

### ***III. MATERIAL E MÉTODOS DE CAMPO E ANÁLISE DOS DADOS***



### III. MATERIAL E MÉTODOS DE CAMPO E ANÁLISE DOS DADOS

A malha amostral para a caracterização química e biológica dos sedimentos da plataforma continental (PC) e as áreas sobre influência dos rios São Francisco, Sergipe, Vaza-Barris Piauí-Real foi delineada pela PETROBRAS/CENPES e acordada com o órgão ambiental federal responsável pelo licenciamento das atividades de petróleo e gás (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente/ Coordenação Geral de Petróleo e Gás-IBAMA/CGPEG).

O desenho amostral foi planejado a partir das informações pretéritas da área de estudo, da prévia experiência do modelo de malha amostral adotada na Bacia de Campos e de experiências internacionais de reconhecimento das margens continentais (LEVIN *et al.*, 2010) e entendimento de seus ecossistemas, como o COMARGE - *Continental Margin Ecosystems* (<http://www.coml.org/projects/continental-margins-comarge>) e o GoMA - *Gulf of Maine Area Program* (<http://www.gulfofmaine-census.org>).

Em virtude da grande complexidade faciológica da margem continental da costa de Sergipe e Alagoas e dos padrões de distribuição da biota ao longo dos gradientes ambientais, a estratégia adotada para a escolha da localização das estações amostrais para a caracterização ambiental considerou:

- As áreas com atividades de exploração, produção e transporte petrolíferos nos campos de águas rasas operados pela PETROBRAS (Camorim, Caioba, Dourado, Guaricema, Salgo e Paru);
- A exclusão de locais com a presença de obstáculos (plataformas, dutos, poços, etc.);
- Os gradientes ambientais longitudinais, latitudinais e batimétricos;
- Os mapas faciológicos e batimétricos da Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas, elaborados no âmbito do Termo de Cooperação firmado entre a Universidade Federal de Sergipe (UFS) e PETROBRAS, etapa I do PCR SEAL (UFS/PETROBRAS, 2011).

Para a caracterização geoquímica e biológica do compartimento sedimentar da Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas foram realizadas quatro campanhas oceanográficas em duas épocas distintas, uma no período seco e

outra no período chuvoso. Destas campanhas, duas foram destinadas à coleta de amostras de sedimento de fundo para estudos de geoquímica e macrofauna e outras duas para os arrastos do fundo marinho para os estudos de fitobentos, megafauna e ictiofauna demersal.

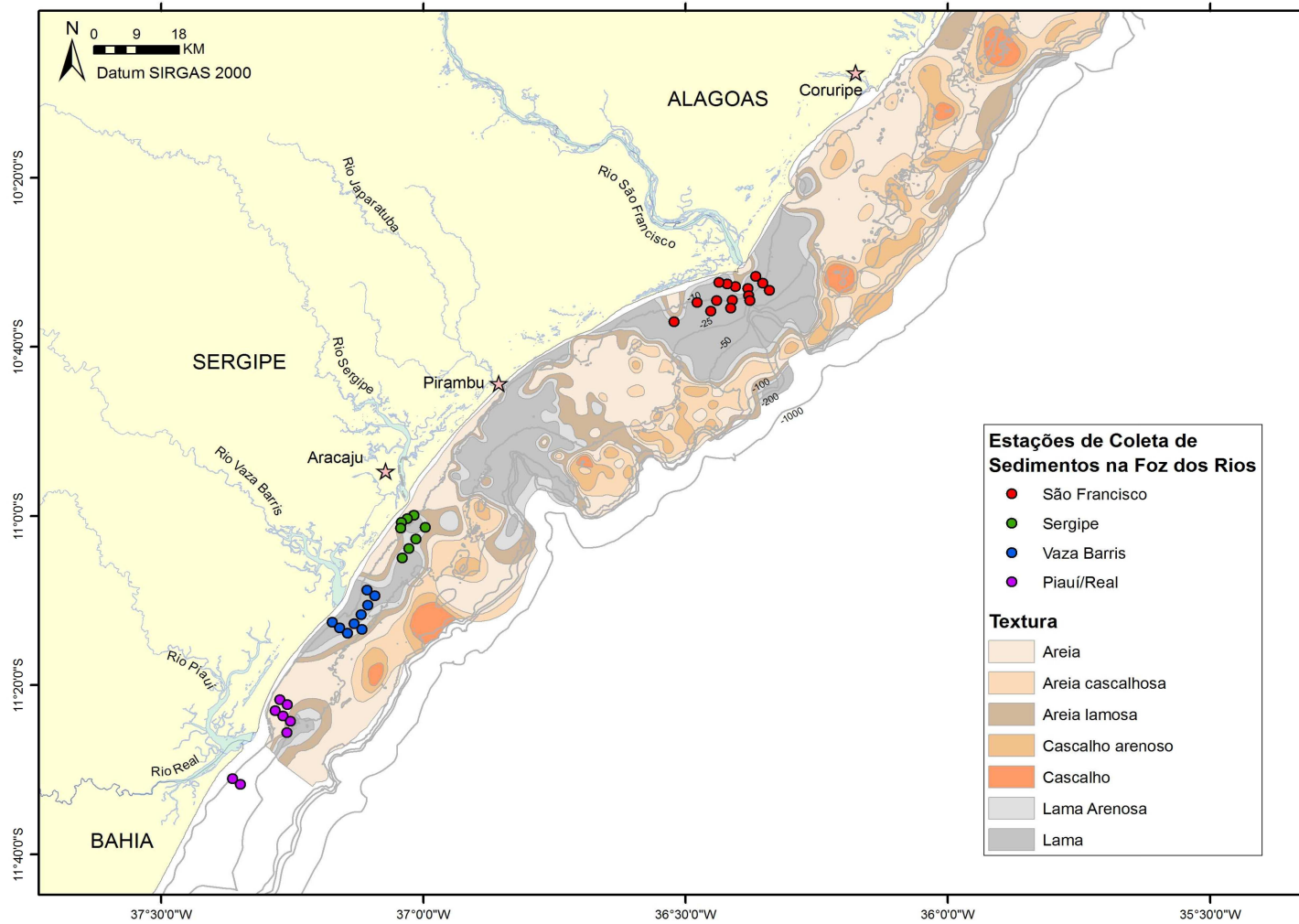
Procedimentos padrão foram adotados tanto para a coleta, a preservação e o acondicionamento de amostras de sedimento e arrasto de fundo quanto para tratamentos e análises de bordo (PETROBRAS/CENPES - Padrão - PP-0V3-00064-0), tendo sido utilizados os seguintes protocolos:

- Protocolo XI - Descrição, operação e critérios de aceitação de amostras obtidas de sedimento;
- Protocolo XII - Coleta, preservação, acondicionamento, tratamento a bordo para avaliação físico-química do sedimento;
- Protocolo XIII - Coleta, preservação, acondicionamento e tratamento de hidrocarbonetos em amostras de sedimento;
- Protocolo XIV - Coleta, preservação, acondicionamento e tratamentos a bordo para avaliação quantitativa de metais, AVS e SEM em amostras de sedimento;
- Protocolo XVIII - Coleta, preservação, acondicionamento e tratamentos a bordo para avaliação da macrofauna bêntica;
- Protocolo XIX - Coleta, preservação, acondicionamento e tratamentos a bordo para avaliação da ictiofauna, da megafauna e das macroalgas bênticas;
- Protocolo XX - Medições e recebimento de dados de CTD.

### **III.1 AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS DE FUNDO - GEOQUÍMICA E MACROFAUNA**

As estações de amostragem dos sedimentos para a caracterização química e biológica da Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas foram planejadas nas isóbatas de 10, 25 e 50 m de profundidade, sobre oito (8) transeções principais definidos de norte para sul (An, Bn, Cn, Dn, En, Fn, Gn e Hn), localizados perpendicularmente à costa, perfazendo um total de 24 estações. As estações foram numeradas de forma sequencial crescente (1, 2 e 3) da isóbata mais rasa para a mais profunda. Em função da grande heterogeneidade sedimentar da área de estudo, o planejamento amostral acordado com o IBAMA/CGPEG foi ampliado com acréscimo de mais sete (07) transeções extras para a caracterização da química sedimentar. Os transectos denominados “extras” foram nomeados com as letras do transecto principal seguido pela letra “x” para o primeiro transecto extra (Ax, Bx, Cx, Ex, Gx), e pela letra “z” para o segundo transecto extra (Cz e Ez), com um total planejado de 45 estações para análises geoquímicas (Figura 3.1). As campanhas oceanográficas realizadas no período seco e chuvoso foram denominadas SED1 e SED2, respectivamente.

