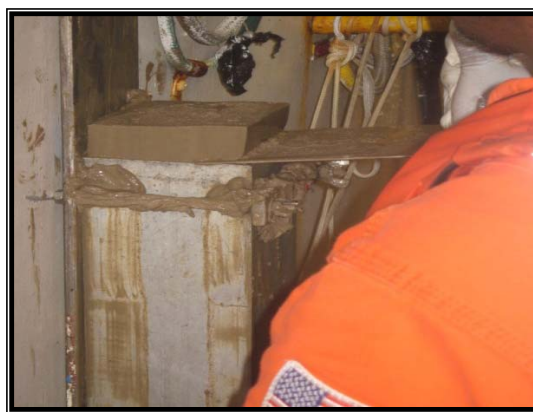


Figura VI.4.5-4 - A – Colocação dos testemunhos e gabaritos na amostra; B – Processo de estratificação das amostras.

Todas as estações definidas nas malhas amostrais foram amostradas em triplicata. Em todas as amostras foram retiradas alíquotas de sedimento para análises de parâmetros físico-químicos e da comunidade bentônica.

Foram obtidos também dados meteorológicos e oceanográficos a seguir: direção e velocidade do vento, temperatura, pluviosidade, umidade, pressão atmosférica, altura das ondas, sentido e velocidade da corrente.

VI.4.6 - Sedimentologia e Química do sedimento

Para determinação do potencial redox e pH foi utilizado um pHmetro portátil cuja sonda, previamente calibrada em terra, foi introduzida nos primeiros 5 cm do sedimento (figura VI.4.6-1). Entre uma medição e outra, a sonda foi devidamente limpa com água destilada e lenços de papel.



Figura VI.4.6-1 - Medição de potencial redox *in situ* com auxílio de um pHmetro.

As amostras para análise de metais (Fe, Al, Ba, Cu, Cr, Pb, Cd, Zn, Ni, V, Hg e Mn) foram retiradas do estrato superficial do sedimento (0 - 2 cm). Foram coletados cerca de 100g de sedimento com o auxílio de uma espátula de plástico descartável. As amostras assim coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos previamente descontaminados (figura VI.4.6-2 A e B). Além dessas, por segurança, em todas as réplicas foram coletadas amostras destinadas a análise de contraprovas. Após a coleta, as amostras foram imediatamente congeladas e mantidas assim até o momento da análise.



A



B

Figura VI.4.6-2 - A – Coleta de sedimento para análise de metais; B – Acondicionamento da amostra em sacos plásticos.

As amostras, com aproximadamente 200g de sedimento, foram coletadas dos 2 cm da superfície para determinação de HPAs, n-alcanos, MCNR e HTPs. Para tal, foram utilizados um gabarito e uma colher de aço inox (figura VI.4.6-3 A), previamente descontaminados com acetona e n-hexano.

Em seguida as mesmas foram colocadas em recipientes de alumínio previamente descontaminados (figura VI.4.6-3 B). Os recipientes de alumínio, contendo a amostra, foram envolvidos em papel alumínio (figura VI.4.6-3 C) e mantidos sob congelamento (figura VI.4.6-3 D) até o momento da análise.

Em todas as réplicas foram coletadas amostras destinadas a contraprovas, para casos de necessidade de reanálise.

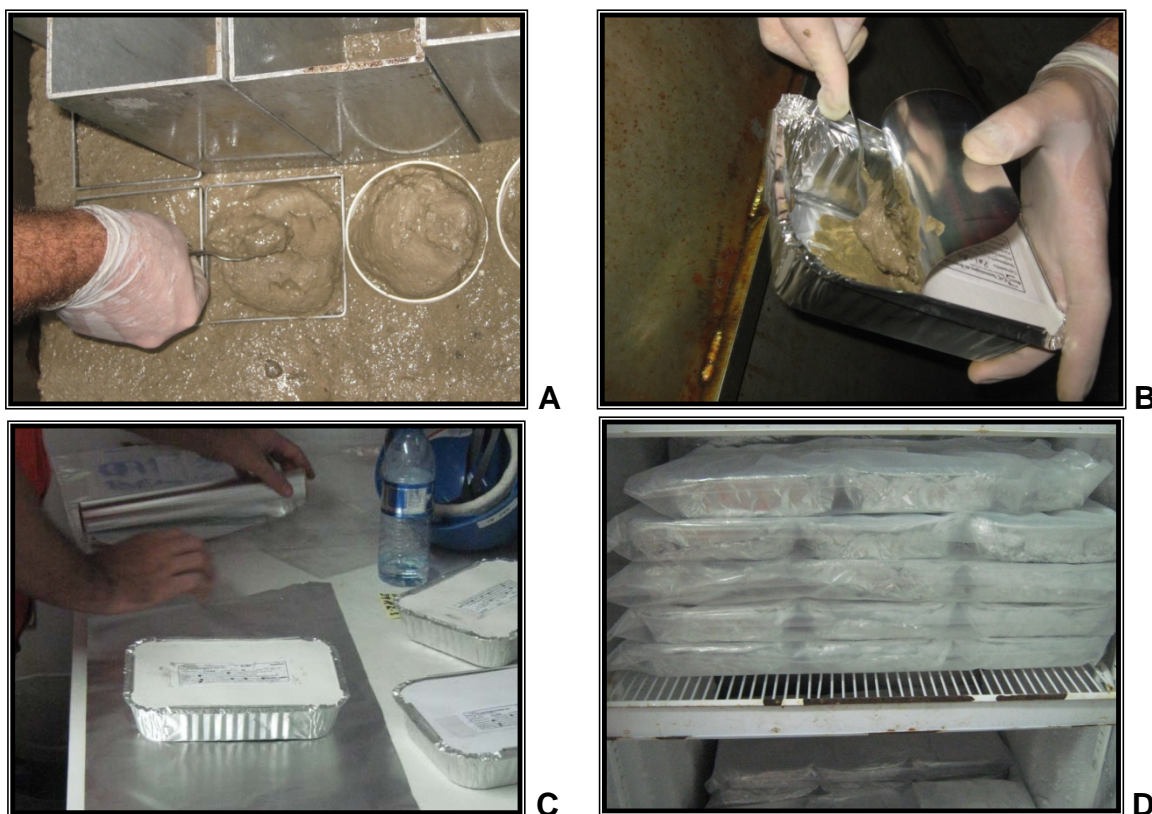


Figura VI.4.6-3 - A – Coleta das amostras com gabaritos e colher de metais, B – Acondicionamento das amostras em recipiente de alumínio, C – Armazenamento das amostras com papel alumínio, D – Amostras mantidas sob congelamento na embarcação.

