

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS –GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GEOLOGIA MARINHA

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL SEDIMENTAR EM ÁREA DE PERFURAÇÃO
EXPLORATÓRIA MARÍTIMA, BACIA DE CAMPOS, RIO DE JANEIRO –
BRASIL.**

Milene Fornari

Orientador: Prof. Dr. Iran Carlos Stalliviere Corrêa –UFRGS

Comissão Examinadora:

Elírio Ernestino Toldo Júnior - UFRGS
Felipe Toledo - USP
Jair Weschenfelder - UFRGS

Dissertação apresentada como requisito para à obtenção do
título de Mestre em Geociências.

2005

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, o Instituto de Geociências, o Centro de Estudo de Geologia Costeira e Oceânica e às pessoas que fazem parte destas.

Agradeço ao Projeto MAPEM, pelas informações que sua equipe tornou acessível e pelo auxílio financeiro de um ano.

Agradeço o professor IRAN CARLOS STALLIVIERE CORRÊA pela orientação e pela liberdade ao longo do estudo.

Não poderia ficar de fora os agradecimentos a todas aquelas pessoas, que conheço e conheci, e que em algum momento estiveram próximas, todas são amigas de coração.

VALEU!!!

“....A VOCÊS, Odonir, Arina, Michele, Minéia, João Pedro e Marcus, QUE ESTÃO NO MEU RACIOCÍNIO....”

I. RESUMO

Através do banco de dados referente a granulometria (cascalho, areia, silte e argila), carbonato biogênico, carbono orgânico total (COT) e argilo-minerais (caulinita, esmectita, illita e gibsita) do projeto MAPEM- Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima (Águas Rasas), foi realizado este estudo visando avaliar os efeitos da perfuração dos poços BO-022H e BO-023H, localizados em talude continental superior, região sul da Bacia de Campos, Brasil, a 50 km da cidade de Cabo Frio, a 250m de profundidade.

A promissora atividade de exploração e produção de petróleo e gás no Brasil tem exigido estudos detalhados do ambiente marinho, estes por sua vez deverão considerar desde a técnica de perfuração até a minuciosa alteração causada no substrato sedimentar.

Nesta perspectiva foram coletadas amostras de sedimentos superficiais na região no em torno da área perfurada. Durante o cruzeiro I foram coletadas 48 amostras, no cruzeiro II, três meses após a perfuração, foram coletadas 61 amostras e no cruzeiro III, 22 meses após a perfuração, foram coletadas 54 amostras. Paralelamente foram amostradas 6 estações de controle.

A preocupação é compreender quais são as alterações ambientais causadas pela perfuração, para isso as análises dos sedimentos geraram informações sobre a composição granulométrica, o teor carbonato biogênico e carbono orgânico total, e, composição mineralógica (argilo-minerais). Essas variáveis comparadas à variação espacial (área de monitoramento/estações de referência) e temporal (3 cruzeiros oceanográficos) permitiram compreender como o substrato sedimentar marinho reagiu a atividade de perfuração.

Com o *background* da área, para os três cruzeiros oceanográficos, definiu-se os níveis médios das variáveis analisadas, identificando sinais de contaminação pela atividade de perfuração.

Estes resultados demonstram que a atividade de perfuração não promoveu alterações significativa nas propriedades sedimentares, que a variação dos valores de *backgrounds*, do cruzeiro II para o cruzeiro III, permaneceram muito próximo daqueles do cruzeiro I. Entre os argilo-minerais, a esmectita e a illita, aumentaram, porém no cruzeiro III, os valores sofrem redução ficando muito próximo daqueles do cruzeiro I.

II. ABSTRACT

Through the referring data base the size-grain sediment, calcium carbonate, organic carbon total, and clay-mineral from the MAPEM project – Environmental Monitoring of Offshore Drilling For Petroleum Exploration (Shallow Water), a study was carried through aiming at the effect of the well drilling in the BO-022H and BO-023H. Located in continental slope upper north of Campos Basin, Brazil, near the boundary of Cabo Frio city, under 200 meters depth.

The promising exploration and production of oil and gas activities in Brazil has demanded detailed studies about marine environmental, these considering the drilling technique until of the alterations caused in the substratum sedimentary.

In this perspective were collected superficial sediment samples in the region around the activity. During of cruise I were collected 48 monitoring stations, in the cruise II, three months after the drilling, were collected 61 monitoring stations and to cruise III, twenty and two months after the drilling, were collected 54 monitoring stations. Simultaneously were collected 6 control stations during three oceanographic cruises.

The concern is to understand which are the environmental alterations resultants of drilling, to this is the sediment analysis generated data about size-grain, calcium carbonate, organic carbon and mineralogical (clay-mineral). This is variables compared according to their spatial (monitoring area/control stations) and temporal (3 oceanographic cruises) variation had allowed to understand what were the influence upon the sediment composition was also evaluated.

The area *background* and *limiars*, defined to three oceanographic cruises, identifying signals of drilling contamination mainly grain-size alteration.

This results demonstrate that drilling activity did not promote expressive influence in the properties sedimentary and than the variable in the background, of cruise I for cruise III, they were very next to those of cruise I. Between the clay-minerals, the illite and smectite showed variation in the concentration, but in the cruise III, the value were next those of cruise I, indicating recuperation of the area.

SUMÁRIO

Elírio Ernestino Toldo Júnior - UFRGS	I
2. OBJETIVOS	11
3 CONSIDERAÇÕES AOS FLUÍDOS DE PERFURAÇÃO.....	12
4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
4.1. Localização.....	13
4.2. Geomorfologia.....	16
4.3. Oceanografia.....	20
5. METODOLOGIA.....	25
5.1. Malha Amostral	25
5.2. Carbono Orgânico	31
5.3. Argilo-minerais.....	31
5.4. Carbonato Biogênico (CaCO ₃).....	31
5.5. Análises Granulométricas.....	32
6. ANÁLISE DOS DADOS	32
6.1. Análises Estatísticas	32
6.2. <i>Background</i> , Limiares e Indicadores.....	32
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
7.1 <i>Background</i> e Distribuição Sedimentar do Cruzeiro I	34
7.2. <i>Background</i> e Distribuição dos Argilo-minerais no Cruzeiro I.....	40
7.3. Interpretação da variação granulométrica entre os cruzeiro I, II, III.....	46
7.4. Distribuição granulométrica nas estações de referências	53
7.5. Interpretação da distribuição dos argilo-minerais para o cruzeiro I, II e III.....	54
7.6. Distribuição dos argilo-minerais nas estações de referência para o cruzeiro I, II e III	58
8. CONCLUSÕES.....	60
9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 - Localização da área de estudo (modificado de Corrêa, <i>et al</i> 2005).....	14
Figura 2 - Distribuição das estações amostrais em detalhe. A malha em azul é referente às estações amostrais do Cruzeiro I enquanto que a malha em vermelho é referente ao Cruzeiro II (Corrêa et al, 2005).	15
Figura 3 - Vista em 3D da morfologia do talude continental superior na área amostrada e localização da malha de amostragem, (modificado de Corrêa I.C.S. <i>et al</i> 2005).....	18
Figura 4 - Estratificação das massas d'água na margem continental brasileira a 22°S, considerando a termoclina situada próxima a 500 m de profundidade (Viana <i>et al</i> 1998). STW = Água Superficial Tropical; SACW = Água Central do Atlântico Sul; AAIW = Água Antártica Intermediária; NADW = Água Profunda do Atlântico Norte; AABW = Água Antártica de Fundo; BC = Corrente do Brasil; BCC = Contra-Corrente do Brasil; ⊙ Corrente para sul; ⊗ Corrente para norte (modificado de Viana <i>et al</i> 1998).....	20
Figura 5 - Batimetria e fisiografia do setor Norte da Bacia de Campos, a parte emersa da bacia é representada por um mosaico de imagem de satélite – 5 (TM – bandas 3, 4 e 5) em falsa cor. A parte submersa é composta de uma imagem colorida e sombreada, elaborada a partir de dados adquiridos por batimetria de varedura e sísmica multicanal (Côrrea <i>et al</i> , 2005).....	23
Figura 6 - - Distribuição das 54 estações, área de monitoramento, em padrão amostral do tipo malha concêntrica radial (Corrêa et al, 2005).	28
Figura 7 - Vista espacial da localização das estações de coleta (pontos centrais) e das seis estações de referência, área de monitoramento.	29
Figura 8 - Sobreposição das malhas de amostragem realizadas nos três cruzeiros oceanográficos e posição dos poços BO-022H e BO-023H	30
Figura 9 - Composição granulométrica média das amostras do Cruzeiro I.....	37
Figura 10 - Rosa de distribuição das ocorrências do vetor velocidade filtrada, no nível de - 210m. A velocidade está em m/s, (modelo cedido pela Agência Nacional do Petróleo – ANP).....	38
Figura 11 -Distribuição dos argilo-minerais e padrão de circulação oceânica. (modificado de Petschick et al, 1996).	41
Figura 12 - Proporção relativa média dos argilo-minerais das amostras do Cruzeiro I.	42
Figura 13 - Distribuição dos argilo-minerais durante os três cruzeiros oceanográficos, plotados com base nos valores de concentração média.	44
Figura 14 - Distribuição sedimentar nas estações de referência de número, 49, 50, 51, 52, 53 e 54 em % (modificado de Corrêa, I.C.S. <i>et al</i> 2005).	53
Figura 15 - Difratoograma de Raio-X referente aos argilo-minerais da fração menor que 2 micra da estação 03 (Fonte: Corrêa, I.C.S. <i>et al</i> 2005).....	57
Figura 16 - Distribuição dos argilo-minerais da fração fina nas estações de referencias 49, 50, 51, 52, 53 e 54 em %. A localização dessas estações estão inlustradas na figura 7 (modificado de Corrêa et al, 2005).....	59
Tabela 1 - Síntese dos três cruzeiros oceanográficos	26
Tabela 2 - Mineralogia, Granulometria, CaCO ₃ e Carbono Orgânico Total das amostras de sedimentos coletadas durante o Cruzeiro I e valores comparativos da bibliografia	

consultada.N.D. = Não detectado pela análise.COT = Carbono Orgânico Total.*
Intervalos de isovalor no qual, em mapa de distribuição no Atlântico Sul, se localiza a
área de estudo. 35
Tabela 3 - Mineralogia, Granulometria, CaCO₃ e Carbono Orgânico Total (COT) das
amostras de sedimentos coletadas durante o Cruzeiro I, II e III. .N.D. = Não detectado
pela análise. COT = Carbono Orgânico Total. 48

1. INTRODUÇÃO

Atualmente na Bacia de Campos existe intensa atividade de exploração e produção petrolífera. O número de poços marítimos, produtores de petróleo e gás natural, passou de 401 no ano de 1994, para 486 em 2003, atingindo seu máximo em 2000 com 511 poços perfurados. Sendo que para o ano de 2005 a companhia Petróleo Brasileiro S.A (Petrobrás) pretende aumentar em cerca de 75% a exploração (ANP/MME, 2004).

Tendo em vista que se pretende atingir intensa exploração nos próximos anos, será fundamental compreender a dinâmica sedimentar, biológica, química e principalmente as modificações geradas por estas, para então prevenir possíveis danos causados no ambiente.

É neste contexto que surgiu o projeto de Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima – MAPEM, cujo principal objetivo foi fornecer dados essenciais para validar os modelos de descarga, particularmente a distribuição dos *cuttings* de perfuração em água profunda (> 200 m) e rasa (até 200m). Indicando os possíveis impactos que essas atividades de perfuração geram ao fundo oceânico. Por este motivo o projeto, através de um perfil interdisciplinar, reuniu dados de análises: biológicas, químicas, físicas e geológicas. Tais dados são de extrema importância para as agências reguladoras e órgãos ambientais à medida que forem desenvolvidos os regulamentos que governam o descarte de resíduos de perfuração.

Com essas diretrizes, o banco de dados armazenados, através do projeto MAPEM (2005), permitiu que paralelamente fossem desenvolvidas pesquisas a nível de pós – graduação, colaborando com o desenvolvimento científico e a capacitação profissional. Essas pesquisas, por sua vez, procuram detalhar as alterações geradas pelas atividades de perfuração em ambiente marinho.

No presente estudo buscamos compreender o comportamento dos sedimentos, dos argilo-minerais, do carbonato biogênico e do carbono orgânico total, gerados pelo projeto MAPEM, coordenado pelo Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

O atual ambiente sedimentar da plataforma e talude continental, na bacia sedimentar de Campos, onde foi implementado o projeto MAPEM (2005), é dominado por baixas taxas

de sedimentação, pelo retrabalhamento dos sedimentos de fundo por ação das correntes e de fluxos gravitacionais. Os sedimentos são de composição terrígeno-carbonática, com ampla distribuição de grãos finos, tamanhos silte e argila (Viana *et al*, 1998).

A deposição desses sedimentos na plataforma continental e na região de talude, está relacionada às interações entre os processos tectônicos, oscilações do nível do mar (eustasia), as variações climáticas e os processos oceanográficos. Segundo Corrêa. *et al*, (2005) a tectônica e as variações eustática controlam o espaço disponível, enquanto que, o clima e os processos oceanográficos interagem no controle do suprimento e distribuição dos sedimentos sobre a margem continental. Porém este padrão estará sujeito as mais variadas oscilações, que poderão ser naturais ou antrópicas. A natural está diretamente relacionada a períodos de intensa agitação do meio marinho (tempestades) e correntes, enquanto que a segunda diz respeito às atividades de exploração petrolíferas, movimentação de barcos, exploração turística, entre outras.

Quanto a distribuição dos argilo-minerais, são bastante restritos os estudos na área, destaca-se o estudo de Biscaye (1965), Griffin et al (1968), Chamley (1989) e Demore (2005) os quais consideram que a distribuição dos argilo-minerais no Oceano Atlântico é controlada principalmente pelas condições climáticas e pelas diferentes zonas de intemperismo no continente. Ainda, os mesmos autores, afirmam que a principal fonte dos argilo-minerais é terrígena. Os trabalhos que apresentam maior detalhe, para área monitorada, são os de Petschick *et al* (1996), os quais descrevem a distribuição dos argilo-minerais no Atlântico Sul, ressaltando que é necessário levar em consideração o complexo sistema atmosférico, hidrológico e topográfico e o de Demore (2005) que apresenta a discussão da distribuição dos argilo-minerais e das classes granulométricas em área de exploração petrolífera ao norte da Bacia de Campos, na área de talude continental médio.

2. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo descrever e interpretar parte dos dados armazenados durante o projeto Monitoramento Ambiental em Área de Perfuração Exploratória Marítima – MAPEM, caracterizando os impactos ambientais causado pela perfuração em talude continental superior.

São portanto, objetivos específicos dessa dissertação:

- Caracterizar a área monitorada em termos de granulometria (textura sedimentar), teores de argilo-minerais e geomorfologia;
- Especificar a variação do carbono orgânico total (COT) inferindo sobre possíveis áreas fontes;
- Descrever e avaliara as alterações texturais sedimentares ocorridas durante os três cruzeiros oceanográficos;
- Detalhar a distribuição espacial da concentração dos argilo-minerais durante os três cruzeiros oceanográficos e descrever as variações;
- Através de análise microscópica caracterizar o material predominante nos sedimentos;
- Identificar, entre as variáveis monitoradas (carbono orgânico total, carbonato biogênico, argilo-minerais e granulometria), quais são os valores de *backgrounds* e limiares para cada cruzeiro, buscando identificar, quais foram as alterações e de que forma eles estiveram relacionados com as atividades de perfurações dos poços BO-022H e BO-023H.;
- Buscar indícios da recuperação da área, no período de quase um ano após a perfuração, considerando o retrabalhamento dos sedimentos, o material proveniente da atividade de perfuração e o cálculo de *background* e limiar para as variáveis (classe granulométrica, argilo-mineral e COT) no último cruzeiro oceanográfico;
- Descrever e avaliar as alterações texturais e mineralógicas nas estações de referências (2.500m da área sujeita a perfuração), durante os três cruzeiros oceanográficos;

3 CONSIDERAÇÕES AOS FLUÍDOS DE PERFURAÇÃO

As atividades de perfuração ocorrem a partir de determinados critérios e técnicas. O material utilizado para a perfuração está relacionado ao tipo de material a ser perfurado (estrutura geológica) e o tipo de perfuração (profundidade da coluna de água, espessura da rocha a ser perfurada, ângulo de perfuração) (Cantarino *et al*, 2001). São dois os tipos de fluídos: os Fluídos de Base Não Aquosa (NAF/FBNA) e os Fluídos de Base Aquosa (WBF/FBA). Estes poderão estar diretamente relacionados a alterações no meio marinho, pois o Fluido de Base Aquosa é composto por água, sais, barita, bentonita e outros aditivos menores (Melton *et al.*, 2000), caracterizando-se pela ausência de hidrocarbonetos. Já os Fluidos de Base Não Aquosa são mais complexos. Seus principais componentes são óleo diesel, óleo mineral, água doce ou salgada, barita, diferentes níveis de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e alguns aditivos especiais. (Caen, 1996; Melton *et al*, 2000). Por isso é de extrema importância avaliar estas etapas para então podermos compreender e afirmar, se caso existirem, quais são os impactos ambientais causados pelas atividades de exploração petrolífera.