Em virtude de dificuldades para a obtenção das amostras impostas pelas próprias características do fundo marinho e, uma vez tendo sido feitas todas as tentativas de coleta em cada estação ou ainda após a realocação de estações, foram coletadas: a) um total de 41 estações na campanha SED1 e 42 estações na campanha SED2 para estudos químicos e b) 22 estações na campanha SED1 e 22 estações na campanha SED2 para os estudos da macrofauna bêntica.



**Figura 3.1** - Estações de coleta de sedimento das campanhas SED1 e SED2 na Plataforma Continental da Baía de Sergipe e sul de Alagoas.

A campanha oceanográfica SED1 foi realizada de 25 de novembro a 07 de dezembro de 2010 (período seco) a bordo do R/V Luke Thomas, enquanto a campanha SED2 foi realizada de 13 a 23 de junho de 2011 (período chuvoso) a bordo do R/V Seward Johnson. A descrição dos navios pode ser visualizada na Tabela 3.1 e suas respectivas fotografias na Figura 3.2. As coordenadas geográficas do projeto foram previamente encaminhadas para o Grupo de Geoprocessamento da PETROBRAS/E&P/UOSEAL a fim de confirmar se estavam efetivamente localizadas fora do raio de 500 m de qualquer estrutura operacional com base no Sistema de Gerenciamento de Obstáculos (SGO) da PETROBRAS (Tabela 3.2).

**Tabela 3.1 - Características das embarcações utilizadas nas campanhas de sedimento na Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas**

Característica	R/V Luke Thomas	N/P Seward Johnson
Campanha	SED1	SED2
Ano de fabricação	2009	1984
Local de fabricação	New Iberia, LA, EUA	Jacksonville, FL, EUA
Comprimento	40,9 m	62 m
Calado	3,81 m	3,6 m
Limitações operacionais	<i>Beaufort 6</i>	<i>Beaufort 6</i>
Acomodações	10 tripulantes, 20 técnicos e cientistas	11 tripulantes, 29 técnicos e cientistas
Regime de trabalho	Turno 12h/12h	Turno 12h/12h

As amostragens de sedimento foram feitas pelas equipes especializadas vinculadas à embarcação. Entretanto, todos os procedimentos de bordo e controle das etapas de amostragem, retirada e acondicionamento das amostras foram supervisionados por profissionais designados pelos pesquisadores da área de Química e Biologia da UFS para garantir a qualidade das mesmas. Profissionais do CENPES também participaram das campanhas para supervisionar o trabalho e participar da tomada de decisão sobre alterações no planejamento das atividades de campo.



**Figura 3.2** - R/V Luke Thomas e R/V Seward Johnson utilizados nas campanhas SED1 e SED2, respectivamente, na Plataforma Continental da Bacia de Sergipe e sul de Alagoas.

Primeiramente ao chegar à estação de coleta foi delimitado um raio de 150 m de perímetro de amostragem. Dentro deste perímetro, os amostradores foram lançados visando à obtenção de três (03) réplicas. De forma geral, as amostragens seguiram os critérios de repetição e aceite descritos a seguir: Após três (03) lançamentos sem nenhuma obtenção de amostra válida houve o reposicionamento da estação, respeitando a batimetria previamente definida quando possível;

- Nove (09) tentativas de amostragem foram realizadas antes da decisão de abortar a estação;
- Foram consideradas válidas as amostras que apresentaram as seguintes características: total fechamento do equipamento; distribuição homogênea do sedimento em toda a área interna do amostrador e altura mínima da coluna sedimentar (10 cm no van Veen e 15 cm no box corer).



**Tabela 3.2 - Coordenadas das estações de amostragem das campanhas oceanográficas SED1 e SED2 (Prof = profundidade em metros; Datum: SIRGAS 2000).**

SED1					SED2				
Estações	Latitude	Longitude	Prof.	Equipamento	Estações	Latitude	Longitude	Prof.	Equipamento
S1An1	-10,176	-36,1379	8	Van Veen	S2An1	-10,1965	-36,1263	16	Box-Corer
S1An2	-10,2692	-36,0105	26	Van Veen	S2An2	-10,2693	-36,0103	25	Van Veen
S1An3	-10,3168	-35,9584	48	Van Veen	S2An3	-10,3105	-35,9544	49	Box-Corer
S1Ax2	-10,348	-36,1166	27	Van Veen	S2Ax2	-10,3477	-36,1166	26	Van Veen
S1Ax3	-10,4396	-36,0422	50	Van Veen	S2Ax3	-10,4415	-36,0407	51	Van Veen
S1Bn1	-10,3861	-36,2999	13	Van Veen	S2Bn1	-10,3862	-36,2999	13	Box-Corer
S1Bn3	-10,5048	-36,0901	50	Van Veen	S2Bn3	-10,5044	-36,0905	48	Box-Corer
S1Bx1	-10,4759	-36,3412	13	Van Veen	S2Bx1	-10,4768	-36,3400	26	Box-Corer
S1Bx2	-10,5267	-36,2935	23	Van Veen	S2Bx2	-10,5263	-36,2935	26	Box-Corer
S1Bx3	-10,5622	-36,2668	50	Van Veen	S2Bx3	-10,5617	-36,2665	50	Box-Corer
S1Cn1	-10,5521	-36,3771	12	Van Veen	S2Cn1	-10,5518	-36,3773	11	Box-Corer
S1Cn2	-10,5865	-36,3549	27	Box-Corer	S2Cn2	-10,5864	-36,355	26	Box-Corer
S1Cn3	-10,5953	-36,349	50	Box-Corer	S2Cn3	-10,5953	-36,3492	54	Box-Corer
S1Cx1	-10,6068	-36,5653	14	Box-Corer	S2Cx1	-10,607	-36,5655	12	Box-Corer
S1Cx2	-10,6631	-36,5075	28	Box-Corer	S2Cx2	-10,6626	-36,5074	28	Box-Corer
S1Cx3	-10,7113	-36,4571	49	Box-Corer	S2Cx3	-10,7109	-36,457	28	Box-Corer
S1Cz1	-10,6251	-36,6298	11	Box-Corer	S2Cz1	-10,625	-36,6298	12	Box-Corer
S1Cz2	-10,7912	-36,5365	27	Van Veen	S2Cz2	-10,7884	-36,5333	25	Van Veen
S1Cz3	-10,8515	-36,4983	52	Van Veen	S2Cz3	-10,8511	-36,4933	55	Van Veen
S1Dn1	-10,692	-36,7249	12	Van Veen	S2Dn1	-10,6919	-36,725	13	Van Veen
S1Dn2	-10,8248	-36,6062	28	Van Veen	S2Dn2	-10,8244	-36,6061	27	Van Veen
S1Dn3	-10,8712	-36,5735	49	Van Veen	S2Dn3	-10,8711	-36,5737	48	Van Veen
S1En1	-10,7844	-36,8629	12	Box-Corer	S2En1	-10,7847	-36,863	13	Box-Corer

(continua)

