

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

98

MINERAIS PESADOS COMO INDICADORES DE PALEO-DRENAGEM E DIREÇÃO DE
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NA PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA ENTRE
SAQUAREMA E ARRAIAL DO CABO - (CRJ)

JOSEFA VARELA GUERRA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOGRAFIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS
(M. Sc.).

APROVADA:

Dr. Dieter Muehe
(Presidente da banca)

Dr. Alberto Garcia Figueiredo Jr.

Dra. Maria Augusta Martins da Silva

Dr. Jorge Marques

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

março de 1993.

T
1106
G934m



GUERRA, Josefa Varela.

Minerais pesados como indicadores de paleo-drenagem e direção de transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre Saquarema e Arraial do Cabo - RJ/Josefa Varela Guerra. Rio de Janeiro : UFRJ, 1993.

xvi,104p. ; 29.5 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/PPGG, 1993.

Bibliografia: p. 94-104.

1. Minerais pesados. 2. Plataforma continental interna .
3. Paleo-drenagem. 4. Transporte de sedimentos. I. Universidade Federal do Rio de Janeiro. II. Título.

Centro de Ciências Matemática e
de Física
Biblioteca Central

Nº. Registro	DATA
047748-6	24/11/95

ORIGEM Doação Biblioteca
do PGC.

Inv. 2011
24/11/95

Inv. 2011

inv. 2014

Se cada dia cai
dentro de cada noite,
há um poço
onde a claridade está presa.

Há que sentar-se na beira
do poço da sombra
e pescar luz caída
com paciência.

(Pablo Neruda)

Dedico este trabalho aos
meus pais que sempre
têm me proporcionado
doses gigantescas de amor,
apoio e confiança.

AGRADECIMENTOS.

Ao dr. Dieter Muehe (Depto. de Geografia-UFRJ) pela oportunidade de realizar este trabalho e pelo apoio incondicional prestado em todos os momentos em que foi solicitado.

À dra. Maria Augusta Martins da Silva (Depto. de Geologia-UFF) por sua inestimável ajuda em vários momentos de dificuldade.

A André Luiz Ferrari, Depto. de Geologia-UFF, por sua permissão para a utilização das instalações do LAGEMAR ao longo de vários meses.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao Departamento de Oceanografia da UERJ pela concessão de licença parcial para finalização desta dissertação e às colegas Sílvia Dias Pereira e Liane Maria Azevedo Dornelles, cuja colaboração foi imprescindível durante esse período.

Ao dr. Alberto Garcia Figueiredo Jr. (Depto. Geologia-UFF) cujo apoio, compreensão e incentivo constantes têm sido de grande importância.

Ao dr. Jorge Marques (Depto. de Geografia-UFRJ) pelo seu apoio e compreensão.

Ao prof. Castro (Depto. de Geologia-UFRJ) por sua ajuda na fase inicial deste trabalho.

Aos amigos que, em diferentes momentos e das mais diversas formas foram muito importantes para que este trabalho fosse concluído: Valéria Regina Bellotto, Maria da Conceição C.

M. Resende, Heloísa Vargas Borges, Carlos Henrique Tavares
Correa, Roberta Mary Vidotti, Jefferson Miranda, Marie-Laure
Mezerais, Jean-Marie Gallissaires, Guilherme Camargo Lessa.

A Andréia Maria Lopes Bentes (graduanda Depto.
Oceanografia-UERJ) por sua dedicada colaboração em parte dos
trabalhos de laboratório e confecção de figuras.

À dra. Josilda Moura (Depto. de Geografia-UFRJ /
diretora do Departamento de Recursos Minerais) pelos mapas
geológicos e seus respectivos relatórios.

Ao dr. Moysés Gonzalez Tessler (Instituto
Oceanográfico-USP) pela doação do líquido de imersão utilizado
nas observações sob microscópio petrográfico.

Ao Laboratório de Geografia Física do Departamento de
Geografia da UFRJ e aos laboratoristas Joseilson e Aldemir.

Ao Laboratório de Sedimentologia do Depto. de Geologia
da UFRJ e ao laboratorista Luis.

A todos os funcionários, professores e alunos do LAGEMAR
(Depto. Geologia-UFF) pela acolhida e colaboração durante o
período de nossa convivência diária.

M. Resende, Heloísa Vargas Borges, Carlos Henrique Tavares Correa, Roberta Mary Vidotti, Jefferson Miranda, Marie-Laure Mezeraís, Jean-Marie Gallissaires, Guilherme Camargo Lessa.

A Andréia Maria Lopes Bentes (graduanda Depto. Oceanografia-UERJ) por sua dedicada colaboração em parte dos trabalhos de laboratório e confecção de figuras.

À dra. Josilda Moura (Depto. de Geografia-UFRJ / diretora do Departamento de Recursos Minerais) pelos mapas geológicos e seus respectivos relatórios.

Ao dr. Moysés Gonzalez Tessler (Instituto Oceanográfico-USP) pela doação do líquido de imersão utilizado nas observações sob microscópio petrográfico.

Ao Laboratório de Geografia Física do Departamento de Geografia da UFRJ e aos laboratoristas Joseilson e Aldemir.

Ao Laboratório de Sedimentologia do Depto. de Geologia da UFRJ e ao laboratorista Luis.

A todos os funcionários, professores e alunos do LAGEMAR (Depto. Geologia-UFF) pela acolhida e colaboração durante o período de nossa convivência diária.

RESUMO

A fração pesada de amostras da *shoreface* e plataforma continental interna da área compreendida entre Saquarema e Arraial do Cabo (RJ), foi analisada quali e quantitativamente. Na fração opaca, foram encontrados ilmenita, ilmenita leucóxeneizada, leucóxênio e pequenas quantidades de magnetita. Entre os minerais pesados não-opacos, predominam cianita, turmalina, silimanita, piroxênios e anfibólios, granada, zircão e epidoto, com presença menos significativa de micas (muscovita e biotita), apatita, estaurolita, titanita, rutilo. A cianita, até agora descrita apenas em afloramentos situados entre o cabo Frio e o cabo Búzios, foi o mineral não-opaco mais abundante indicando alguma fonte não mapeada ou já arrasada pela erosão.

A distribuição de minerais como cianita, turmalina, silimanita (incluindo a variedade fibrolita) e granada, mostra valores decrescentes da costa em direção à plataforma continental e para leste (em direção a Arraial do Cabo), indicando padrões de redistribuição de sedimentos; a tendência contrária, exibida pelos piroxênios e anfibólios, parece indicação de seu fracionamento hidráulico e forma de transporte semelhante ao das micas.

Por outro lado, a concentração de minerais pesados mais densos como ilmenita, zircão e rutilo em alguns pontos situados atualmente a cerca de 20, 25 e 45 metros de profundidade, levantou a possibilidade de que se trate de vestígios de antigas posições da linha de costa, onde ocorria a injeção direta de sedimentos trazidos pelos rios provenientes do Maciço Costeiro,

antes da construção da restinga da Maçambaba; também podem indicar paleo-canais de maré que conectavam a laguna ao oceano aberto. De qualquer maneira, estudos que vêm sendo desenvolvidos desde a década de 80, mostram que a face da praia (*beach face*), é o local onde ocorrem os processos seletivos de mobilização dos sedimentos que conduzem aos resultados observados neste estudo.

ABSTRACT

The heavy-minerals of superficial bottom samples of the shoreface and inner continental shelf from the area between Saquarema and Arraial do Cabo (RJ) were qualitative and quantitatively analyzed. In the opaque fraction, ilmenite, leucoxene and small amounts of magnetite were found. In the non-opaque fraction, kyanite, tourmaline, sillimanite, pyroxenes and amphiboles, garnet, zircon and epidote prevail, with less significative presence of micas (muscovite and biotite), apatite, staurolite, sphene, rutile and andalusite. Kyanite, until now described just in outcrops found in the Cape Frio - Cape Búzios area, was the more abundant non-opaque heavy-mineral, indicating some source yet not mapped or already destroyed by erosion.

Distribution patterns of some minerals as kyanite, tourmaline, sillimanite (including fibrolite) and garnet show decreasing values towards offshore and eastwards (towards Cape Frio), indicating sediment redistribution patterns; an opposite tendency, exhibited by pyroxenes and amphiboles, seems to indicate their hydraulic fractionation and a mechanism of transport similar to that of micas.

On the other hand, the concentration of the densest heavy minerals as ilmenite, zircon and rutile in some samples nowadays placed roughly at water depths of 25, 30, 45 and 50 meters, has arisen the possibility that they are remains of ancient shorelines where sediments brought by rivers from the Coastal Range were directly delivered in the coast, before the Restinga da Maçambaba were constructed; they could also represent

paleotidal channels that once connected the lagoon to the open ocean. Anyway, studies that have been developed since the eighties, show that the beach face is the place where selective entrainment processes can occur, leading to results similar to those observed in this study.

1.2

1.3

1.4

2.0

2.1

2.2

2.3

3.0

3.1

3.2

3.3

3.4

3.5

4.0

4.1

4.2

4.3

5.0

5.1

5.2

5.3

5.4

INDICE.

	Página
1. Introdução.	
1.1. Características gerais da área de estudo.	01
1.2. Características sedimentológicas.	04
1.3. Objetivos do trabalho.	07
1.4. Estudos mineralógicos já realizados na área de estudo.	08
2. Geologia regional da área situada entre a baía da Guanabara e o cabo Frio.	
2.1. Introdução.	10
2.2. Afloramentos não alcalinos.	11
2.3. Maciços alcalinos.	19
3. Os minerais pesados: observações gerais.	
3.1. Litologia versus mineralogia.	23
3.2. Outros fatores que interferem na composição de uma assembléia de minerais pesados.	26
3.3. Com qual fração granulométrica trabalhar?	28
4. Metodologia.	
4.1. Amostras utilizadas.	30
4.2. Separação dos minerais pesados.	30
4.3. Identificação e contagem dos minerais pesados.	33
5. Apresentação dos resultados.	
5.1. Teores por amostra.	36
5.2. Minerais identificados e suas distribuições na <i>shoreface</i> e plataforma continental interna.	38
5.2.1. Granadas.	39

5.2.2. Piroxênios e anfibólios.	42
5.2.3. Grupo do epidoto.	45
5.2.4. Turmalina.	47
5.2.5 Cianita.	49
5.2.6. Silimanita.	51
5.2.7. Fibrolita.	53
5.2.8. Zircão.	55
5.2.9. Rutilo.	57
5.2.10. Estauroлита.	59
5.2.11. Titanita.	61
5.2.12. Apatita.	63
5.2.13. Andalusita.	65
5.2.14. Micas (biotita e muscovita).	67
5.2.15. Opacos.	70
5.3 Amostras da área emersa.	72
6. Interpretação dos resultados.	73
7. Conclusões.	89
8. Sugestões para trabalhos futuros.	92
9. Bibliografia citada.	94

FIGURAS.

	Página
1.1. Localização da área de estudo.	01
1.2. Rede de drenagem proveniente do maciço costeiro.	03
1.3. Mapa textural da <i>shoreface</i> e plataforma continental interna.	05
2.1. Mapa geológico simplificado das folhas baía da Guanabara, Maricá, Saquarema e Itaboraí.	12
2.2. Mapa geológico simplificado das folhas Araruama, Cabo Frio e Farol do Cabo.	15
2.3. Geologia do Complexo de Cabo Frio.	20
4.1. Localização das amostras utilizadas.	31
5.1. Distribuição espacial dos percentuais, em peso, de minerais pesados na área de estudo.	37
5.2. Relação entre a distância ao cabo Frio e o percentual, em peso, de minerais pesados...	37
5.3. Percentagem de granada, em peso, na fração pesada total das amostras da <i>shoreface</i> e plataforma continental interna.	41
5.4. Percentagem dos piroxênios e anfibólios...	44
5.5. Percentagem do grupo do epidoto...	46
5.6. Percentagem de turmalina...	48
5.7. Percentagem de cianita...	50
5.8. Percentagem de silimanita...	52
5.9. Percentagem de fibrolita...	54
5.10. Percentagem de zircão...	56
5.11. Percentagem de rutilo...	58
5.12. Percentagem de estaurolita...	60

5.13. Percentagem de titanita...	62
5.14. Percentagem de apatita...	64
5.15. Percentagem de andalusita...	66
5.16. Percentagem de biotita...	69
5.17. Percentagem de muscovita...	69
5.18. Percentagem de opacos...	71
6.1. Associações mineralógicas dominantes na área de estudo (minerais não-opacos).	74
6.2. Localização das amostras em que a soma dos minerais pesados mais densos (ilmenita, zircão, rutilo e granada) é superior a 65%, em peso, da fração pesada total.	78
6.3. Batimetria da porção centro-leste da laguna de Araruama.	85

QUADROS.

	Página
3.1. Mineralogia associada às principais litologias.	24
3.2. Estabilidade de alguns minerais pesados detriticos.	25
3.3. Ordem de estabilidade de alguns minerais pesados detriticos em ordem decrescente.	25
3.4. Frações granulométricas utilizadas em estudos de minerais pesados de amostras arenosas.	29
5.1. Valores percentuais médios, máximos e mínimos de minerais pesados, em peso, nas amostras estudadas.	36
5.2. Distribuição dos principais minerais pesados identificados segundo suas suscetibilidades magnéticas.	39
5.3. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de granada (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	40
5.4. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de piroxênios e anfibólios(percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	43
5.5. Valores percentuais médios, mínimos e máximos do grupo do epidoto (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	45
5.6. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de turmalina (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	48
5.7. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de cianita (percentagem em peso) na fração pesada	

5.17. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de silimanita (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	50
5.8. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de silimanita (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	52
5.9. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de fibrolita (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	53
5.10. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de zircão (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	56
5.11. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de rutilo (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	57
5.12. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de estaurolita (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	59
5.13. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de titanita (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	61
5.14. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de apatita (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	63
5.15. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de andalusita (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	65
5.16. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de biotita (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas.	68

5.17. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de muscovita (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas. 68

5.18. Valores percentuais médios, mínimos e máximos de opacos (percentagem em peso) na fração pesada das amostras estudadas. 70

6.1. Amostras em que a soma dos percentuais dos minerais pesados mais densos (zircão, rutilo, opacos e granada) ultrapassa os 50% do peso da fração pesada. 76

apresenta
atende



Fig. 1
laguna
moda

1. INTRODUÇÃO.

1.1. Características gerais da área de estudo.

A área abrangida por este estudo compreende o prisma praiial submerso (*shoreface*, conforme definida por Niedoroda *et al.*, in Davis Jr., 1985) e a plataforma continental interna, situados entre Saquarema e o cabo Frio, numa extensão de aproximadamente 54km (fig.1.1). Nesta região, mais especificamente entre a baía de Guanabara e o cabo Frio, o litoral fluminense assume uma direção leste-oeste, que contrasta com a direção geral norte-sul apresentada pelo litoral brasileiro desde o extremo sul (Chuí) até o cabo Calcanhar, no Rio Grande do Norte.