As amostras, com cerca 100g cada, para determinação da matéria orgânica total e carbono orgânico total foram coletadas e fracionadas em três estratos (0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm) (figura VI.4.6-4 A). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e mantidos congelados até serem analisadas (figura VI.4.6-4 B).



A



B

Figura VI.4.6-4 - A – Estratificação das amostras destinadas a análise de matéria orgânica total e carbono orgânico total; B – Armazenamento das amostras em sacos plásticos e sob congelamento.

Para determinação de nitrogênio e fósforo total, uma amostra de 100g foi retirada para cada um dos estratos (0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm). As mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas congeladas até o momento da análise.

Para determinação da granulometria e do teor de carbonatos, um *corer* foi retirado do amostrador integrando os três estratos em uma só amostra contemplando de 0 - 10 cm (figura VI.4.6-5 A). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos (figura VI.4.6-5 B) e mantidas congeladas até a chegada ao laboratório.

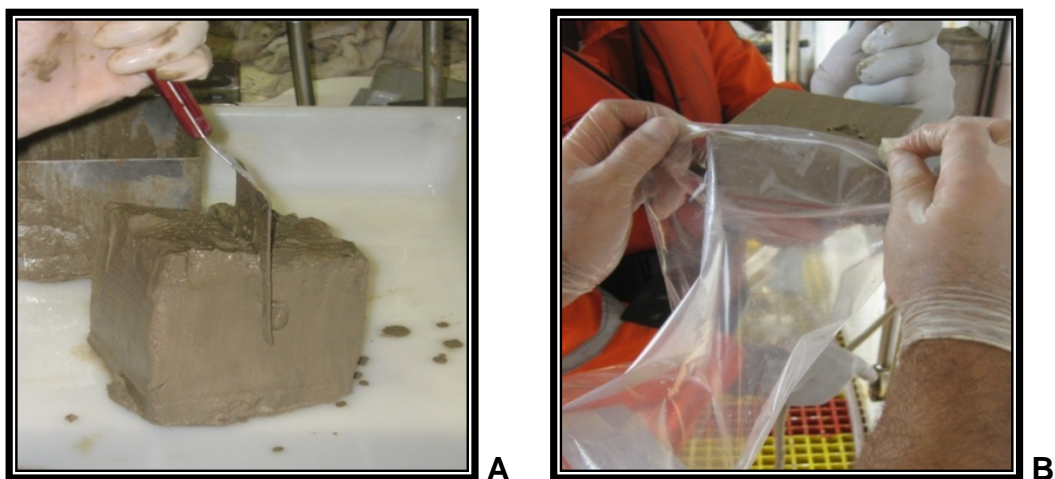


Figura VI.4.6-5 - A – Fracionamento da amostra para análise de granulometria e carbonatos; B – Acondicionamento das amostras em sacos plásticos.

VI.4.7- Macrofauna bentônica

VI.4.7.1 - Área da macrofauna bentônica - Área Profunda

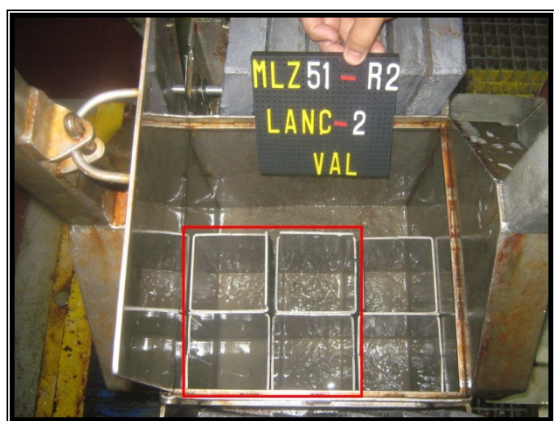
Em cada réplica foram coletados nove testemunhos de 10 x 10 cm perfazendo uma área de 900 cm² (30 x 30 cm) por 10 cm de profundidade no sedimento (figura VI.4.7.1-1). Posteriormente as mesmas foram fracionadas nos estratos de 0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm. Os organismos conspícuos pertencentes à área destinada a macrofauna foram retirados e armazenados em frascos separados para que se garantisse maior integridade dos mesmos.



Figura VI.4.7.1-1 - Área delimitada em vermelho destinada para coleta da macrofauna (30 x 30 cm) - Área Profunda.

VI.4.7.2 - Área da macrofauna bentônica - Área Rasa

Em cada réplica foi retirada uma área de 20 x 20 cm por 10 cm de profundidade (figura VI.4.7.2-1 A) de sedimento e estratificada nos estratos de 0 - 2, 2 - 5 e 5 - 10 cm. Os organismos conspicuos pertencentes à área destinada a macrofauna foram retirados e armazenados em frascos separados para que se garantisse maior integridade dos mesmos (figura VI.4.7.2-1 B).



A



B

Figura VI.4.7.2-1 - A – Área destinada para coleta da macrofauna (20 x 20 cm) - Área Rasa, B – Exemplos de organismos retirados da superfície das amostras.