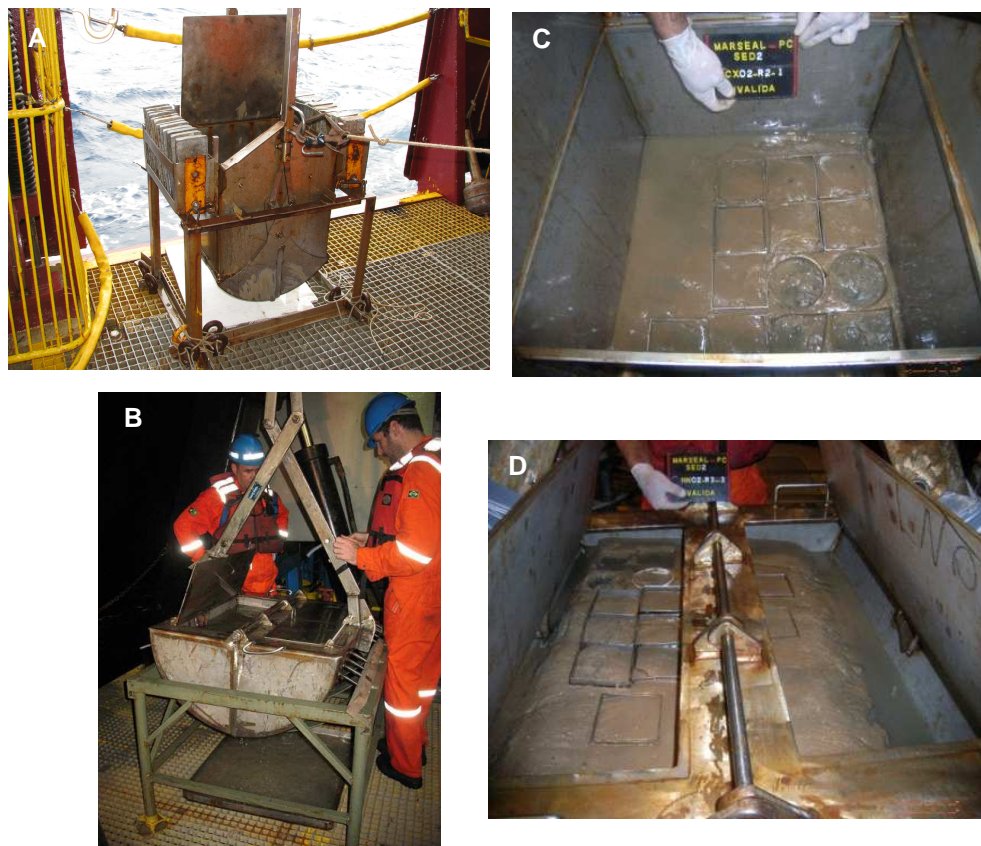
(conclusão – Tabela 3.2)

SED1					SED2				
Estações	Latitude	Longitude	Prof.	Equipamento	Estações	Latitude	Longitude	Prof.	Equipamento
S1En2	-10,8462	-36,832	28	Van Veen	S2En2	-10,846	-36,8322	26	Box-Corer
S1En3	-10,8757	-36,8174	51	Van Veen	S2En3	-10,8754	-36,8176	51	Box-Corer
S1Ex1	-10,8666	-36,9261	13	Van Veen	S2Ex1	-10,8662	-36,926	13	Van Veen
S1Ex2	-10,9103	-36,8903	25	Van Veen	S2Ex2	-10,9104	-36,8902	26	Van Veen
S1Ex3	-10,9507	-36,8548	49	Van Veen	S2Ex3	-10,9508	-36,8552	49	Box-Corer
S1Ez2	-11,0365	-36,9592	27	Van Veen	S2Ez1	-10,9499	-36,9934	10	Van Veen
S1Ez3	-11,1313	-36,8307	49	Van Veen	S2Ez2	-11,0364	-36,9592	25	Van Veen
S1Fn2	-11,0939	-37,0202	26	Van Veen	S2Ez3	-11,1312	-36,8304	63	Van Veen
S1Fn3	-11,1668	-36,8716	50	Van Veen	S2Fn2	-11,0938	-37,0205	26	Van Veen
S1Gn1	-11,2326	-37,2016	12	Van Veen	S2Fn3	-11,1669	-36,8715	58	Van Veen
S1Gn2	-11,2801	-37,1549	28	Van Veen	S2Gn1	-11,2329	-37,2018	13	Box-Corer
S1Gn3	-11,3433	-37,0559	49	Box-Corer	S2Gn2	-11,28	-37,1551	28	Box-Corer
S1Gx1	-11,3438	-37,2824	12	Van Veen	S2Gn3	-11,343	-37,0556	50	Van Veen
S1Gx2	-11,399	-37,2178	25	Van Veen	S2Gx1	-11,3436	-37,2827	12	Van Veen
S1Gx3	-11,4496	-37,1588	52	Van Veen	S2Gx2	-11,3985	-37,218	25	Van Veen
S1Hn1	-11,5046	-37,3719	14	Van Veen	S2Gx3	-11,4491	-37,1585	50	Box-Corer
S1Hn2	-11,5424	-37,3269	26	Van Veen	S2Hn1	-11,5044	-37,3717	12	Van Veen
S1Hn3	-11,6093	-37,2472	50	Van Veen	S2Hn2	-11,5422	-37,3267	26	Van Veen
					S2Hn3	-11,609	-37,2473	50	Van Veen

As amostras de sedimento foram coletadas com pegadores de fundo diferenciados devido à variação faciológica existente na plataforma continental. De forma geral, foi utilizado um van Veen modificado, com dimensões de 92 x 80 x 40 cm, para as áreas com sedimento de granulometria mais grosseira e um *box corer*, com dimensões de 50 x 50 x 50 cm, para as áreas caracterizadas por sedimentos mais finos. Os equipamentos usados permitem a coleta de todos os parâmetros em um único lançamento por réplica. Apesar das diferenças, ambos possuem a mesma lógica de amostragem: manutenção de integridade da superfície do sedimento, retirada de amostras por janelas superiores e fechamento inferior de mandíbulas como os pegadores tipo Eckman. Os equipamentos de coleta de sedimento utilizados possuem janela superior ampla que possibilita a retirada das amostras sem alteração da camada superficial do sedimento. Foram usados gabaritos de volume pré-definidos para a retirada das amostras dos amostradores (Figura 3.3).

As amostras coletadas nos períodos seco e chuvoso destinaram-se à análise de matéria orgânica (MOT), granulometria, carbonatos totais ( $\text{Carb}_{\text{tot}}$ ) e carbonatos na fração menor que 2 mm, metais totais, metais parciais (biodisponíveis), hidrocarbonetos totais do petróleo (HTP), alifáticos, mistura complexa não resolvida (MCNR), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), carbono orgânico total ( $\text{C}_{\text{org}}$ ), nitrogênio total (NT), enxofre (S), fósforo orgânico, fósforo inorgânico e fósforo total ( $\text{P}_{\text{org}}$ ,  $\text{P}_{\text{inorg}}$  e PT). Em relação à biota, foram coletadas amostras para a identificação dos organismos bênticos da macrofauna.

Para as análises dos parâmetros químicos, foram armazenadas amostras compostas provenientes de subamostras das três (03) réplicas coletadas, acondicionadas em um único recipiente e nomeadas como réplica composta (rc). Nas estações amostrais onde as três réplicas de sedimento não puderam ser coletadas por dificuldades na amostragem, os parâmetros químicos foram retirados de tantas quanto puderam ser coletadas (1 ou 2 réplicas). As amostras para metais foram coletadas utilizando-se gabaritos de PVC de 10 cm de diâmetro e 2 cm de profundidade. Amostras para análises de hidrocarbonetos, carbono orgânico, nitrogênio, enxofre total e fósforo foram coletadas em gabaritos de metal de 10 x 10 x 2 cm (Tabela 3.3).



**Figura 3.3** - Amostradores de fundo do tipo Box Corer (A) e van Veen (B) utilizados nas coletas de sedimento e amostradores com gabaritos inseridos no sedimento para a retirada das amostras no Box Corer (C) e no van Veen (D)

Para granulometria e macrofauna foram utilizados gabaritos confeccionados em metal de tamanho 10 x 10 x 10 cm. Os organismos da epifauna e macroalgas que estavam na superfície do sedimento foram coletados em potes plásticos, armazenados e preservados. Os organismos da epifauna coletados dentro dos limites dos gabaritos de metal foram definidos como “epifauna in” e foram incluídos nas análises da macrofauna. Já os organismos coletados na superfície e fora dos limites do gabarito foram denominados “epifauna out” e incluídos somente nas análises qualitativas.