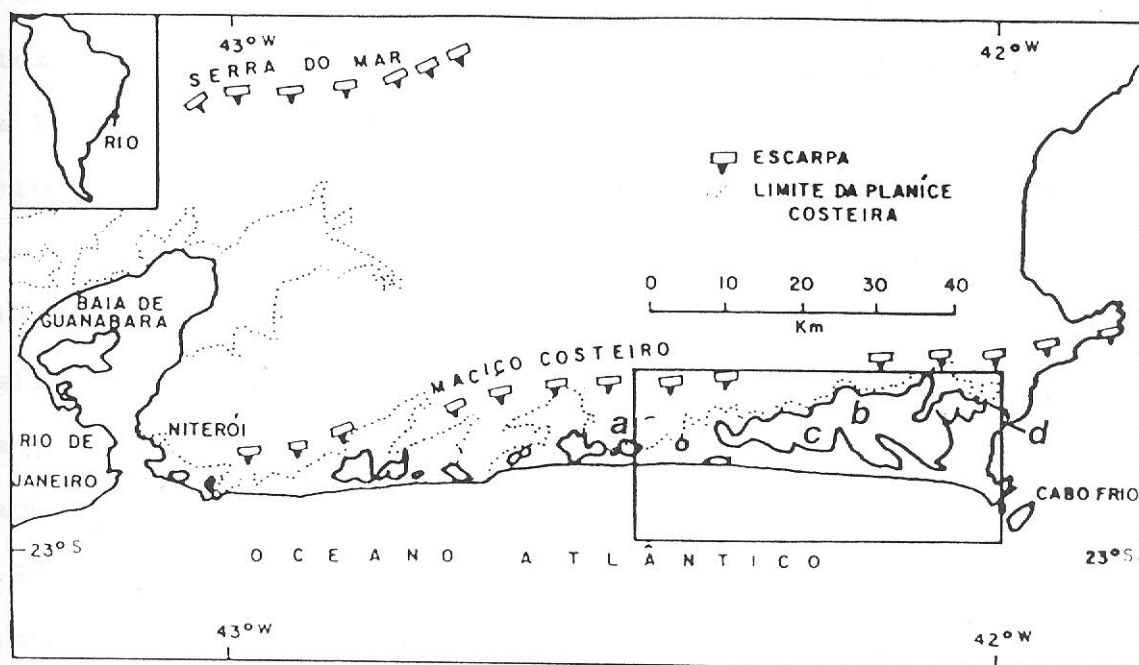


Fig.1.1: Localização da área de estudo, onde: a= Saquarema; b= laguna de Araruama; c= enseada da Figueira; d= canal de Itajuru (modificado de Muehe & Carvalho, 1993).

Toda esta área costeira é bordejada pelo chamado Maciço Costeiro, uma série de serras e elevações isoladas que, em alguns pontos atinge a costa, formando costões rochosos que servem de ancoradouro aos cordões arenosos que têm retilinizado a linha de costa e isolado corpos lagunares à sua retaguarda. Deste modo, a carga sedimentar trazida pela modesta rede de drenagem que provém do Maciço Costeiro (fig.1.2), é impedida de atingir a plataforma continental. Neste contexto, distingue-se a laguna de Araruama, que é separada do oceano Atlântico pela restinga da Maçambaba; esta afasta-se da borda do maciço costeiro em direção ao cabo Frio e é constituída por dois cordões arenosos, sendo que o mais interno desaparece a partir da enseada da Figueira (fig.1.1). Como o cordão externo é contínuo, desde a laje de Itaúna, nas proximidades de Saquarema, até o cabo Frio, a única comunicação atual entre a laguna e o oceano adjacente se dá através do canal de Itajuru, situado aproximadamente dez quilômetros acima do cabo Frio. A partir deste cenário, Muehe & Carvalho (1992), consideram que os sedimentos atualmente encontrados na *shoreface* e plataforma continental adjacente da área de estudo, são reliquiares; Ponzi (1978), analisando os sedimentos superficiais da plataforma continental da área situada entre a Ponta Negra e Saquarema, havia chegado à mesma conclusão; Kowsmann & Costa (1979a) consideram que esses sedimentos, que em alguns pontos da plataforma continental da região sul-brasileira têm sido comprovadamente retrabalhados, não seriam reliquiares mas estariam em pseudo-equilíbrio com as condições hidrodinâmicas atuais (seriam sedimentos palimpséticos segundo a classificação de Swift *et al.*, 1971).

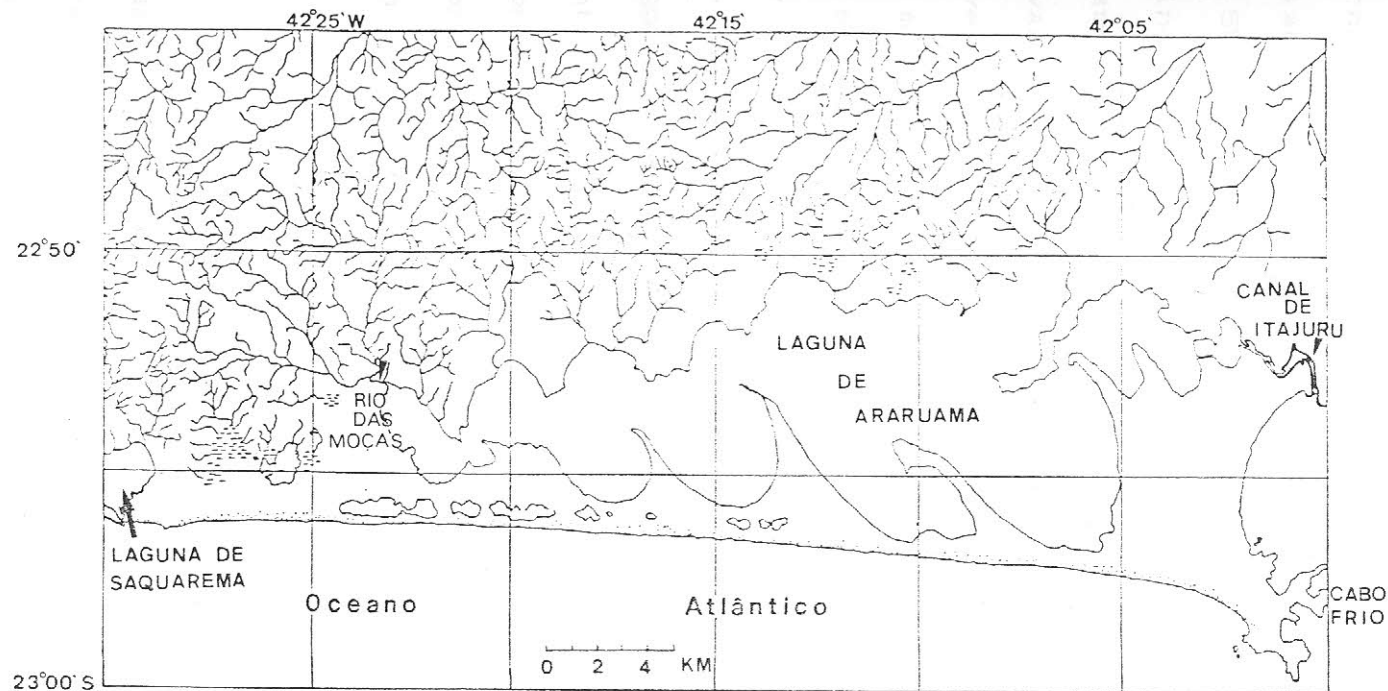


Fig.1.2: Rede de drenagem proveniente do maciço costeiro (simplificado a partir de mapa geomorfológico publicado pelo CPRM em 1984). A linha tracejada representa o interflúvio que separa a drenagem que se dirige para as lagoas de Saquarema e Araruama da restante, que faz parte de outras bacias

Muehe & Carvalho (1992) descrevem a *shoreface* como uma superfície irregular e menos íngreme a oeste (próximo a Saquarema), devido à presença de afloramentos rochosos, tornando-se mais regular e mais íngreme em direção ao Cabo Frio. A largura da plataforma continental interna é de aproximadamente 10.5km à altura de Saquarema e estreita-se gradativamente, atingindo 4.8km na extremidade leste da área; ainda segundo os mesmos autores, a interpretação de algumas linhas sísmicas levantadas com sonar de varredura lateral, *Sparker* e *Uniboom*, revelou a presença de arenitos de praia (*beachrocks*) entre 40 e 60 metros de profundidade, atestando uma antiga posição da linha de costa, possivelmente durante o período da elevação do nível do mar durante o início do Holoceno, conforme já tem sido sugerido por autores como Kowsmann & Costa (1979b), Corrêa *et al.* (1980; 1989) e Costa *et al.* (1988) em trabalhos realizados na plataforma continental do Rio de Janeiro, São Paulo e sul-brasileira. Como ocorre na *shoreface*, o embasamento cristalino volta a aflorar nas proximidades de Saquarema, conforme observado em perfil realizado com *Uniboom*, desta vez a 50 metros de profundidade.

1.2. Características sedimentológicas.

Muehe & Carvalho (1992) também descrevem a distribuição dos sedimentos presentes na área de estudo e chegaram ao mapa apresentado na fig.1.3. De uma maneira geral, areias de tamanho granulométrico médio cobrem a região situada entre a praia e a batimétrica de 45m, menos na extremidade leste, cujo fundo é coberto por areias finas; na extremidade oeste e em alguns pontos da área central, está presente areia grossa, enquanto uma amostra da extremidade sudeste e outra da área central, são constituídas

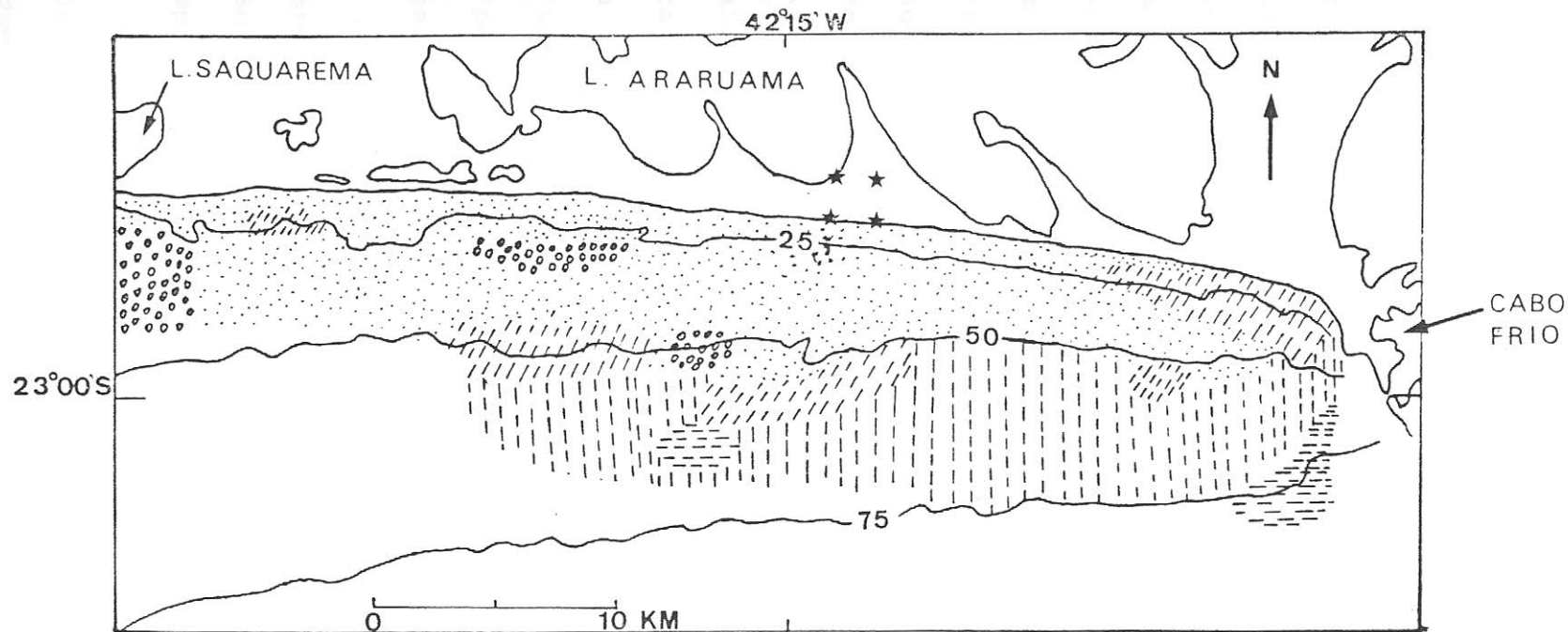


Fig.1.3: Mapa textural da *shoreface* e plataforma continental interna (modificado de Muehe e Carvalho, 1993). Ocorre um predomínio de areias médias entre a linha de costa e a batimétrica de 50 metros e de areias muito finas entre esta e os 75 metros de profundidade. Observar a presença de alguns bolsões de areia grossa, areia fina e lama. Estão representadas as batimétricas de 25, 50 e 75 metros. (★ ★) balizas de milha medida.



por sedimentos silticos. Os autores concluíram que esta diminuição do tamanho granulométrico médio em direção ao cabo Frio foi herdada do Pleistoceno Superior, quando a chegada de sedimentos à plataforma continental interna ainda não teria sido totalmente bloqueada; desta forma, esse padrão refletiria a maior distância da área-fonte (o maciço costeiro) em relação à área submersa adjacente (fig.1.3). Com base na análise dos registros correntométricos disponíveis (fornecidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação- D.H.N.) e observações de ondas, Muehe & Carvalho (1992) consideram que a dinâmica atual apresenta uma resultante para leste, reforçando o padrão granulométrico herdado, mesmo resultado encontrado por Muehe & Sucharov (1981) para a região próxima às ilhas Maricás. Entretanto, em trabalho realizado nas extremidades oeste e leste da restinga da Maçambaba, Muehe & Corrêa (1989) concluíram pela inexistência de uma resultante de transporte longitudinal dos sedimentos na zona de surfe e observaram que, provavelmente, predomina o transporte perpendicular à praia, tanto em períodos construtivos como erosivos. Adicionalmente, deve-se levar em conta a possibilidade de um transporte eólico de areias finas e muito finas para a *shoreface* e plataforma continental interna próximo ao cabo Frio, embora Corrêa & Muehe (1989) não tenham chegado a uma conclusão comprovatória a esse respeito.

Embora sua influência nos padrões sedimentares da área sob estudo ainda não seja conhecida, o processo de ressurgência (*upwelling*) não pode ser negligenciado, principalmente devido às características climáticas de semi-aridez que impõe à região de Cabo Frio. Martin *et al.* (1989) chamam a atenção para as alterações que o fenômeno El Niño provoca nos padrões normais de

circulação costeira e oceânica, e afirmam que a ocorrência de um período com condições semelhantes às introduzidas por um fenômeno do tipo El Niño poderiam alterar significativamente os padrões de transporte de sedimentos.

Finalmente, deve ser lembrado que a posição do cabo Frio em relação à área de estudo é, possivelmente, responsável por parte do padrão sedimentar observado na extremidade leste, em função da alteração que introduz na circulação local (excluindo-se a ressurgência) pois altera o padrão das ondas provenientes do quadrante nordeste assim como deve provocar inflexões na circulação costeira e residual; autores como Ferentinos & Collins (1980) têm realizado trabalhos que mostram esse tipo de influência.