VI.4.7.3 - Acondicionamento das amostras de macrofauna bentônica

Após o procedimento de coleta, as amostras de macrofauna bentônica foram acondicionadas em potes plásticos de 1 litro (figura VI.4.7.3-1 A). Vale ressaltar que as amostras foram armazenadas sem qualquer tipo de peneiramento e preservadas com formol a 4% (figura VI.4.7.3-1 B).

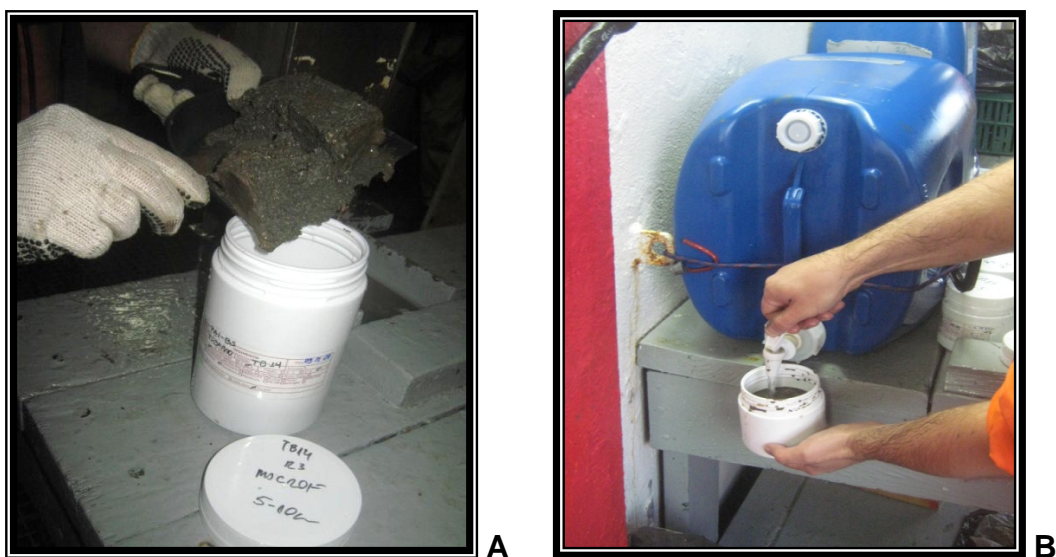


Figura VI.4.7.3-1 - A – Acondicionamento das amostras referente à macrofauna em potes plásticos, B – Preservação das amostras com formol a 4%.

Logo após a coleta, foi elaborada a cadeia de custódia das amostras e posteriormente os frascos foram vedados com fita isolante para evitar um possível vazamento de formol e amostra. Posteriormente, as amostras foram transferidas para engradados plásticos devidamente identificados até a chegada ao laboratório.

Após o desembarque todas as amostras foram conferidas e encaminhadas para seus respectivos locais de análise segundo cadeia de custódia previamente estabelecida, mantendo-se rigorosamente todos os procedimentos de preservação (temperatura ambiente ou congelamento) até a chegada ao laboratório (figura VI.4.7.3-2).



A



B

Figura VI.4.7.3-2 - A e B – Preservação das amostras para serem transportadas ao laboratório.

VI.4.8 - Contraprovas

Em todas as estações amostradas, tanto nos poços rasos como nos profundos, foram coletadas contraprovas para as análises químicas, (metais e hidrocarbonetos) nas três réplicas de cada estação, correspondente ao estrato de 0 - 2 cm. Os mesmos estão sendo mantidos congelados para futuras averiguações, ou em caso necessidade de repetição da análise. Todas as amostras encontram-se devidamente armazenadas na Bioconsult Ambiental Ltda.

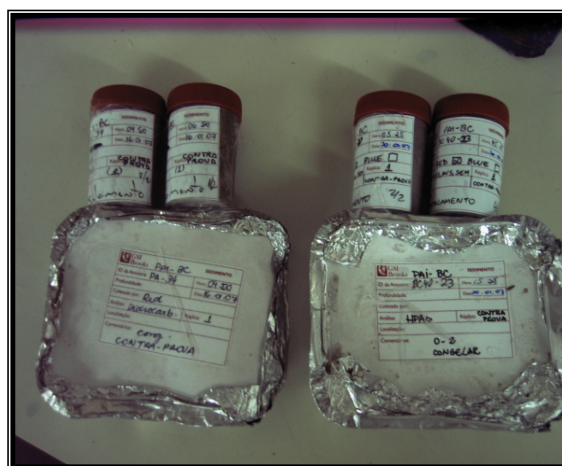


Figura VI.4.8-1 - Contraprovas – Amostras para análises químicas congeladas.

VI.4.9 - Parâmetros Avaliados

Os parâmetros selecionados para as avaliações dos impactos decorrentes das atividades de perfuração foram os seguintes:

Parâmetros Físico-Químicos

- Granulometria;
- Teor de carbonatos;
- Teor de matéria orgânica total;
- Carbono orgânico;
- Nitrogênio total;
- Fósforo total;
- Metais (Fe, Al, Ba, Cu, Cr, Pb, Cd, Zn, Ni, V, Hg e Mn);
- Hidrocarbonetos (n-alcanos, HPAs – 16 prioritários e alquilados; MCNR e HTP).

Parâmetros Biológicos

- Macrofauna:
 - Composição;
 - Riqueza;
 - Densidade;
 - Diversidade;
 - Equitabilidade;
 - Dominância.

VI.5 - Procedimentos de Laboratório

VI.5.1 - Análises Químicas

As amostras para análise dos contaminantes – Metais (Fe, Al, Ba, Cu, Cr, Pb, Cd, Zn, Ni, V, Hg e Mn) e Hidrocarbonetos (n-alcanos, HPAs – 16 prioritários e alquilados), matéria orgânica total, carbono orgânico, nitrogênio, fósforo e teor de carbonatos foram analisadas nos laboratórios da Eurofins - Innolab do Brasil.

VI.5.1.1 - Metais Totais e Mercúrio

As amostras de sedimento foram secas a 60°C e pulverizada a fração total em gral de porcelana.