A água drenada foi coletada numa bandeja posicionada abaixo do amostrador de sedimento e filtrada em malha de 45  $\mu\text{m}$ . A água sifonada, ou seja, aquela encontrada acima do sedimento coletado quando o equipamento retorna ao *deck* foi filtrada em malha de 45  $\mu\text{m}$  sendo esta amostra acondicionada em potes independentes (Tabela 3.3).

A altura (recuperação do sedimento no equipamento) e a temperatura do sedimento foram registradas no momento da coleta. Brancos de campo para análise de hidrocarbonetos foram realizados a cada 24 horas de coleta, em estações escolhidas de forma aleatória pelos validadores da UFS e preservados da mesma maneira que os respectivos parâmetros. Todas as superfícies das amostras de sedimento ainda dentro dos amostradores foram registradas através de fotografias, sendo avaliadas e anotadas as características gerais do sedimento, tais como coloração, bioturbação e presença de megabentos para posterior avaliação.

Ao final de cada estação foi utilizado um perfilador oceanográfico do tipo CTD (*Conductivity - Condutividade, Temperature - Temperatura e Depth - Profundidade*), fixado numa *rossette* - roseta, para obtenção *in situ* de informações de temperatura (T), salinidade (S), pressão e oxigênio dissolvido (OD) na coluna e massa d'água próxima ao fundo, sempre imediatamente após o término das amostragens em cada estação.

**Tabela 3.3** - Número de réplicas, estrato amostrado (cm), acondicionamento, preservação dos parâmetros químicos, biológicos e brancos coletados nas campanhas oceanográficas SED1 e SED2, bem como os laboratórios responsáveis pelas análises.

Parâmetro	Réplicas	Estrato	Acondicionamento	Preservação	Executor
Carbono Nitrogênio Enxofre	Amostra composta	0 - 2	Saco plástico	Congelamento	Laboratório do Departamento de Química/CCET/UFS
Fósforo	Amostra composta	0 - 2	Saco plástico	Congelamento	Laboratório do Departamento de Química/CCET/UFS
Granulometria e carbonatos	1;2;3	0 - 10	Saco plástico	Congelamento	Laboratório GEORIOeMAR/ Departamento de Engenharia de Pesca/UFS
Hidrocarbonetos	Amostra composta	0 - 2	Recipiente de alumínio	Congelamento	Laboratório do Departamento de Química/CCET/UFS
Metais	Amostra composta	0 - 2	Saco plástico	Congelamento	Laboratório do Departamento de Química/CCET/UFS
Macrofauna	Triplicata	0 - 10	Pote de 1 litro	Formol 10% tamponado e corado (temperatura ambiente)	Laboratório de Bentos/ Departamento de Biologia/UFS
Epifauna "in"	De acordo com a ocorrência	Superfície	Pote de 1 litro	Formol 10% tamponado e corado (temperatura ambiente)	Laboratório de Bentos/ Departamento de Biologia/UFS
Epifauna "out"	De acordo com a ocorrência	Superfície	Pote de 1 litro	Formol 10% tamponado e corado (temperatura ambiente)	Laboratório de Bentos/ Departamento de Biologia/UFS
Água percolada	De acordo com a ocorrência		Pote de 500 mL	Formol 10% (temperatura ambiente)	Laboratório de Bentos/ Departamento de Biologia/UFS
Água sifonada	De acordo com a ocorrência		Pote de 500 mL	Formol 10% (temperatura ambiente)	Laboratório de Bentos/ Departamento de Biologia/UFS
Macroalgas		Superfície	Potes de 1 litro	Congelamento	Laboratório de Bentos/ Departamento de Biologia/UFS
Rodolitos		Superfície	Sacos plásticos	Congelamento	Laboratório de Bentos/ Departamento de Biologia/UFS

### **III.2 AMOSTRAGEM DOS ORGANISMOS DEMERSAIS: FITOBENTOS, MEGAFUNA E ICTIOFAUNA**

As amostras de organismos demersais da Plataforma Continental da Bacia de Sergipe e sul de Alagoas foram planejadas para serem coletadas em 24 estações, definidas em conjunto pelas equipes do CENPES e da UFS, com base no mapa faciológico e batimétrico, sendo excluídas áreas de dutos e unidades de produção, corais (em bancos ou isolados) e formações carbonáticas. As estações de amostragem foram distribuídas em 08 (oito) transectos nas isóbatas de 10, 25 e 50 m, nomeados de A até H de norte para sul (Figura 3.4).

Arrastos de fundo foram realizados em duas campanhas oceanográficas denominadas ARR1 e ARR2. A campanha oceanográfica ARR1 foi realizada no período de 29 de janeiro a 06 de fevereiro de 2011 (período seco) a bordo do R/V Luke Thomas enquanto a campanha ARR2 foi realizada entre os dias 24 de junho a 03 de julho de 2011 (período chuvoso) a bordo do R/V Seward Johnson.

As coordenadas geográficas iniciais e finais foram previamente checadas pelo Grupo de Geoprocessamento da PETROBRAS/E&P/UOSEAL a fim de confirmar que, de fato, estavam localizadas fora do raio de 500 m de qualquer estrutura operacional com base no Sistema de Gerenciamento de Obstáculos (SGO) da PETROBRAS (Tabela 3.4).

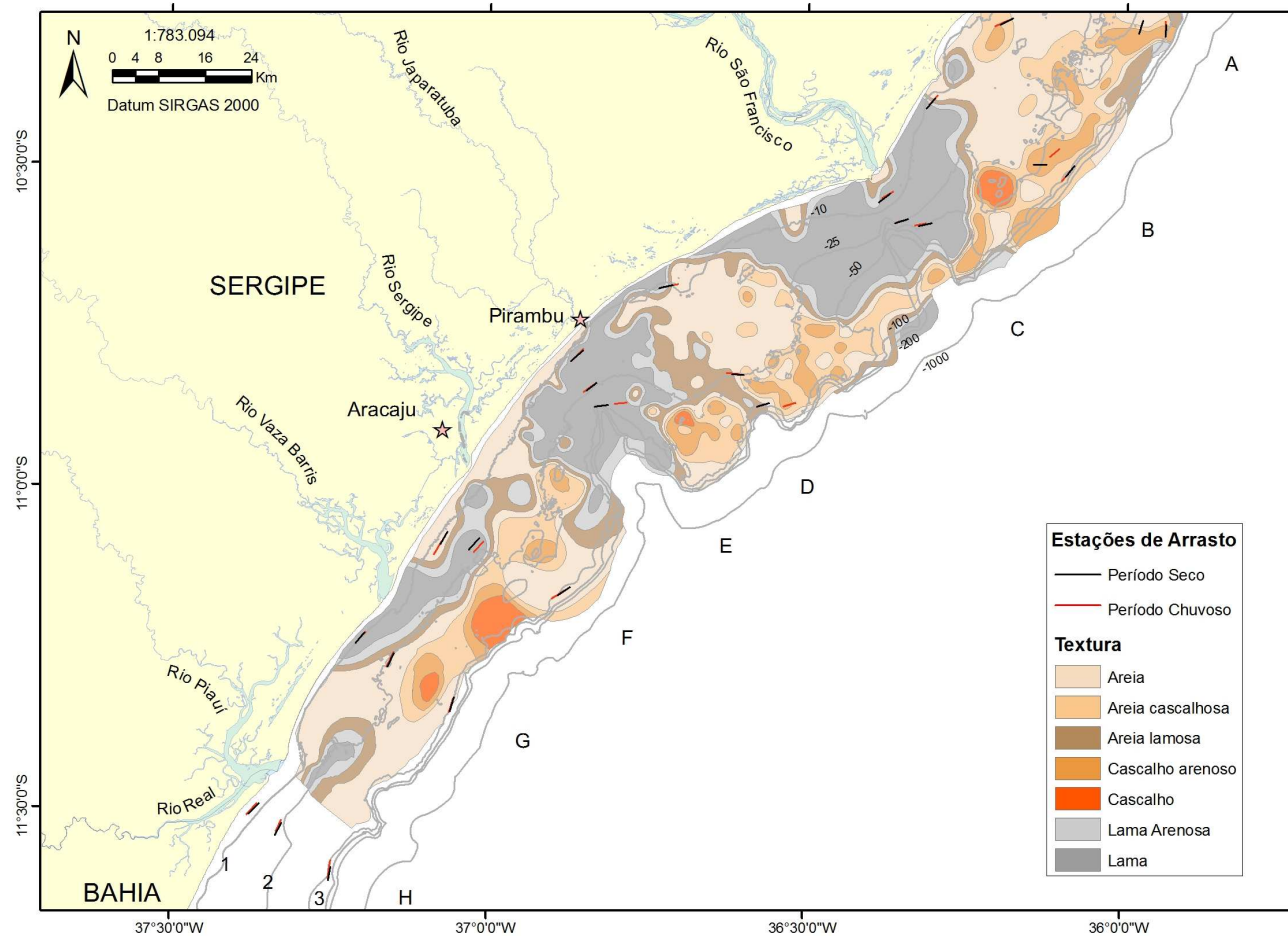
As amostras de fitobentos, megafauna e ictiofauna demersal foram coletadas com o uso de redes de arrasto de pesca de fundo (Figura 3.5). Os arrastos foram conduzidos numa orientação oposta ao fluxo da corrente predominante, durante o período diurno (05h30min à 17h30min) a uma velocidade aproximada de 2,5 a 03 nós e as amostras obtidas através de arrastos com rede de arrasto de pesca de fundo. Sobre a plataforma o tempo médio dos arrastos (n=47) variou entre 35 minutos e 01 hora (média = 38 minutos). Em virtude de dificuldades para a obtenção das amostras impostas pelas próprias características do fundo marinho não foi realizada uma estação na campanha ARR2. Ao final de cada estação foram realizadas coletas de sedimento utilizando van Veen (231litros) ou Box Corer (30 x 30 cm) para análises de carbonato total e granulometria. Posteriormente, foi utilizado em todas as estações um equipamento (CTD) para a