1.3. Objetivos do trabalho.

Levando em consideração o que foi visto até aqui, fica claro que ainda existem dúvidas quanto à direção resultante do transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre Saquarema e o cabo Frio. Na tentativa de contribuir para a elucidação de parte dessas dúvidas, foi feito um estudo mineralógico da fração pesada de amostras coletadas na *shoreface*, plataforma continental interna e área emersa adjacente dessa região, a fim de:

- * diferenciar províncias mineralógicas e, conseqüentemente, identificar as áreas-fontes dos sedimentos que atualmente constituem a cobertura superficial da área submersa;
- * detectar alguma contribuição atual de sedimentos para a área submersa;
- * esboçar um padrão de circulação, no caso de evidências de

alguma mobilização atual dos sedimentos.

Para a realização destes objetivos foi necessário um cuidadoso levantamento bibliográfico a respeito da geologia regional (capítulo 2), para que fosse possível ter uma idéia prévia das suites mineralógicas que seriam encontradas.

1.4. Estudos mineralógicos já realizados na área de estudo.

Enquanto em algumas regiões brasileiras a fração pesada dos sedimentos de ambientes costeiros e plataforma continental tem sido estudada em detalhe, como o caso particular do Rio Grande do Sul (onde podem ser citados Pomerancblum & Costa, 1972; Rocha *et al.*, 1975; Martins da Silva, 1976; Tomazelli, 1978) e de São Paulo (por exemplo Mahiques, 1987; Tessler, 1988), o Rio de Janeiro tem sido alvo de estudos de caráter mais geral. Coutinho & Coimbra (1974), analisaram a fração pesada de amostras coletadas em afloramentos do grupo Barreiras, sedimentos "pré-Barreiras" e em praias atuais, a intervalos médios de 58 km, entre Itaboraí (RJ) e Natal (RN); esta ampla área de estudo foi dividida em duas províncias mineralógicas, sendo que a Província Leste, "abrangendo Rio de Janeiro, Espírito Santo e S da Bahia" caracterizou-se "por altas freqüências de andaluzita, monazita e sillimanita, incrementos locais de rutilo, turmalina e zircão e ausência de estauroлита e cianita" (grifo meu). Na amostra mais próxima à área de estudo, coletada em Itaboraí, os autores identificaram monazita, rutilo, sillimanita, anastásio, andaluzita, turmalina e zircão.

Rocha *et al.* (1975) separaram a região que se estende do cabo

Frio ao extremo sul do Brasil em cinco províncias mineralógicas e a plataforma adjacente ao Rio de Janeiro foi caracterizada pelo domínio de hornblenda e presença secundária de epidoto, enstatita/hiperstênio, zircão, turmalina, cianita, silimanita, granada e augita; segundo os autores, esta assembléia dominada por minerais instáveis e o caráter relativamente angular dos grãos das frações leve e pesada indicam pequeno transporte após a deposição. Kowsmann & Costa (1979a) colocaram o Rio de Janeiro numa província que se estende do cabo Frio à ilha Grande, caracterizada por silimanita, cianita e augita.

Finalmente, em alguns trabalhos que vêm sendo realizados em praias do interior da baía da Guanabara, cianita, membros do grupo dos piroxênios e anfibólios (como hornblenda), granada, epidoto, estauroлита, zircão, rutilo, monazita, turmalina, biotita, muscovita, ilmenita, magnetita e leucoxênio estão entre os minerais pesados já identificados (Resende, 1990; Martins da Silva & Baptista Neto, 1992). Amador (1992) relata a presença de ilmenita, magnetita, zircão, titanita, granada, cianita, silimanita, piroxênio, rutilo e epidoto, além de micas, em sedimentos coletados no fundo da baía de Guanabara.

2. GEOLOGIA REGIONAL DA ÁREA SITUADA ENTRE A BAIÁ DA GUANABARA E O CABO FRIO.

2.1. Introdução.

A região abrangida por este trabalho ainda não conta com a edição definitiva das cartas geológicas publicada pelo Departamento de Recursos Minerais (DRMD na escala 1:50 000 (folhas Araruama, Cabo Frio e Farol do Cabo). Entretanto, alguns autores têm apresentado em congressos e simpósios algumas descrições detalhadas da geologia da área de estudo e adjacências; foram consultados os trabalhos de Valença e Klein (1984) e Lima (1976) os quais abordam os afloramentos alcalinos encontrados no estado do Rio de Janeiro, Ferrari *et al.* (1982), que tratam do pré-Cambriano das folhas Itaboraí, Maricá, Saquarema e Baía da Guanabara, Fonseca *et al.* (1984), que se concentraram na região de Cabo Frio a Búzios e Machado e Demange (1991). A área situada entre a baía da Guanabara e o cabo Frio se caracteriza pela presença marcante de afloramentos de rochas metamórficas (principalmente gnaisses e migmatitos e, secundariamente, quartzitos, anfibolitos e outras), alinhadas segundo uma direção geral ENE-WSW que caracteriza toda a região do vale do rio Paraíba do Sul e a Serra dos Órgãos; esta direção é nítida a leste da baía da Guanabara até as proximidades da região de Rio Bonito, aparecendo também, pontualmente, nas unidades Tinguí e Palmital, descritas abaixo. Já em direção a Cabo Frio, essa orientação desaparece e passam a predominar as estruturas com orientação NW-SE (Fonseca *et al.*, 1984). Esta orientação permanece até a região de Casimiro de Abreu e Macaé, mostrando que a região sofreu esforços tectônicos dirigidos de

sudeste para noroeste. Também estão presentes corpos alcalinos meso-cenozóicos, como o maciço do cabo Frio. As figuras 2.1, 2.2 e 2.3 servem de guia para a descrição das unidades descritas a seguir.

2.2. Afloramentos não-alcalinos.

Ferrari *et al.* (1982) descrevem várias unidades, englobadas em alguns agrupamentos (fig. 2.1), a saber:

Agrupamento I:

1. PeIcl- **Unidade Catalunha** (Batista *et al.* 1977): gnaissé bandado: sill- gd- bi- kfelds- co- pg- qz; veios pegmatíticos concordantes; faixas de quartzitos grosseiros (muscovita acessória); rochas calcossilicatadas (hornfels): qz, diopsídio, bitonita.

2. PeIbj- **Unidade Bela Joana** (Batista *et al.* 1977): inserida no domínio do gnaissé facoidal; rochas da suíte charnoquítica: gd-hy-bi-pg gnaisses. Também presentes cummingtonita, hornblenda e biotita.

Agrupamento II:

1. PeIIse- **Unidade Santo Eduardo** (Batista *et al.*, 1977): (hb)-bi-qz-pg gnaisses e (gd)-bi-(kfelds)-qz-pg gnaisses (migmáticos); presença de quartzitos que apresentam feldspatos, biotita e muscovita secundária como acessórios, com bi-felds-qz gnaissé e qz-felds-bi-gnaissé. Granada e silimanita são comuns; em alguns pontos das folhas Guanabara e Saquarema estão presentes anfibólitos.

2. PeIIag- **Unidade Angelim** (Batista *et al.*, 1977): (gd)-bi-mi-pg gnaissé quartzo-diorítico; lentes esporádicas de rochas

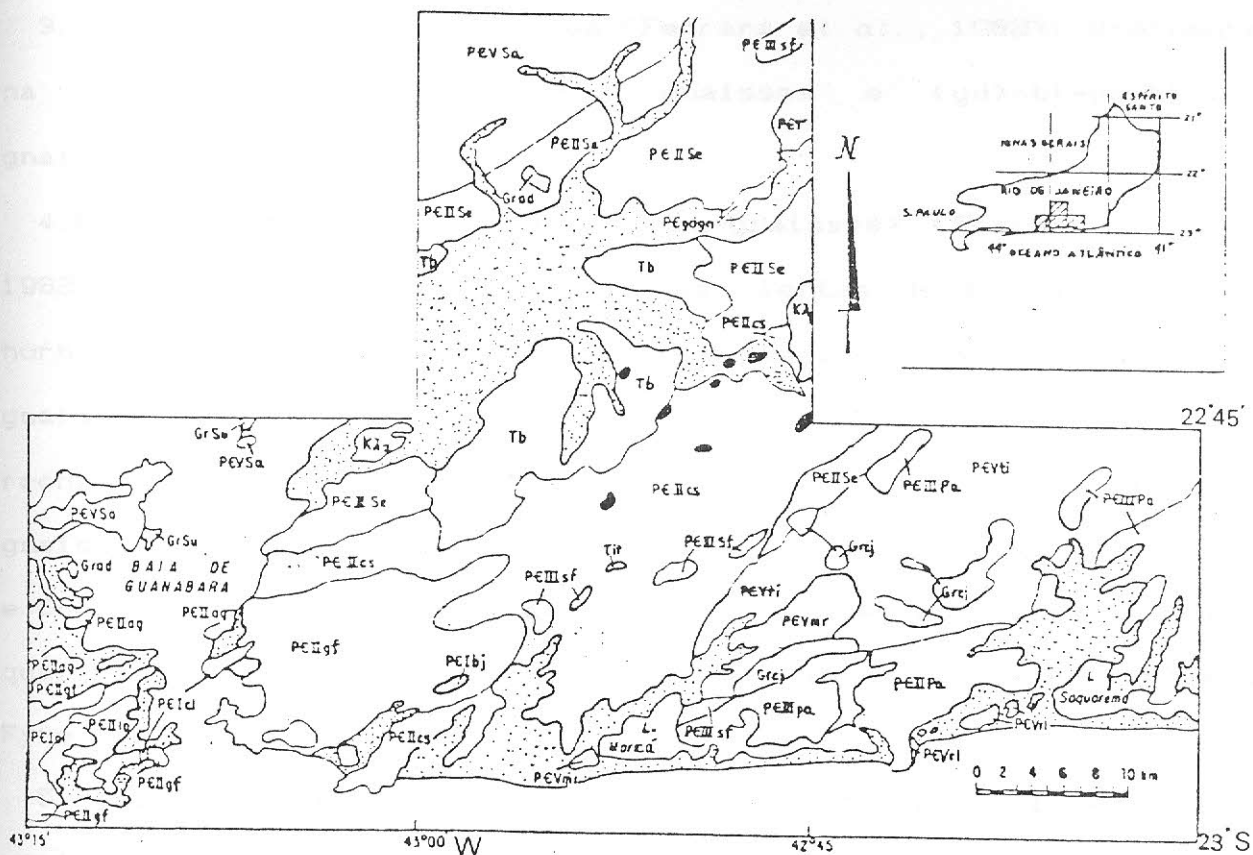


Fig.2.1: Mapa geológico simplificado das folhas baía da Guanabara, Maricá, Saquarema e Itaboraí (modificado de Ferrari et al., 1982).

Agrupamento I: P_eIcl (Unidade Catalunha); P_eIbj (Unidade Bela Joana).

Agrupamento II: P_eIIse (Unidade Santo Eduardo); P_eIIag (Unidade Angelim); P_eIIcs (Unidade Cassorotiba); P_eIIgf (Unidade Gnaisse Facoidal); P_eIIIp (Leptinito).

Agrupamento III: P_eIIIsf (Unidade São Fidélis); P_eIIIpa (Unidade Palmital).

Agrupamento V: P_eVsa (Unidade Santo Aleixo); P_eVti (Unidade Tingui); P_eVmr (Unidade Maricá); P_eVrl (Unidade Região dos Lagos).

Magmatismo ácido: Grsu (Granito Suruí); Grad (Granito Andorinha); Grcj (Granito Caju).

Complexo básico de Gleba Ribeira (P_{st}).

Corpos alcalinos (Mesozóico): K1 (Tanguá); K2 (Itaúna).

Sedimentos Formação Macacú (Terciário): Tb.

Sequência Carbonática da bacia de S. José de Itaboraí (Terciário): Tit.

calcosilicatadas (hornfels), com diopsídio, qz e plagioclásio.

3. PeIIcs: **Unidade Cassorotiba** (Ferrari *et al.*, 1982): dominante na folha Maricá; (gd)-bi-pg gnaisses e (gd)-bi-pg-kfelds gnaisses.

4. PeIIgf- **Gnaissé facoidal (augen-gnaisses)** (Ferrari *et al.*, 1982): (gd)-bi-qz-pg-kfelds gnaisses; lentes de bi-pg gnaisses; hornfels compostos por diopsídio, plagioclásio e quartzo e gnaisses kinzigíticos (típicos da Unidade Catalunha); lentes de rochas da suíte charnoquítica, constituídas por hy-bi-pg-mi gnaisses. Fonseca *et al.* (1984) agruparam as unidades Cassorotiba e Gnaissé Facoidal na chamada **Unidade Gnaisses Porfiroblásticos** a qual também corresponderia ao Grupo Pão de Açúcar de Leonardos e Fyfe (1974).

5. PeIIIp- **Leptinito** (Ferrari *et al.*, 1982): gd-bi-pg-qz-kfelds gnaisses; apresenta grandes variações quanto à presença de biotita e granada.

Agrupamento III:

1. PeIIIsf- **Unidade São Fidélis** (Batista *et al.*, 1977): ocorre nas folhas Itaboraí, Maricá e Saquarema; comumente constituída por (sill)-gd-bi-pg gnaisses que, localmente, passam a co-sill-gd-bi-pg-(or) gnaisses (gnaisses quinzigíticos); ocorrem lentes de (gd)-di-qz-pg gnaisses; em alguns pontos, nas folhas Itaboraí e Maricá aparecem quartzitos puros, grosseiros, com biotita e muscovita acessórios. Os gnaisses quinzigíticos desta Unidade também foram incluídos na **Unidade Gnaisses Porfiroblásticos** de Fonseca *et al.* (1984) e ainda segundo os mesmos autores, corresponderiam ao Grupo Sepetiba de Leonardos e Fyfe (1974).

2. **PeIIIpa- Unidade Palmital** (Reis *et al.*, 1980): presente nas folhas Maricá e Saquarema; constituída por (gd)-sill-bi-pg gnaisses quartzo dioríticos; presença de veios bordejados por material rico em bi, sill e, ocasionalmente, granada. A grafita é um acessório relativamente comum; também são comuns lentes de hornfels (rochas calcosilicatadas), constituídos por diopsídio, quartzo e plagioclásio.

Agrupamento V:

1. **PeVsa- Unidade Santo Aleixo** (Penha *et al.*, 1979): presente nas folhas Itaboraí e Guanabara; predominantemente constituída por (gd)-(hd)-bi gnaisses graníticos e granodioríticos; secundariamente, (mi)-(hd)-bi-pg gnaisses e bi-hd-pg gnaisses; localmente, aparecem diques constituídos por bi-hb-pg gnaisses.

2. **PeVti- Unidade Tinguí** (Ferrari *et al.*, 1982): presente nas folhas Saquarema e Maricá; principalmente (hd)-bi-mi-pg gnaisses e, secundariamente, (gd)-bi-pg-mi gnaisses; diques básicos metamorfizados que se apresentam como hb-bi-pg gnaisses, com biotita em aglomerados.

3. **PeVmr- Unidade Maricá** (Ferrari *et al.*, 1982): também presente nas folhas Maricá e Saquarema, sendo constituída por (gd)-bi gnaisses; localmente, ocorrem bi-pg gnaisses sob a forma de diques metamorfizados.