4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. Localização

A área de estudo se localiza no Oceano Atlântico Sul, sobre a margem continental brasileira, em seu segmento sudeste, na região ao sul da Bacia de Campos em área de talude continental superior, na altura da cidade de Cabo Frio (Figura 1) a qual destaca a área de amostragem, a cerca de 50 km da costa, esta se delimita pelas seguintes coordenadas UTM, as quais abrangem as seis estações de referência, que estão a aproximadamente 2.500 m do poço de perfuração, BO-023H.

N= 7.492.000,00m E= 333.250,00m

N= 7.486.900,00m E= 332.000,00m

Nesta área monitorada se destacam a localização dos dois poços, o BO-022H e o BO-023H (Figura 2), cuja coordenadas, no sistema SAD-69, são:

BO-022H N= 7.489.497,16m E= 332.750,44m

BO-023H N= 7.489.484,16m E= 332.551,45m

O Meridiano Central de referência para estas coordenadas UTM é o de 39°W.

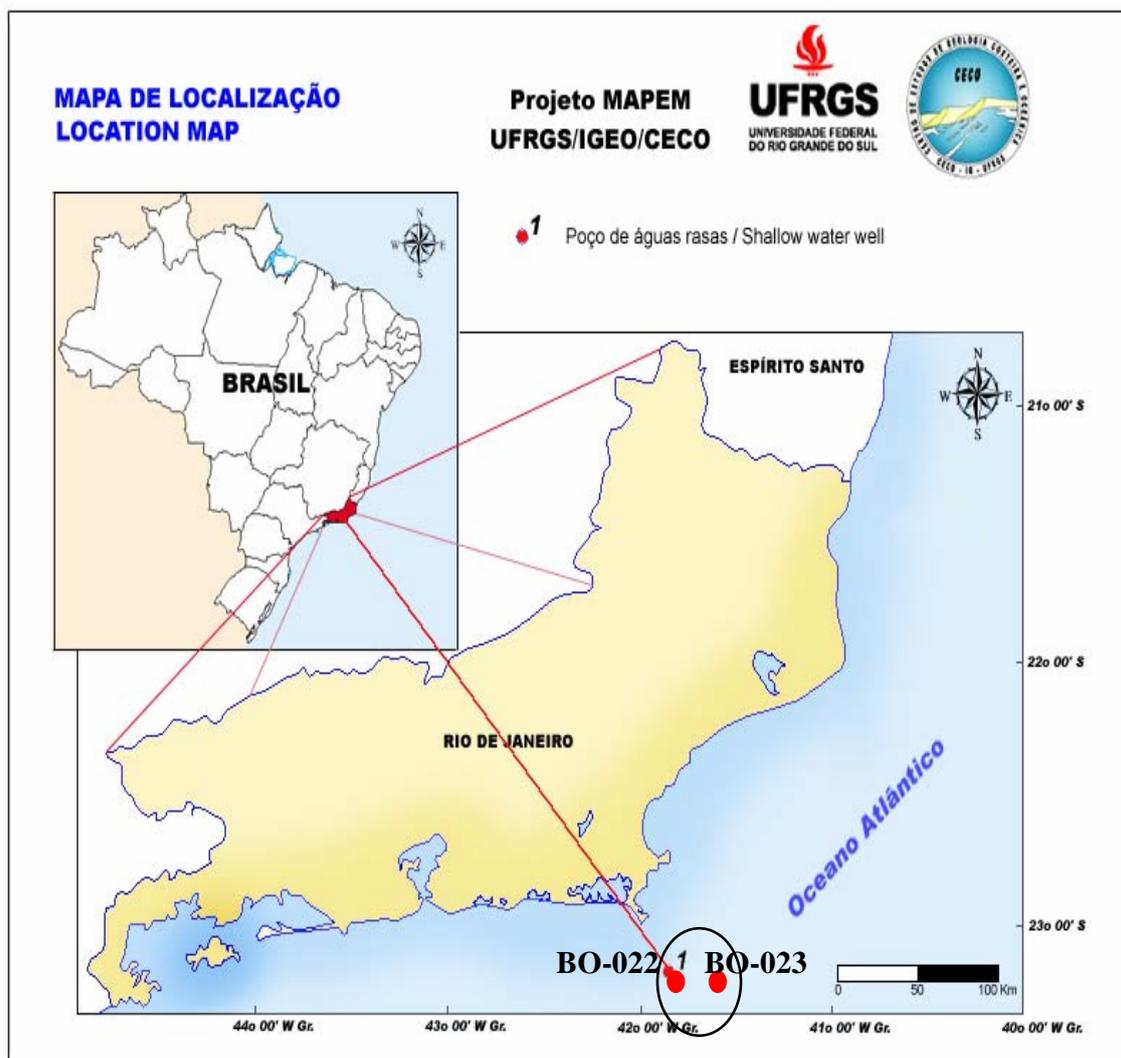


Figura 1 - Localização da área de estudo (modificado de Corrêa, *et al* 2005).

- Localização dos poços de perfuração.
- Área de amostragem das estações em torno dos poços perfurados.

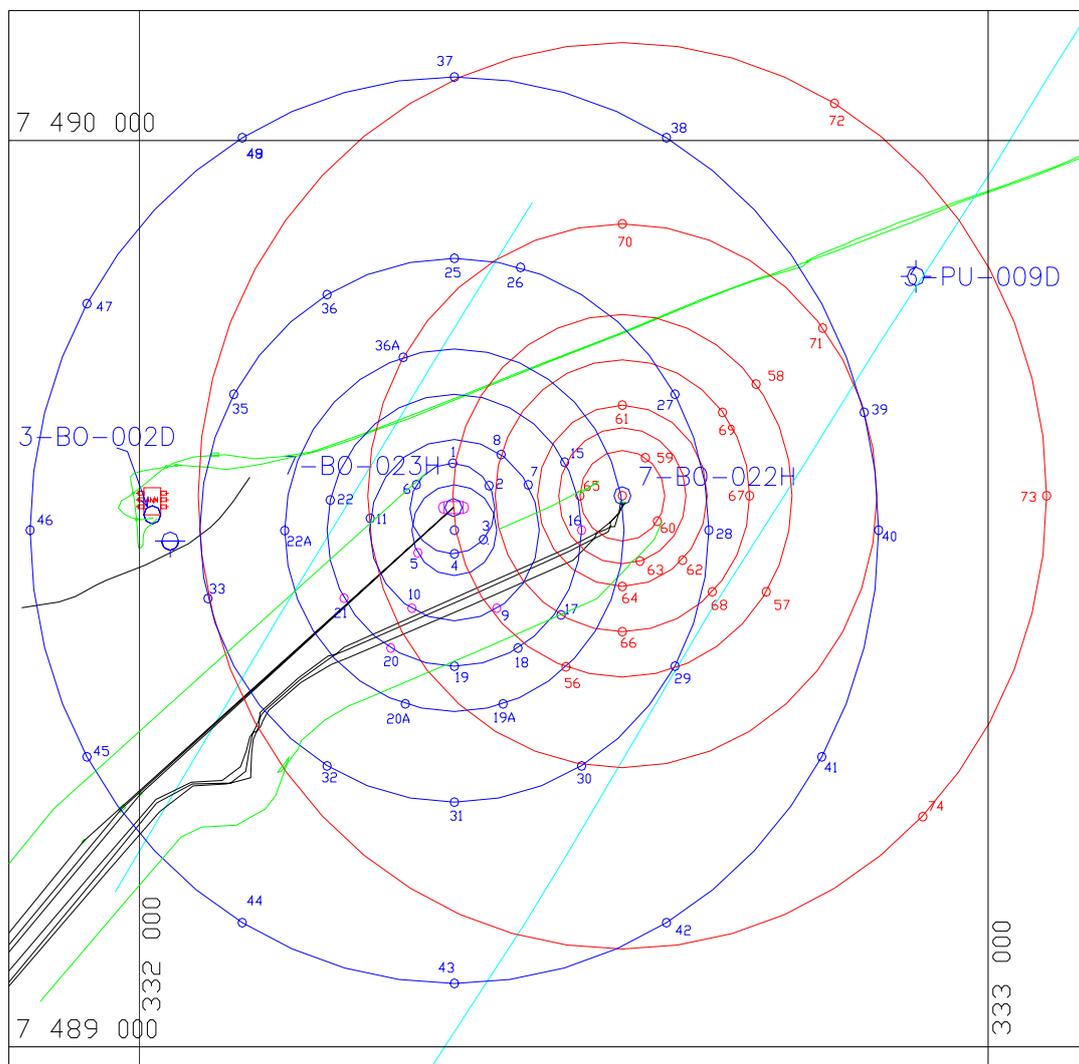


Figura 2 - Distribuição das estações amostrais em detalhe. A malha em azul é referente às estações amostrais do Cruzeiro I enquanto que a malha em vermelho é referente ao Cruzeiro II (Corrêa et al, 2005).

4.2. Geomorfologia

A Bacia de Campos se localiza na margem sudeste do Oceano Atlântico, ocupando uma porção da Margem Continental Brasileira, na costa norte do Estado do Rio de Janeiro. Seu limite norte, com a Bacia do Espírito Santo é o Alto de Vitória e o limite sul, com a Bacia de Santos. Da sua área total de 100.000 km², mais de 70% encontra-se a profundidades maiores que 200 m (Carminati and Scarton, 1991; Rangel *et al.*, 1994, in: De Almeida *et al.* 1986).

O talude continental se estende por mais de 40 km, com declividade média de 2,5°. Seu limite superior é a quebra de plataforma, em profundidades de 80 m à norte e 130 m sul, enquanto que o limite inferior situa-se entre as profundidades de 1.500 m, na porção norte, e 2.000 m na porção sul (Brehme, 1984). Sua base é menos profunda ao norte que ao sul devido ao desenvolvimento de um cone submarino conectado ao cânion Almirante Câmara, leque submarino do Paraíba do Sul (Brehme, 1984; Viana *et al.*, 1998). Segundo Viana *et al.* (1998), as análises de registros sísmicos indicam que sistemas de cânions paralelos foram ativos, junto ao bordo da plataforma continental, durante as posições de nível de mar baixo. No geral, a morfologia do talude continental é considerada regular, com as curvas de isovalor distribuídas homoganeamente, sendo apenas recortada por vales e cânions orientados numa direção preferencial de leste-oeste (Corrêa *et al.*, 2005). Para Viana *et al.* (1998) é possível identificar diferentes feições geomorfológicas na região do talude continental, subdividindo em três porções: talude superior (*upper slope*), talude médio (*middle slope*) e talude inferior (*lower slope*).

O talude superior, entre 200-550 m de profundidade, é caracterizado por intensos depósitos de carbonatos e areias. Nesta porção morfológica encontra-se a área em estudo. A figura 3 e a figura 3.1 permitem visualizar a morfologia geral da área, a qual é bastante regular. As areias graduam de finas para grossas, com tendência geral de se tornarem mais finas para o sul enquanto que para o norte a granulometria tende ser mais grossa. Essas areias são principalmente de composição siliciclástica e bioclástica, sendo comum a presença de glauconita e mica. Ainda é possível identificar, no talude superior, segundo

Viana *et al* (1998), marcas resultantes das correntes como: gradação normal e inversa, contatos estruturais e finos acamadamentos internos. Já o talude médio, entre 550-1200m, ocorre normalmente crostas ricas em ferro. Segundo Cabida *et al* (1994), os depósitos em talude médio são formados pelas areias finas, siltes arenosos, crosta ferruginosa além de pacotes de lamias siltosas a lamias arenosas. Os fluxos gravitacionais promovem o deslocamento de pacotes de sedimentos para as áreas mais profundas, em direção ao talude inferior. Nesta porção onde os fluxos gravitacionais são mais intensos, a morfologia começa a se alterar. Viana *et al* (1998) mostram, através de perfil sísmico, geometria mais convexa e irregular, assim como pode ser visualizado na figura 3.1, a qual mostra a diferença morfológica em direção ao talude médio. O talude inferior, abaixo de 1200 m de profundidade, recebe grande aporte de material fino procedente do talude superior e médio assim como as areias procedentes dos fluxos gravitacionais, representando um importante sítio deposicional. Os depósitos de areias lamosas ocupam extensas áreas com típicas feições de bioturbação, como destacado por Viana *et al* (1998).

A passagem do talude para a elevação continental é marcada por uma província intermediária, o Platô de São Paulo, uma área de baixo gradiente (1:100) influenciada por diápiros de sal estendendo-se de 2.000 a 3.500 metros de profundidade. Esse é o lugar onde os mais importantes depósitos da base do talude são encontrados e destaca-se um complexo sistema de drenagem submarina (Viana *et al*, 1998).

A área ao sul na Bacia de Campos – RJ, a qual abrange a região em estudo, é caracterizada por depósitos de fluxos gravitacionais que alcançam o talude médio e chegam atingir taxas de sedimentação em torno de 70 cm/ka. Diferente da área ao norte na Bacia de Campos – RJ, onde a taxa de sedimentação pode atingir cerca de 120cm/ka e os fluxos se deslocam avançando talude abaixo (Viana *et al*, 1998).

A malha de amostragem do presente estudo, que é limitada por um círculo de 500 m, abrange área de talude superior, caracterizado por declividade média de aproximadamente 1:20 (2,5%), típica de taludes continentais. Tal área é considerada morfológicamente plana, não ocorrendo vales ou cânions significativos, como pode ser visualizado no modelo batimétrico nas figuras 3 e 3.1.

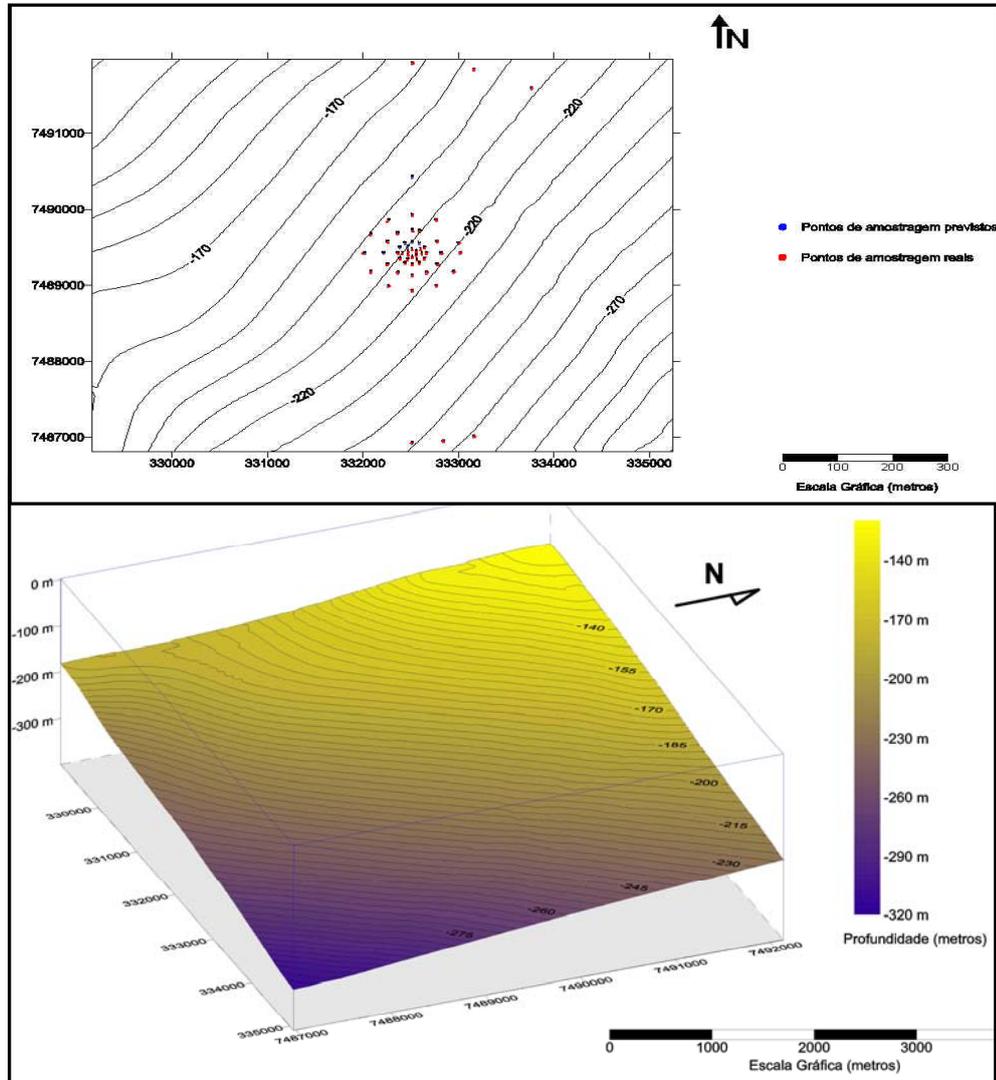


Figura 3 - Vista em 3D da morfologia do talude continental superior na área amostrada e localização da malha de amostragem, (modificado de Corrêa I.C.S. *et al* 2005).