coleta de dados de temperatura, salinidade, pressão e oxigênio dissolvido na camada de água próxima ao fundo.

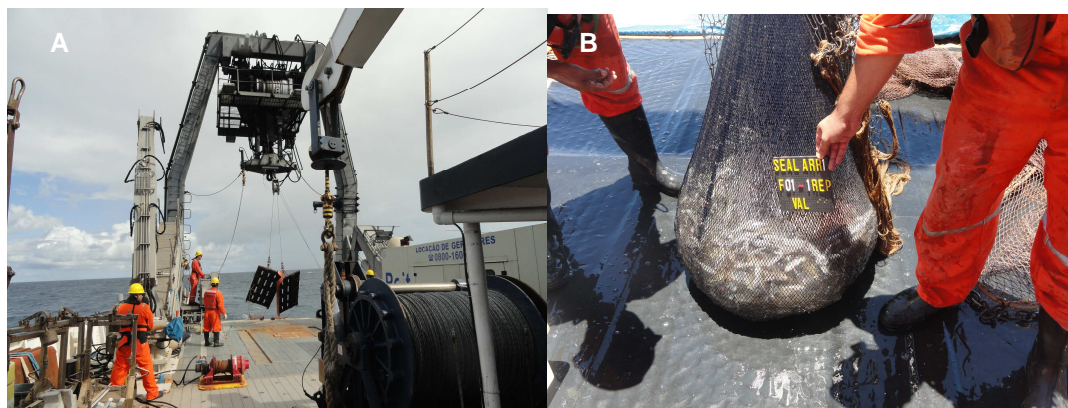
As especificações, características e sistema de utilização das redes de pesca de arrasto de fundo para as amostragens de fitobentos, megafauna bêntica e ictiofauna demersal encontram-se sintetizadas na Tabela 3.5. Os critérios para aceitação da amostra foram a presença de organismos bentônicos na rede e/ou indicação de arrasto no sedimento (lama na rede/porta e tinta raspada na porta).

Como parte do procedimento da coleta e a fim de calcular a distância percorrida pela rede em cada arrasto e converter as capturas em densidades e biomassa por unidade de área, as posições e os horários do equipamento foram registrados nos seguintes momentos: a) equipamento na água; b) início do arrasto; c) final do arrasto; e d) rede no convés do navio. Assim que o equipamento retornava ao convés da embarcação foram realizados registros fotográficos e o material amostrado foi pesado com o uso de dinamômetros. Em seguida, ainda a bordo, a triagem inicial do material capturado era iniciada, sendo os organismos separados por grandes grupos e fixados em formol 10% (poliquetas, equinodermas, hidrozoários, corais, picnognóides, nudibrânquios, sipunculídeos, crustáceos, moluscos e briozoários), álcool 70% (poríferos), ou ainda congelados (algas e peixes). Os exemplares dos peixes e do fitobentos coletados foram encaminhados para identificação ao Laboratório de Ictiologia e ao Laboratório de Bentos, respectivamente, da Universidade Federal de Sergipe.





**Figura 3.4 -** Mapa das estações de arrasto das campanhas ARR1 e ARR2 localizadas na Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas.



**Figura 3.5** - Rede de pesca utilizada no arrasto (A) e material proveniente do arrasto (B)

**Tabela 3.4** - Coordenadas (Datum: SIRGAS 2000) e profundidade em metros (Prof.) das estações de amostragem das campanhas oceanográficas ARR1 e ARR2.

ARR1				ARR2			
Estações	Latitude	Longitude	Prof.	Estações	Latitude	Longitude	Prof.
A1A1	-10,2750	-36,2001	15	A2A1	-10,2703	-36,1875	15
A1A2	-10,2896	-35,9827	30	-	-	-	-
A1A3	-10,2933	-35,9397	47	A2A3	-10,2905	-35,9388	52
A1B1	-10,4081	-36,315	15	A2B1	-10,3870	-36,2958	13
A1B2	-10,4938	-36,1462	30	A2B2	-10,4817	-36,12	27
A1B3	-10,5120	-36,095	50	A2B3	-10,5196	-36,1008	52
A1C1	-10,5531	-36,3898	11	A2C1	-10,5369	-36,3568	10
A1C2	-10,5866	-36,3638	27	A2C2	-10,5803	-36,3424	26
A1C3	-10,5893	-36,3259	54	A2C3	-10,5839	-36,2972	51
A1D1	-10,6900	-36,7337	13	A2D1	-10,6856	-36,7101	9
A1D2	-10,8221	-36,6176	27	A2D2	-10,8240	-36,6044	27
A1D3	-10,8830	-36,5788	52	A2D3	-10,8725	-36,5361	47
A1E1	-10,8050	-36,8697	15	A2E1	-10,8020	-36,8665	14
A1E2	-10,8490	-36,8465	27	A2E2	-10,8348	-36,8204	26
A1E3	-10,8742	-36,8337	55	A2E3	-10,8697	-36,7964	40
A1F1	-11,0887	-37,0748	14	A2F1	-11,0852	-37,0728	14
A1F2	-11,0832	-37,0164	25	A2F2	-11,0834	-37,0047	25
A1F3	-11,1679	-36,889	47	A2F3	-11,1741	-36,8989	40
A1G1	-11,2433	-37,207	15	A2G1	-11,2250	-37,1913	13
A1G2	-11,2662	-37,1499	27	A2G2	-11,2570	-37,1466	25
A1G3	-11,3299	-37,0515	54	A2G3	-11,3292	-37,0529	53
A1H1	-11,5099	-37,3748	14	A2H1	-11,4866	-37,3515	10
A1H2	-11,5426	-37,3328	25	A2H2	-11,4866	-37,3515	26
A1H3	-11,5969	-37,2491	47	A2H3	-11,5381	-37,2444	50

**Tabela 3.5** - Especificações da rede de arrasto de pesca de fundo utilizada nas campanhas ARR1 e ARR2.

Rede de Pesca	Dimensões	
	ARR1	ARR2
Tralha superior	8,9 m	8,9 m
Malha nas mangas e corpo	50 mm	50 mm
Malha do túnel	40 mm	40 mm
Malha do ensacador	26 mm	24 mm
Malha do sobre-saco	12 mm	16 mm
Portas de madeira	~1,8 m <sup>2</sup>	~1,8 m <sup>2</sup>

O cálculo da área varrida pela rede de portas em cada arrasto foi feito segundo procedimentos descritos em Pauly (1980, 1984) e Sparre e Venema (1992, 1997), que consideraram:

$$a = D * h * X2 \quad (1)$$

Sendo: a = área varrida; D = extensão ou comprimento do arrasto; h = comprimento da tralha de bóia; X2 = quociente entre a largura horizontal da área efetivamente varrida pela rede e a largura da tralha de bóia, estimado por Pauly (1980, 1984) como correspondente a 0,5. O valor de D, comprimento do arrasto, foi considerado como a distância (m) entre as coordenadas geográficas relativas ao início e ao fim do arrasto, de acordo com os registros de bordo (Tabela 3.6).