4. **PeVrl- Unidade Região dos Lagos** (Reis *et al.*, 1980): mapeada nas folhas Cabo Frio e Farol do Cabo (fig. 2.2) embora, segundo Fonseca *et al.* (1984), estenda-se da área de Macaé, a leste, até Saquarema, ao sul, englobando também as cidades de Casimiro de Abreu e Silva Jardim; na área das cidades de Cabo Frio e São Pedro da Aldeia, recebeu o nome de Sequência Inferior e Unidade

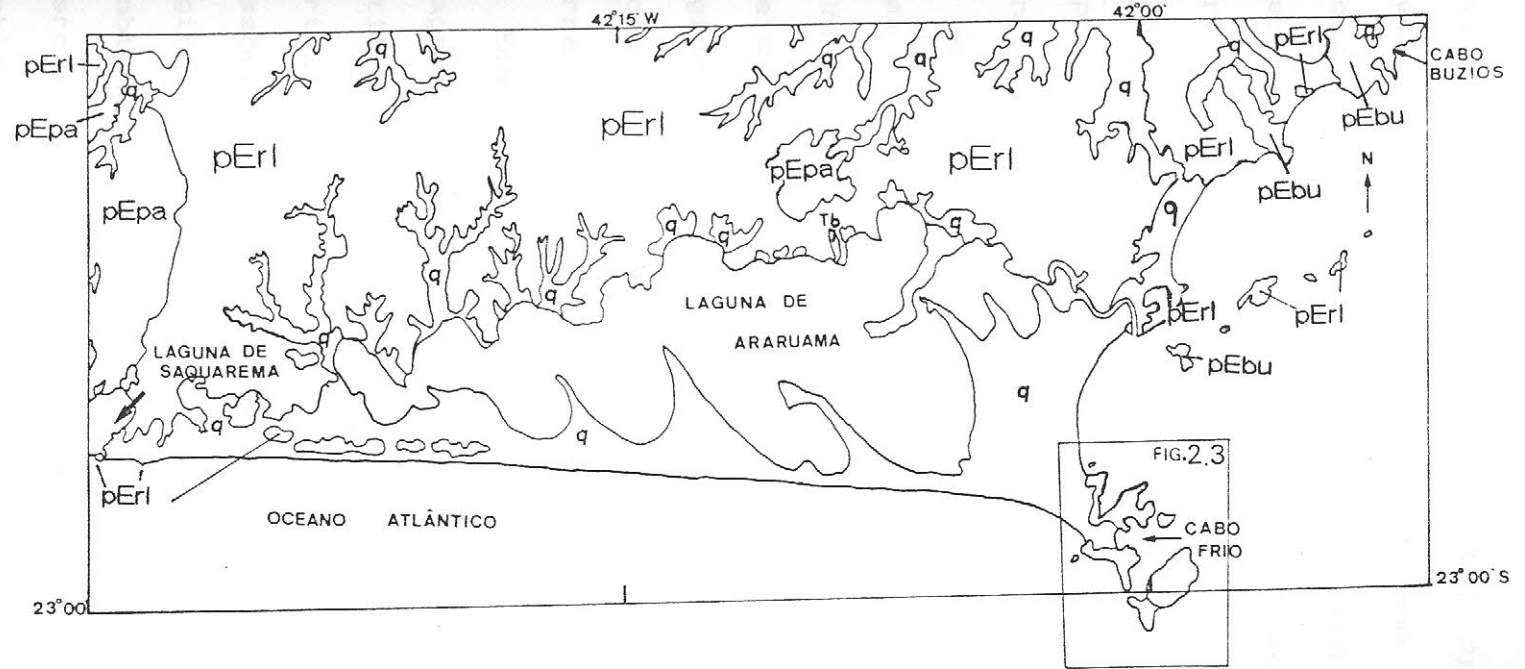


Fig.2.2: Mapa geológico simplificado das folhas Araruama, Cabo Frio e Farol do Cabo (modificado das folhas inéditas obtidas junto ao DRMD).

Pepa: Unidade Palmital.

Peri: Unidade Região dos Lagos.

Pebu: Unidade Búzios.

Q: sedimentos quaternários.

Gnáissico - Migmatítica [(Heilbron et al., 1983) e (Fonseca e Silva, inédito), respectivamente; *apud* Fonseca et al., 1984]. Estes últimos autores fizeram uma descrição detalhada desta Unidade na qual destacam como tipos migmáticos mais comuns um paleossoma constituído por hornblenda, biotita, plagioclásio, quartzo, álcali-feldspato e, como acessórios, apatita, titanita, zircão e opacos. Também presentes: gnaisses porfirobláticos de composição granodiorítica a granítica; aplitos róseos (composição granítica) e pegmatitos; associados aos migmatitos e gnaisses, são encontrados anfibolitos intercalados; no Forte São Mateus foram mapeados anfibolitos com bandamento dado pela alternância de níveis mais grosseiros, ricos em hornblenda e granada com níveis de granulometria mais fina, compostos por hornblenda, plagioclásio, biotita e quartzo. Fonseca et al. (1984) também descrevem a chamada Unidade Superior ou Sequência Búzios que ocorre no Cabo Búzios e em alguns pontos mais ao sul como a Ponta das Emerenças e do Marisco; é constituída por seqüências de paragnaisses pelíticos com cianita, silimanita, granada e biotita, dentro das quais se intercalam camadas calcissilicáticas, quartzíticas e anfibolíticas; apatita, zircão e opacos são os acessórios mais freqüentes. Os bancos calcissilicáticos apresentam plagioclásios (andesina), carbonato, escapolita, diopsídio, hornblenda, biotita e granada, tendo ainda titanita e apatita. As intercalações anfibolíticas são constituídas principalmente, por hornblenda, plagioclásio, granada (almandina), biotita, quartzo, titanita, apatita, carbonato e opacos.

Em 1991, Machado e Demange propuseram uma modificação profunda em alguns aspectos da classificação exposta acima; consideram que a utilização do termo migmatito tem sido abusiva

e que, na realidade, os afloramentos assim denominados seriam um corpo plutônico identificado entre Saquarema e Macaé, para o qual propõem o nome de Unidade Batólito de Araruama. Tal modificação se aplicaria aos migmatitos e ortognaisses das Unidades Região dos Lagos, Palmital e da Seqüência Superior ou de Búzios. Ainda segundo Machado e Demange (1991), "as rochas granitóides deste batólito apresentam duas faciologias distintas que foram deformadas e migmatizadas; a primeira faciologia foi denominada suíte Araruama e nela predomina a composição granodiorítica a granítica. Já a segunda faciologia, suíte São Pedro d'Aldeia, apresenta composição predominantemente granodiorítica a tonalítica, subordinadamente granítica. Em ambas são observados granitos, pegmatitos e, na suíte São Pedro d'Aldeia, leitos anfibolíticos". Outra modificação proposta por Machado e Demange (1991) refere-se às Unidades Santo Eduardo, Tinguí e Palmital, apresentadas por Ferrari *et al.* (1982) e, provavelmente, à Seqüência Superior (ou de Búzios) descrita por Fonseca *et al.* (1984); aqueles autores denominam estas Unidades de Unidade de Rochas Supracrustais que é constituída por uma unidade superior de micaxistos e outra inferior, de paragnaisses. Próximo à área de estudo, a Unidade de Rochas Supracrustais aflora em pelo menos dois núcleos antiformais, que constituem as serras do Palmital e de Sapiatiba. A unidade superior é constituída basicamente por xistos grosseiros com muscovita, biotita e silimanita, com intercalações cálcio-silicáticas; são freqüentes as injeções de granitos leucocráticos e pegmatitos. Por outro lado, a unidade inferior (a qual corresponderia a um equivalente supracrustal da Seqüência de Búzios de Fonseca *et al.* 1984) é constituída por gnaisses, contendo leitos de composição contrastante: um de bi-gnaisse

quartzo feldspático com granada e \pm silimanita, e outro de biotita-gnaïsse com plagioclásio; são freqüentes as intercalações de rochas cálcio-silicáticas, anfibolitos e, localmente, rochas básicas. Nesta última unidade, o metamorfismo é crescente para sul e sudoeste. O batólito de Araruama seria parte de um núcleo pré-brasiliano, cujas estruturas apresentam disposição NW-SE e próximas a E-W, em contraste com a disposição geral NE-SW do Cinturão Ribeira; Machado e Demange (1991) assinalam que este núcleo pré-brasiliano possivelmente fez parte de um paleocontinente que se teria justaposto à faixa Paraíba do Sul durante a tectogênese brasileira. Fonseca e Silva (inédito, *apud* Fonseca *et al.*, 1984) postulam que a Sequência Búzios é pré-brasiliana, correlacionando-a, tentativamente, à extremidade ocidental do cráton do Congo, que parece atingir a costa angolana; apesar da escassez de dados, basearam-se nas peculiaridades da disposição das estruturas, na ausência de tipos litológicos como kinzigitos, augen-gnaïsses e suas associações (o tipo de metamorfismo, de pressão intermediária, levou à formação de uma seqüência metasedimentar) e na constituição mineralógica (principalmente na presença de cianita) dos afloramentos daquela área. Os mesmos autores consideram que a região de Cabo Frio teria se comportado como um bloco cratônico (ou seria parte de um) durante o processo tectono-orogênico que deu origem ao Cinturão Ribeira.

Complexos básico de gleba Ribeira e quartzo-diorítico gnáissico (Ferrari *et al.*, 1982): presentes na folha Itaboraí; o complexo básico é constituído por olivina-gabros, noritos e melanonoritos grosseiros; biotização e anfibolitização intensas, principalmente nos contatos.

Magmatismo ácido:

1. Grsu- Granito Suruí (Penha *et al.*, 1979): folha Baía da Guanabara; composição quartzo-diorítica; pórfiros de microclina.

2. Grad- Granito Andorinha (Penha *et al.*, 1979): folhas Itaboraí e baía da Guanabara; microclina, quartzo, plagioclásio e biotita; titanita e alanita são acessórios comuns.

3. Grcj- Granito Caju: folhas Maricá e Saquarema; biotita-granito; composição granítica a quartzo-monzonítica.

2.3. Maciços alcalinos.

Já foram localizados vários diques e maciços alcalinos no estado do Rio de Janeiro; a leste da baía da Guanabara são significativos os maciços de Itaúna (68 a 50 milhões de anos), Tanguá (66 milhões de anos) e a Província Alcalina de Cabo Frio (70 a 48 milhões de anos segundo Cordani e Teixeira, 1980, *apud* Ferrari 1991).

a. Província Alcalina de Cabo Frio (Lima, 1976; fig. 2.3): situada em Arraial do Cabo; é constituída por três corpos isolados (ilha do Cabo Frio, morro do Atalaia e morro do Forno). Encontram-se encaixados em gnaisses, migmatitos com lentes de anfibolito e gabro (este, presente apenas na ilha). No morro do Atalaia, os gnaisses são ricos em biotita e em silimanita; os migmatitos com lentes de anfibolitos estão presentes em toda a área; já os gabros constituem corpos intrusivos nos gnaisses da ilha do Cabo Frio, sendo cortados por pulaskitos e nordmarkitos (presença de labradorita, augita, anfibólio, magnetita e apatita). Os nefelina-sienitos estão presentes em toda a Província de Cabo Frio, sendo constituídos entre outros por egirina-augita, augita, arfverdsonita, riebeckita, zircão,

titanita, titanio-magnetita, pirita e biotita. Nos pulaskitos e nordmarkitos estão presentes alguns megafenocristais de biotita, augita e/ou anfibólio; também foram encontrados egirina-augita,

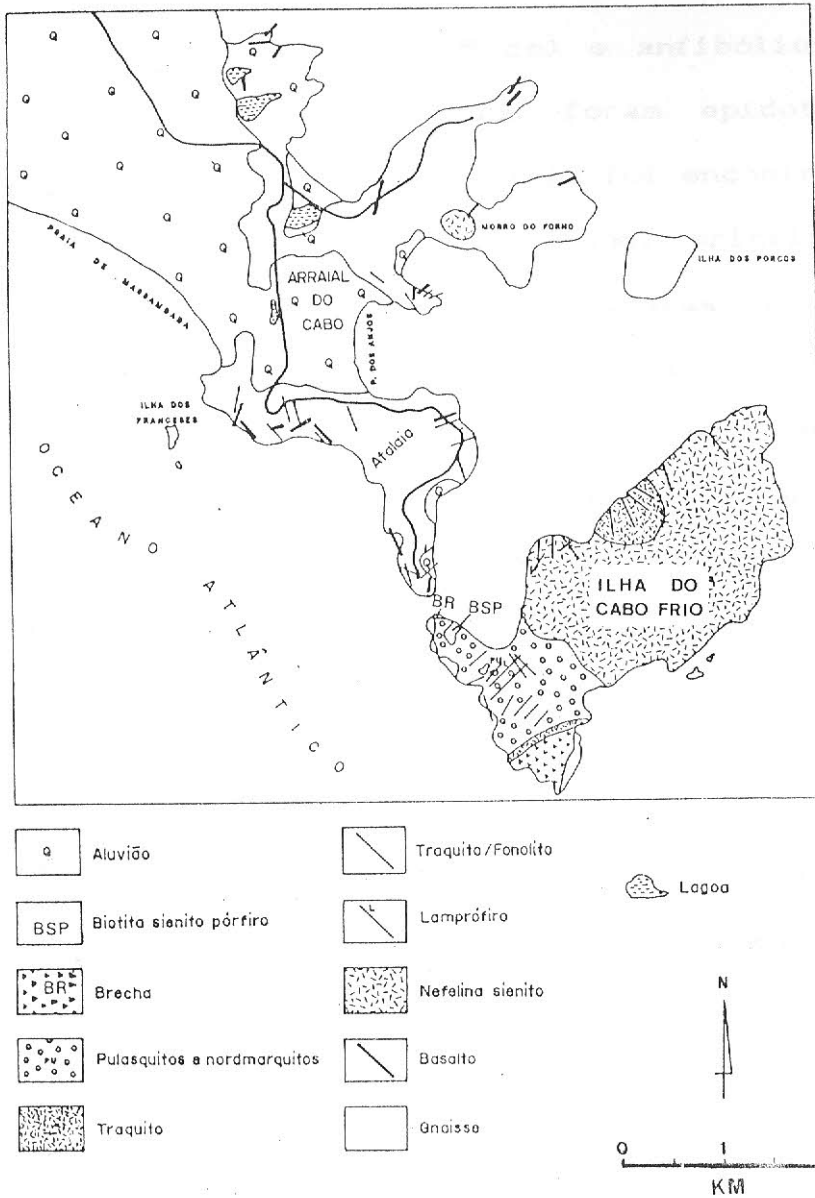


Fig.2.3: Geologia do Complexo de Cabo Frio (Lima e Chiavegatto, 1974 *apud* Valença e Klein, 1984).