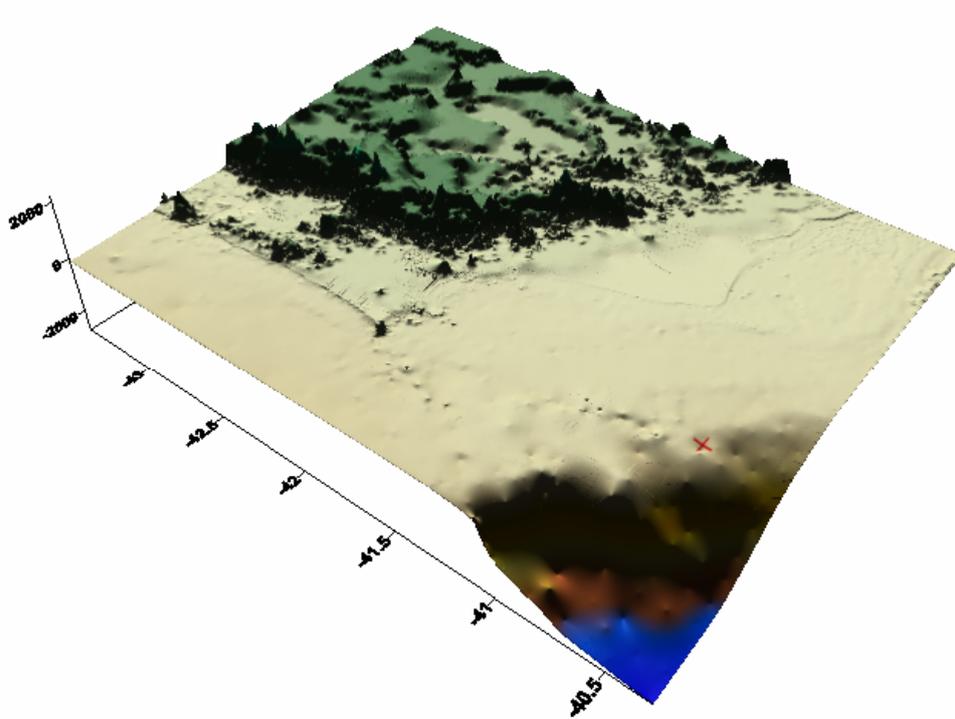


Figura 3.1 - Vista em 3D da morfologia da margem continental com a localização do poço BO-023H.

4.3. Oceanografia

Como descrito por Viana *et al* (1998), a estratificação de massas d'água na Bacia de Campos, RJ, apresenta uma estrutura clássica, com elevação dos limites entre os estratos internos próximo ao talude continental e comportamento dinâmico expressivo que é fortemente controlado pelo regime de ventos e pela topografia submarina. O mesmo autor descreve que na área do presente estudo (Figura 1) existe um complexo contexto hidrodinâmico em confluência com a região do bordo da plataforma e do talude superior, influenciado por diferentes estratificações de massas d'água, correntes de maré, ondas de tempestades, vórtices e meandros gerados pela Corrente do Brasil (BC), capazes de produzir erosão, transporte e deposição de sedimentos ao longo desta região, bem como em direção ao oceano profundo.

As massas d'água presentes na região da Bacia de Campos são divididas em dois principais grupos segundo Viana *et al* (1998), as águas superficiais e as águas profundas, como mostra a figura 4.

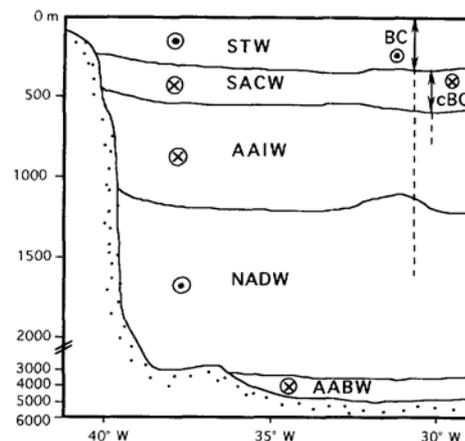


Figura 4 - Estratificação das massas d'água na margem continental brasileira a 22°S, considerando a termoclina situada próxima a 500 m de profundidade (Viana *et al* 1998). STW = Água Superficial Tropical; SACW = Água Central do Atlântico Sul; AAIW = Água Antártica Intermediária; NADW = Água Profunda do Atlântico Norte; AABW = Água Antártica de Fundo; BC = Corrente do Brasil; BCC = Contra-Corrente do Brasil; ⊙ Corrente para sul; ⊗ Corrente para norte (modificado de Viana *et al* 1998).

As águas superficiais são influenciadas principalmente pelo regime de circulação atmosférica de média latitude e são constituídas pelas massas de Água Superficial Tropical (STW) e de Água Central do Atlântico Sul (SACW) (Figura 4). A corrente de contorno, denominada de Corrente do Brasil (BC), flui ao longo da costa leste, sudeste e sul-brasileira como uma corrente superficial relativamente rasa, com espessura máxima de 700 m acompanhando a linha de quebra da plataforma continental. Esta corrente transporta para sudoeste, na camada situada entre a superfície e o nível de 200 m, a massa de Água Tropical (STW). Castro (2003), descreve que os processos de troca de energia e massa com a atmosfera, através da intensa radiação e do excesso de evaporação, conferem à STW características de uma massa de água quente com temperaturas maiores do que 20°C e valores de salinidade superiores a 36‰, porém com baixas concentrações de sais e nutrientes dissolvidos

A Água Central do Atlântico Sul (SACW), apresenta temperaturas menores que 18° C (min. de 6° C) com salinidade baixa, oscilando entre 34,5 e 36‰ e com altas concentrações de nutrientes. Em seu limite inferior, a SACW apresenta uma redução abrupta em seus valores de temperatura e salinidade. O fluxo da SACW representa a Contra-Corrente do Brasil (BCC), formada após o afundamento da BC na zona de convergência subtropical. Flui para a direção norte, entre a Água Superficial Tropical (STW) e a Água Antártica Intermediária (AAIW), entre 300 e 550 m de profundidade, sob BC, ocupando a camada de fundo em algumas regiões oceânicas e na proximidade do talude continental superior chega atingir 55cm/s.

Medidas de corrente de fundo no bordo da plataforma da Bacia de Campos, feitas durante a execução do projeto MAPEM (2005), indicam a presença de correntes bi-direcionais cruzando a plataforma continental, com valores médios de 25cm/s e picos de 50 cm/s. A análise espectral destes dados revela a predominância de ciclos com períodos maiores que 31 horas, os quais podem ser influenciados pelo regime dos ventos prevalecentes de NE e os ventos predominantes de SW, associados às passagens das tempestades de frentes frias. Também os ciclos de maré astronômica com valores mínimos e máximos de amplitude entre 0,5 e 1,5 m, respectivamente, podem gerar um padrão de correntes bi-direcionais. Análises estatísticas indicam que o padrão de correntes, com sentido paralelo à praia ou com sentido geral para nordeste, está principalmente relacionado

aos ciclos da maré e ao padrão de correntes perpendicular à praia, podendo ser relacionado ainda aos eventos de passagem das frentes frias. Ainda como pode ser observado na imagem de satélite (Figura 5) com dados de temperatura da superfície do mar, mostram a presença de vórtices com diâmetro superior a 50 km, associados à propagação de meandros da BC, e com deslocamentos desde os locais de formação, na parte central da plataforma, até o bordo da mesma a uma velocidade média que varia de 4 a 35 cm/s. A frequência destes eventos, embora não bem estabelecida, varia entre 15 e 45 dias, e com período de residência que flutua entre poucos dias e menos de um mês. Análises preliminares, feito pelo MAPEM (2005), dos registros de correntes obtidos próximas ao fundo, a -400 m de profundidade, indicam que as correntes associadas a estes vórtices podem alcançar velocidades superiores a 35 cm/s.

Em profundidade abaixo da termoclinica, Viana *et al* (1998), descrevem três massas de água, as quais não estão se deslocando diretamente no ambiente em estudo, mas sim em maiores profundidades e por isso serão apenas citadas. A primeira é a massa de Água Antártica Intermediária (AAIW), a segunda é a massa de Água Profunda do Atlântico Norte (NADW) e a terceira é a massa de Água Antártica Profunda (AABW), as quais estão representadas na figura 4. Entre elas a que exerce maior influência no comportamento dos sedimentos em água rasa é a AAIW, que ocupa o talude médio entre 550 e 1.200 m, é caracterizada por temperaturas entre 6° e 2°C, elevado conteúdo de oxigênio dissolvido e salinidade mínima de 34,2‰. Esta corrente tem fluxo para norte. A NADW corresponde a uma camada de água com mais de 2.000 m de espessura que flui para sul, com elevados teores de sais, pobre em nutrientes e rica em oxigênio. A densa e fria massa de água AABW (Figura 4) desenvolve-se abaixo da NADW, em águas mais profundas que 4.000 m (Viana *et al*, 1998)

O importante destas considerações no presente estudo, é que esta estratificação reflete propriedades físico-químicas (regendo a densidade da água) e hidrodinâmicas (velocidade e direção de correntes oceânicas) entre as massas d'água, cuja estrutura predominante, bem como a suas variações ao longo do período da perfuração, são determinantes, para o padrão de deriva, dispersão do *cuttings*, tipos de depósitos e erosão do fundo, os quais estarão restritamente relacionados ao sentido, a morfologia e intensidade das correntes resultantes dessas massas de água.

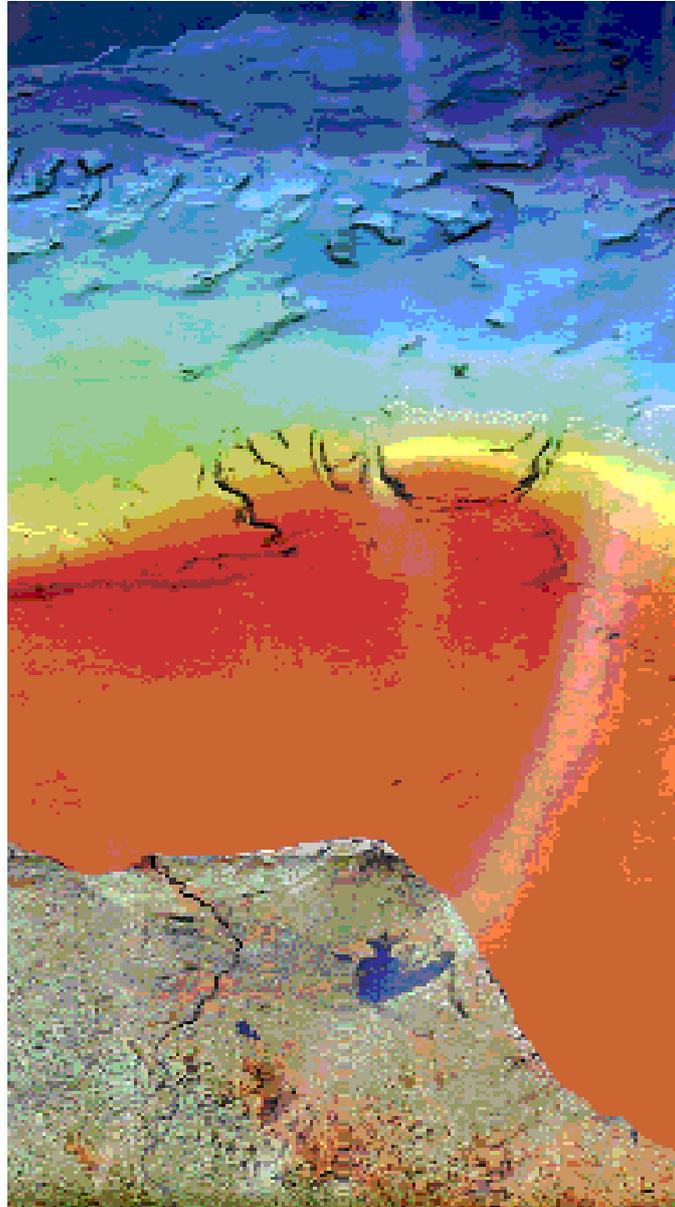


Figura 5 - Batimetria e fisiografia do setor Norte da Bacia de Campos, a parte emersa da bacia é representada por um mosaico de imagem de satélite – 5 (TM – bandas 3, 4 e 5) em falsa cor. A parte submersa é composta de uma imagem colorida e sombreada, elaborada a partir de dados adquiridos por batimetria de varedura e sísmica multicanal (Côrrea *et al*, 2005)

4.3. Sedimentologia

Segundo Viana *et al.* (1998), as areias siliciclásticas e bioclásticas ocupam a porção interna e média da plataforma continental da Bacia de Campos. A plataforma externa é dominada por areias, principalmente siliciclásticas, as quais são de moderadamente a bem arredondadas. Na parte sul da plataforma, as areias são mais finas que na parte central e norte. Quanto a composição, predomina principalmente o quartzo e glauconita, porém com baixo conteúdo de minerais pesados. Os constituintes bioclásticos são principalmente moluscos, briozoários, fragmentos de algas e foraminíferos. Na região central e norte da área de estudo, entre a porção média e externa da plataforma, as areias são bem selecionadas, recobertas por uma película de óxido de ferro. É comum neste ambiente a formação de extensos depósitos de dunas subaquosas, que se propagam para NE. Estas formas de fundo apresentam uma altura média entre 0,5 e 1m e extensão de dezenas de metros.

Os depósitos de areias lamosas ocupam extensas áreas com típicas feições de bioturbação. No talude médio, entre 550 e 1.200 m, estes depósitos gradam para fundos constituídos de areias finas, siltes arenosos, crostas ferruginosas e corais de águas profundas (Corrêa *et al.*, 2005). Segundo Viana *et al.* (1998), os fluxos da massa da água antártica intermediária apresentam elevados teores de oxigênio dissolvido e são responsáveis pela geração das crostas ferruginosas.

5. METODOLOGIA

5.1. Malha Amostral

A área de estudo apresenta um histórico de atividades de perfurações iniciadas na década de 70. A última atividade desenvolvida pela Petrobrás, antes da realização do primeiro Cruzeiro Oceanográfico do Projeto MAPEM (2005), em julho de 2001, foi no ano de 1998 com uma perfuração localizada a uma distância de 348 m a Oeste do Poço BO-023H.

O plano de amostragem do primeiro cruzeiro oceanográfico (cruzeiro I) foi desenvolvido com base em 54 estações, as quais representam a área de monitoramento, distribuídas na forma de uma malha concêntrica radial, sendo 06 estações de coletas em círculos a 50 e 100 m a partir do poço de perfuração, e outras 12 estações de coletas em círculos a distâncias de 150, 300 e 500 m, conforme indicado na figura 6. Adicionalmente 06 estações de referencia foram coletadas a uma distância de 2.500 m do poço de perfuração (BO-022H e BO-023H). A figura 7 mostra a localização das seis estações de referência, situadas três a NNE e três a SSE dos poços BO-022H e BO-023H. Esta malha teve como referência central às coordenadas do poço BO-023H que seria perfurado posteriormente a realização do cruzeiro I (MS1), mas, entre o cruzeiro I, pré-perfuração, e o segundo cruzeiro (cruzeiro II), pós-perfuração, a Petrobrás perfurou um segundo poço, o BO-022H, distante 199 m a Leste do poço BO-023H. Assim, a mesma malha amostral não foi repetida nos três cruzeiros.

Foram coletadas 74 estações para a malha de amostragem do segundo e terceiro cruzeiros oceanográficos. Destas 74 estações, 68 se localizaram ao longo de 7 radiais saindo do poço BO-022H até uma distância de 500 m. As outras 06 estações foram de referência e se localizaram a 2.500 m do poço BO-023H. Do total das estações planejadas foram amostradas 48 no cruzeiro I, 61 no cruzeiro II e 54 no cruzeiro III (Tabela 1)

.

Cruzeiro	Data	Etapa	N ^o de estações amostradas
I	28 a 31 de julho de 2001	Pré-perfuração do Poço BO-023H	48
II	16 a 24 de setembro de 2002	Pós-perfuração dos Poços BO-022H e BO-023H. 14 meses pós o cruzeiro I e três meses pós-perfuração	61
III	16 a 19 de abril de 2004	19 meses pós o cruzeiro II e 22 meses pós-perfuração.	54

Tabela 1 - Síntese dos três cruzeiros oceanográficos

As atividades de perfuração tiveram início em fevereiro e conclusão em abril de 2002, junto ao poço BO-022H. No poço BO-023H as atividades de perfuração foram desenvolvidas entre maio e junho de 2002.

As coletas foram realizadas a bordo do Navio Satro 25 e D'Diana, serviço contratado da empresa *Petroleum and Environmental Geo-Services* (PEG), e *OceansatPeg*, respectivamente

A programação de campo, incluiu as atividades de amostragens de fundo, as análises laboratoriais de bordo e o armazenamento das amostras coletadas, finalizando com a subsequente transferência das amostras e dos dados de bordo para os demais procedimentos analíticos nos respectivos laboratórios de biologia, geologia e química. Os navios estavam equipados com sistema de posicionamento global e software *Hydropro*, o qual foi utilizado para a navegação e posicionamento durante todo o trabalho de campo, sendo a precisão do sistema de ± 1 m. Conforme detalhes de todos os procedimentos de bordo, descritos em Toledo *et al.* (2003), o posicionamento das estações amostradas foi registrado em coordenadas UTM cujo datum de referência foi o SAD-69.

O posicionamento do *box-corer* no fundo marinho, no segundo e no terceiro cruzeiro oceanográfico, foi efetuado através de um sistema de posicionamento hidroacústico (*USBL*) fabricado pela *SonarLyne*. Este sistema é composto por um *transciever*, o qual é fixado no casco da embarcação e por um *beacon* preso em um cabo próximo ao sensor. Este sistema hidroacústico fornece o posicionamento do equipamento

rebocado em relação à posição original do barco. O sistema de navegação recebe estes valores e calcula as coordenadas da posição do equipamento no fundo marinho.