A determinação dos metais totais em amostras de sedimento foi realizada pelo método de digestão ácida, sendo utilizada a Espectrometria de Absorção Atômica e Espectrometria de Emissão com Plasma Indutivamente Acoplado ICP-OES. Foram colocados 0,5 g da amostra com precisão de 0,1 mg na bomba de teflon e adicionado 9 mL de HNO₃ concentrado, 2 mL de HF concentrado e 2 mL de HCl concentrado. Esta foi fechada hermeticamente e levada à digestão em aparelho de micro-ondas (Commercial Microwave oven – Mod: BP-310) por 15 minutos, posteriormente 10 minutos na potência de 5% e em seguida 5 minutos na potencia de 10%. Após o resfriamento a amostra foi aberta e adicionada H₃BO₃.

Em seguida, a amostra foi transferida para frasco graduado de 50 mL, avolumada com água destilada e deionizada, homogeneizada e os metais foram determinados, com exceção do mercúrio, por ICP VARIAN - VISTA MPX - CCD SIMULTANEOUS ICP-OES (figura VI.5.1.1-1).



Figura VI.5.1.1 - Análise de metais utilizando o ICP-OES.

Para o mercúrio foram pesados 0,5 g da amostra na bomba de teflon e adicionado 9 mL de HNO_3 concentrado e 3 mL de HCl concentrado. Esta foi fechada hermeticamente e digerida em micro-ondas. Em seguida foi transferida para frasco graduado de 50 mL, avolumado com água destilada e deionizada e homogeneizada. O mercúrio foi determinado por geração de vapor frio em Absorção Atômica VARIAN Mod: AA – 275. A tabela VI.5.1.1-1 apresenta o resumo das metodologias utilizadas na análise dos metais totais.

Tabela VI.5.1.1-1 - Resumo das metodologias utilizadas nas análises de metais totais.

| Elementos | Digestão | Determinação (Geração de Vapor Frio) |
|---------------|----------|--------------------------------------|
| Mercúrio | EPA 3052 | APHA-AWWA-21ªEd -3112 B; |
| Outros metais | EPA 3052 | EPA 6010B |

VI.5.1.2 - Hidrocarbonetos

Os HPA's foram analisados de acordo com o protocolo USEPA 8270D (United States Environmental Protection Agency), EPA 3550B – *Ultrasonic extraction* (modificado) e EPA 3630C – *Silica gel clean up* (modificado).

As amostras de sedimento foram secas, adicionadas *surrogate* e extraídas com uma mistura de Hexano:Tolueno (1:1) em ultra-som a 40°C durante 45 minutos.

Após repouso e resfriamento, foram retiradas alíquotas de 5 mL do extrato e concentrado a um volume de 0,5 mL. A seguir foi realizada a purificação do extrato, através de *clean up* com sílica gel (colunas prontas da “J. T. Backer”). Em seguida, os extratos (volume de 0,5 mL) foram transferidos para vials e injetados 3 µL através do amostrador automático, diretamente em cromatógrafo gasoso com detecção em espectrômetro de massa - CG-MS do Tipo Íon Trap (figura VI.5.1.2-1). Através deste procedimento foi feita a análise dos 16 HPAs considerados prioritários pela Environmental Protection Agency.



Figura VI.5.1.2-1 - Análise de HPA utilizando o CG-MS.

Para determinação dos alquilados a metodologia de preparação da amostra foi a mesma dos HPAs, sendo que a rampa cromatográfica, para somente os HPAs (16 prioritários) é de 15 minutos, e para os HPAs (16 prioritários) mais os alquilados, são utilizados 30 minutos no sistema GC-MS para quantificação. Os compostos determinados foram: Naftaleno, 2-MetilNaftaleno, 1-MetilNaftaleno, C2-Naftaleno, C3-Naftaleno, C4-Naftaleno, Acenaftileno, Acenafteno, Fluoreno, C1-Fluoreno, C2-Fluoreno, C3-Fluoreno, Dibenzotiofeno, C1-Dibenzotiofenos, C2-Dibenzotiofenos, C3-Dibenzotiofenos, Fenantreno, C1-Fenantrenos, C2-Fenantrenos, C3-Fenantrenos, C4-Fenantrenos, Antraceno, Fluoranteno, Pireno, C1-Pirenos, C2-Pirenos, Benzo(a)antraceno, Criseno, C1-Crisenos, C2-Crisenos, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(k)fluoranteno, Benzo(a)pireno, Perileno, Indeno(1,2,3,cd)Pireno, Dibenzo(a,h)antraceno, Benzo(g,h,i)perileno.

VI.5.1.2.1 - Controle de Qualidade da Análise (HPAs + Alquilados)

Foi feito 1 branco a cada 10 amostras. Foi adicionado em cada amostra um padrão *surrogate* d12-perileno e d14-p-terfenil (para verificar a recuperação) e um padrão interno d8-Naftaleno, d10-Acenafteno e d10-Fenantreno (para a quantificação).

A determinação dos hidrocarbonetos totais de petróleo (HTPs) foi realizada segundo o preconizado no método ISO 16703.

VI.5.1.3 - n-Alcanos - C5 a C7

Para a determinação da série C5 a C7 foram utilizadas as metodologias EPA 8260C: 2006 – *Volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry* (CG/MS), EPA 3810: 1986 – *Headspace*, EPA 5021A: 2003 – *Volatile Organic Compounds in Various Sample matrices using equilibrium Headspace Analysis*.

Cerca de 10 g da amostra foram transferidos para um frasco “head space” com capacidade de 20 mL, de modo a preencher o recipiente até a metade, em seguida foi adicionada à solução padrão interno e padrão *surrogate*.