diopsídio, arfverdsonita e barckevikita além de hornblenda, biotita, zircão, apatita, titanita, epidoto. Nos xenólitos, estão presentes diopsídio, titanita, apatita, anfibólios, biotita, epidoto e magnetita. Os biotita-sienitos pórfiros apresentam fenocristais de biotita (de até 5 cm) e anfibólios (com até 2 cm); outros minerais identificados foram epidoto, titanita, apatita e magnetita. No morro do Atalaia foi encontrada uma rocha sienítica. Os traquitos são constituídos, principalmente, por sanidina e egirina; presença de amídalas com epidoto e anfibólios. Os fonólitos apresentam sanidina, nefelina, egirina, fluorita, zeólitas, zircão, hornblenda e magnetita. Foi encontrado um nefelina-sienito-aplito ao norte da ilha do Cabo Frio, constituído por fenocristais de biotita e piroxênio, zircão, apatita, egirina-augita e cancrinita. No morro do Farol Novo, da ilha do Cabo Frio, foram encontradas brechas magmáticas; também na ilha do Cabo Frio foi encontrado um dique de hornblendito (com hornblenda, presente como cristais subeuédricos; apatita euédrica; labradorita; biotita; clorita, magnetita e augita). No morro do Forno e na Ponta da Prainha existem diques de basalto, enquanto no saco do Cherno foi encontrado um dique de olivina-basalto, com amídalas de zeólitas, gipso e calcita.

b. Maciço alcalino de Tanguá (Lima, 1976; fig.2.1): situa-se no extremo leste do município de Itaboraí; encontra-se encaixado em biotita-gnaiss. É constituído por pulaskitos, e/ou umptekitos, nefelina sienitos, foiaítos, micro-foiaítos e pseudo-leucita foiaítos; cortam o maciço, vários diques de fonolitos, fonolitos pórfiros, traquitos, traquitos silicificados e lamprófiros alcalinos; em um local (Basílio) existem numerosos

diques de basalto. Em alguns locais, observa-se grande atividade hidrotermal nas brechas magmáticas pois estas se apresentam totalmente silicificadas.

c. **Maciço alcalino de Canaã:** embora situado a nordeste do município de Duque de Caxias, nos contrafortes da Serra dos Órgãos, é citado neste trabalho porque Zimbres, em 1988, ali realizou um estudo mineralógico relativamente detalhado e identificou neste afloramento **almandina, anfibólios, apatita, biotita, coríndon, epidoto, espinélios, ilmenita, leucoxênio, limonita, magnetita, molibdenita, monazita, muscovita, pinita, piroxênio, rutilo, silimanita, titanita, turmalina, xenotímio e zircão.** Este mesmo autor determinou duas associações mineralógicas: **coríndon-espinélio-zircão** (domínio das rochas alcalinas) e **ilmenita-almandina-silimanita-monazita** (domínio dos migmatitos graníticos).

3. OS MINERAIS PESADOS: OBSERVAÇÕES GERAIS.

3.1. Litologia versus mineralogia.

Em ambientes atuais como praias e plataformas continentais, os minerais pesados contidos na fração arenosa (e menos comumente, na fração siltica) de sedimentos inconsolidados, têm sido utilizados tanto na reconstituição da história desses ambientes como na elucidação de processos atuais de transporte.

A maior influência sobre a mineralogia da fração pesada de um sedimento, cabe à composição da área-fonte, sendo que alguns minerais são particularmente diagnósticos de determinadas litologias, enquanto outros são ubíquos e estão presentes em praticamente todos os tipos de rocha; neste caso, adquire importância o estudo das variedades apresentadas por um determinado mineral (como por exemplo, zircões e turmalinas, em trabalhos citados por Pettijohn, 1975). No quadro 3.1, elaborado a partir de várias fontes, são apresentadas as associações mineralógicas freqüentemente encontradas nas litologias mais comuns.

Em consequência de uma série de processos que ocorrem durante o transporte dos sedimentos entre as áreas-fontes e suas bacias de deposição, as suítes mineralógicas encontradas nos sedimentos serão mais pobres do que as originalmente encontradas nas rochas que as originaram. Gale & Hoare (1991) lembram que a abrasão parece não alterar a composição das suítes mineralógicas, apenas partindo os grãos em tamanhos sucessivamente menores. Russell (1937, 1939, *apud* Pettijohn, 1975) comprovou esta variação pouco significativa analisando sedimentos coletados ao longo de 1771km do curso do rio Mississippi.

Litologia	Minerais pesados associados
Igneas ácidas	Apatita, biotita, brooquita, hornblenda (variedade verde-amarronzada), ilmenita, leucóxênio, magnetita, monazita, muscovita, rutilo, titanita, turmalina (pequenos cristais pink, euédricos) e zircão (euédrico).
Igneas básicas	Anatásio, augita, brooquita, cromita, diopsídio epidoto, enstatita, granada (piropo), hiperstênio, hornblenda castanho-avermelhada, ilmenita, leucóxênio, magnetita, olivina, picotita, pleonasto, rutilo, serpentina, zircão.
Hidrotermal (veios e pegmatitos)	Anatásio, apatita, barita, biotita, cassiterita fluorita, granada, hornblenda, monazita, muscovita, rutilo, topázio, turmalina (especialmente a variedade azul, indicolita), wolframita e xenotímio.
Metamórficas de baixo grau	Biotita, clorita, epidoto, glaucofano, granada (Cspessartita), leucóxênio, muscovita e turmalina (especialmente cristais euédricos, pequenos, castanho-pálido, com inclusões de grafita)
Metamórficas de alto grau	Actinolita, andalusita, apatita, biotita, cianita, clinozoisita, cloritóide, diopsídio, epidoto, estauroлита, glaucofano, granada (almandina), hornblenda verde-azulada, ilmenita, magnetita, muscovita, silimanita, titanita, tremolita, turmalina, zircão e zoisita.
Cinzas vulcânicas	Apatita (cristais euédricos), augita, biotita, hornblenda e zircão.
Minerais autigênicos diagenéticos	Glaucionita, goetita, hematita, lepidocrocita, leucóxênio, limonita, maghemita, magnetita, turmalina, zircão e cristais euédricos de anatásio, brooquita, pirita, rutilo e titanita.
Sedimentares clásticas	Barita, glaucionita, leucóxênio, rutilo, grãos bem arredondados de turmalina e zircão; podem ocorrer outros minerais menos estáveis.

QUADRO 3.1: mineralogia associada às principais litologias. Fontes: Feo-Codecido (1955), Hubert (1971, *apud* Friedman & Johnson, 1982), Pettijohn (1975), Deer *et al.* (1980), Lindholm (1987).

Já a estabilidade química dos minerais (definida por Pettijohn, 1975, como a "resistência à alteração") é um fator de grande importância nas características das suítes mineralógicas a serem encontradas em uma determinada amostra. Os quadros 3.2 e 3.3 apresentam a classificação de alguns minerais pesados quanto à sua estabilidade química. A análise desses quadros mostra que

Ultra-estáveis	Anatásio, rutilo, turmalina e zircão.
Estáveis	Apatita, biotita, estauroлита, granada (pobre em ferro), ilmenita, magnetita, monazita.
Semi-estáveis	Cianita, epidoto, granada (rica em ferro), silimanita, titanita, zoisita.
Instáveis	Actinolita, andalusita, augita, diopsídio, hiperstênio, hornblenda.
Muito instáveis	Olivina.

QUADRO 3.2: estabilidade de alguns minerais pesados detríticos (Pettijohn et al., 1972).

Pettijohn (1975)		Dryden & Dryden (1946) (apud Neihsel, 1962)
Anatásio (*)	Cianita	Zircão
Muscovita (*)	Epidoto	Turmalina
Rutilo (*)	Hornblenda	Silimanita
Zircão	Andalusita	Monazita
Turmalina	Topázio	Cianita
Monazita	Titanita	Hornblenda
Granada	Zoisita	Estauroлита
Biotita	Augita	Granada
Apatita	Silimanita	Hiperstênio
Ilmenita	Hiperstênio	
Magnetita	Diopsídio	
Estauroлита	Actinolita	
	Olivina	

QUADRO 3.3: ordem de estabilidade de alguns minerais pesados detríticos em ordem decrescente. Em Pettijohn (1975) os minerais assinalados com (*) são mais abundantes em sedimentos mais antigos. Observar como os autores divergem quanto à estabilidade da granada e silimanita.

existem discordâncias entre vários pesquisadores, quanto à estabilidade de alguns minerais frente ao intemperismo químico, principalmente em relação à granada e à silimanita. Pettijohn

(1975) reconhece algumas das discordâncias existentes e as atribui às diferentes características do ambiente em que os sedimentos foram depositados (como as propriedades químicas da água intersticial, temperatura e pH), além da composição e estrutura cristalina do próprio mineral; cita o caso da apatita, que é estável em alguns arenitos e instável em perfis de solo.

3.2. Outros fatores que interferem na composição de uma assembléia de minerais pesados.

A combinação de outras características das partículas de minerais pesados, também será determinante na composição dos depósitos; o tamanho, foi apontado por van Andel (1959) como responsável pela distribuição encontrada, nas porções proximal e distal do delta do rio Reno de minerais com aproximadamente a mesma densidade porém de diferentes tamanhos; epidoto, de tamanho comparativamente menor, é mais comumente encontrado na porção distal, enquanto piroxênios de tamanho maior, são dominantes na porção proximal e hornblenda, de tamanho intermediário, é mais freqüente entre essas duas zonas. As diferentes densidades apresentadas pelos minerais pesados, levaram Rubey (1933) a desenvolver o conceito de **equivalência hidráulica** segundo a qual minerais pesados, mais densos, serão depositados juntamente com partículas de quartzo de tamanho maior. Entretanto, Komar e Wang (1984), procurando compreender os mecanismos que levam à formação de pláceres em praias atuais, concluíram que não ocorre uma seleção dos minerais em função de suas diferentes taxas de decantação, devido à relação inversa que existe entre densidade dos grãos e seus diâmetros médios, o que resulta em velocidades de decantação muito próximas (os autores trabalharam com grãos de

quartzo, ilmenita, zircão, granada, hiperstênio, epidoto, augita e hornblenda). Segundo esses autores, o mecanismo responsável pela concentração seletiva de determinados minerais pesados nos depósitos estudados, é a mobilização seletiva desses minerais (*selective entrainment*) pelo fluxo sobrejacente. Deste modo, como esta "captura" seletiva depende tanto da densidade como do tamanho das partículas, o fluxo terá mais dificuldade para mobilizar e transportar os grãos menores e mais densos, que estarão "escondidos" entre os grãos maiores.

A forma é outra característica importante das partículas sedimentares, que adquire especial significado quando trabalhamos com minerais com tamanho e densidade semelhantes (Briggs *et al.*, 1962). Os grãos de mica apresentam um comportamento hidráulico excepcional devido à sua forma achatada e, por isso, alguns autores as excluem de seus estudos de minerais pesados ou as agrupam em uma classe separada (Gale & Hoare, 1991).

A combinação da forma e do tamanho pode influenciar a suscetibilidade de um grão de mineral pesado ao intemperismo químico (Gale & Hoare, 1991); partículas redondas e lisas têm uma menor área superficial em relação ao volume, quando comparadas a partículas irregulares, com o mesmo diâmetro; se as outras condições forem idênticas, os grãos regulares terão seu tamanho reduzido mais lentamente (Bateman & Carr, 1985, *apud* Gale & Hoare, 1991). A remoção seletiva de algumas espécies minerais após a deposição, também pode alterar a composição inicial da fração pesada de um depósito. Lindholm (1987) relata a redução brutal dos percentuais de granada entre a superfície e os 50 metros de profundidade de um depósito do Cretáceo Inferior e, devido ao aspecto alterado das granadas presentes nas camadas

subjacentes, concluiu que não havia ocorrido redução da taxa de fornecimento do mineral para o depósito e sim dissolução *in situ*.

3.3. Com qual fração granulométrica trabalhar?

A questão da escolha das frações granulométricas cujo conteúdo mineralógico será analisado é ponto de controvérsia entre vários autores. van Andel & Poole (1960) afirmam que pequenas diferenças na fração granulométrica escolhida para um determinado estudo, podem resultar em grandes diferenças nas assembléias de minerais pesados e nas proporções relativas das diversas espécies presentes. Pettijohn *et al.* (1972, pág. 313), afirmam: "devido a fatores hidráulicos e a diferenças no tamanho original, algumas espécies minerais estão mais concentradas nas frações menores em relação a outras. Se a textura das areias a serem comparadas não for semelhante, é possível que ocorram grandes flutuações nas proporções entre os minerais, refletindo apenas as diferenças controladas pelo tamanho dos grãos e não alguma diferença significativa em relação à origem ou à idade" (do depósito). van Andel (1959) lembra os exemplos do zircão e rutilo que normalmente se concentram na fração areia muito fina; conseqüentemente, sedimentos muito finos terão assembléias ricas em zircão, "o que é o resultado do selecionamento e não da presença de uma rocha-fonte rica em zircão".

Tendo em vista o que foi exposto anteriormente, parece sensato seguir o conselho de Gale & Hoare (1991); segundo estes autores, não se deve padronizar as frações a serem adotadas pois esta escolha deve levar em consideração o material e os problemas que estão sendo investigados. O quadro 3.4 apresenta as classes granulométricas escolhidas por alguns autores para seus estudos

da fração pesada de amostras arenosas.

Fração utilizada (mm)	Autores
total	McMaster (1960); Komar & Wang (1984)
0.125-0.25	Carver (1971); Tomazelli (1978)
0.085-0.177	Swift <i>et al.</i> (1971)
0.062-2.00	Luepke (1980)
0.062-0.50	Scheidegger <i>et al.</i> (1971); Friedman & Johnson (1982); Mezzadri & Saccani (1989)
0.062-0.25	Coutinho & Coimbra (1974); Lindholm (1987); Clemens & Komar (1988); Lee <i>et al.</i> (1988); Mahiques (1987); Tessler (1988); Komar <i>et al.</i> (1989)
0.062-0.125	Silva (1976)

QUADRO 3.4: frações granulométricas utilizadas em estudos de minerais pesados de amostras arenosas.

4. METODOLOGIA.

4.1. Amostras utilizadas.

Neste trabalho, foram utilizadas amostras coletadas durante a Operação Geocosta Rio II, realizada na plataforma continental interna entre Saquarema e o cabo Frio e amostras da *shoreface* adjacente, coletadas com barco de inflar; também foram analisadas, apenas qualitativa e semi-quantitativamente, algumas amostras da área emersa adjacente (bermas e dunas da praia atual e alguns pontos do cordão interno), para comparação com os resultados do fundo marinho. A fig. 4.1 mostra a localização das amostras; as do cordão interno são identificadas por CI, as do cordão externo por CE, as da *shoreface* por S e as da plataforma continental, por P.

4.2. Separação dos minerais pesados.

A chamada fração pesada dos sedimentos inconsolidados é composta pelos minerais cujo peso específico é maior que o de alguns líquidos de alta densidade, comumente utilizados em laboratório. Dentre estes, o que tem sido empregado com maior frequência (e que foi utilizado neste estudo), é o bromofórmio (CHBr_3), cujo peso específico é 2,89. Vale ressaltar que, devido à sua alta toxicidade, o bromofórmio vem sendo gradativamente substituído pelo politungstato de sódio ($3\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 9\text{WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), que é considerado não-tóxico (Callahan, 1987; Clemens e Komar, 1988).