Foram coletadas 48 amostras no cruzeiro I, 61 amostra no cruzeiro II e 54 amostras no cruzeiro III, totalizando 163 amostras superficiais para fins de análise granulométrica, carbonato biogênico, composição da fração granulométrica menor que 2 micrômetros e determinação do teor de carbono orgânico total (COT).

As amostras foram coletadas a partir de um amostrador *box corer* com dimensões de 50 por 50 cm de área de recobrimento e com uma altura máxima de amostragem de 70 cm, perfazendo um volume total máximo 175.000 cm^3 amostrado.

Tendo por objetivo o desenvolvimento de um modelo estatístico integrado de dados, com base no conceito de medidas repetidas, também foram amostrados os mesmos locais ou pelo menos separados a poucos metros da malha geral do monitoramento (Figura 6). Os resultados dos locais amostrados, com o *box-corer*, podem ser observados na figura 8, a qual apresenta a sobreposição das três malhas de amostragem.

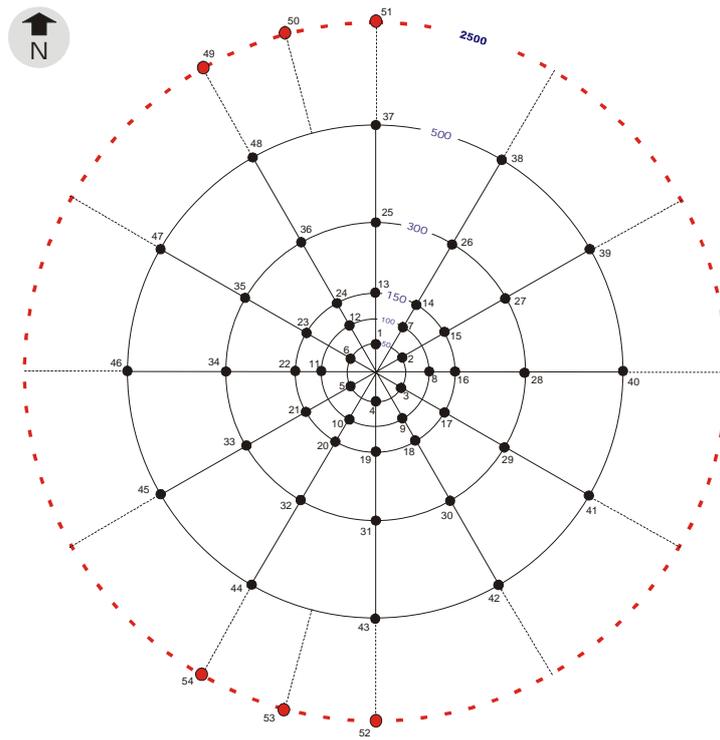


Figura 6 - - Distribuição das 54 estações, área de monitoramento, em padrão amostral do tipo malha concêntrica radial (Corrêa et al, 2005).

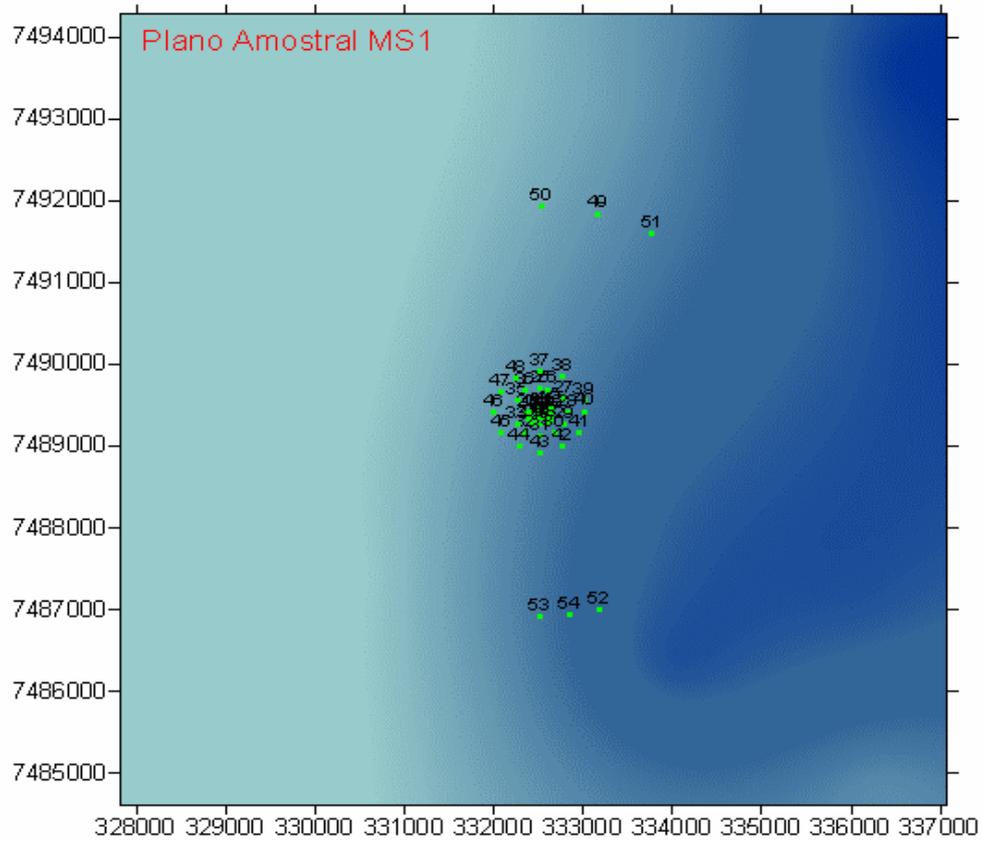


Figura 7 - Vista espacial da localização das estações de coleta (pontos centrais) e das seis estações de referência, área de monitoramento.

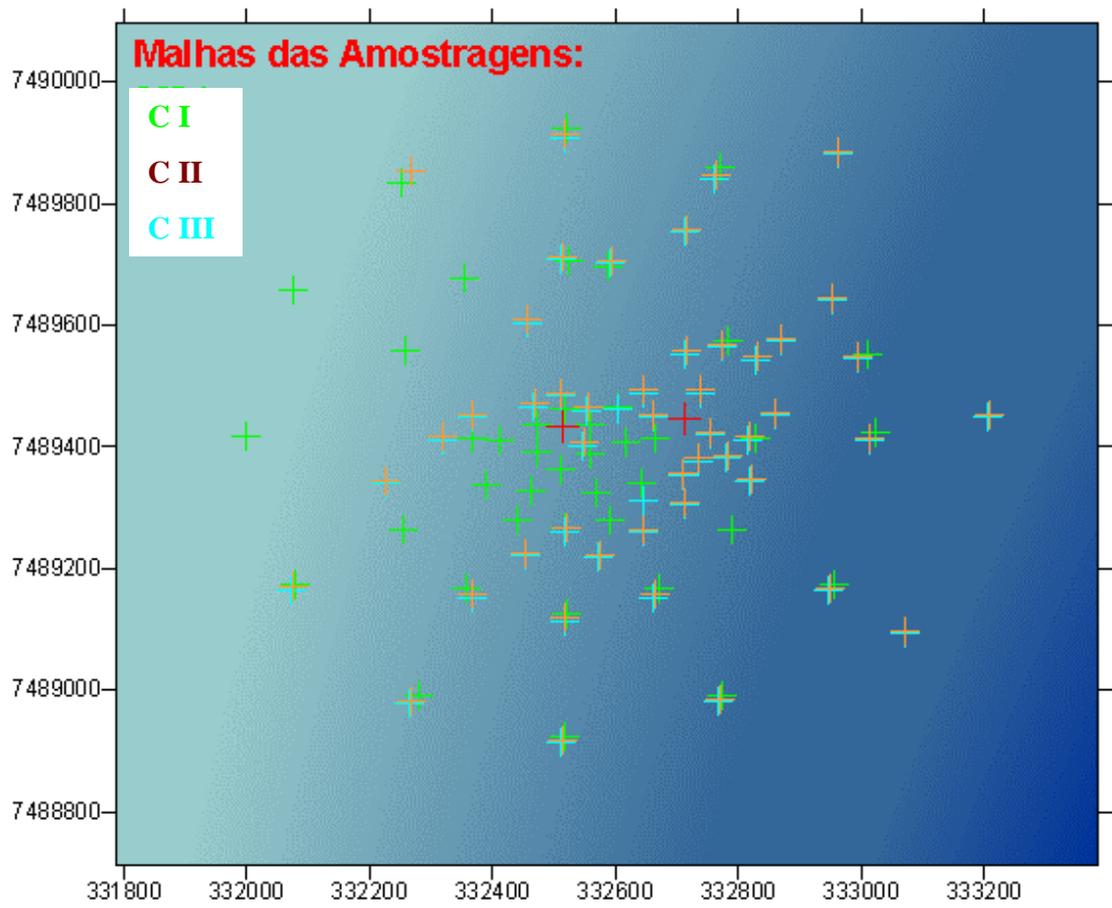


Figura 8 - Sobreposição das malhas de amostragem realizadas nos três cruzeiros oceanográficos e posição dos poços BO-022H e BO-023H .

5.2. Carbono Orgânico

O carbono orgânico foi analisado pelo método Walkley-Black (com valor externo) descrito por Allison (1965) com um aumento de 25% da concentração de dicromato de potássio (possibilitando maior abrangência para amostras de diferentes teores de C) e decantação da fração mineral. Seus valores são apresentados como carbono orgânico total (COT) em porcentagem.

5.3. Argilo-minerais

A determinação da porcentagem relativa dos argilo-minerais se deu por difração de Raios-X aplicados sobre a fração menor que 2 μm . Analisou-se nas formas de amostra natural, amostra glicolada e amostra calcinada. Processo este que através das diferentes propriedades dos argilo-minerais, permite quantificá-los precisamente de acordo com os grupos a que pertencem. O equipamento utilizado foi o difratômetro SIEMENS - D5000.

A classificação se deu pela proporção relativa, separados entre os grupos maiores: caulinita, esmectita, ilita e gibsitita.

5.4. Carbonato Biogênico (CaCO_3)

A determinação da porcentagem de carbonato biogênico (CaCO_3) nas amostras de sedimento foi realizada através da diferença de massa seca obtida entre as pesagens antes e após a eliminação do CaCO_3 por adição de ácido clorídrico (HCl 20%) na amostra total.

5.5. Análises Granulométricas

Os sedimentos amostrados foram analisados granulometricamente a partir dos métodos tradicionais: peneiramento e pipetagem. O peneiramento para a fração maior que 0,062 mm de diâmetro, enquanto que a pipetagem para a fração de finos. A classificação foi feita nas divisões maiores (cascalho - $\varnothing > 2\text{mm}$; areia - $2\text{mm} > \varnothing > 0,062\text{mm}$; silte - $0,062\text{ mm} > \varnothing > 0,002\text{ mm}$; e argila - $\varnothing < 0,002\text{mm}$), sendo as mesmas classificadas segundo a tabela de Wentworth (1922).

6. ANÁLISE DOS DADOS

6.1. Análises Estatísticas

Para a realização das análises estatísticas foram utilizados os softwares Surfer 8 e o Grapher Six através dos quais foram aplicados métodos simples, porém com visualização clara do comportamento dos dados analisados.

6.2. *Background*, Limiares e Indicadores

O *background* é um termo amplamente utilizado em exploração geoquímica, mais comumente, indica a abundância de um elemento em um material particular, convencionalmente representado pela média do conteúdo do elemento (Govett, 1985). Uma forma amplamente utilizada para se avaliar o limiar de uma população *background* é a média mais 2 vezes o desvio padrão (no qual se espera que apenas uma amostra a cada 40 exceda o limiar – confiança de 97,5%). Segundo Loring (1991) qualquer ponto que ultrapassar o intervalo de confiança de 95% (97,5% para valores superiores) pode ser considerado anômalo.

Os valores de *background* gerados no presente estudo são referentes aos três cruzeiros oceanográficos, antes e após a perfuração. Para o *background*, segundo o método

proposto por Govett (1985) e Demore (2004), e considerando a homogeneidade no ambiente de sedimentação, adotou-se a média aritmética das concentrações de cada variável para o cálculo de *background*, dispensando, assim, o uso de uma média ponderada pela área representativa de cada estação.

Os valores de limite superior aceitável, o limiar, para uma variável e que gera resultados de diferentes intervalos de confiança foi calculado através da seguinte equação:

$$\text{Lim. I} = \textit{background} + (2 \times \text{desvio padrão})$$

O cálculo do primeiro limiar (Lim. I) aplicado para cada variável apresenta 97,5% de confiança de que os valores serão inferiores ao estabelecido.

As áreas de influência de cada etapa da perfuração foram estimadas aplicando os cálculos de *background* e limiar para os três cruzeiros.

A interpolação dos dados para identificação das áreas de influência foi realizada através do método *Kriging*, utilizando o software Surfer 8.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados, obtidos durante o presente estudo, serão apresentados em seqüência cronológica, descrevendo e interpretando os dados dos três cruzeiros realizados na Bacia de Campos, Rio de Janeiro.

Primeiramente serão analisados os dados do Cruzeiro I, que permitirão a caracterização da área antes da atividade de perfuração. A partir desta caracterização serão estabelecidas comparações entre o cruzeiro II e III, isto é, a análise do cruzeiro I servirá de modelo para verificar possíveis alterações ocorridas durante os outros dois cruzeiros.

Na segunda parte será apresentada a relação entre os dados do primeiro e do segundo cruzeiro, descrevendo as diferenças em relação ao *background* do primeiro

cruzeiro. O objetivo é compreender se ocorreram alterações no ambiente após a perfuração do poços exploratórios (BO-022H e BO-023H).

Com os dados do cruzeiro III verificar-se-á principalmente se no período de vinte e dois meses após a perfuração às condições sedimentares se assemelham com aquelas do cruzeiro I.

Por fim, a variação na concentração granulométrica e mineralógica nas estações de referência, permitirá considerar a abrangência da área afetada pela perfuração e quais foram as principais variáveis que alteraram significativamente seus valores do cruzeiro I para o cruzeiro II.

7.1 Background e Distribuição Sedimentar do Cruzeiro I

Para compreender se as atividades de perfuração dos poços BO-022H e o BO-023H causam alterações sedimentares na área monitorada entre os três cruzeiros oceanográficos é necessário detalharmos as propriedades dos sedimentos associadas as condições da dinâmica local (predominância de correntes), morfologia do fundo e a proximidade da plataforma continental, além de considerar o histórico da área no período pré-perfuração, previamente foi reconhecido que a área em estudo (Figura 1) esteve sujeita a atividades antrópicas anteriores a este estudo (Tabela 1).

Como passo inicial, buscou-se caracterizar os sedimentos de fundo com base em sua composição e identificar as possíveis áreas fontes da sedimentação atual, estabelecendo o *background* e o limiar aceitos para a identificação de anomalias. Porém estes valores, o *background* e o limiar, estarão levando em consideração o ambiente existente antes da perfuração, independente se esse já tenha sofrido ou não algum impacto no passado.

Segundo Demore (2005) em convencionais interpretações, uma anomalia não pode ser reconhecida sem que o *background* possa ser definido. Entretanto ressalta-se que, o conteúdo de qualquer elemento de qualquer material geológico não pode ser representado apenas por um simples número, pois existe uma variabilidade inerente no conteúdo de um

elemento até mesmo em rochas e solos praticamente homogêneos. Em termos estatísticos, reconhecer uma amostra anômala depende de se estabelecer um intervalo dentro de uma probabilidade estatística que ocorre nas amostras do *background* (população *background* - Cruzeiro I) e calcular (para algum nível de confiança conhecido) um limite superior aceitável – limiar – da variação do *background*. No mesmo trabalho, Demore (2005), ressalta que o valor do *background* ou concentração natural de uma região, poderá variar para cada componente segundo a área fonte, fator de enriquecimento e granulometria. Podendo desta forma mascarar alterações de origem antrópica.

Para identificar possíveis alterações no ambiente foi elaborada uma tabela (Tabela 2) que permite acompanhar as variações nos valores de *background*, limiar e desvio padrão para as variáveis granulométricas, mineralógicas, carbonato biogênico (CaCO₃) e carbono orgânico total (COT). Simultaneamente, na tabela 2, comparamos os valores obtidos no presente trabalho com aqueles apresentados por outras pesquisas, cujo os valores foram considerados normais.

GRANULOMETRIA					ARGILO - MINERAIS (fração < 0,02mm)						
	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)		Caulinita (%)	Esmectita (%)	Ilita (%)	Gibsitita (%)	COT (%)	CaCO ₃ (%)
Valores encontrados neste estudo (Cruzeiro I)											
<i>Background</i>	3,54	57,82	22,49	16,11		57,07	39,98	4,51	1,41	0,59	40
Lim. I (97,5%)	11,9	80,1	38,33	28,33		69,3	52,8	6,85	2,29	0,79	43,26
Desvio Padrão	4,18	11,12	7,92	6,11		6,09	7,89	1,17	0,44	0,1	3,18
Valores da bibliografia consultada (média aritmética)											
Griffin <i>et al.</i> , 1968* (média do Atlântico Sul)						30-40	0-20	40-50	0-10	-	-
Petschick 1996*						< 70	20-30	20-30	0-5	-	-
Biscaye <i>et al.</i> , 1976*						-	-	-	-	-	25-50
Lisitzin, 1971*						-	-	-	-	-	30-70
Demore 2005 (Talude Médio, Bacia de Campos, RJ)						64,15	31,3	3,28	1,26	1,27	40

Tabela 2 - Mineralogia, Granulometria, CaCO₃ e Carbono Orgânico Total das amostras de sedimentos coletadas durante o Cruzeiro I e valores comparativos da bibliografia consultada. N.D. = Não detectado pela análise. COT = Carbono Orgânico Total. * Intervalos de isovalor no qual, em mapa de distribuição no Atlântico Sul, se localiza a área de estudo.