O “head space” foi transferido, por meio de um amostrador automático, para um sistema de agitação e aquecimento a 70°C, por 15 minutos. Esse período de incubação da amostra permite o equilíbrio das fases vapor/líquido ou vapor/sólido. Uma alíquota de 1 mL da fase gasosa foi injetada diretamente na coluna capilar DB-5MS, acoplada a um espectrômetro de massa do tipo “Íon Trap” (GC-MS). A quantificação foi realizada com a técnica de padronização interna utilizando o padrão deuterado (d10-orto-xileno).

VI.5.1.3.1 - Controle de qualidade da análise (n-Alcanos C5 – C7)

Foram feitos dois brancos a cada 10 amostras. Em cada amostra foi adicionado um padrão *surrogate* 2,5-dibromotolueno (para verificar a recuperação) e um padrão interno d10-o-xileno (para a quantificação). Todos os padrões analíticos são certificados e rastreáveis.

VI.5.1.4 - n-Alcanos – C8 a C40

Para a determinação da série C8 a C40 as metodologias empregadas foram ISO16703:2004 – Soil Quality – Determination of Mineral Oil Content by Gás Chromatography, EPA 3630C: 1996 – *Silica gel clean up* (modificado), EPA 8015D: 2003 - *Nonhalogenated Organics Using GC-FID*.

Foram pesados 20 g da amostra *in natura*. Em seguida adicionado *surrogate*, 20 mL de acetona e 10 mL de solvente de extração n-hexano. A mistura foi colocada em banho ultra-sônico a 40°C por 30 minutos. Depois de fria, foram adicionados 30 mL de água ultra pura (Millipore) e homogeneizada por um minuto. Após a separação das fases, a fase orgânica, foi transferida com pipeta, para o tubo de ensaio e lavada com água ultra pura (Millipore). Para a eliminação de interferentes, foi realizado um *clean up*, por meio de agitação com sílica gel.

Posteriormente, foram concentrados 5 mL do extrato em tubo de ensaio até 0,8 mL (usando um sistema de concentração a vácuo) e transferido para vial. Uma alíquota de 1 µL do extrato foi injetada na coluna capilar DB-5MS no cromatógrafo em fase gasosa com detector de Ionização de chama - CG/FID – (figura VI.5.1.4-1). A quantificação é feita com a técnica de padronização externa, utilizando os padrões certificados de n-alcenos. A determinação dos hidrocarbonetos totais de petróleo (HTPs) foi realizada segundo o preconizado nos métodos ISO 9377-2 e ISO 16703.



Figura VI.5.1.4 -1- Análise de n-alcenos utilizando o CG-FID.

VI.5.1.4.1 - Controle de qualidade da análise (n-Alcanos C8 – C40)

Para os n-alcenos (C8-C40) foi feito 1 branco a cada 10 amostras. Foi adicionado em cada amostra, 100 µL do padrão *surrogate o-Terfenil* (para verificar a recuperação). Todos os padrões analíticos são certificados e rastreáveis.

VI.5.1.5 - Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR)

A Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR) foi analisada de acordo o preconizado no método ISO 16703.

VI.5.1.6 - Matéria Orgânica Total

No laboratório os sedimentos são separados por via úmida na sua fração <2,0 mm, secos a uma temperatura de 60° C/~48 h, e posteriormente homogeneizados através de moinho de bolas e passados novamente em uma peneira de 125 µm visando à normalização do tamanho de partículas.

A matéria orgânica (Morg) no sedimento de fundo é calculada a partir da calcinação do sedimento a uma temperatura de 500° C/12 h. O teor de Morg é obtido por diferença entre a massa inicial e a final após calcinação [% Morg = [(PI-PF/PI) x 100]]; onde PI = peso inicial da amostra sem tratamento e PF= peso final da amostra.

Os valores são expressos em percentual (%) e a exatidão obtida com três repetições, realizadas a cada 10 amostras, deverá ser maior do que 95 %. *Standard Methods* (APHA-AWWA-21ª Ed.) 5310B.

VI.5.1.7- Carbono Orgânico Total

O carbono orgânico total foi determinado pelo método de digestão conforme descrito no *Standard Methods* (APHA-AWWA-21ª Ed.) 5310B.

Depois da descarbonatação, o carbono orgânico total (COT) foi determinado com oxidação à alta temperatura com persulfato e absorção do CO2 formado na reação (figura VI.5.1.7-1). Este método é validado com padrões / MRCs com rastreabilidade ao NIST.



Figura VI.5.1.7-1 - Análise de COT.

VI.5.1.8 –Fósforo (P), Nitrogênio (N)

A determinação do fósforo foi realizada através do método de digestão e de acordo com o descrito no *Standard Methods* (APHA-AWWA-21^a Ed.) 4500E. O nitrogênio foi analisado de acordo com o preconizado no método de referência *Standard Methods* (APHA-AWWA-21^a Ed.) 4500F.

VI.5.1.9 - Carbonatos

O carbonato total é determinado por diferença em uma amostra de sedimento tratada com HCl (1,0 N); (1 g:10 mL) à temperatura ambiente. Em geral este procedimento é repetido e o sobrenadante é armazenado para posterior análise do carbono orgânico lixiviado durante o tratamento. O conteúdo de carbonato é calculado seguindo a seguinte equação: Carbonato Total = $\{[(PI-PF/PI)] \times 100\}$; onde PI = peso inicial da amostra sem tratamento e PF= peso final da amostra após o tratamento com HCl.

Os valores são expressos em percentual (%) e a exatidão obtida com três repetições, realizadas a cada dez amostras, deverá ser maior do que 95 % - *Standard Methods* 2320B (adaptado) descrito no APHA-AWWA 21^a edição.

VI.5.2 - Análises Granulométricas

O cascalho foi classificado em peneiras acima de -1 fi de abertura de malha e seu teor determinado com base no peso total da amostra. A fração menor que -1 fi foi colocada para secar em estufa e fracionada. Por meio de quarteamento foi retirada uma alíquota de 30 g para análise (figura VI.5.2-1 A).