Cada amostra havia sido previamente lavada com água destilada (para eliminação dos sais), quarteada, atacada com ácido clorídrico diluído (solução a 30 %) para eliminação dos fragmentos carbonáticos, lavada com água destilada até completa eliminação do ácido clorídrico, pesada após secagem em estufa e

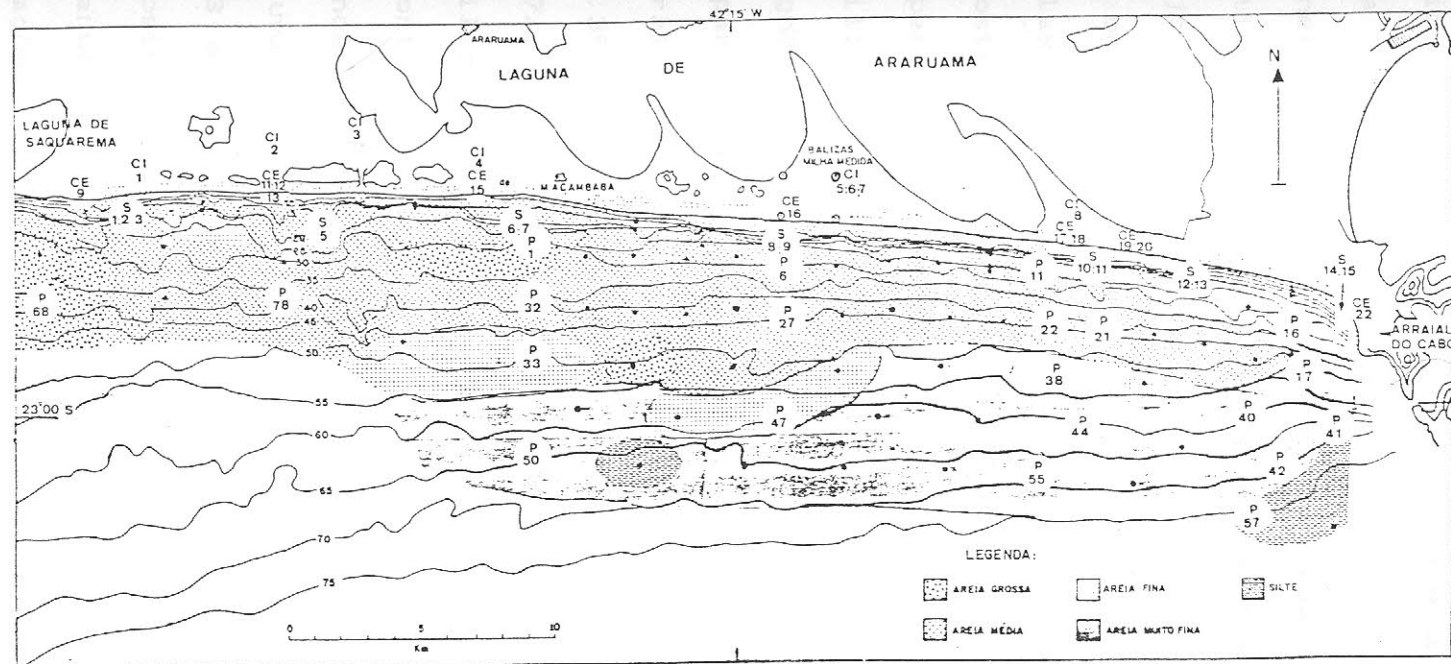


Fig.4.1: Localização das amostras utilizadas (modificado de Muehe e Carvalho, 1993), onde:
 CI = amostras do cordão interno;
 CE= amostras do cordão externo;
 S= amostras da *shoreface*;
 P= amostras da plataforma continental interna.

peneirada a intervalos de $0,5 \phi$ (foram utilizadas peneiras com malhas entre $-2,0$ e $+4,0 \phi$, abrangendo toda a fração arenosa a seixo pequeno). Nos casos em que a presença de material lamoso era importante, o peneiramento por via úmida precedeu o peneiramento a seco; em seguida, cada fração granulométrica obtida foi pesada e as frações "leve" (principalmente quartzo, cujo peso específico é 2,65) e "pesada" separadas com o emprego de bromofórmio. Após a obtenção dessas frações e a pesagem de uma delas para o cálculo dos percentuais de minerais pesados por amostra e por fração granulométrica, os minerais pesados foram separados segundo suas suscetibilidades magnéticas, com a utilização de ímã de mão (para a separação dos minerais magnéticos) e em seguida, do Separador Isodinâmico Frantz (para a separação dos minerais paramagnéticos e não-magnéticos). De modo geral, cada fração granulométrica compreendida entre $1,5\phi$ ($0,35\text{mm}$) e 4ϕ ($0,062\text{mm}$) foi submetida a correntes de 0.3A, 0.5A, 0.7A, 0.9A e 1.7A (valor máximo atingido pelo aparelho utilizado); o aparelho foi mantido com inclinação lateral e frontal de 20° . Sempre que alguma das frações magnéticas concentrou uma quantidade muito grande de minerais, foi submetida a uma corrente intermediária (mais comumente isso ocorreu entre 0.3 e 0.5A). Após todas estas etapas, a fração pesada de cada amostra estava subdividida em uma série de frações granulométricas e cada uma destas, por sua vez, em outra série de frações com diferentes suscetibilidades magnéticas: fração magnética, separada com ímã de mão; frações mediana e fracamente magnéticas (0.3 a 1.7A) e fração não-magnética, ou seja não retida pela corrente de 1.7A. A separação da fração pesada em frações com diferentes suscetibilidades magnéticas facilitou o

trabalho de identificação e contagem dos minerais pois produziu sub-amostras mais homogêneas; tabelas como a encontrada em Parfenoff et al. (1970), em que é apresentada a amplitude da suscetibilidade magnética dos minerais pesados mais comuns, foram de grande valia nesta etapa do trabalho. Os pesos de cada fração magnética foram registrados para que posteriormente fosse possível chegar ao percentual de cada mineral por amostra, em peso. Como não existia um conhecimento prévio da mineralogia e da distribuição granulométrica da fração pesada antes do início deste trabalho, todas as frações granulométricas da fração arenosa das amostras foram analisadas. Por um lado, isto aumentou o número de grãos a serem contados mas por outro, facilitou o trabalho de contagem em si, devido à maior uniformidade do tamanho dos grãos de cada sub-amostra. Parfenoff et al. (1970), lembram que em uma amostra granulometricamente muito heterogênea, a atenção será mais atraída para as partículas maiores, em detrimento das espécies que estão presentes apenas nas frações granulométricas menores. Nesta fase do trabalho foram consultados, principalmente: Parfenoff et al. (1970), Silva (1976), Friedman & Johnson (1982) e Lindholm (1987).

4.3. Identificação e contagem dos minerais pesados.

O trabalho de identificação e contagem dos minerais pesados contidos em cada fração magnética foi feito sob lupa binocular e microscópio petrográfico, nas dependências do Depto. Geologia-UFF. O microscópio petrográfico foi utilizado quando a identificação de algum mineral sob a lupa era duvidosa; foi usada, como líquido de imersão, uma mistura preparada pelo Dr. Moysés Tessler do IOUSP, de nujol e alfa-monobromonaftaleno, cujo

índice de refração é 1.547 (semelhante ao do bálsamo do Canadá, utilizado no preparo de lâminas permanentes). Inicialmente, em cada fração magnética, foram contados 100 grãos, para a determinação do percentual de opacos; em seguida, 100 grãos não-opacos eram contados, para a determinação do percentual de cada mineral presente. Este procedimento é o adotado pela chamada Escola Holandesa de Petrografia, e citado por Griffiths (1967) que defende sua precisão com a seguinte frase: "suponha que existam 90% de grãos opacos em uma amostra de resíduo pesado e que 100 grãos não-opacos sejam contados; isto equivale, em termos de precisão da contagem, a contar 1000 grãos do resíduo original".

Para a identificação dos minerais pesados, além da valiosa assistência prestada pela Dra. Maria Augusta Martins da Silva (Depto. Geologia- UFF) e pelo Prof. Castro (Depto. Geologia- UFRJ), foram consultadas as obras de Krumbein & Pettijohn (1988, reimpressão da obra de 1938), Milner (1962), Deer *et al.* (1969), Parfenoff *et al.* (1970), Fujimori & Ferreira (1970), Silva (1976), Devismes (1978) e Friedman & Johnson (1982).

Sob lupa binocular, os minerais foram identificados através da observação de algumas características diagnósticas como forma, cor, presença/ausência de clivagens, maclas e fraturas, brilho, transparência. Sob o microscópio petrográfico foram fundamentais na identificação de vários minerais o ângulo de extinção, as cores de interferência, relevo, pleocroísmo, clivagem e fratura.

Para o cálculo dos percentuais de cada mineral (em peso) na fração pesada de cada amostra, foram feitas algumas simplificações, como por exemplo, não levar em consideração os pesos específicos de cada mineral. Após esses cálculos, foram

confeccionados mapas em que é mostrada a distribuição espacial dos minerais identificados, ao longo da *shoreface* e plataforma continental interna da área de estudo; os valores foram expressos em percentagem, em peso, de cada mineral na fração pesada de cada amostra. Como já ressaltado no início deste capítulo, as amostras da área emersa (divididas em "cordão interno" e "cordão externo") foram analisadas apenas do ponto de vista qualitativo e semi-quantitativo; deste modo, foram identificados os minerais pesados presentes e calculados os percentuais de minerais pesados (fração pesada total) por amostra.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.

5.1. Teores por amostra.

A distribuição espacial dos percentuais, em peso, de minerais pesados nas amostras da *shoreface* e plataforma continental interna, está representada na fig. 5.1; o quadro 5.1 apresenta os valores médios, mínimos e máximos encontrados em cada ambiente estudado (incluindo os cordões interno e externo). De maneira geral, observa-se um aumento dos teores de minerais pesados em direção ao cabo Frio. A fig. 5.2 mostra a correlação positiva existente entre a distância em relação ao cabo Frio e o teor de minerais pesados desses ambientes, correlação que não é válida apenas para as amostras do cordão interno. Nas páginas seguintes, as amostras do cordão interno serão designadas por CI, as do cordão externo por CE e as da *shoreface* e plataforma continental interna por S e P, respectivamente.

Ambiente	Média(%)	Máximo(%)	#	Mínimo(%)	#
Cordão interno	0.78	1.75	CI 5	0.17	CI 4
Cordão externo	0.65	1.15	CE 21	0.10	CE 15
<i>Shoreface</i>	0.55	1.89	S 13	0.20	S 2
Plataforma	0.53	1.71	P 41	0.08	P 32

QUADRO 5.1: valores percentuais médios, máximos e mínimos de minerais pesados, em peso, nas amostras estudadas. # = amostras.

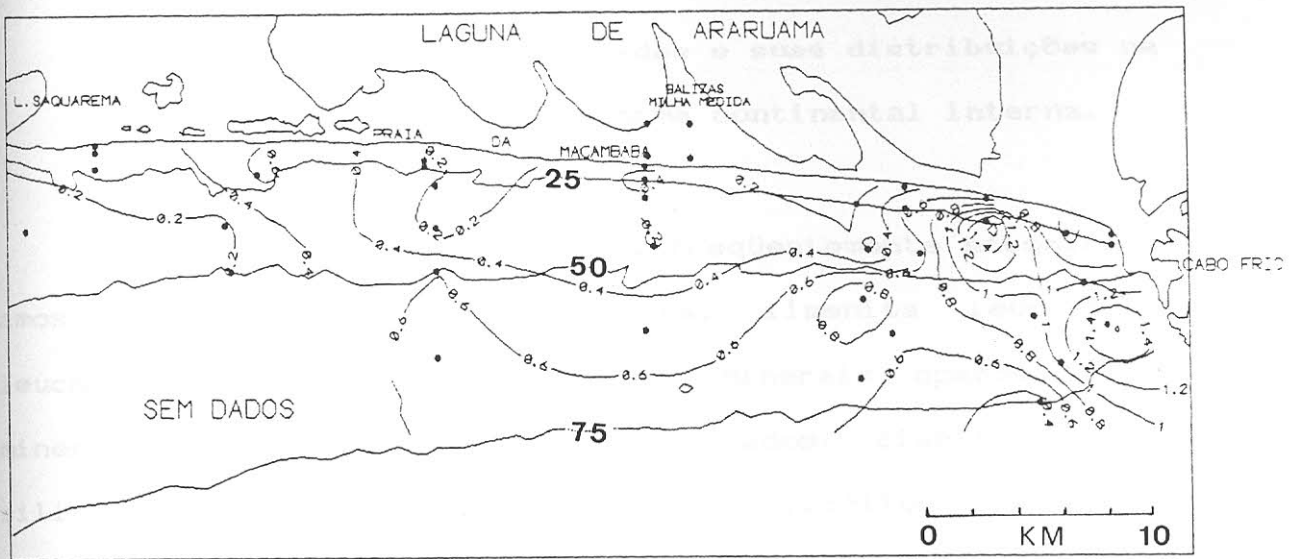


Fig.5.1: Distribuição espacial dos percentuais, em peso, de minerais pesados por amostra, na região da *shoreface* e plataforma continental interna entre Saquarema e Arraial do Cabo. Os números maiores assinalam as batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

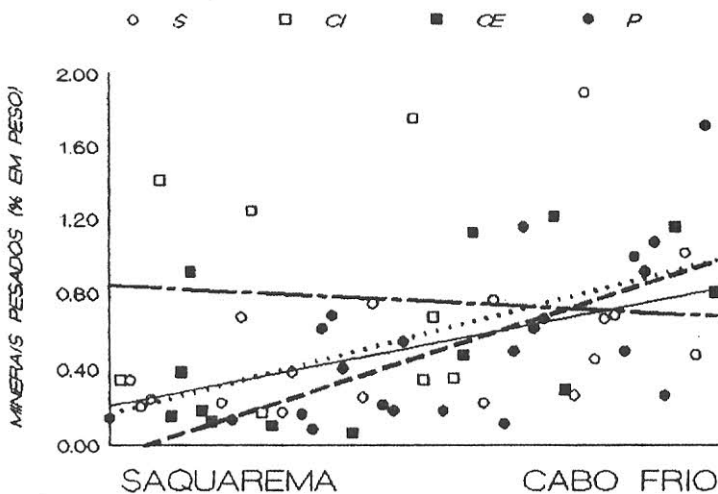


Fig.5.2: Relação entre a distância ao cabo Frio e o percentual, em peso, de minerais pesados por amostra. Observa-se uma tendência ao aumento das concentrações dos minerais pesados em direção ao cabo Frio para as amostras do cordão externo (CE), *shoreface* (S) e plataforma continental interna (P). CI= cordão interno. As retas representam o ajuste linear dos resultados das amostras:

- cordão interno
- amostras cordão externo
- amostras *shoreface*
- .-.-.- amostras plataforma continental interna

5.2. Minerais identificados e suas distribuições na *shoreface* e plataforma continental interna.

Os minerais pesados mais freqüentemente encontrados nas amostras estudadas são: ilmenita, ilmenita leucoxeneizada, leucoxênio e magnetita, entre os minerais opacos. Entre os minerais não-opacos, foram identificados: cianita, turmalina, silimanita, fibrolita, piroxênios e anfibólios (principalmente hiperstênio, augita, augita egirínica, diopsídio, actinolita, hornblenda), granadas, epidoto (e provavelmente zoisita), zircão, rutilo, estaurolita, titanita, apatita, andalusita e micas (biotita e muscovita). Estes minerais refletem a litologia das prováveis rochas-fontes, basicamente constituídas por rochas metamórficas, pegmatitos e rochas alcalinas.