A análise microscópica revelou que os sedimentos de talude continental superior são heterogêneos em sua composição. É comum a presença de material terrígeno, autigênico e biogênico. Chester *et al* (1999) ressaltam, que nesses ambientes de talude superior são comuns variações granulométricas, porém em concentrações semelhantes, desde areias até argilas. Essa variação de granulometria é um indicador da hidrodinâmica do ambiente em estudo que poderá estar relacionada a ambientes calmos (com pouca interferência de correntes, proporcionando a deposição do carbonato biogênico) até ambiente de maior movimentação (onde predominam as correntes em maior intensidade).

A análise revela que existe uma mistura de material no ambiente em estudos que compreende desde pequenos fragmentos de conchas até material de origem terrígena. Foi possível identificar junto aos sedimentos, carbonato biogênico sedimentado, representado principalmente por foraminíferos e briozoas (em menor quantidade), a maioria de forma fragmentada. Ao visualizar o material biogênico em microscópio é comum a bioturbação e decomposição pelas algas, fungos e esponjas, assim como é identificado nas amostras, a ocorrência de grãos de areias quartzosas bem arredondadas e grãos de tamanho cascalho.

A figura 9 mostra a distribuição média no ambiente para cada classe granulométrica. A predominância é de sedimentos arenosos, os quais apresentam cerca de 58% na amostra total. As areias pertencem à granulometria $> 0,062$ mm de diâmetro ($0,062$ a 2 mm ϕ), as quais estão divididas em areia fina, média e grossa. Os sedimentos finos, os menores que $0,062$ mm de diâmetro, estão representados pelas classes silte e argila e atingem porcentagens de 38%, enquanto que a granulometria tamanho cascalho, fração mais grossa nos sedimentos, apresentou concentração média de 4%.

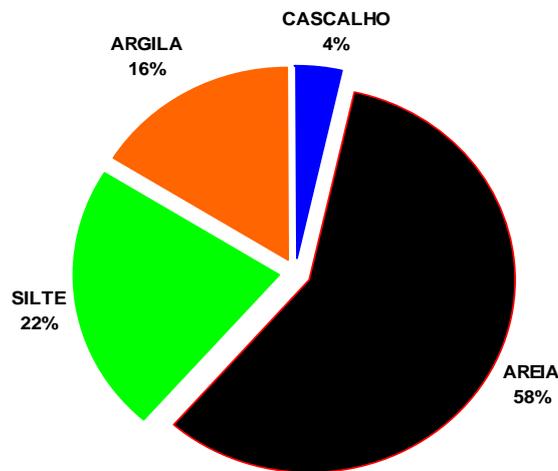


Figura 9 - Composição granulométrica média das amostras do Cruzeiro I.

A proporção entre as classes granulométricas, com predominância de sedimentos grossos, leva-nos a classificar os sedimentos, no geral, como arenosos. Tais dados são condizentes com aqueles apresentados por Viana *et al* (1998) e pelo relatório final em água rasas do projeto MAPEM (2005), os quais ressaltam que a base do talude superior, a 300m de profundidade, é um importante ambiente de deposição de areias bem re trabalhadas pelas correntes BC e a SACW (Figura 4), com consideráveis concentrações de areias siliciclásticas e bioclásticas. Esta tendência a sedimentos de granulometria arenosa, indica que se trata de uma ambiente de considerável hidrodinâmica (Figura 10). A figura 10 representa a velocidade da corrente na profundidade de 200m, a qual chegou a atingir 0,15 m/s. Tal velocidade não permitiria o assentamento de partículas finas, mantendo-as em suspensão, entretanto por outro lado não promoveria o transporte de material muito grosso como os cascalhos e *cuttings*, sendo essa velocidade muito baixa para a movimentação desse material, pois a velocidade crítica de corrente para erodir *cuttings* é de 0,36 m/s (E&P Forum Report, 1996).

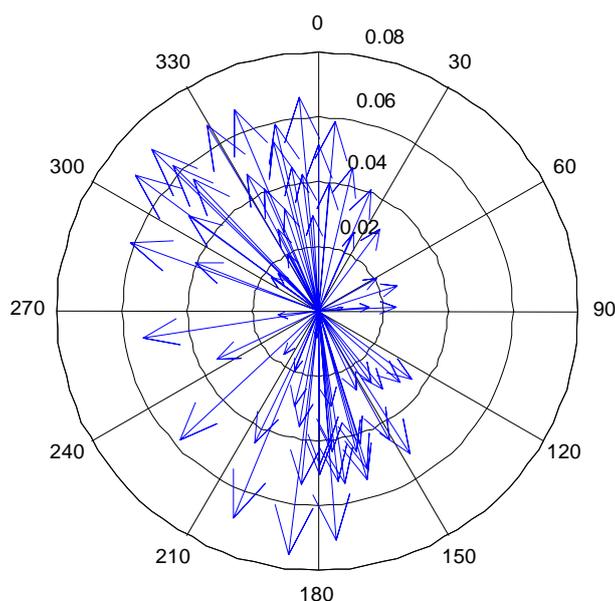


Figura 10 - Rosa de distribuição das ocorrências do vetor velocidade filtrada, no nível de - 210m. A velocidade está em m/s, (modelo cedido pela Agência Nacional do Petróleo – ANP).

Quanto aos teores de carbonato biogênico (CaCO_3), as estações apresentaram valores dentro do esperado, com intervalo de confiança de 43,26% (Tabela 2). Como pode ser observado na tabela 2, os valores de *background* do CaCO_3 (40%) é semelhante daquela da bibliografia consultada, Demore (2005), Biscaye *et al.* (1976) e Lisitzin (1971). Além disso, Viana *et al* (1998) já haviam chamado a atenção para a presença de bancos de carbonato na porção externa da plataforma, a aproximadamente 120 m de profundidade, sendo comum ocorrer transporte desses carbonatos e das areias siliciclásticas para a região do talude superior, contribuindo com aquelas porcentagens de 40% nos valores de *background* do carbonato biogênico. O material carbonático é representado principalmente pelos foraminíferos e algas calcárias.

A distribuição sedimentar no cruzeiro I, além de sofrer influências das constantes já descritas, como correntes e morfologia de fundo, está diretamente relacionada ao fenômeno de ressurgência, descrito por Turcq *et al* (1999). Segundo o mesmo autor, na região de Cabo Frio, existe uma condição microclimática que está diretamente relacionada ao padrão de sedimentação na área, assim como a concentração de carbonato biogênico e carbono orgânico total (COT). Turcq *et al* (1999) descrevem que a região de Cabo Frio, com seu complexo sistema lagunar, apresenta microclima que difere do Estado do Rio de

Janeiro em geral. Pois existe um balanço negativo da relação precipitação/evaporação, caracterizando-se desta forma como microclima semi-árido levam ao aumento na taxa de salinidade e a, ambiente rico em carbonato de cálcio. Fortificando essa afirmação Bohmecke, 1936 (in: Neumann, 1965) ressalta que já havia sido identificado uma anomalia térmica negativa na região de Cabo Frio através de mapas de distribuição das médias anuais de temperaturas superficiais no Oceano Atlântico Subtropical. Através de análises físicas e químicas de água, Mesquita *et al* (1979) mais detalhadamente, descrevem a ocorrência do fenômeno de ressurgência que tem como centro de origem a região entre o talude e a plataforma continental, região de Cabo Frio. A ressurgência está associada a três principais fatores : direção da linha de costa (mudança abrupta de NE/SW para EW), posição do eixo da Corrente do Brasil (BC) e o regime de ventos. Ainda, Moreira da Silva (1973) descreve que a ressurgência ocorre em duas fases: a primeira de setembro para abril, com o distanciamento da BC da costa permitindo que a SACW ascenda da região do talude continental e se desloque em direção a plataforma continental (Figura 4) enquanto que a segunda, está diretamente relacionada aos ventos nordestes que promovem a ascensão da água fria em profundidade, deslocando-a para a superfície. Por isso, se relacionou a concentração de CaCO_3 e COT na área em estudo, com o fenômeno de ressurgência. Pois promove o aumento na taxa de sedimentação dos carbonatos biogênicos, assim como proporcionam o aumento na taxa do carbono orgânico total (COT). Na área em estudo a variação nos valores de *background* para o COT foi de 0,59 % com intervalo de confiança de 0,79 %, segundo Mciver (1975), em águas marinhas os sedimentos usualmente contém menos de 0,2% de COT porém, em zonas de ressurgência podem ultrapassar 1%.

No presente estudo, diferente daqueles valores apresentados por Demore (2005), que relaciona as taxas de COT exclusivamente ao aporte continental, parece existir contribuição do fenômeno de ressurgência, pois os valores estão muito próximo daquele apontado por Mciver (1975), chegando em algumas estações ultrapassarem os valores de 1%.

7.2. Background e Distribuição dos Argilo-minerais no Cruzeiro I

A distribuição recente dos argilo-minerais no fundo do oceano é controlada principalmente pelas características climáticas, zonação do intemperismo em áreas continentais adjacentes e atividades vulcânicas (Biscaye, 1965). Esses processos estão associados aos mecanismos de transporte de partículas compostos por um complexo sistema de condições atmosféricas, hidrográficas, glaciológicas e topográficas. Segundo Petschick *et al.* (1996), os principais transportes e fontes de argilo-minerais para o Oceano Atlântico Sul, podem ser identificados através da figura 11.

Foram analisados os quatros principais grupos de argilo-minerais, caulinita, esmectita, ilita e adicionalmente a gibsita. Como mostra a tabela 2, os baixos valores de desvio padrão (<10), identificam homogeneidade no ambiente em estudo quanto a distribuição dos argilos-minerais. Estes valores são muito próximo daqueles encontrados por Demore (2005) para região do talude médio. A proporção relativa média para cada argilo-mineral analisado, para a totalidade da área estudada, são ilustradas na figura 12. Estas proporções identificam o predomínio dos grupos das caulinitas (57%) e esmectitas (37%), já o grupo das ilitas (5%) e a gibsita (1%) foram considerados secundários. Na figura 13 é ilustrada a distribuição da concentração média dos argilo-minerais na área monitorada.

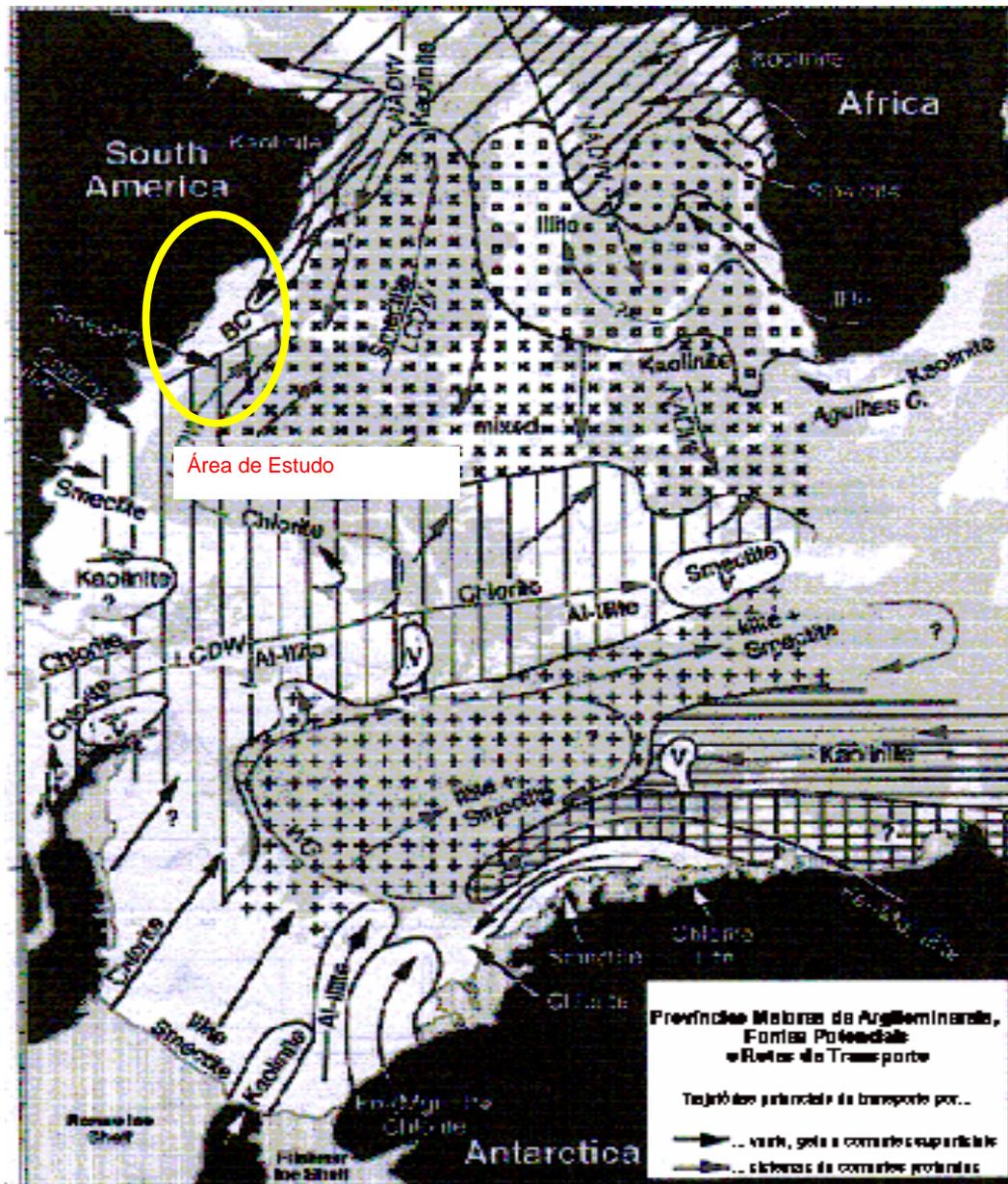


Figura 11 -Distribuição dos argilo-minerais e padrão de circulação oceânica. (modificado de Petschick et al, 1996).

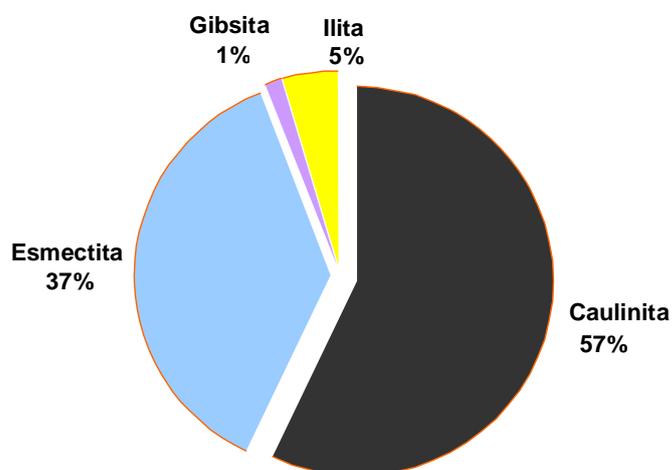


Figura 12 - Proporção relativa média dos argilo-minerais das amostras do Cruzeiro I.

A região sudeste que está em destaque na figura 11 recebe significativo aporte de argilo-minerais de fontes continentais. O principal fluxo fluvial, para a região sudeste brasileira é o do rio São Francisco, e alcança a área em estudo devido o transporte da BC a qual desloca-se paralelamente a plataforma continental brasileira (Figura 11). Demore (2005) já havia chamado atenção para o aporte de caulinita e esmectita através do rio São Francisco para uma área mais ao norte da Bacia de Campos e em talude médio Outra fonte significativa de caulinita, apresentada por Petschick *et al* (1996) e que atinge a região tropical do Oceano Atlântico através da complexa interação entre ventos, rios e fluxos gravitacionais, são os solos da porção oeste do continente africano. Segundo Demore (2005) os fluxos gravitacionais são responsáveis pelo transporte de sedimentos de água mais rasas e próxima ao continente através dos canions submarinos, podendo desta forma estar contribuindo com o aporte de caulinita uma vez que são responsáveis por considerável aporte de sedimentos para área de talude médio superior e inferior.

O grupo da caulinita representa 57% dos argilo-minerais analisados durante o cruzeiro I e sua distribuição pode ser visualizada na figura 13, onde existem pequenas manchas mais escuras indicando maior concentração de caulinita, durante o cruzeiro I. A predominância da caulinita nessa região é previsível, uma vez que ela está relacionada a

argilo-minerais de baixas latitudes gerados em condições climáticas de alta pluviosidade que possibilitam o intenso intemperismo químico e alçam o oceano através do fluxo fluvial, como é descrito por Griffin *et al.* (1968); Biscaye, (1965); Petschick *et al.* (1996).