**Tabela 3.6** - Valores de Área Varrida (m<sup>2</sup>) pela rede de arrasto nas diversas estações, nas campanhas dos períodos seco (ARR1) e chuvoso (ARR2), na Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas em 2011.

Estação	Campanha ARR1	Campanha ARR2	Estação	Campanha ARR1	Campanha ARR2
A1	10.640,04	11.421,55	E1	11.564,89	11.717,22
A2	10.547,09	-	E2	9.511,82	12.886,05
A3	9.210,87	10.172,84	E3	9.871,69	10.490,71
B1	10.126,91	10.941,36	F1	10.294,61	12.518,50
B2	10.202,96	9.855,02	F2	11.561,32	12.052,74
B3	10.192,39	11.639,32	F3	10.799,86	;;12.087,63
C1	10.696,17	10.619,94	G1	10.158,06	9.377,78

(continua)

(conclusão – Tabela 436)

Estação	Campanha ARR1	Campanha ARR2
B3	10.192,39	11.639,32
C1	10.696,17	10.619,94
C2	10.403,82	9.402,00
C3	9.842,00	9.459,92
D1	10.390,39	12.401,44
D2	8.716,65	10.046,17
D3	10.059,37	10.315,58

Estação	Campanha ARR1	Campanha ARR2
F3	10.799,86	12.087,63
G1	10.158,06	9.377,78
G2	10.714,16	13.454,00
G3	10.287,76	11.781,94
H1	10.821,36	12.649,09
H2	10.478,35	9.607,35
H3	10.759,57	14.393,76

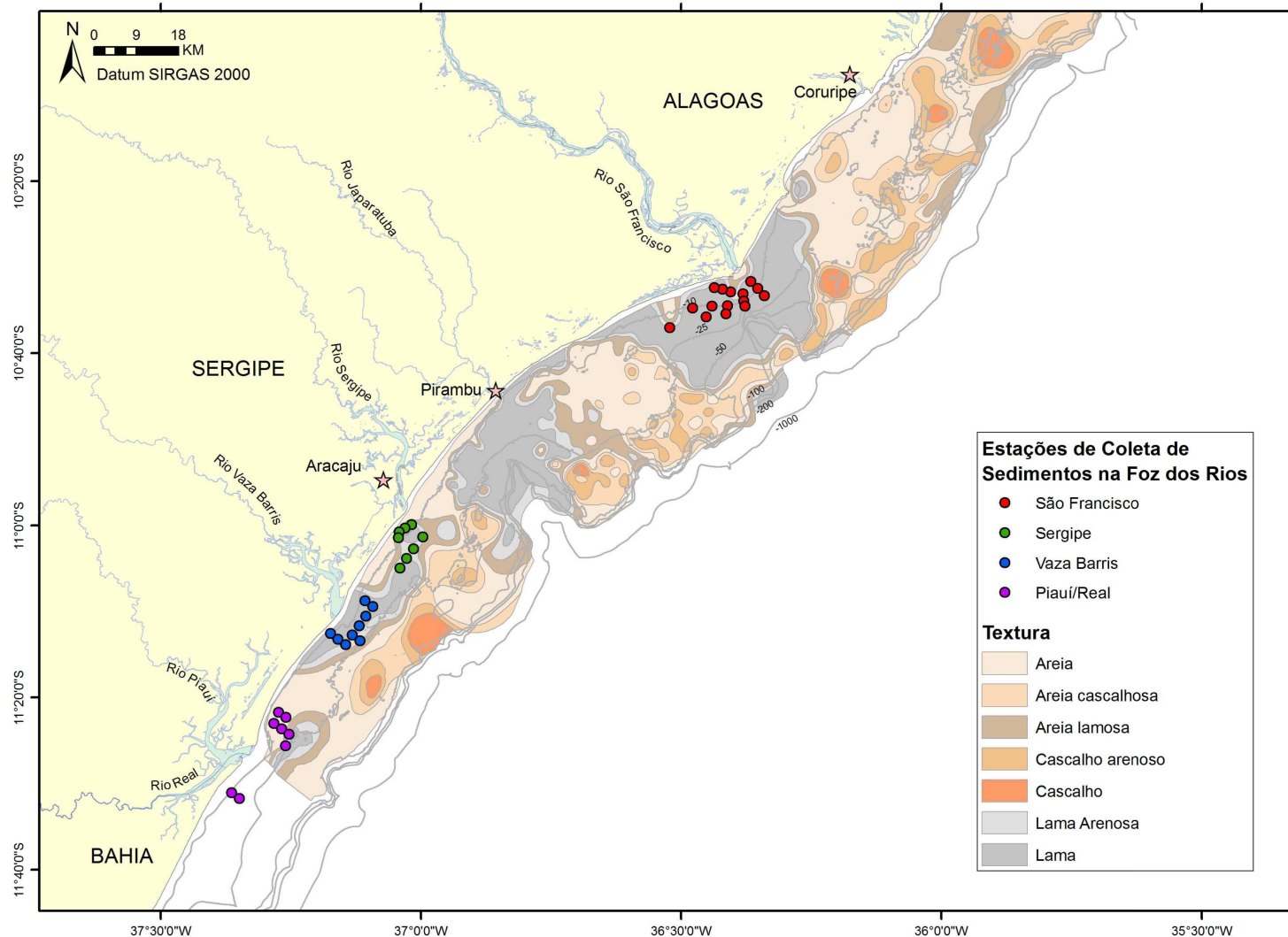
Legenda: - Não realizado

### **III.3 AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS NA REGIÃO ADJACENTE À FOZ DOS RIOS**

As estações de coleta de sedimento na área de influência dos rios São Francisco, Sergipe, Vaza-Barris e Piauí-Real foram definidas a partir dos mapas faciológicos obtidos no estudo prévio de caracterização geológica da plataforma continental tendo a estratégia amostral considerado as seguintes premissas:

- Escolha de áreas próximas à desembocadura dos rios com sedimentos de granulometria fina a partir do mapa textural elaborado pelo grupo de Geologia;
- Escolha de estações entre as isóbatas de 05 e 25 m, uma vez que as distâncias mais próximas da foz dos rios tendem a apresentar sedimentos arenosos, portanto, com menor potencial de acumulação;
- Estações preferencialmente caracterizadas por sedimentos lamosos, devido a sua capacidade de acumulação de matéria orgânica e de contaminantes, como metais e hidrocarbonetos;
- Posicionamento das estações de forma a avaliar o gradiente terra-mar.

No Rio São Francisco, as radiais foram plotadas sobre os mapas faciológicos e batimétricos previamente construídos e as estações posicionadas ao longo de 05 (cinco) transectos, numerados de norte para sul nas isóbatas de 5, 10 e 15 m de profundidade (Figura 3.6). Nos demais rios da plataforma sul um levantamento geológico *in situ* foi realizado através de uma malha de amostragem de 2,0 x 2,5 km para definir os bolsões de lama e as estações de coleta para as análises químicas. Neste caso, o sistema de radiais não pôde ser seguido e os pontos foram amostrados conforme a disponibilidade da lama versus distância da foz.



**Figura 3.6 -** Estações de coleta de sedimento na área de influência dos rios São Francisco, Sergipe, Vaza-Barris e Piauí-Real.