Como descrito anteriormente, no capítulo referente à metodologia, a separação das frações pesadas em frações segundo a suscetibilidade magnética dos minerais presentes, facilitou enormemente o trabalho de identificação e contagem pois, com algumas exceções, todos os minerais estiveram presentes em todas as amostras, nas mesmas frações magnéticas, embora em proporções bastante distintas. No quadro 5.2 estão listados os minerais que foram encontrados, segundo suas suscetibilidades magnéticas.

Frações magnéticas	Minerais pesados
0.3A	ilmenita , ilmenita leucoxeneizada , epidoto , granada .
0.5A	ilmenita , ilmenita leucoxeneizada , granada , piroxênios e anfibólios , turmalina , biotita .
0.7A	piroxênios e anfibólios , epidoto , turmalina , leucoxênio , ilmenita leucoxeneizada , estaurolita .
0.9A	turmalina , grupo do epidoto , piroxênios e anfibólios , leucoxênio , ilmenita leucoxeneizada .
1.7A	leucoxênio , turmalina , grupo do epidoto , titanita , granada , silimanita , cianita , zircão , rutilo , muscovita , piroxênios e anfibólios.
não magnética	cianita , zircão , silimanita , rutilo , apatita , titanita , andalusita , fibrolita.

QUADRO 5.2: distribuição dos principais minerais pesados identificados segundo suas suscetibilidades magnéticas.

Os principais critérios usados na identificação dos minerais pesados sob lupa binocular foram sua forma, cor, clivagem e fratura, brilho; sob microscópio petrográfico foram observados, principalmente, o relevo, ângulo de extinção, clivagem, fratura, cores de interferência e pleocroísmo.

5.2.1. Granadas. (figura e quadro 5.3)

Foram encontradas como grãos de forma irregular (raramente fragmentos de prismas ou como dodecaedros), em geral subangulares e incolores, róseos (variedade *almandina*), alaranjadas, rosa escuro ou rosa-salmão. A variedade encontrada nas frações 0.3A e 0.5A foi a *almandina*; nas frações 0.7 e 0.9A esteve presente, em número muito pequeno, com coloração

rosa-salmão. Já na fração 1.7A, revelou-se abundante em algumas amostras, incolor e sempre com a superfície irregular, embora também tenham sido encontrados grãos subarredondados; nesta fração magnética sua identificação foi possível graças à isotropia e ao relevo e talvez se trate da variedade *espessartita*. Na área emersa adjacente, a granada tem sido descrita como um dos minerais pesados mais abundantes e um dos principais constituintes dos gnaisses aflorantes (ver o capítulo referente à geologia regional); surpreendentemente, revelou-se relativamente pouco abundante na maioria das amostras analisadas conforme pode ser observado na fig. 5.3 e quadro 5.3. Os maiores percentuais encontram-se na plataforma continental adjacente a Saquarema; em duas "manchas" na porção central da área de estudo, a cerca de 30 metros de profundidade e na plataforma continental, junto ao cabo Frio.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
<i>Shoreface</i>	1.70	0.75	S 2	2.65	S 7 / S1
Plataforma	2.25	0.50	P 22	5.35	P 1

QUADRO 5.3: valores médios, mínimos e máximos de granada (percentagem em peso) na fração pesada.

= amostras.

PERCENTAGEM DE GRANADA NA FRAÇÃO PESADA.

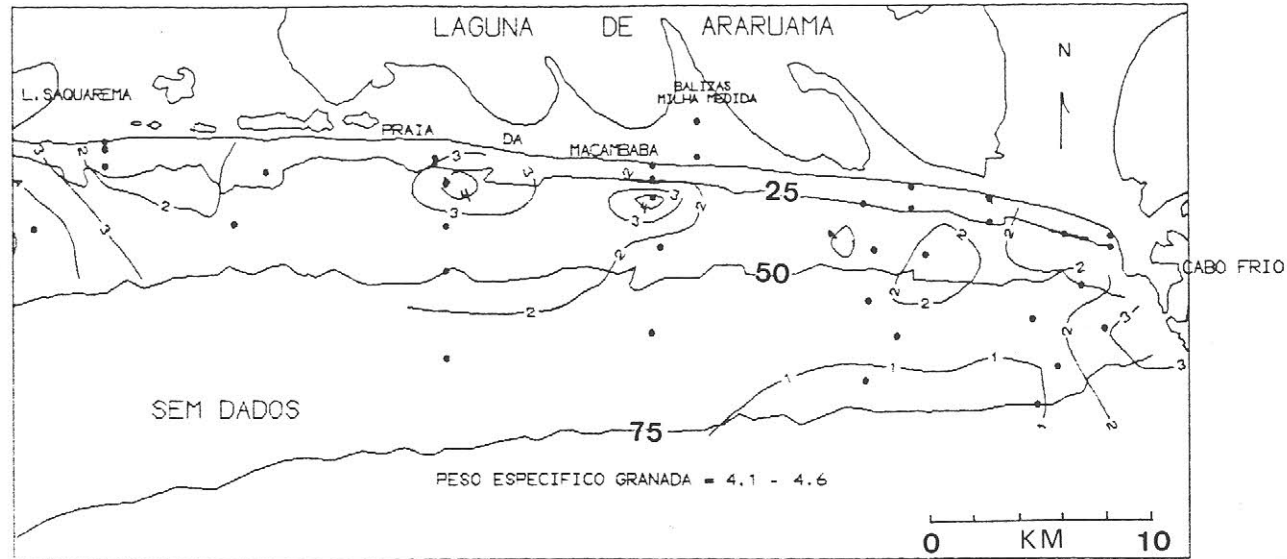


Fig. 5.3: Percentagem de granada, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Os maiores valores são encontrados na plataforma continental adjacente à laguna de Saquarema e próximo ao cabo Frio e na transição entre a *shoreface* e a plataforma continental, na porção central da área de estudo. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.2. Piroxênios e anfibólios. (figura quadro 5.4)

Devido a dificuldades de identificação, todas as variedades presentes foram agrupadas sob um grupo único. Graças a características como coloração, fração magnética de ocorrência, ângulo de extinção e clivagem, pôde ser constata a presença de, pelo menos: a) hiperstênio (extinção em ângulo reto; castanho-esverdeado, oliva ou verde-acinzentado; grãos com arredondamento variando de subarredondados e angulares, em geral tabulares); b) augita e augita-egirínica com coloração verde, amarelo-esverdeado, verde-espinafre; a augita se caracteriza pelo grande ângulo de extinção, 65° e a augita-egirínica, pelo alongamento negativo; os grãos também variaram de formas angulares a subarredondadas; c) diopsídio, presente como grãos incolores e/ou verde muito suave principalmente na fração magnética 0.9A e 1.7A; d) um outro mineral, de cor verde-azulada é, muito provavelmente, actinolita; e) alguns grãos, em que a clivagem era nitidamente maior que 90° , foram identificados como hornblenda; em algumas amostras foi encontrado um mineral castanho-avermelhado que provavelmente se trata de hornblenda de origem máfica. Em função da complexidade da composição da área emersa, principalmente dos afloramentos alcalinos presentes no cabo Frio, outras espécies mineralógicas do grupo dos piroxênios e anfibólios devem estar presentes (ver minerais identificados no maciço alcalino de Cabo Frio no capítulo 2). Pela análise da figura 5.4 vemos que os menores percentuais se encontram na região adjacente à costa, com aumento progressivo em direção à plataforma continental. Nesta, há um "núcleo" com percentuais mais expressivos, mais ou menos na batimétrica de 50 metros, na

porção central da área de estudo. Na extremidade leste, encontra-se um outro "núcleo" com altos percentuais, desta vez localizado a cerca de 25 metros de profundidade, bem próximo ao cabo Frio.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	5.95	1.90	S 10	11.50	S 1
Plataforma	8.95	1.15	P 22	19.95	P 3

QUADRO 5.4: valores médios, mínimos e máximos de piroxênios e anfibólios (percentagem em peso) na fração pesada. # = amostras.

PERCENTAGEM DE PIROXENIOS E ANFIBOLIOS NA
FRACAO PESADA.

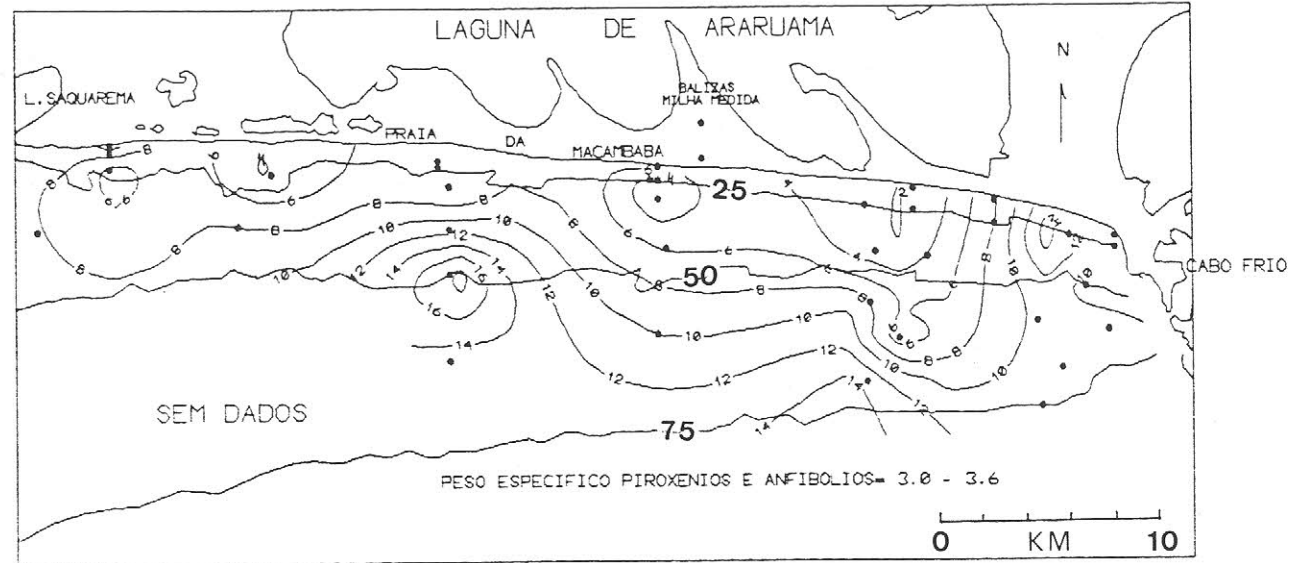


Fig.5.4: Percentagem de piroxênios e anfibólios, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Em geral, os menores valores se encontram próximo à costa e aumentam progressivamente em direção às maiores profundidades. Um "núcleo" de maiores concentrações se localiza na porção central da plataforma continental (\cong a 50m de profundidade) e um outro, a cerca de 25 metros de profundidade, próximo ao cabo Frio. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.3. Grupo do epidoto. (figura e quadro 5.5)

O epidoto caracterizou-se por sua coloração amarelo-limão e verde-amarelado. Na fração areia fina, os grãos apresentaram-se com a superfície muito irregular, aproximadamente eqüidimensionais; já na fração areia muito fina, quase todos os grãos encontravam-se bem a muito bem arredondados e com coloração menos "ácida". Em algumas amostras, nas frações magnéticas 0.9 e 1.7A, foi encontrado um mineral de coloração amarela muito pálida a creme, em geral translúcido, presente tanto sob a forma de fragmentos de prismas como grãos de forma irregular, que parece tratar-se de zoisita, embora sua identificação ainda não tenha sido confirmada. Nos resultados finais (quadro 5.5 e figura 5.5) foi agrupado com o epidoto. O quadro 5.5 apresenta os valores médios, máximos e mínimos encontrados para o epidoto na fração pesada das amostras estudadas enquanto na figura 5.5 observa-se que as concentrações de epidoto parecem acompanhar as linhas batimétricas paralelamente, aumentando gradativamente em direção às maiores profundidades.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
<i>Shoreface</i>	1.80	0.01	S 10	3.95	S 5
Plataforma	5.65	0.45	P 1	19.95	P 33

QUADRO 5.5 : valores médios, mínimos e máximos de minerais do grupo do epidoto (percentagem em peso) na fração pesada. # = amostras.

PERCENTAGEM DO GRUPO DO EPIDOTO NA FRACAO PESADA.

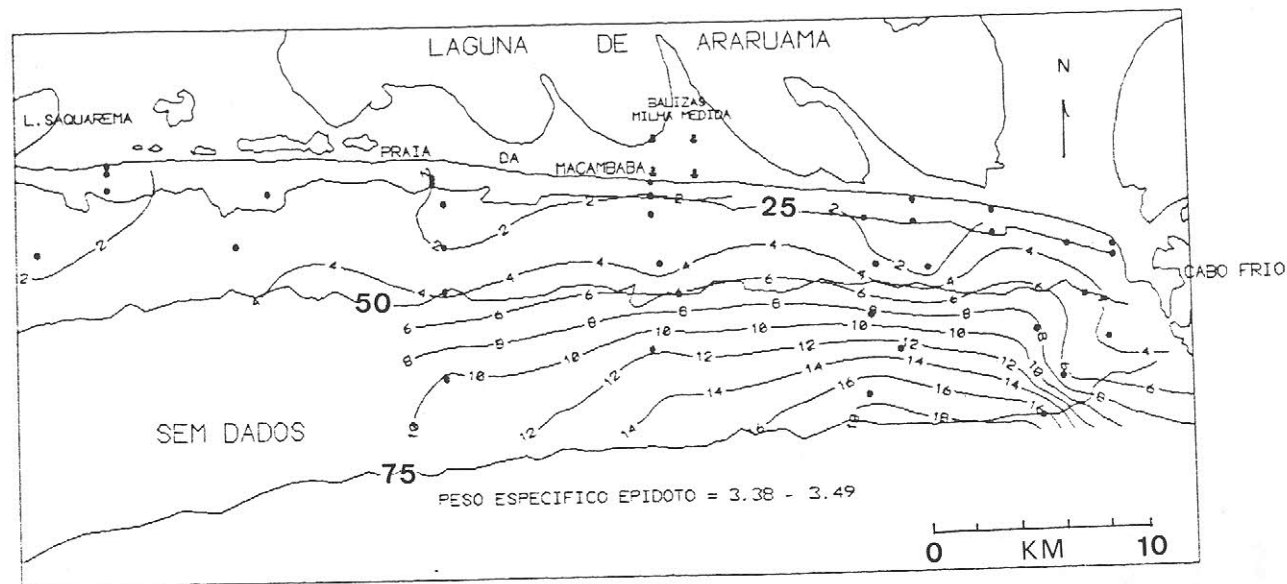


Fig.5.5: Percentagem do grupo do epidoto, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Os percentuais variam paralelamente às linhas batimétricas, aumentando em direção às maiores profundidades, com os maiores valores localizados na porção leste da área de estudo. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.4. Turmalina. (figura e quadro 5.6)

Mineral encontrado em abundância e praticamente com as mesmas características ao longo de toda a área de estudo sob a forma de prismas marrons, curtos, com as terminações retas, faces estriadas e brilho vítreo a resinoso. Em todas as amostras foram encontrados grãos muito bem arredondados, esféricos ou ovais porém em quantidade reduzidíssima. Quando presente na fração 0.5A apresentava-se quase opaca. Foi encontrada uma outra variedade, castanha-avermelhada, muito límpida, com as faces lisas (a confirmação de que se tratava de turmalina foi feita sob microscópio petrográfico), presente em quantidade muito pequena. Mais rara ainda, encontrada apenas em duas ou três amostras foi uma variedade incolor, com as características da variedade mais abundante. Por outro lado, também escassamente distribuído, foi encontrado um mineral azul-índigo, muito semelhante às turmalinas bem trabalhadas e que provavelmente se trata de indicolita (variedade azul de turmalina, presente em pegmatitos). Na figura 5.6, três áreas de maior concentração de turmalina são nitidamente observadas. A primeira abrange a extremidade oeste da área de estudo, incluindo a *shoreface* e a plataforma continental. A segunda se situa a aproximadamente 30 metros de profundidade, na parte central da área, enquanto a terceira, a uma profundidade de mais ou menos 20 metros, localiza-se próximo ao cabo Frio. Por outro lado, uma região de baixos percentuais estende-se ao longo da plataforma continental interna entre a região central e a extremidade leste da área de estudo. No quadro 5.6 são apresentados os valores médios, máximos e mínimos que foram encontrados.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	10.70	4.70	S 10	16.55	S 3
Plataforma	10.25	2.55	P 22	25.20	P 16

QUADRO 5.6: valores médios, mínimos e máximos de turmalina (percentagem em peso) na fração pesada.
= amostras.