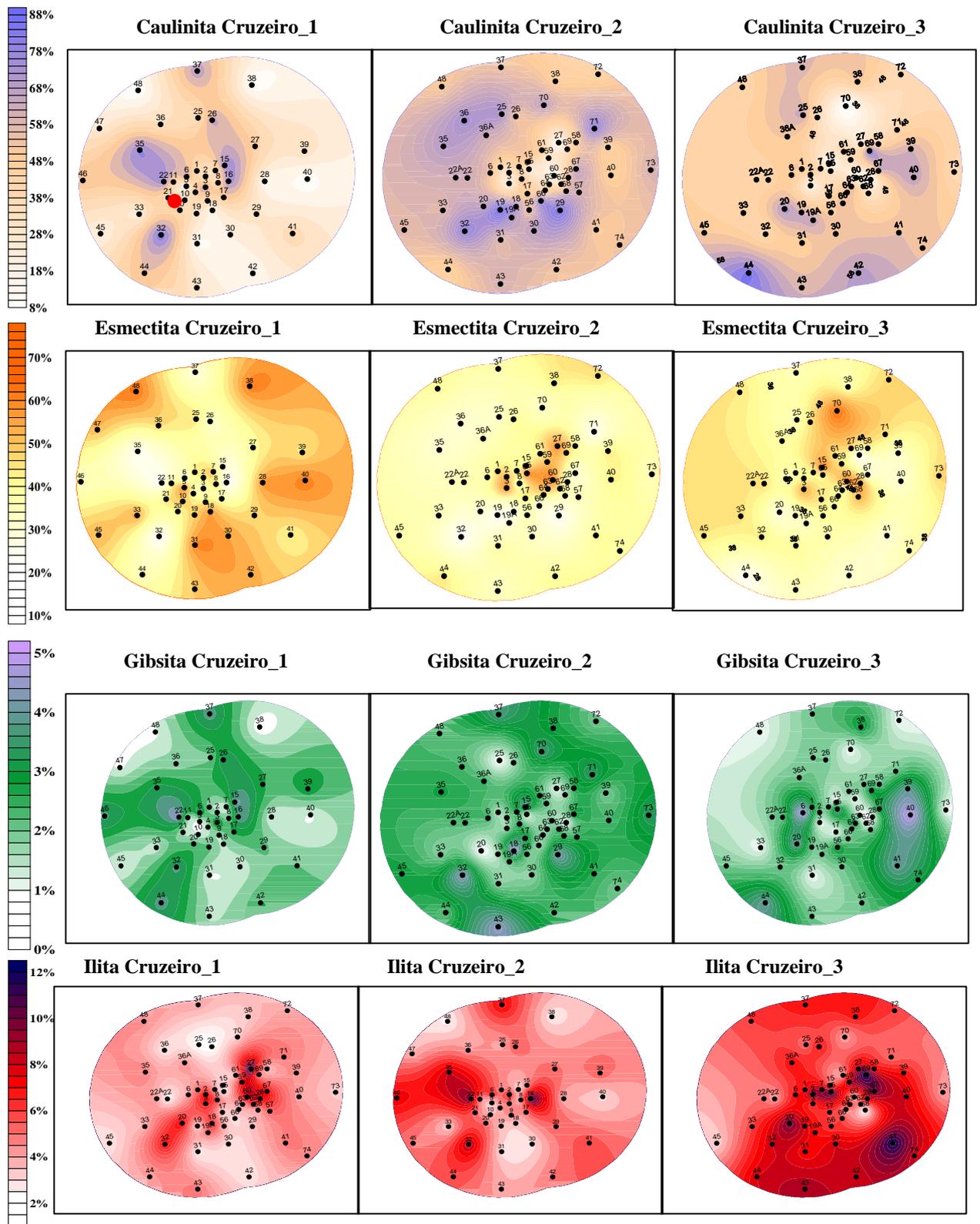


Figura 13 - Distribuição dos argilo-minerais durante os três cruzeiros oceanográficos, plotados com base nos valores de concentração média.

O grupo das esmectitas foi o segundo em predominância, numa média de 37% entre os argilo-minerais analisados. Altas concentrações de esmectita, geradas pelo intemperismo de rochas basálticas e de vidro vulcânicos foram observados em regiões abissais do Atlântico Sul associadas à ambientes vulcânicos da Cordilheira Meso-Atlântica de formação autigênica (Petschick *et al.*, 1996; Griffin *et al.* 1968 e Hodder *et al.*, 1993). Entretanto, segundo Petschick *et al.* (1996) a esmectita apresenta alta concentração na Bacia Central do Brasil, entre 30°S e 60°S, tendo seus máximos próximo às regiões de vulcanismo submarino. Outra importante contribuição são os solos tropicais que segundo Thiry (2000) são formados principalmente por esmectita e caulinita sendo esse os principais indicadores de reconstrução paleoclimática, além de serem fontes para o oceano. Essas condições associadas a figura 11, confirmam que mesmo sendo a esmectita um argilo-mineral de formação autigênica é possível que esteja sendo transportada pelas correntes até as regiões mais rasas, como talude superior, assim como é explicado por Thiry (2000), que a esmectita é encontrada em diferentes locais devido o intenso transporte das correntes marinhas.

Durante o cruzeiro I a distribuição da caulinita, como mostra a figura 13, apresentou algumas manchas mais centralizadas, enquanto que a esmectita teve maior concentração em direção a borda da área monitorada, contrário a caulinita (Figura 13). Segundo os valores de *background*, concentração média, da caulinita e esmectita, pode-se dizer que a área em estudo recebe influência tanto continental como marinha, sendo portanto considerada uma região intermediária, assim como aquelas áreas descritas pela bibliografia consultada (Tabela 2) cujo os valores de concentração média para a caulinita e esmectita são muito semelhantes daqueles encontrados no presente estudo.

A illita representa o grupo de argilo-mineral no qual se inclui as micas e seus derivados, Griffin *et al.* (1978). Sua distribuição nos oceanos indica diretamente a contribuição fluvial com altas concentrações de illita em suspensão em suas águas. As concentrações encontradas foram bastante baixas, numa média de 5%, revelando um baixo aporte de illita na região e/ou uma diluição devido à alta predominância de caulinita e esmectita. Segundo o gráfico de distribuição da illita durante o cruzeiro I (Figura 13), praticamente predomina ao longo da área amostrada baixas concentrações com restrição para algumas manchas na área central que podem estar representando resquícios de

atividades antrópicas anteriores ao presente estudo. Quando comparado os valores de *background* da ilita, com as concentrações médias da bibliografia consultada (Tabela 2), é identificado relevante diferença nas concentrações, enquanto que para área em estudo o *background* ficou entre 4,5% , muito próximo daquele encontrado por Demore (2005), para Griffin *et al* (1968) os valores de concentração média estão entre 40% e 50% muito próximos daqueles encontrados por Petschick (1996).

A gibsita, principalmente de origem continental, apresenta distribuição nos oceanos com forte associação à caulinita e com relativa abundância em sedimentos marinhos profundos de regiões tropicais(Biscaye, 1965). A gibsita pertence ao grupo das esmectitas, mas foi analisada separadamente para o conhecimento do seu *background*, pois, reflete a concentração de bentonita, argilo-mineral presente nos fluidos de perfuração. A gibsita teve como teor médio a porcentagem relativa de 1,41%, durante o cruzeiro I. A bibliografia consultada revela que a concentração média de gibsita não ultrapassam a 10%, portanto indicando forte proximidade com aquele valor encontrado para área em estudo.

Os valores de *background* para os argilo-minerais, apresentados na tabela 2, estão dentro dos valores esperados, uma vez que, a tendência geral é que quando a concentração de um argilo-mineral aumenta o outro diminui, assim como está representado na figura 13. Quanto aquelas diferenças entre os valores apresentados no presente estudo e aqueles da bibliografia consultada (Tabela 2), podem ser atribuídas às diferentes escalas da área em estudos, às interpolações dos dados de referência e à heterogeneidade espacial nas distribuições. Porém houve uma forte proximidade em termos de valor de *background* (concentração média), daqueles apresentadas por Demore (2005) e Petschick *et al.* (1996), como observado na tabela 2.

7.3. Interpretação da variação granulométrica entre os cruzeiro I, II, III

A interpretação do Cruzeiro I permitiu caracterizar a área em estudo, em termos de *background* dos sedimentos, dos argilo-minerais, do CaCO₃ e do COT. Com os dados do cruzeiro II, que ocorreu três meses após a perfuração (Tabela 1), buscou-se compreender quais são as principais alterações quanto ao padrão de distribuição e concentração dos

sedimentos, dos argilo-minerais e do carbono orgânico total (COT), e relaciona-los as atividades de perfuração ocorridas na área.

As interpretações foram estabelecidas através dos valores de *backgrounds*, do limiar e o desvio padrão, para as variáveis analisadas (Tabela 3). Em determinados pontos amostrados houve acréscimo nos valores enquanto que em outros ocorreu redução após a perfuração, durante os cruzeiro II e III (Tabela 3).

Os valores de *background* e limiar do cruzeiro I para o cruzeiro II, após a perfuração, para a classe granulométrica cascalho e areia, apresentam pequena variação tende a diminuir, enquanto que para as classes granulométrica, silte e argila tendem a aumentar, como mostra a Tabela 3. Porém durante o cruzeiro III os valores de *background* mudam razoavelmente, aumentam para o cascalho, areia e argila, enquanto que para o silte diminuem.

CLASSES GRANULOMÉTRICAS					ARGILO-MINERAIS (fração < 0,02mm)						
	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)		Caulinta (%)	Esmectita (%)	Ilita (%)	Gibsitita (%)	COT (%)	
Valores encontrados neste estudo para o Cruzeiro I											
CRUZEIRO I	<i>Background</i>	3,54	57,82	22,49	16,11		57,07	39,98	4,51	1,41	0,59
	Lim. I (97,5%)	11,9	80,1	38,33	28,33		69,3	52,8	6,85	2,29	0,79
	Desvio padrão	4,18	11,12	7,92	6,11		6,09	7,89	1,17	0,44	0,1
Valores encontrados neste estudo para o Cruzeiro II											
CRUZEIRO II	<i>Background</i>	2,29	54,11	24,81	18,16		53,19	40,21	4,68	1,83	0,77
	Lim. I (97,5%)	12,2	67,7	34,91	25,3		85,9	72,1	10,32	3,93	1,33
	Desvio padrão	4,63	6,77	5,05	3,57		16,36	15,93	2,82	1,05	0,28
Valores encontrados neste estudo para o Cruzeiro III											
CRUZEIRO III	<i>Background</i>	3,89	57,15	20,78	29,19		50,58	39,83	7,18	2,34	0,7
	Lim. I (97,5%)	14,5	69,4	28,24	39,56		65,4	59	11,94	1,14	1,04
	Desvio padrão	5,28	6,14	3,73	5,18		7,4	9,59	2,38	5,76	0,17

Tabela 3 - Mineralogia, Granulometria, CaCO₃ e Carbono Orgânico Total (COT) das amostras de sedimentos coletadas durante o Cruzeiro I, II e III. .N.D. = Não detectado pela análise. COT = Carbono Orgânico Total.

Para o cascalho, durante o cruzeiro I (Tabela 3), o valor de *background* foi de 3,54% e o Limiar I 14,9%, enquanto que no cruzeiro II esses valores passaram para 2,29% e 12,2% e no cruzeiro III tendem a aumentar, indo para 3,89% o *background* e 14,5% o Limiar I. Estas variações na concentração do cascalho entre os cruzeiros pode ser justificada, devido à presença de material bioclástico nas amostras, como pode ser observado na foto 1. Este material bioclástico, segundo a análise microscópica, está relacionado a fragmentos de conchas e nódulos calcários. Ainda como descrito por Corrêa *et al* (2005) os teores mais elevados de cascalho observados em algumas amostras do cruzeiro I e cruzeiro II, ocorrem devido o método de amostragem do material analisado e o seu processo de quarteamento para a análise granulométrica, o que ocasiona que frações contenham mais ou menos cascalho, promovendo variações na concentração entre as amostras. A variação nos valores de desvio padrão é bastante baixa, variando de 4,18% no cruzeiro I para 5,29% no cruzeiro III o que implica uma boa seleção para o cascalho. Na área em torno dos poços BO-022H e BO-023H, os teores de cascalho não ultrapassam os 6% da amostra total. Comportamento semelhante foi descrito por Demore (2005), em área talude médio na Bacia de Campos também sujeita a atividade de perfuração, cujo os teores de cascalho foram praticamente insignificante durante os três cruzeiros.



Foto 1 - Presença de carbonato biodetrítico, os quais poderão estar relacionados ao aumento na concentração da classe cascalho, (adaptado de Corrêa *et al*, 2005).

A classe granulométrica areia, do cruzeiro I para o II, diminui o valor de *background*, de 57,82% para 54,11%, porém no cruzeiro três os valores tendem a aumentar (57, 15%) ficando muito próximo daqueles do cruzeiro I (Tabela 3). Esse aumento durante o cruzeiro III é muito pequeno, mantendo os valores de desvio padrão do cruzeiro II, pós perfuração, e do cruzeiro III, praticamente constantes, enquanto que no cruzeiro I (11,12%) o valor foi mais elevado devido o método de amostragem.

Os valores de *background* para o silte tendem a diminuir do cruzeiro I para o cruzeiro III, ocorrendo um leve aumento durante o cruzeiro II. No cruzeiro I, o silte, apresentou valor de *background* 22,49% já no cruzeiro II o valor aumentou para 24,81% e no cruzeiro III o valor diminui novamente para 20,78%. Consequentemente os valores de desvio padrão diminuem também, indo de 7,92% no cruzeiro I para 3,74% durante o cruzeiro III. Esta variação esta relacionada a variação nos teores de areia, já que a relação de porcentagem é definida entre os quatro componentes (cascalho, areia, silte e argila).

Entre as classes granulométricas, a argila foi a única a aumentar o valor de *background* nos três cruzeiros, pois enquanto que no cruzeiro I o valor era de 16,11%, no cruzeiro II foi para 18,16% e no cruzeiro III aumentou ainda mais indo para 29,19%. O que justifica esse aumento durante os três cruzeiros é a variação nas outras classes granulométricas, como mostra a tabela 2 os valores de *background* para cascalho e areia diminuem durante o cruzeiro II, enquanto que para o silte e argila os valores tendem a aumentar, já no cruzeiro III o *background* do cascalho e a areia aumentam e o do silte diminui, proporcionando, devido a relação de porcentagem entre as classes granulométricas, aumento para o valor de argila.

Ao estudar uma área, também sujeita a atividade de perfuração na Bacia de Campos, Demore (2005) ressalta que existe acréscimo na concentração dos sedimentos na área de talude médio, exclusivamente para a classe granulométrica areia, cujo aumento está relacionado aos fluxos gravitacionais, pois as amostras que apresentaram significativa alteração nos valores de *background* foram justamente aquelas próximas ao cânion.

Para a área monitorada no presente estudo, em talude superior, que apresenta morfologia de fundo bastante suave, praticamente homogênea e com leve declividade em direção ao talude continental e plano abissal (Figura 3 e 3.1), não poderíamos relacionar a

leve variação nos valores de *background*, entre as classes granulométricas, com os fluxos gravitacionais, pois estes são praticamente inexistentes na área monitorada. Na área em estudo, em relação aos valores de *background* para as classes granulométricas, no geral, não é possível considerar variabilidades significativas entre os cruzeiros, demonstrando que o ingresso de material na área monitorada, a qual abrange uma malha de amostragem disposta em torno de 500m das perfurações dos poços BO-022H e o BO-023H, foi praticamente inexistente, não sendo possível identificar mudanças na textura sedimentar da área em estudo. Também fortificando ainda mais essa afirmação, os cálculos de limiar para cada classe granulométrica (tabela 2), indicam que a variação nos valores de *background* não ultrapassam o intervalo de confiança de 97,5%, não sendo considerados desta forma como alterações significativas.

Os valores *background* para o COT na área monitorada (Tabela 3), apontam para um leve aumento do cruzeiro I com 0,59% para o cruzeiro II com 0,77%, sendo que no cruzeiro III os valores diminuem para 0,70%. Esta variação poder ser associada aos sedimentos provenientes da perfuração dos poços BO-022H e BO-023H associada a contribuição de matéria orgânica, pois as amostras de maior concentração de COT são justamente aquelas que apresentaram os teores mais elevados de areia. O acréscimo de COT relacionada ao acréscimo de areia também foi identificado por Demore(2005), para área de talude médio.