As amostras de sedimento superficial foram coletadas em dois períodos. Na estação seca as amostragens na foz do Rio São Francisco, ocorreram no período de 05 a 08 de dezembro de 2011 (15 estações), Sergipe no dia 03 de março de 2012 (08 estações), Vaza-Barris no dia 18 de março de 2012 (09 estações) e Piauí-Real no dia 31 de março de 2012 (08 estações), utilizando a embarcação Vespúcio (Rio São Francisco) e a embarcação Turista nos demais rios (Figura 3.7; Tabela 3.7). Na estação chuvosa as amostragens na foz do Rio São Francisco ocorreram no dia 24 de julho de 2012 (15 estações), Sergipe no dia 05 de julho de 2012 (08 estações), Vaza-Barris no dia 04 de setembro de 2012 (09 estações) e Piauí-Real no dia 14 de julho de 2012 (08 estações), utilizando a embarcação Turista.



**Figura 3.7** - Barcos Turista e Vespúcio utilizados nas amostragens na área de influência dos rios.

**Tabela 3.7** - Coordenadas das estações de amostragem das campanhas oceanográficas (Datum: SIRGAS 2000) e profundidade (Prof.) na área de influência dos Rios São Francisco, Sergipe, Vaza-Barris e Piauí-Real.

Rios	Estações	Período Seco			Período Chuvoso		
		Latitude	Longitude	Prof	Latitude	Longitude	Prof
São Francisco	FozSF1#01	-10,5275	-36,3658	9	-10,5275	-36,3658	11
	FozSF1#02	-10,5407	-36,3522	11,8	-10,5407	-36,3522	12
	FozSF1#03	-10,5548	-36,3396	15,5	-10,5548	-36,3396	16
	FozSF1#04	-10,5517	-36,3808	9	-10,5517	-36,3808	10
	FozSF1#05	-10,5657	-36,3792	11	-10,5657	-36,3792	11,7
	FozSF1#06	-10,5753	-36,3768	14,5	-10,5753	-36,3768	14

(continua)

(conclusão – Tabela 3.7)

Rios	Estações	Período Seco			Período Chuvoso		
		Latitude	Longitude	Prof	Latitude	Longitude	Prof
São Francisco	FozSF1#07	-10,5477	-36,4045	6,5	-10,5477	-36,4045	6,7
	FozSF1#08	-10,5747	-36,4102	12	-10,5747	-36,4102	11,3
	FozSF1#09	-10,5903	-36,4130	17	-10,5903	-36,4130	15,5
	FozSF1#10	-10,5425	-36,4197	6,5	-10,5425	-36,4197	7,5
	FozSF1#11	-10,5755	-36,4402	9,2	-10,5755	-36,4402	10,5
	FozSF1#12	-10,5963	-36,4515	14	-10,5963	-36,4515	14,5
	FozSF1#13	-10,5392	-36,4358	6,5	-10,5392	-36,4358	7,8
	FozSF1#14	-10,5787	-36,4775	11	-10,5787	-36,4775	12
	FozSF1#15	-10,6170	-36,5215	15,5	-10,6170	-36,5215	17
Sergipe	FozSE1#01	-10,9986	-37,0172	11	-10,9986	-37,0172	11
	FozSE1#02	-11,0223	-36,9959	19	-11,0223	-36,9959	18
	FozSE1#03	-11,0051	-37,0298	9,5	-11,0051	-37,0298	8,8
	FozSE1#04	-11,0456	-37,0138	18	-11,0456	-37,0138	18,8
	FozSE1#05	-11,0127	-37,0410	9	-11,0127	-37,0410	8,1
	FozSE1#06	-11,0643	-37,0269	18	-11,0643	-37,0269	18,5
	FozSE1#07	-11,0236	-37,0428	10	-11,0236	-37,0428	9,5
	FozSE1#08	-11,0828	-37,0400	20	-11,0828	-37,0400	20
Vaza-Barris	FozVB1#01	-11,1461	-37,1067	14	-11,1461	-37,1067	14,7
	FozVB1#02	-11,1569	-37,0922	20	-11,1569	-37,0922	20
	FozVB1#03	-11,1755	-37,1052	20	-11,1755	-37,1052	20
	FozVB1#04	-11,1940	-37,1182	18	-11,1940	-37,1182	18
	FozVB1#05	-11,2124	-37,1312	19,5	-11,2124	-37,1312	19
	FozVB1#06	-11,2232	-37,1164	25	-11,2232	-37,1164	25
	FozVB1#07	-11,2092	-37,1734	12	-11,2092	-37,1734	11
	FozVB1#08	-11,2201	-37,1588	15	-11,2201	-37,1588	14
	FozVB1#09	-11,2309	-37,1443	20	-11,2309	-37,1443	19
Piauí-Real	FozPR1#01	-11,3617	-37,2728	18,3	-11,3617	-37,2728	19,2
	FozPR1#02	-11,3720	-37,2585	22	-11,3720	-37,2585	22,5
	FozPR1#03	-11,3834	-37,2817	18	-11,3834	-37,2817	18,3
	FozPR1#04	-11,3937	-37,2673	22	-11,3937	-37,2673	22,8
	FozPR1#05	-11,4043	-37,2525	25	-11,4043	-37,2525	25,5
	FozPR1#06	-11,4268	-37,2598	24	-11,4268	-37,2598	25,7
	FozPR1#07	-11,5179	-37,3628	21	-11,5179	-37,3628	21,6
	FozPR1#08	-11,5286	-37,3481	17,2	-11,5286	-37,3481	17

As amostras de sedimento na área de influência dos rios foram coletadas para as seguintes análises: granulometria, carbonato, matéria orgânica, carbono orgânico total, nitrogênio total, enxofre total, fósforo inorgânico, fósforo orgânico, metais totais e parciais (Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Ni, Pb, V e



Zn), hidrocarbonetos totais do petróleo, alifáticos, mistura complexa não resolvida, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos).

As amostras foram coletadas com o uso de um amostrador van Veen de pequeno volume (3,5 litros), o que justificou a necessidade de se fazer seis (06) lançamentos a fim de se chegar ao volume de sedimento necessário para a análise de todos os parâmetros. Após o lançamento da sonda, o van Veen foi lançado no mesmo ponto três (03) vezes para a coleta dos parâmetros físico-químicos e três (03) lançamentos para a coleta das réplicas (r1, r2 e r3) da macrofauna (Tabela 3.8).

**Tabela 3.8** - Número de réplicas, estrato amostrado (em cm), acondicionamento, preservação dos parâmetros físico-químicos coletados nas campanhas dos rios, bem como os executores das análises.

Parâmetro	Réplicas	Estrato	Acondicionamento	Preservação	Executor
Carbono Nitrogênio Enxofre	Amostra única	0 – 2	Saco plástico	Congelamento	Laboratório do Departamento de Química/CCET/UFS
Fósforo	Amostra única	0 – 2	Saco plástico	Congelamento	Laboratório do Departamento de Química/CCET/UFS
Granulometria Carbonatos	Amostra única	0 - 10	Saco plástico	Congelamento das lamas e preservação a temperatura ambiente das areias e cascalhos	Laboratório GEORIOeMAR do Departamento de Engenharia de Pesca/UFS
Hidrocarbonetos	Amostra única	0 – 2	Recipiente de alumínio	Congelamento	Laboratório do Departamento de Química/CCET/UFS
Metais	Amostra única	0 – 2	Saco plástico	Congelamento	Laboratório do Departamento de Química/CCET/UFS

### III.4 ORGANIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS E ESPACIALIZAÇÃO

Após a execução das campanhas oceanográficas, as amostras coletadas foram encaminhadas para análise dos parâmetros químicos, biológicos e geológicos nos laboratórios parceiros da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

As informações relativas a cada campanha, compiladas no Relatório de Embarque, foram cadastradas no Banco de Dados Ambientais Costeiros e Oceânicos (BDCO) da PETROBRAS. Estas incluíram: dados gerais da campanha (data de início e término, embarcação utilizada e equipe de trabalho), dados climáticos e ambientais referentes a cada estação (condições atmosféricas, do mar, do vento e das ondas) e informações específicas sobre as amostragens e medições (coordenadas de levantamento, equipamentos utilizados, parâmetros amostrados, número de réplicas). Dessa forma, foi criado um código estrutural do Projeto MARSEAL no BDCO respeitando o seguinte padrão: sigla do projeto com quatro letras – “SEAL”; seguida pelo código da campanha, intitulada como “SED1” para as estações de sedimento e “SED2” e “ARR1” e “ARR2” para as estações de arrasto, separador “#”, acrescido do nome do transecto – “An”, do ponto de amostragem – “01” e das réplicas por estação – “\_r1”, “\_r2”, “\_r3” e “\_rc”, (réplica composta); e finalmente concluindo com a sigla do parâmetro, como nos exemplos: SEALSED1#An01\_r1\_Gra (no qual “Gra” = Granulometria); SEALSED1#An01\_r2\_MaT (no qual “Mat” = Macrofauna Bêntica Total).