A granulometria foi determinada por peneiramento a seco em peneiras de abertura de -2 fi a 4 fi com intervalos de 0,5 fi (figura VI.5.2-1 B). A fração fina, de 5 a 12 fi foi analisada por pipetagem com adição de defloculante e velocidades de decantação calculadas para pesos específicos de $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ (figura VI.5.2-2 A)

A partir dos pesos retidos nas peneiras (figura VI.5.2-2 B) e das análises de pipetagem foram calculados os seguintes parâmetros da fração sedimentar: média (Md), mediana (Mz), desvio padrão (DP), assimetria, curtose (K); classificação por frequência (%) – cascalho, areia, silte, argila; textura segundo Wentworth (1922); classificação estatística (MUEHE, 1994); classificação do grau de seleção; classificação da curva de frequência; e classificação da assimetria.



A

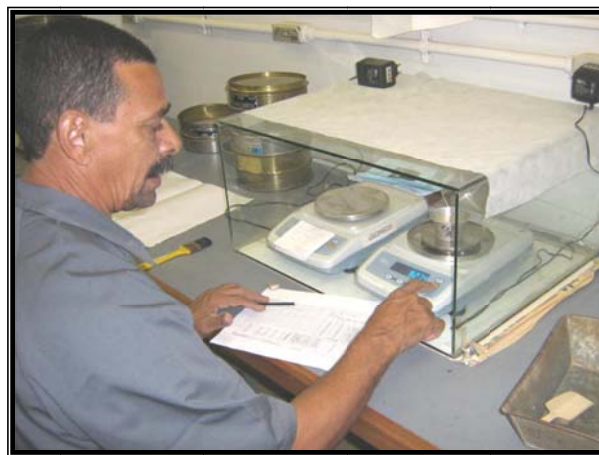


B

Figura VI.5.2-1 - A – Pesagem da alíquota de 30 g; B – Peneiramento da amostra em conjunto de peneiras de-2 fi a 4 fi.



A



B

Figura VI.5.2-2 - A – Pipetagem da fração fina; B – Pesagem das diferentes frações do sedimento.

VI.5.3 - Tratamento dos Dados

Nos poços de controle e áreas de referência os parâmetros sedimentológicos MOT, COT, nitrogênio total e fósforo total, foram avaliados nos estratos: 0 - 2 cm, 2 - 5 cm e 5 - 10 cm e os parâmetros carbonatos e granulometria foram avaliados no estrato 0 - 10 cm.

Para verificar a existência de diferenças estatísticas nos parâmetros sedimentológicos entre todas as amostras em cada um dos estratos avaliados foi utilizado o teste estatístico ANOVA ($P < 0,05$) – teste de Tukey. Vale ressaltar que antes da utilização do teste estatístico ANOVA ($P < 0,05$), foram realizados todos os testes de normalidade e homocedasticidade necessários.

Quanto a Homocedasticidade (homogeneidade de variâncias) foi usado o teste de Hartley $F_{\max} = S^2_{\max} / S^2_{\min}$ – Rejeita-se H_0 se $F_{\max} > F_{\alpha, k, v-1}$. Para normalidade usou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov (programa Statistica 7) que se baseia na máxima diferença entre a distribuição acumulada da amostra e distribuição acumulada esperada. Quando o valor calculado D é estatisticamente significativo (para $p = 0,05$) rejeita-se a hipótese que a distribuição estudada é normal. Os resultados obtidos em cada poço de controle das áreas profundas e rasas foram comparados as respectivas áreas de referência.

Nos contaminantes as análises foram realizadas somente no estrato de 0 - 2 cm. Para os metais foram feitas médias e desvio padrão para cada estação de amostragem, através dos valores obtidos em cada uma das réplicas. Dentre os metais analisados, o bário, presente em fluidos de perfuração na indústria de petróleo, tem sido utilizado como um dos indicadores de impacto desta atividade. Para verificação da existência de diferenças estatísticas nos teores de metais entre as estações, foi aplicado o teste ANOVA ($P < 0,05$), post hoc teste de Tukey.

Os resultados de metais obtidos também foram comparados com os valores de referência ISQGs (Canadian Sediment Guidelines), TEL (valor limiar de efeito) e PEL (valor de efeito provável) (valores de referência da Protection of Aquatic Life) e com a Resolução CONAMA 344 (25 de março de 2004).

O enriquecimento ou depleção dos metais no sedimento foi feito a partir do cálculo do fator de enriquecimento (FE) de elementos usando um elemento conservativo como referência (Fe ou Al) (RULE, 1986). Este fator é definido pela razão do Metal/Al na amostra dividido pela razão Metal/Al de um determinado valor de referência (Background), que neste trabalho será a média aritmética das réplicas da área de Referência Norte na Bacia de Santos (RN-BS). O cálculo do fator de enriquecimento segue a fórmula abaixo:

$$FE(me) = \frac{(C_{me} / C_{Al})_{amostra}}{(C_{me} / C_{Al})_{Background}}$$

Onde: C – Concentrações; me – Metais; Al – alumínio; FE – Fator de Enriquecimento.

Em função da variabilidade natural, considera-se que $0,5 \leq FE \leq 2$ como oriundos de contribuição natural, enquanto $FE > 2$ demonstra a contribuição antrópica ou de processos biológicos (GROUSSET *et al*, 1995).

Para os hidrocarbonetos (n-alcanos) foi calculado o Índice de Preferência de Carbono (IPC). Este índice se baseia na relação entre compostos pares e ímpares de carbono e é calculado como mostrado na equação abaixo (KILOPS & KILOPS, 2005):

$$IPC = \frac{1}{2} \left[\frac{(C25 + C27 + C29 + C31 + C33)}{(C24 + C26 + C28 + C30 + C32)} + \frac{(C25 + C27 + C29 + C31 + C33)}{(C26 + C28 + C30 + C32 + C34)} \right]$$

Valores de IPC indicam a origem das cadeias de carbono. Os valores próximos ou abaixo de 1,0 indicam origem petrogênica, quando associado às cadeias ímpares (FARRINGTON & TRIPP, 1977; PENDOLEY, 1992). Acima de cinco (5,0) ou muito próximo desse valor, evidencia a contribuição natural nas amostras predominantemente de plantas superiores (RIELEY *et al.*, 1991; HEDGES & PRAHL, 1993). O IPC acima de 1 e abaixo de 5, provavelmente indica uma mistura de fontes terrestres e micro-organismos marinhos e/ou matéria orgânica reciclada (KENNICUTT *et al.*, 1987).