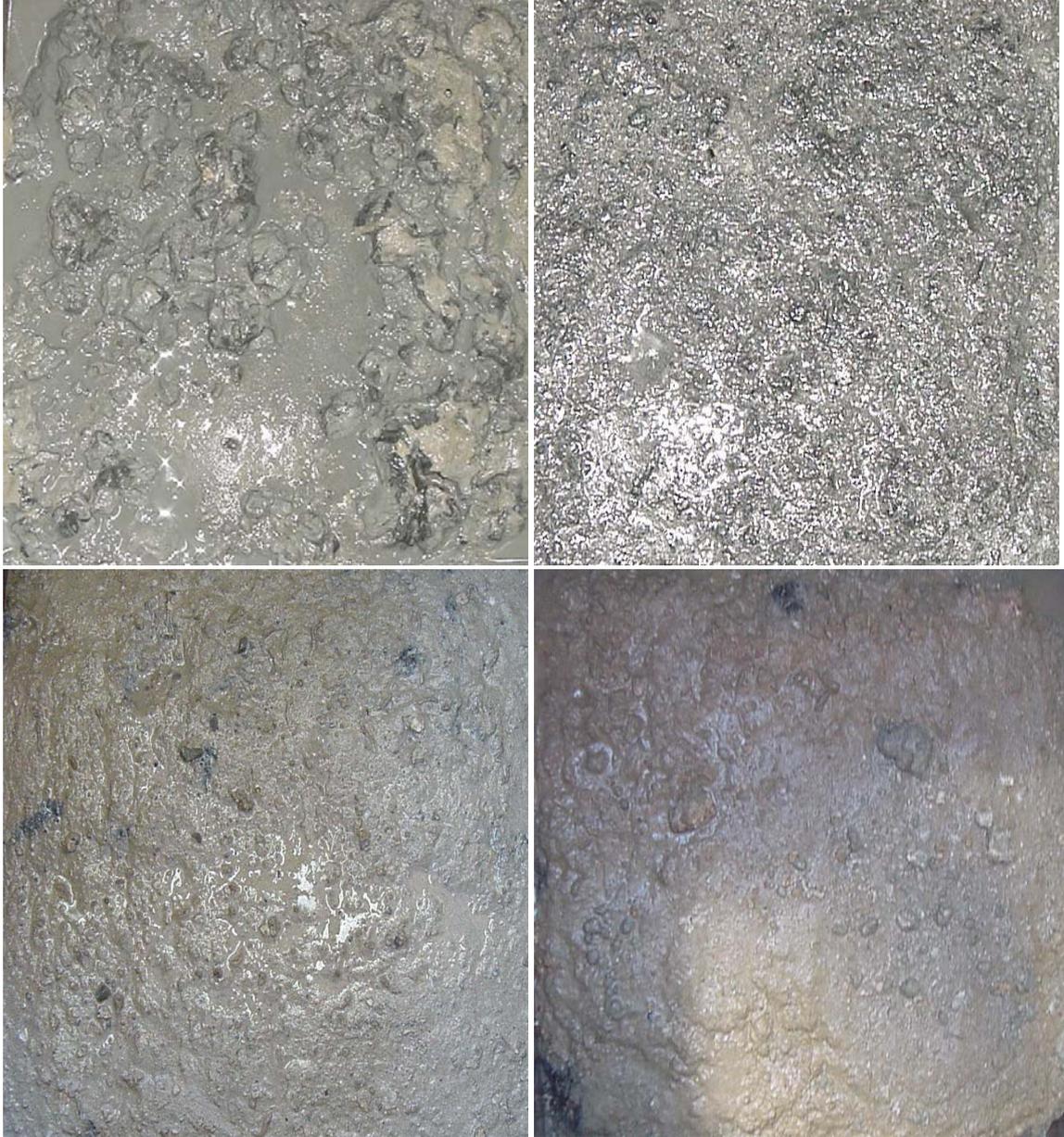


Foto 2 - Mostram a ocorrência de cuttings nas amostras 3, 27 e 15 do cruzeiro II e na amostra 45 (cruzeiro III), respectivamente, (modificado de Corrêa. *et al*, 2005).

7.4. Distribuição granulométrica nas estações de referências

A concentração sedimentar nas estações de referência (Figura 7), localizadas a uma distância de 2.500m BO-023H, podem ser observadas nos gráficos da figura 14.

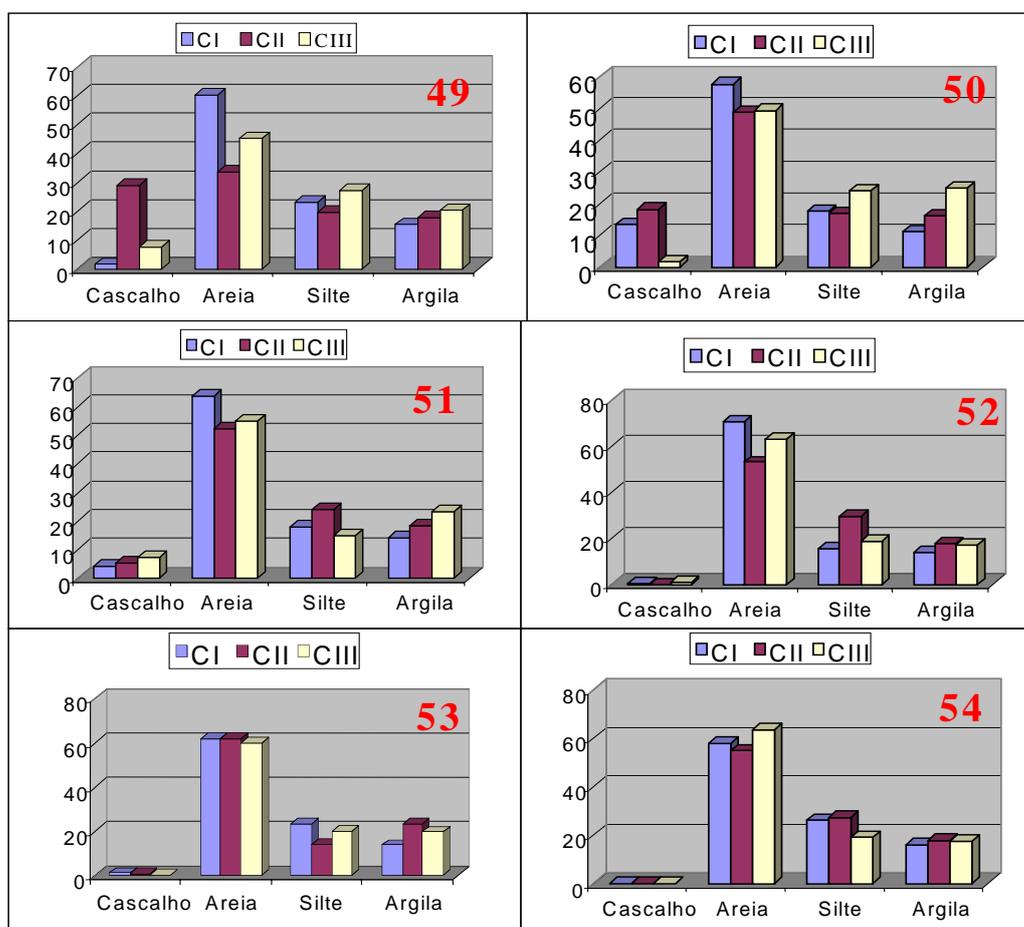


Figura 14 - Distribuição sedimentar nas estações de referência de número, 49, 50, 51, 52, 53 e 54 em % (modificado de Corrêa, I.C.S. *et al* 2005).

Entre as estações de referência, as variações para a classe granulométrica cascalho, esteve dentro do esperado, nas estações 50 e 51 as concentrações forma constantes ou praticamente nulas como nas estações 52, 53 e 54. Apenas na estação de referência 49 houve um leve aumento na concentração do cascalho, que segundo o relatório MAPEM (2005) está associado a metodologia de amostragem que ocasiona variação percentual entre as amostras. A areia, com distribuição muito semelhante a do cascalho, entre as estações de referência, manteve as concentrações praticamente homogêneas não indicando variações significativas entre os cruzeiros, exceto na estação de referência 49 que indica decréscimo na concentração, porém está relacionada ao acréscimo de cascalho.

O silte nas estações de referência 49 e 54 se manteve constante, porém nas estações 50, 51 e 52 parece existir leve variações com tendência ao aumento da concentração do silte do cruzeiro I para o cruzeiro II, porém no cruzeiro III as concentrações tendem a diminuir novamente, mas como demonstrado por Corrêa *et al* (2005) as amostras que indicam variação na concentração de silte como a 49 e a 50, que indica leve aumento, esteve relacionada a retirada de material e não ao acréscimo, ou esta relacionada a variação na concentração da argila. Para as estações 51, 52, 53 e 54 concentração permaneceu praticamente homogênea.

Desta forma as estações de referência estão indicando que no raio de 2.500m de distância da perfuração não houve mudanças significativas na textura sedimentar mantendo suas concentrações praticamente constantes entre os cruzeiros.

7.5. Interpretação da distribuição dos argilo-minerais para o cruzeiro I, II e III

As variações nos valores de *background* para os argilo-minerais, apresentados na tabela 3 durante os três cruzeiros oceanográficos, indicam aumento para a esmectita, ílita e gibsitita, pós a perfuração (cruzeiro II), porém os valores de limiar não ultrapassam o limite superior aceitável. Mesmo sendo pequenas as variações do *background* entre os cruzeiros, através da figura 13 é possível acompanhar que no em torno dos poços BO – 22H e BO – 23H, durante o cruzeiro II, a modelo de distribuição dos argilo-minerais se difere do cruzeiro I, assim como do cruzeiro III.

Os valores de *background*, para esmectita foram praticamente constantes, no cruzeiro I a concentração foi de 39,98%, para o cruzeiro II, com pequeno aumento a concentração foi de 40,21%, caindo novamente para 39,83% durante o cruzeiro III. Através da figura 13 é possível observar que essas variações estão bem representadas no cruzeiro I, com manchas mais distribuídas, para o cruzeiro II, onde as manchas aparecem mais concentradas na parte central da malha de amostragem, porém no cruzeiro III essas manchas passam a se espalham novamente.

No cruzeiro II, após a perfuração, ocorre acréscimo de esmectita para a área monitorada. Durante o cruzeiro I as áreas de maior concentração de esmectita (em torno de 50%), estavam no raio de amostragem entre 300m e 500m da perfuração (Figura 6). No cruzeiro II e III aparecem novas manchas (que vão de 50% a 60%), mas mais próximas dos poços BO-022H e BO-023H, entre 50m e 100m da perfuração (Figura 6), identificando desta forma contribuição de esmectita para área monitorada pelas atividades de perfuração. Estas condições, elevação de esmectita na área no em torno dos poços perfurados, também foram consideradas por Corrêa, *et al* (2005), que ressalta que o aumento verificado na parte central da área, próximo aos poços BO-022H e BO-023H pode estar relacionado à deposição por decantação do material argiloso proveniente da perfuração e mesmo do fluido aquoso, rico em bentonita. Esta variação também foi observada para o desvio padrão, o qual no cruzeiro I foi de 7,89%, após a perfuração o valor passa de para 15,93%, decrescendo no cruzeiro III para 9,59%.

Para a caulinita, os dados indicam uma inversão nos valores das porcentagens quando comparados a esmectita, no cruzeiro I o *background* foi 57,07%, no cruzeiro II passou para 53,19% e no cruzeiro III o valor diminuiu para 50,58%. Também através da tabela 3 é possível acompanhar a variação nos valores de desvio padrão, o qual variou consideravelmente do cruzeiro I (6,09%) para o cruzeiro II (16,36%), porém diminuindo novamente no cruzeiro III (7,40%). Essa variação nos valores dos desvio padrão foram apontadas no relatório final de águas rasas do projeto MAPEM (2005) como normais, pois estão relacionados a algumas poucas amostras que desviam seus valores da média durante o cruzeiro II, proporcionando aumento nos valores de desvio padrão.

A distribuição espacial da caulinita (Figura 13) durante os três cruzeiros oceanográficos se difere daquela apresentada para a esmectita, pois a área de maior concentração de caulinita ocorre em torno dos poços BO-022H e BO-023H durante o cruzeiro I, enquanto que no cruzeiro II e III, ocorre dispersão na concentração da caulinita na área central (próximos aos poços BO-022H e BO-023H). As manchas mais escuras, indicando maior concentração de caulinita, no cruzeiro II se dispersam atingindo o raio de amostragem de 300 m (Figura 6) dos poços perfurados, e no cruzeiro III tendem se afastar ainda mais da área da área perfurada atingindo o raio de amostragem de 500 m (Figura 6), o que pode ser relacionado ao transporte das correntes e não a atividade de perfuração. Este comportamento está relacionado as maiores concentrações de caulinita com a área em torno dos poços durante o cruzeiro I enquanto que para os cruzeiros II e III descrevem que existe diminuição na concentração da caulinita. Para Demore (2005) ao estudar uma área que esteve sujeita a atividade de perfuração, em região de talude médio na Bacia de Campos a 800 m de profundidade o aumento na concentração da caulinita e justifica como sendo resultado dos fluxos de sedimentos de área mais rasa, isto é, o aumento da caulinita e mesmo a variação geral dos argilo-minerais foram relacionados à fatores externo a perfuração.

A gibsita, assim como a esmectita, também aumentou o valor de *background* do cruzeiro I (1,41%) para o cruzeiro III (2,34%), sendo que após a perfuração o valor foi de 1,83%. Entretanto a forma de distribuição deste aumento da gibsita, diferente da esmectita, não ocorre na área central da malha de amostragem (Figura 13) como acontece para a esmectita. A gibsita ao contrário da esmectita e da illita, no raio (50m) que abrange a perfuração dos poços BO-022H e BO-023H durante o cruzeiro II, após a perfuração, apresentou redução nos valores, que vão de 1% a 2% (Figura 13), enquanto que aquelas pequenas manchas, com valores 4% a 5% (Figura 13), se direcionam para a borda da malha de amostragem, no raio de 500m. No geral, a figura 13 parece indicar que o aumento da gibsita está relacionado a um fator externo, pois a concentração diminui da borda para o centro da malha de amostragem.

Após a perfuração, no cruzeiro II, a concentração illita também aumentou o *background*, foi de 4,51% (cruzeiro I) para 4,68% (cruzeiro II), porém o aumento mais significativo ocorreu durante o cruzeiro III com *background* de 7,18%. Na figura 13 pode-

se observar a distribuição dos teores de ilita na fração menor que 2 micrômetros em relação aos três cruzeiros. Comparando-se os três cruzeiros observa-se que durante o cruzeiro II, assim como ocorre com esmectita, próximo aos poços BO-022H e BO-023H, existe algumas manchas mais prolongadas indicando aumento no teor de ilita (entre 6% a 10%), enquanto que para o restante da malha de amostragem os valores continuam iguais aos do cruzeiro I, menores que 4%. No cruzeiro III, aparecem novas manchas (entre 10% e 12%) e, no geral, a distribuição está apontando para aumento em todas as direções, como mostra a figura 13.

Entre a variação de ilita e esmectita parece existir uma correlação, pois a área de maior variação de ilita, a central, também foi identificada para esmectita, isto é, estes dois argilo-minerais indicam acréscimo de material para a área monitorada, e que foi relacionada às atividades de perfuração dos poços BO-022H e BO-023H, pois segundo o difratograma, figura 15, a predominância de esmectita e ilita estão relacionadas com as rochas formadoras das seqüências perfuradas nos poços BO-022H e BO-023H de fração menor que 2 micrômetros. Portanto o aumento da esmectita e da ilita em relação a caulinita e gibsitita provavelmente estejam relacionados à presença dos *cuttings* oriundos da perfuração.

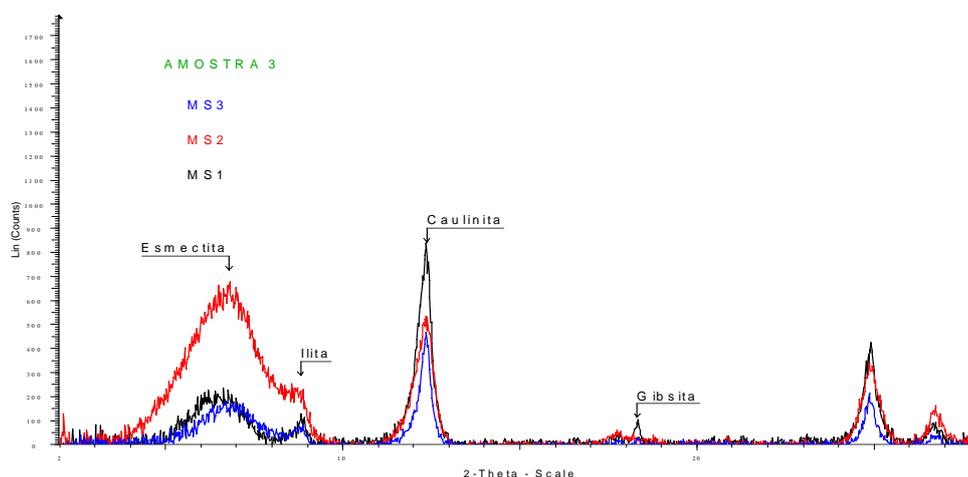


Figura 15 - Difratograma de Raio-X referente aos argilo-minerais da fração menor que 2 micra da estação 03 (Fonte: Corrêa, I.C.S. et al 2005).

7.6. Distribuição dos argilo-minerais nas estações de referência para o cruzeiro I, II e III

Nas estações de referência as concentrações dos argilo-minerais, como pode ser observado na figura 16, não indica acréscimo de material pela atividade de perfuração, pois como mostram os gráficos as concentrações permanecem praticamente homogêneas entre os cruzeiros.

Entre as estações de referência a caulinita foi o argilo-mineral predominante durante os três cruzeiros oceanográficos enquanto que a esmectita foi o segundo argilo-mineral em concentração. A caulinita e a esmectita entre as estações de referência apresentaram variações contrárias, quando uma aumenta a outra tende a diminuir (Figura16). Entretanto a variação na concentração foi muito pequena não permitindo identificar acréscimo de caulinita ou esmectita nas estações de referência devido a perfuração.

A ilita e a gibsitita, em menor concentração no ambiente, permaneceram praticamente constantes entre os cruzeiros oceanográficos. Porém é possível identificar (figura 16) leve aumento da ilita durante o cruzeiro III, que não chegam a representar alteração no padrão de concentração nos argilos - minerais para área monitorada.