A partir das informações pré-cadastradas no BDCO, foi possível exportar do Sistema planilhas no formato Excel para o preenchimento dos resultados advindos das análises executadas pela UFS, referentes a cada parâmetro, já no formato adequado à importação dos dados para o banco de dados.

Após análise do material coletado, as equipes da UFS preencheram as planilhas de resultados que foram revisadas e validadas pelos pares técnicos de cada tema do CENPES/PETROBRAS. Eventuais correções foram feitas antes da importação dos resultados para o banco de dados. Uma vez importados para o BDCO, os resultados puderam ser exportados em planilhas com formato (CSV) adequado à espacialização, ou seja, atributos posicionados nas colunas e resultados nas linhas, nome dos atributos ajustado para tamanho de até 10 caracteres, em caixa alta, e *alias* explicativos para cada atributo. Tais planilhas

passaram por mais uma etapa de validação, desta vez feita pelos especialistas da UFS, antes do processo de espacialização dos resultados. Todas as planilhas exportadas do banco de dados continham uma coluna com um campo chave, referente ao código estrutural do parâmetro associado a cada linha de registro.

Paralelamente, as coordenadas geográficas referentes às estações de coleta executadas e cadastradas no BDCO passaram por igual processo de exportação do banco de dados, conferência, eventual correção e espacialização utilizando o sistema geodésico de coordenadas (graus decimais) e DATUM SIRGAS 2000. Essas coordenadas foram utilizadas para a geração de arquivos vetoriais (pontos) no formato *shapefile* representando a malha amostral das campanhas de Sedimento e de Arrasto. Cada ponto (registro/linha) da tabela de atributos (dbf) do arquivo *shapefile* está associado ao código da estação de coleta correspondente. No caso específico da malha de Arrasto, as coordenadas das estações foram definidas pelo ponto médio (centróide) entre as coordenadas de início e fim do arrasto. Essa etapa foi executada com auxílio do *software* de geoprocessamento ArcGIS 10.1 (Esri, Ambiente SIG – Sistema de Informação Geográfica).

Aproveitando a estrutura montada para o uso dos dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica - SIG, o projeto adotou uma padronização para os *layouts* dos mapas gerados, considerando a escala de visualização segundo a área de estudo (foz de determinados rios, plataforma continental) ou *bookmark*, e convenções cartográficas (legenda, representação da escala, *grid* e seta de norte).

Ainda no sentido de uma adequação dos produtos espaciais gerados, foi definido um mapa base padrão utilizando os melhores dados públicos e da PETROBRAS disponíveis para a região. Dessa forma, o mapa base foi composto pelos seguintes Níveis de Informação (*layers*):

- Estados, Municípios - representação em polígonos e Sedes Municipais - representação pontual (Fonte: IBGE);
- Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas - representação em polígonos (Fonte: ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis);
- Ponto de referência (indicação da localidade de Pontal do Peba) - representação pontual;

- Hidrografia margem simples - representação em linha e Hidrografia margem dupla - representação em polígono segundo a escala de uso e disponibilidade (Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas e SRH – Superintendência de Recursos Hídricos);
- Localização dos Portos - representação pontual (Fonte: Cartas náuticas);
- Batimetria em isolinhas extraídas do MDT – Modelo Digital do Terreno (Fonte: GEORIOEMAR/UFS e GM/PETROBRAS);
- Estruturas da PETROBRAS: Plataformas e poços - representação pontual, dutos rígidos e de coleta da PETROBRAS - representação em linha (Fonte: GIS-BR/PETROBRAS);
- Malha amostral de Sedimento e de Arrasto geradas previamente - representação pontual;
- Adicionalmente, foram criadas anotações para a indicação da Batimetria (isóbatas de 10, 25, 50, 100, 200 e 1000 m), Hidrografia (Rio São Francisco, Rio Japarutuba, Rio Sergipe, Rio Vaza-Barris, Rio Piauí e Rio Real), Estados (Alagoas, Sergipe e Bahia), e Sedes Municipais de interesse (Coruripe, Pirambu e Aracaju), além dos transectos da malha de Sedimento (An, Ax, Bn, Bx, Cn, Cx, Cz, Dn, En, Ex, Ez, Fn, Gn, Gx, Hn) e de Arrasto (A, B, C, D, E, F, G, H).

Todos os *layers* disponíveis no pacote de dados denominado mapa base apresentam informações em suas tabelas de atributos para seu uso temático e metadados para assegurar sua rastreabilidade.

Os mapas temáticos associados aos resultados foram apresentados de forma padronizada segundo os critérios de parâmetro (químicos ou biológicos) e período de amostragem (seco ou chuvoso). Para os parâmetros biológicos, ficou estabelecida a simbologia de quadrados cheios e círculos vazados, respectivamente, para a representação dos períodos seco e chuvoso. Para os resultados de Química, foi utilizada a cor verde (R=56, G=168, B=0) para o período seco e violeta (R=115, G=0, B=76) para o chuvoso, e para os dados de Biologia, a cor laranja (R=255, G=170, B=0) para o período seco e azul (R=0, G=112, B=255) para o chuvoso. Os resultados foram classificados pelo método

estatístico de quebras naturais (*natural break classification*), utilizando 3 classes de valores, que foram apresentadas na legenda preferencialmente com 2 casas decimais ou até o primeiro valor significativo (exemplo: 0,0001), utilizando a representação temática de graduação de símbolos, sendo a classe de menor valor representada pelo menor símbolo. Para essa classificação, foi utilizado todo o conjunto de dados de um determinado parâmetro, e mantida a mesma faixa de valores das classes nos mapas dos períodos seco e chuvoso. Após a classificação, foram criados filtros específicos para a seleção e representação dos resultados de cada período separadamente. O método de classificação por quebras naturais só não foi utilizado quando o pesquisador sugeria a classificação dos valores em função de sua importância ambiental ou para as análises de agrupamento (*cluster*). As estações para as quais não houve a coleta de um determinado parâmetro biológico, ou onde a análise indicou valor igual a zero, foram representadas com um X vermelho para o período seco e preto para o período chuvoso. A padronização de símbolos e valores proporcionou uma maior sinergia nos mapas analógicos e digitais, permitindo a visualização simultânea do parâmetro nos distintos períodos.

Os parâmetros geológicos receberam um tratamento diferenciado e seus resultados foram apresentados em polígonos, que consistem numa interpretação regional dos dados pontuais somado ao conhecimento do especialista. Por isso, os mapas temáticos de Geologia não utilizaram o padrão de simbologia estabelecido para as outras áreas de conhecimento envolvidas no projeto, e sim uma simbologia apropriada para sua interpretação.

Os resultados de cada parâmetro, após exportação do BDCO, foram espacializados pela equipe de georreferenciamento da UFS. Segundo indicações dos pesquisadores, foram elaborados mapas temáticos contendo a representação dos resultados de diversos parâmetros por período. Esses mapas temáticos compuseram uma estrutura de *layers*, cuja nomenclatura obedeceu a seguinte orientação: Parâmetro, Índice, Compartimento e Período (exemplo: Macrofauna - Total de Equitatividade (J'-Pielou) - Plataforma Continental - Período Chuvoso). Os critérios para geração de cada mapa temático, assim como informações sobre o projeto, equipe e metodologia utilizada, foram apresentados nos metadados de cada temático.

Finalmente, o banco de dados georreferenciados e os mapas temáticos gerados pela UFS foram avaliados e validados pelo CENPES/PETROBRAS, e publicados em ferramenta WEB de visualização de mapas (WebGIS) com acesso controlado e para uso do projeto. Os mesmos mapas foram utilizados pelos autores na elaboração dos diversos capítulos do presente relatório.