No cálculo dos hidrocarbonetos adotou-se para os valores não detectados (nd) ou abaixo do limite de quantificação (< L.Q.) os seguintes valores:

- para HTP e MCNR: *nd* substituído por 0 e <2 mg/kg substituído por 1 mg/kg;
- para HPAs: *nd* substituído por 0 e <0,01 mg/kg substituído por 0,005 mg/kg;
- para n-alcanos: *nd* substituído por 0 e <10 µg/kg substituído por 5 mg/kg.

Com objetivo de se discutir as prováveis origens dos elementos nos sedimentos foram feitas as correlações entre os metais e os parâmetros sedimentológicos. Para avaliar a importância relativa dos suportes geoquímicos foi aplicada a Análise por Componentes Principais (ACP) aos resultados obtidos para o teor de metais totais, hidrocarbonetos, nitrogênio e fósforo totais, granulometria, carbonato, carbono orgânico e matéria orgânica em cada uma das áreas estudadas.

VI.5.4 - Análises Biológicas

VI.5.4.1 - Macrofauna

As amostras destinadas à análise da macrofauna de substrato móvel foram processadas nos laboratórios da Bioconsult Ambiental Ltda.

Inicialmente foi realizada a eliminação do formol das amostras. Para tal, foram utilizadas duas capelas com exaustão forçada, onde o meio conservante da amostra foi eliminado e recolhido em recipientes adequados para posterior descarte (figura VI.5.4.1-1 A). Durante todos os procedimentos de tratamento e peneiramento das amostras no laboratório, foram utilizados equipamentos de proteção individual (EPI), contando com luvas impermeáveis, aventais impermeáveis, jalecos, óculos de proteção e máscara de carvão ativado com dupla filtragem para os trabalhos realizados nas capelas (figura VI.5.4.1-1 B).



A



B

Figura VI.5.4.1-1 - A – Retirada do formol das amostras em capela com exaustão.; B – Utilização de EPI durante o tratamento das amostras.

Nas amostras de água profunda o procedimento de eliminação dos sedimentos mais finos foi realizado com peneiras com abertura de malha de 0,3 mm em cada um dos estratos e de 0,5 mm nas amostras de água rasa (figura VI.5.4.1-2 A).

A água utilizada para lavagem das amostras foi filtrada em malha de 0,2 mm colocada na ponta da mangueira, para evitar qualquer tipo de contaminação da mesma (figura VI.5.4.1-2 B). O material retido em cada uma das peneiras foi separado em potes, conservado em álcool a 70%, identificado e enviado para triagem (figura VI.5.4.1-2 C, D e E). Além da identificação da etiqueta, cada pote recebeu uma identificação por cores – amarelo para malha de 0,5 mm e vermelho para malha de 0,3 mm (figura VI.5.4.1-2 F).



Figura VI.5.4.1-2 - A – Retirada das amostras dos potes; B – Retirada dos sedimentos finos com água filtrada em malha de 0,3 mm; C – Conferência com a etiqueta interna; D – Colocação do material retido nas peneiras em potes; E – Fixação da amostra; F – Identificação nos potes por malha e cores.

VI.5.4.2 - Triagem Detalhada

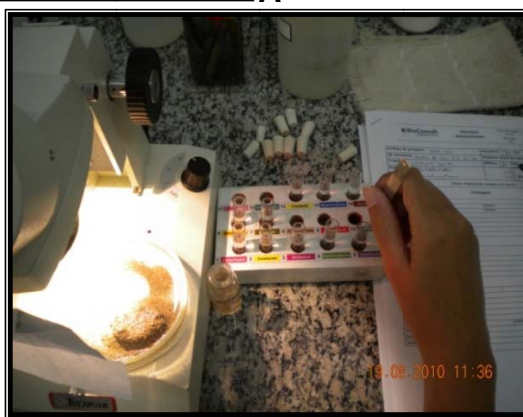
As amostras retidas nas diferentes malhas foram submetidas à triagem sob magnificação com auxílio de um microscópio estereoscópico (figura VI.5.4.2-1 A e B). Os animais foram classificados e separados em grandes grupos, acondicionados em frascos devidamente rotulados e enviados para a identificação taxonômica por especialistas (figura VI.5.4.2-1 C).



A



B



C

Figura VI.5.4.2-1 - A – Vista geral do laboratório; B – Procedimento de triagem com microscópio estereoscópico; C – Separação dos organismos por táxon.

VI.5.4.3 - Identificação Taxonômica

Os organismos da macrofauna foram enviados para especialistas de cada um dos grupos determinados para a identificação: Mollusca, Crustacea, Annelida-Polychaeta e Echinodermata.

Os animais foram classificados nos níveis taxonômicos mais baixos. A identificação taxonômica foi feita com base nas informações disponíveis sobre os grupos. Por este motivo, em alguns casos, recorreu-se à tipagem de certos animais. É importante mencionar que o nível do detalhamento taxonômico reflete as características do grupo zoológico em questão (riqueza de espécies e abundância), o conhecimento dos especialistas, o ambiente que está sendo estudado e o tempo disponível para a execução do trabalho. Por estes motivos, em alguns casos e em alguns grupos, as espécies não são determinadas.

VI.5.4.4 - Tratamento dos Dados

Os valores obtidos a partir das contagens feitas durante a triagem e a identificação taxonômica foram transformados em uma matriz binária de presença e ausência a partir da qual foram calculados os parâmetros qualitativos da macrofauna: inventário dos táxons, riqueza, expressa pelo número de táxons por estação, número de ocorrências para a estação e para a área.