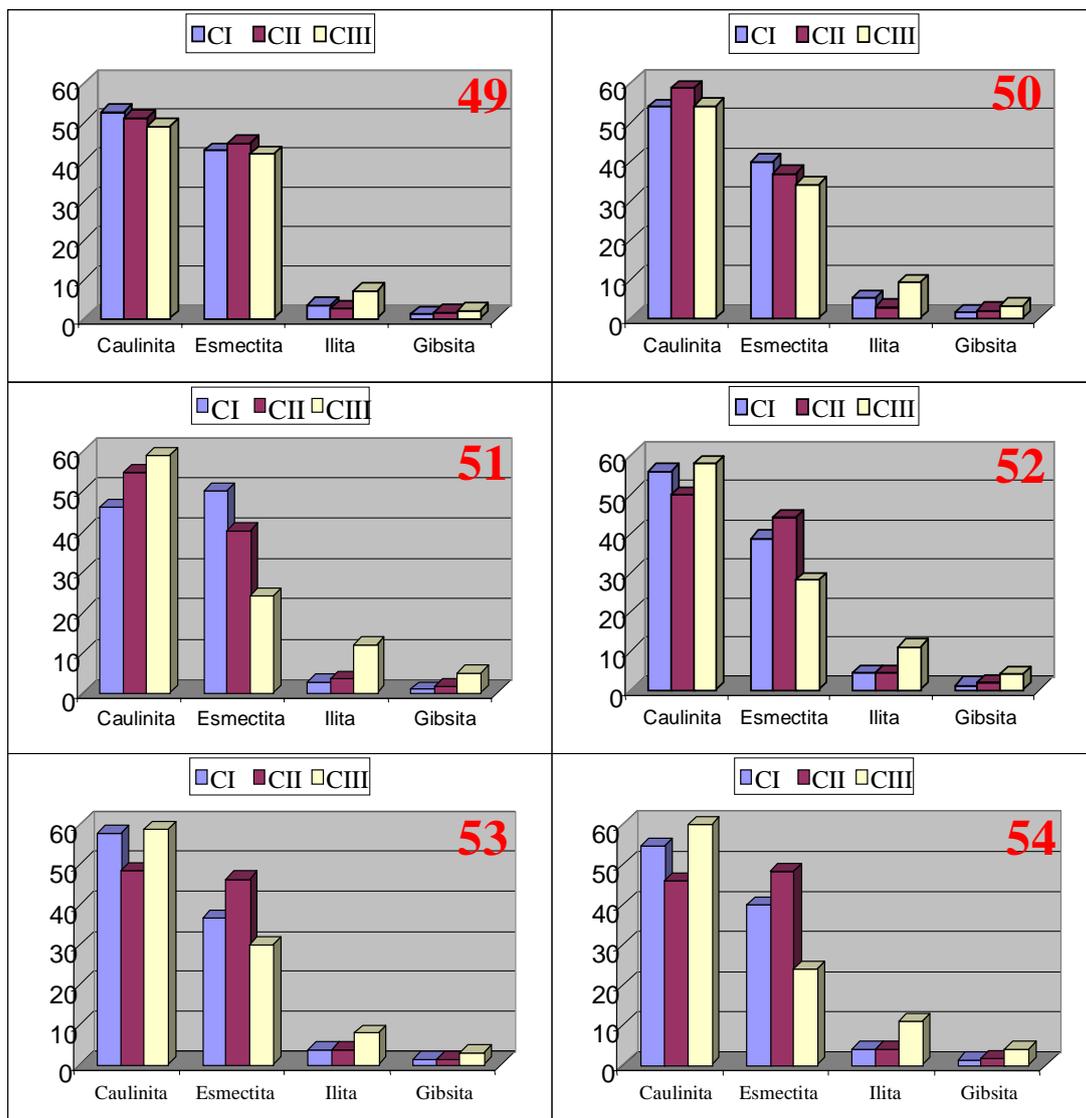


Figura 16 - Distribuição dos argilo-minerais da fração fina nas estações de referências 49, 50, 51, 52, 53 e 54 em %. A localização dessas estações estão ilustradas na figura 7 (modificado de Corrêa et al, 2005).

8. CONCLUSÕES

A área monitorada neste estudo, na Bacia de Campos que é uma das principais áreas de exploração petrolífera nacional, corresponde a uma malha de amostragem em torno de dois poços, o BO-022H e o BO-023H. A área monitorada caracteriza-se por apresentar morfologia de fundo bastante suave, com leve declividade em direção ao talude continental e plano abissal proporcionando o transporte e distribuição de sedimentos, oriundos da plataforma continental, sobre o talude continental e a zona abissal.

Os sedimentos superficiais da área monitorada são caracterizados pela granulometria predominantemente arenosa, com expressiva concentração de carbonato biogênico.

Os valores de *background*, entre os três cruzeiros para as classes granulométricas, não indicam, interferência na área monitorada, pelas atividades de perfuração, pois as variações foram muito pequenas e o limiar não ultrapassou o intervalo de confiança, o que significa dizer que entre as amostras não existiu valores consideráveis para inferir sobre impacto da perfuração. A pequena variação no *background* entre os três cruzeiros oceanográficos para a granulometria foram relacionadas exclusivamente ao método de amostragem e análise, uma vez que a variação para o cascalho biotétrico se deve a presença de nódulos de calcário e conchas de tamanho variados, que no processo de quarteamento faz com que amostras contenham mais ou menos cascalhos. Como a granulometria esta definida pela relação de porcentagens entre os quatro componentes, cascalho, areia, silte e argila, ao variar uma dessas classes, conseqüentemente as outras também irão variar.

O carbono orgânico total (COT) revelou que durante os três cruzeiros, devido o aumento nos valores de *background*, existe contribuição de COT para área monitorada. Este aumento foi relacionado as atividades de perfuração dos poços BO-022H e BO-023H sugerindo que durante a perfuração existem a contribuição de matéria orgânica para área monitorada.

Diferente das classes granulométricas, os argilo-minerais segundo a sua distribuição e os valores de *background* revelaram que durante as atividades de perfurações dos poços BO-022H e BO-023H, houve acréscimo, ainda que pequeno, de material para a

área monitorada. Pois o aumento da esmectita e illita, contrário ao da caulinita e gibsita que diminuem no em torno da área perfurada, foram relacionados á contribuição de *cuttings* proveniente da perfuração dos poços BO-022H e BO-023H.

Entre as estações de referências tanto para as classes granulométricas (cascalho, areia, silte e argila) como para os argilo-minerías (esmectita, caulinita, illita e gibsita), não houve variação significativa, pois as concentrações foram praticamente constantes entre os cruzeiros. Está homogeniedade nas concentrações para as estações de referências, mostram que aquelas variações entre os argilo-minerais (aumento da esmectita e illita) não chegam atingir o raio de 2.500m dos poços perfurados (BO-022H e BO-023H), o que significa que a área sobre influência da atividade de perfuração, não ultrapassou o raio da malha de amostragem, 500m da perfuração.

Com os dados do cruzeiro III, após 22 meses da perfuração foi possível observar que entre aquelas variáveis que estão indicando acréscimo de material gerado pelas perfurações dos poços BO-022H e BO-023H existe forte tendência dos valores retornarem aqueles do cruzeiro I, antes da perfuração, indicando desta forma recuperação do ambiente.

9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BERTRAND, A .R.; BRIANT, J.; CASTELA, A.1971. Preventing and fighting pollution during offshore drilling and production operations. **Rev Inst Fr Pet Ann** 26 (9): 757

BISCAYE, P.E. 1965. Mineralogy and sedimentation of recente deep-sea clay in the Atlantic Ocean in the adjacent seas and oceans. **Geological Society of Americam Bulletin**, v . 76, p. 803-832.

BISCAYE, P.E.; KOLLA V. ; TUREKIAN, K.K.: 1976. Distribution of calcium carbonate in surface sediments of the Atlantic Ocean. **J. Geophys. Res.**, v.81, p. 2595-2603.

BOOTHE, P.N.; PRESLEY, B.J. 1985. Distribution and behavior of drilling fluids and *cuttings* around Gulf of Mexico drilling sites. **American Petroleum Institute, Washigton, D.C.**

BOOTHE, P.N.; PRESLEY, B.J. 2000. The effects of exploratory petroleum drilling in the nrthwest gulf of Mexico on trace metal concentration in near rig sediment and organisms. **Environmental Geology. Water Sci.**, v 9, p 173-182.

BREHME. I. 1984. **Vales submarinos entre Banco de Abrolhos e Cabo Frio**. 1984. Dissertação de mestrado. Universidade do rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 116pp.

CAENN, R.; CHILLINGAR, G.V. 1996. Drilling fluids: State of the art. |**Journal of Petroleum Science & Engineering**, v. 14, p. 221-230.

CANTARINO, A. A .A; MEDEIROS, D.S. 2001. Regulamentação ambiental do uso de descarte dos fluídos de base sintética. SEMINÁRIO SOBRE PROTEÇÃO AMBIENTAL NA EXPLORAÇÃO DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO, Rio de Janeiro, 2001. CD – ROM.

CASTRO, B. 2003. O mar costeiro do Brasil. **Revista Scientific America Brasil**, v16, p.33-36.

CASTRO, D.D. 1992. **Morfologia da Margem Continental Sudeste-Sul e estratigrafia sísmica do sopé continental**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do rio de Janeiro. 140 pp.

CARMINATTI, M.; SCARTON, J.C. 1991. Sequence stratigraphy of the oligocene turbidit complex of the Campos Basin, offshore Brazil. In: WEIMER, P.; LINK, M.H. (Ed), **Seismic Facies and Sedimentary Prosses of Submarine Fans and Turbidite Systems**. Springer-Verlang. Berlin, p. 241-246.

CHAPMAN P.M. 1992. Pollution status of north-sea sediments - an international integrative study. **Mar Ecol-Prog Ser**, 91 (1-3): 313-322.

CHESTER, R.; MESSIHA- HANNA, R.G. 1970. Trace element partition patterns in North Atlantic deep-sea sediments. **Geochimic et Cosmochimica Acta**, V. 34, p.121-128.

CONTINENTAL SHELF ASSOCIATES , INC. 1983 . **Enviromental monitoring program for Explorition** Well No.3, lease OCS-G 3316, , High Island Area, South Extension near the West Flower Garden Bank. Final Report to Union Oil Campany, tequesta, Fla. 2 volumes.

CORRÊA, I.C.S.; TOLDO, J.R.; TOLEDO, F.A .L.; 2005. Geologia. In: MAPEM.2005. relatório – Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima – Águas Rasas. TOLDO, JR, E; AYUP-ZOUAIN, P.N (Ed.).2005. Porto Alegre. UFRGS/IGEO, 451p.1 CD-ROM.

CORRÊA, I. C. S; Toldo Jr., E. E. & Toledo, F. A. 2003. **Geology Procotol. Environmental Monitoring of Offshore Drilling for Petroleum Exploration**, MAPEM Project. Sponsored by FINEP/IBP/FAURGS. UFRGS. Brasil.

DE ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R.; MIZUSAKI, A .M.P. 1996. Correlação dos magamatismo das bacias margem continental brasileira com as das áreas emersas adjacentes. **Revista Brasileira de Geociência** , v.35, p. 125-138.

DEMORE, J. P. 2005. **Avaliação das alterações ambientais causadas por perfuração exploratória em talude continental a partir de dados geoquímicos – Bacia de Campos, Brasil**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do rio Grande do Sul – Instituto de Geociências. 100 p.

FOLK, R. L.; Ward, W. C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.2, p: 3-27.

GEE, J.M.; AUSTEN, M.; DESMET, G. 1992. Soft-sediment meiofauna community responses to environmental-pollution gradients in the german bight and at a drilling site off the dutch coast. **Mar Ecol-Prog Ser**, 91 (1-3): 289-302.

GLOVER, A .G.; SMITH, C.R.2003. The deep-sea floor ecosystem: current status and prospects of anthropogenic change by the year 2025.**Environ Conserv**, 30 (3): 219-241.

GOVETT, G.J.S. 1985. Rock geochemistry in mineral exploration. Local: Elsvier Science Pblishers. Hand bookof exploration geochemistry, v.3

GRIFFIN, J.J.; WINDOM, H.; GOLDBERGER, E.D. 1968. The distribution of clay minerals in the world ocean. **Deep-sea Research**, v.15, p.433-459.

HODDER, A .P.W.; NAISH, T.R.; NELSON, C.S. 1993. A two-stage model for the formation of smectite from detrital vulcanic glass under shallow-marine conditions. **Marine Geology**, v. 109, p.279-285.

KENNICUT, M.C.; COMET, P. 1992. **Resolution of sediment grain-size: multiparameter approaches.** In Organic productivity, accumulation, and preservation in recente and anciente sediments. J.K.Whwelan and J.W Farrigton. Columbia University Press. New York (Ed), v.1, p 308-337.

KENNICUT, M.C.; II (Editor). 1995. **Gulf of Mexico Offshore Operation Monitoring Experiment, Phase I: Sublethal respnses to contaminant exposure.** Final report. OCS Study MMS 95-0000. U.S Department of Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, La.

KUMAR, A .S.; MAHTO, V.; SHARMA, V. P. 2003.Behaviour of organic polymers on the rheological properties of Indian bentonite-water based drilling fluid system and its effect on formation damage. **Journal Idian Chem Techn**, v. 10, p. 525-530.

LAVERLING, I.H. 1994. Marine environments of Southeast Australia (gippsland shelf and bass strait) and the impact of offshore petroleum-exploration and production activity. **Mar Geoesour Geotec**, v. 12 (3), p. 201-226.

LISITZIN, A P. 1971. Distribution of carbonate microfossils in suspenion and in bottom sediments. In: FUNELL, B.M. ; RIEDEL, W.R. (Ed). **The micropaleontology of the oceans.** London: Cambridge University Press. p 173-196.

LISITZIN, A P. 1972. Sedimentation in the world ocean. **Society of Economic Paleontologists and Minerologists**, Special Publication, v. 17.

LORING, D.H. 1991. Normalization of heavy-metal data rom stuarine and coastal sediments. **ICES Journal Marine Science**, v. 48, p. 101-115.

MAPEM, 2004. Relatório – **Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração exploratória Marítima – Águas Profundas.** TOLDO, J.R; E. AYUP-ZOUAIN, P.N. (Ed.). 2004. Porto Alegre .UFRGS/IGeo, 451p. CD-ROM.

MCIVER, R. 1975. Hidrocarbon occurence from JOIDES (Deep Sea Drilling Project). **Proc. World Petr. Congr**, v. 9, p. 269-280.

MELTON, H.R.; SMITH, J.P.; MARTIN, C.R.; NEDWED, T.J.; MAIRS, H.L.; RAUGHT, D.L. 2000. Offshore Dischargge of Drilling Fluids and *Cuttings* – A Scientifica Perspective on Public Policy. Rio Oil and Gas Expo and Conference, 2000. **Anais**, Rio de Janeiro. 1 CD-ROM.

MESQUITA, A .; LEITE, J.B.; RIZZO, R. 1979. Contribuição ao estudo das correntes marinhas na plataforma entre Cabo Frio e CananÉia. **Boletim Instituto Oceanográfico, (USP)**, v. 28, p. 95-100.

MOREIRA DA SILVA, P. de C. 1973. A ressurgência em Cabo Frio. **Publ. TPqM** (Ministério da Marinha), v. 78, p.1-56.

NETTO, S. A . 2005. Meiofauna. In: MAPEM.2005. **Relatório – Monitoramento Ambiental em Atividades de Perfuração Exploratória Marítima – Águas Rasas**. TOLDO, JR, E; AYUP-ZOUAIN, P.N (Ed.).2005. Porto Alegre. UFRGS/IGEO, 451p.

NEUHANN, G. 1965. Oceanography of the Tropical Atlantic. **Anais Acad. Bras de Ciência**, v. 37, p. 03-82.

PETSCHICK, R.; KUHN, G.; GINGELE, F. 1996. Clay distribution in surface sediments of the South Atlantic: source, transport, and relation to oceanography. **Marine Geology**, v.130, p. 203-229.

RANGEL, H.D.; MARTINS, F.H.L.; ESTEVES, F.R.; FEIJÓ, F.J. 1994. Bacia de Campos. **Bol. Geoc. Petrobras**, v.8, n.1, p.203-217.

STEINHAEUER, M.S.; BOWHM, P.D. 1992. The composition and distribution of saturated and aromatic hydrocarbons in nearshore sediments, river sediments, and coastal peat of Alaskan Beaufort Sea: implications for detecting anthropogenic hydrocarbon inputs. **Marine Environmental Research**, v.33, p. 223-253.

THIRY, M. 2000. Paleoclimatic interpretation of clay minerals in marine deposits: an outlook from continental origin. **Earth –Science Reviews**, v. 49, p. 201-221.

TURCQ, B.; COEN, R.; FROINDEFOND, J.M. 1986. Variability of beach on the coast of Maricá (RJ, Brazil). **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, Balkema Publishers**, v. 4, p. 45-57.

VALENTIN; J.L. 1974. Analyses des paramètres hydrobiologiques de la remontée de cabo Frio (Brésil). **Mar. Biol**, v.82, p.259-276.

VIANA, A .R.; FAUGÉRS, J.C.; KOWSSMAN, R.O.; LIMA, J.A .M.; CADDAH, L.F.G.; RIZZO, J.G. 1998. Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. **Sedimentary Geology**, v.115, p. 133-157.

WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**. v. 30, p. 377-392.