Para a avaliação quantitativa os mesmos valores foram padronizados em indivíduos por metro quadrado, tomando-se por base a área do amostrador. Posteriormente foram calculados os seguintes parâmetros: densidade (ind.m^{-2}); diversidade – $H' \log_2$ (SHANNON & WIENER, 1949); equitabilidade – J' (PIELOU, 1975) e a dominância – D (SIMPSON, 1949).

Com o intuito de proceder à análise de cada área e das áreas de referência com seus respectivos controles foi empregada a análise de agrupamento utilizando-se o índice de Sorensen para os dados qualitativos, e de Bray-Curtis (BRAY & CURTIS, 1957) para os quantitativos transformados com base na raiz

quadrada do número de indivíduos. Em ambos os casos foi utilizado o método de agrupamento pela média (LUDWIG & REYNOLDS, 1988).

Os agrupamentos foram testados, quando pertinente, pela análise de similaridade - ANOSIM e pela análise de percentual de similaridade - SIMPER (CLARKE, 1993). As diferenças entre amostras, quando necessário, foram avaliadas pela prova não-paramétrica de Kruskal-Wallis (SIEGEL, 1975).

Na avaliação das interações espaciais entre variáveis granulométricas e os índices biológicos foi empregada a análise de multi escalonamento não métrico (nMDS) como o preconizado por Ludwig & Reynolds (1988).

VI.5.5 - Análise Integrada

A interpretação dos dados oriundos de campanhas de amostragem da biota marinha é facilitada pela aplicação adequada de técnicas de análise desses dados. A escolha da técnica de análise é diretamente ligada ao objetivo do estudo e a estratégia amostral utilizada. Neste estudo foram utilizadas análises multivariadas, para avaliar a possível alteração das estruturas biótica e abiótica do compartimento bentônico nas áreas de atividades dos poços de controle localizados nas áreas rasas e profundas.

Os resultados obtidos foram comparados as respectivas áreas de referência. Para isso foram analisadas duas planilhas: uma de variáveis ecológicas (abióticas + índices biológicos globais) e outra de densidades de organismos bentônicos. Ambas as planilhas reuniram os dados das áreas de referência e dos poços de controle.

No presente estudo foram aplicadas duas técnicas de análises:

- **Análise de componentes principais (ACP)** - utilizada para analisar de maneira integrada a estrutura abiótica sobre a matriz de correlação das variáveis físico-químicas (variáveis ativas). As variáveis bentônicas foram projetadas *a posteriori* no plano fatorial como variáveis suplementares, sem interferência no cálculo dos autovetores (eixos

fatoriais). Suas posições no plano permitem avaliar e interpretar seu grau de relacionamento com a estrutura abiótica.

A significância das variáveis na explicação dos eixos foi obtida quando o valor das suas coordenadas no eixo for superior a $(2/m)^{0.5}$, valor limite correspondendo a uma contribuição equilibrada de todas as variáveis envolvidas (sendo m o número de variáveis).

Foi calculada a Contribuição Equilibrada (CE) das variáveis ativas pela fórmula $CE = (2/m)^{0.5}$, onde m é o número de variáveis. Segundo Legendre & Legendre, (1998), se todas as variáveis tivessem igual contribuição à variância dos eixos I e II, elas teriam coordenada igual a CE (em módulo), ou seja, igual a $(2/12)^{0.5} = 0,408$, nesse caso. Consequentemente, as variáveis cuja coordenada nos eixos é igual ou superior a 0,408 (em módulo) são consideradas significativas para explicar os eixos.

A comparação das estruturas e das inter-relações do sistema bentônico e sedimentar entre os poços de controle e as áreas de referência foi realizada através da análise de ordenação: componentes principais - ACP e fatorial de correspondência - AFC. Uma primeira análise utilizando ACP considerou os dados de granulometria, químicos, contaminantes e os índices bentônicos, e uma segunda utilizando AFC comparou as comunidades bentônicas. A técnica fatorial de correspondência permite reunir na mesma abordagem tanto a análise separada de cada poço, quanto a análise comparativa, em razão do uso do qui quadrado como índice de associação entre amostras e entre espécies.

- **Análise de correspondência canônica (ACC)** - baseada no princípio da análise fatorial de correspondência simples (AFC) que inter-relaciona os táxons bentônicos destacando os táxons dominantes e exclusivos de determinado ambiente. A ACC acrescenta a influência das variáveis ambientais sobre a distribuição dos táxons. Duas planilhas são então necessárias para aplicar uma ACC: uma de comunidades biológicas (planilha homogênea de contingência) e uma de variáveis ambientais explicativas.

A característica específica dessa técnica é o cálculo dos autovalores. Os eixos fatoriais são calculados de acordo com uma correlação múltipla entre os táxons e as variáveis ambientais. Amostras, táxons e variáveis ambientais são projetados simultaneamente no mesmo plano. O poder de integração dessa técnica reside no fato que é possível projetar ortogonalmente cada táxon em cima de cada vetor ambiental e assim interpretar o grau de influência (positivo ou negativo) de cada variável ambiental sobre a abundância de cada táxon.

As variáveis “contaminantes” foram estudadas apenas no estrato 0 – 2 cm e para os valores não detectados (nd) ou abaixo do limite de quantificação (< L.Q.) foram atribuídos os seguintes valores:

- para HTP e MCNR: *nd* substituído por 0 e <2 mg/kg substituído por 1 mg/kg;
- para HPAs: *nd* substituído por 0 e <0,01 mg/kg substituído por 0,005 mg/kg;
- para n-alcanos: *nd* substituído por 0 e <10 µg/kg substituído por 5 mg/kg.

Nas análises de n-alcanos foram utilizados os somatórios das séries C5 a C20 – baixo peso molecular (nalc1) e de C21 a C40 – alto peso molecular (nalc2).