PERCENTAGEM DE TURMALINA NA FRAÇÃO PESADA.

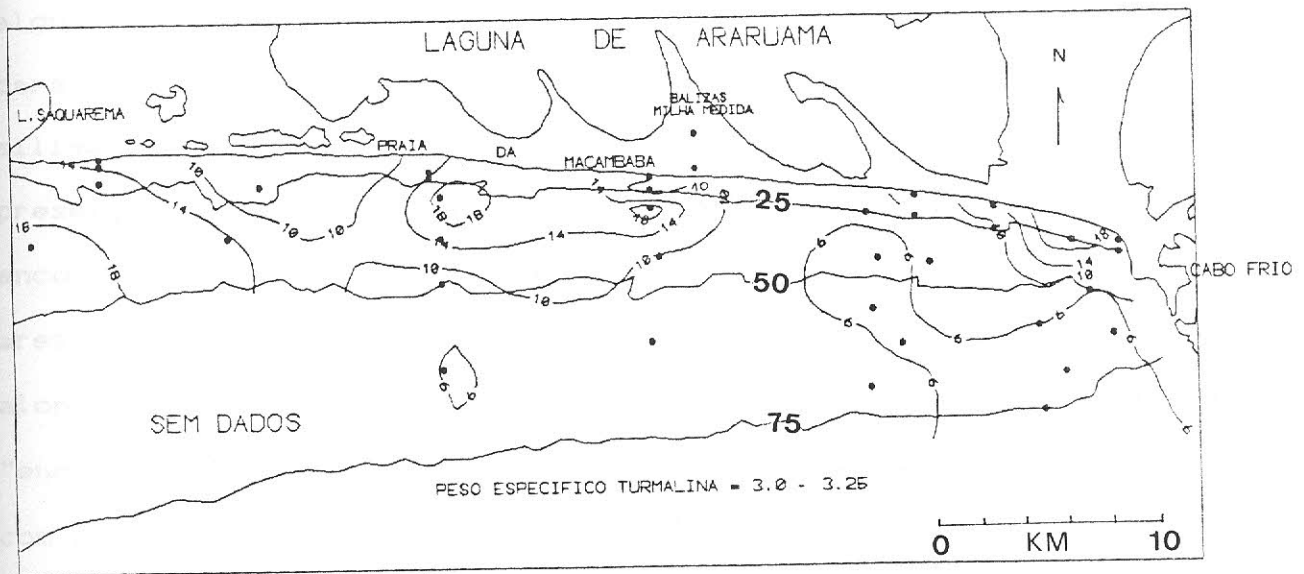


Fig.5.6: Percentagem de turmalina, em peso, na fração pesada total das amostras da shoreface e plataforma continental interna. Observam-se três áreas de maiores percentuais: a extremidade oeste, incluindo a shoreface e a plataforma continental interna; um "bolsão" na porção central, a cerca de 25-30 metros de profundidade e a terceira, próximo ao cabo Frio, abrangendo a shoreface. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.5. Cianita. (figura e quadro 5.7)

Mineral cuja presença não era esperada na região em função dos trabalhos de geologia regional até então realizados, que não o descrevem nos afloramentos estudados. Entretanto, como citado no capítulo 1, já havia sido encontrado em algumas praias do interior da baía da Guanabara (Silva comunicação pessoal) e está presente na Sequência Búzios (capítulo 2). Foi o mineral dominante na fração não magnética da maioria das amostras; em alguns casos, sua identificação foi dificultada devido às características dos grãos e pode ter sido confundida com a silimanita; de qualquer maneira, a ordem de grandeza de sua presença é muito superior às expectativas. Em geral, foram encontrados grãos angulares a subangulares, raramente com as arestas suavizadas; houve predomínio das formas achatadas e alongadas embora também fossem muito comuns as formas mais "encorpadas". Os grãos apresentaram-se incolores e, geralmente com as clivagens em ângulo reto realçadas por fraturas (o que foi de grande valia em sua identificação, sendo que alguns grãos apresentavam os contornos retos mas apresentavam-se internamente fraturados). Sob microscópio petrográfico, as superfícies marcadas por degraus, não visíveis sob lupa binocular, foram fundamentais para sua distinção em relação à silimanita e à andalusita, além da observação do sinal de alongação e das cores de interferência. Na figura 5.7 observa-se que, em geral, ocorre uma diminuição de seus percentuais em direção às maiores profundidades. Na altura de Saquarema e próximo ao cabo Frio encontram-se os maiores valores, diminuindo de norte para sul e de nordeste para sudoeste, respectivamente, em direção à

plataforma continental. No quadro 5.7 temos os valores médios, máximos e mínimos encontrados para a cianita.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	15.60	5.70	S 10	27.10	S 2
Plataforma	10.60	3.40	P 44	19.45	P 16

QUADRO 5.7: valores médios, mínimos e máximos de cianita (percentagem em peso) na fração pesada. # = amostras.

PERCENTAGEM DE CIANITA NA FRAÇÃO PESADA.

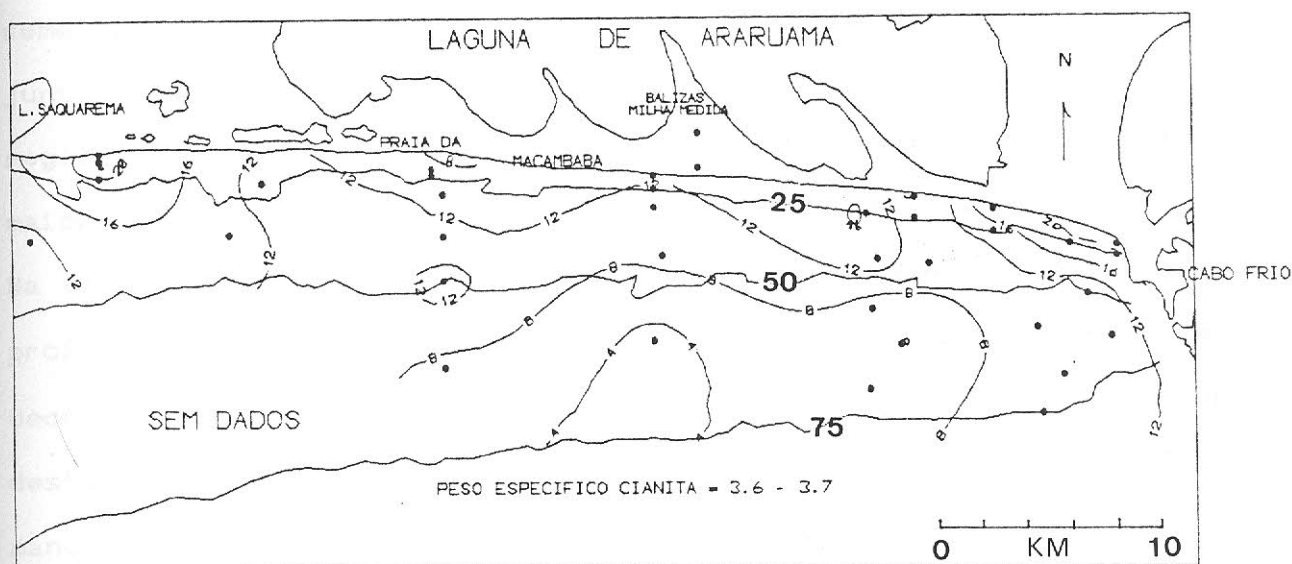


Fig. 5.7: Percentagem de cianita, em peso, na fração pesada total das amostras da shoreface e plataforma continental interna. Os maiores valores são observados na shoreface, próximo à laguna de Saquarema e ao cabo Frio. Observa-se uma tendência geral de menores concentrações à medida que a profundidade aumenta. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.6. Silimanita. (figura e quadro 5.8)

Assim como a cianita, a silimanita foi identificada nas frações não-magnéticas, de todas as amostras. Apresentou-se como prismas incolores, em geral alongados e com a superfície muito finamente estriada, paralelamente ao comprimento. O sinal de alongação positivo permitiu distingui-la da andalusita; como assinalado acima, pode ter sido confundida com a cianita em algumas situações. Como ocorre com esta, suas maiores concentrações se situam nas regiões mais próximas à costa diminuindo em direção à plataforma continental interna (figura 5.8). Na extremidade oeste, seu padrão de distribuição é semelhante ao da cianita, com uma área de maior concentração junto a Saquarema estendendo-se de noroeste para sudeste. Na região central da área de estudo, existe uma outra mancha de maiores percentuais, mais ou menos à profundidade de 30 metros. Na extremidade leste, da costa até aproximadamente 25 metros de profundidade há outra área de maiores percentuais, sempre decrescentes à medida que aumenta a profundidade; à esquerda desta área, a cerca de 40m de profundidade, existe uma última mancha de maior concentração. Os menores valores situam-se nas maiores profundidades, principalmente na porção sudeste da área de estudo. No quadro 5.8 estão os valores percentuais médios, máximos e mínimos de silimanita na fração pesada das amostras estudadas.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	2.85	0.95	S 10	7.25	S 2
Plataforma	2.00	0.01	P 57	4.90	P 1

QUADRO 5.8: valores médios, mínimos e máximos de silimanita (percentagem em peso) na fração pesada.

= amostras.

PERCENTAGEM DE SILIMANITA NA FRACAO PESADA.

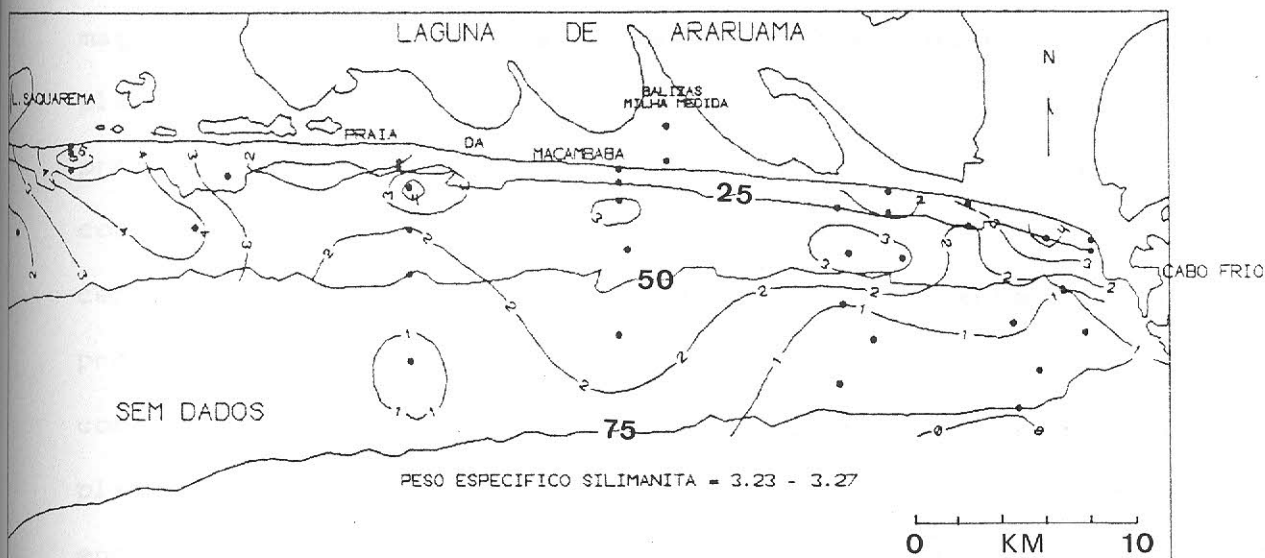


Fig.5.8: Percentagem de silimanita, em peso, na fração pesada total das amostras da shoreface e plataforma continental interna. De modo geral, os percentuais diminuem da costa em direção à plataforma continental. Os maiores valores são observados próximo à laguna de Saquarema e ao cabo Frio, além de uma área localizada na porção central da área de estudo, na transição entre shoreface e plataforma continental. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.7. Fibrolita (silimanita fibrosa). (figura e quadro 5.9)

Presente sob a forma de grãos alongados com as extremidades muito bem arredondadas, translúcidos a opacos, de coloração esbranquiçada, amarelada ou alaranjada. Inicialmente foi considerada a possibilidade de se tratar de apatita fibrosa mas as características dos grãos quando cotejadas com informações contidas na bibliografia, levaram à sua identificação como fibrolita. Como também ocorre com as silimanitas, muitos grãos apresentaram inclusões minúsculas, muito provavelmente de magnetita. Na figura 5.9, observamos uma área de altos teores na plataforma continental próximo a Saquarema, mais ou menos à profundidade de 40 metros. Outras duas áreas de altas concentrações situam-se na área central, próximo à costa e a cerca de 45 metros de profundidade. Finalmente, na *shoreface*, próximo ao cabo Frio, localiza-se uma última área de altas concentrações. Também chama a atenção a ausência de fibrolita na plataforma continental sudeste da área de estudo (não foi encontrada, nem como traços, nas amostras P17, 40, 42, 44, 50 e 57). Os grãos da extremidade oeste, apresentaram-se com as irregularidades superficiais parcialmente preenchidas por óxidos de ferro, o que lhes confere um aspecto extremamente "sujo".

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
<i>Shoreface</i>	3.10	0.40	S 13	9.80	S 6
Plataforma	2.15	0.01	P 55	9.70	P 78

QUADRO 5.9: valores médios, mínimos e máximos de fibrolita (percentagem em peso) na fração pesada.
= amostras.

PERCENTAGEM DE FIBROLITA NA FRACAO PESADA.

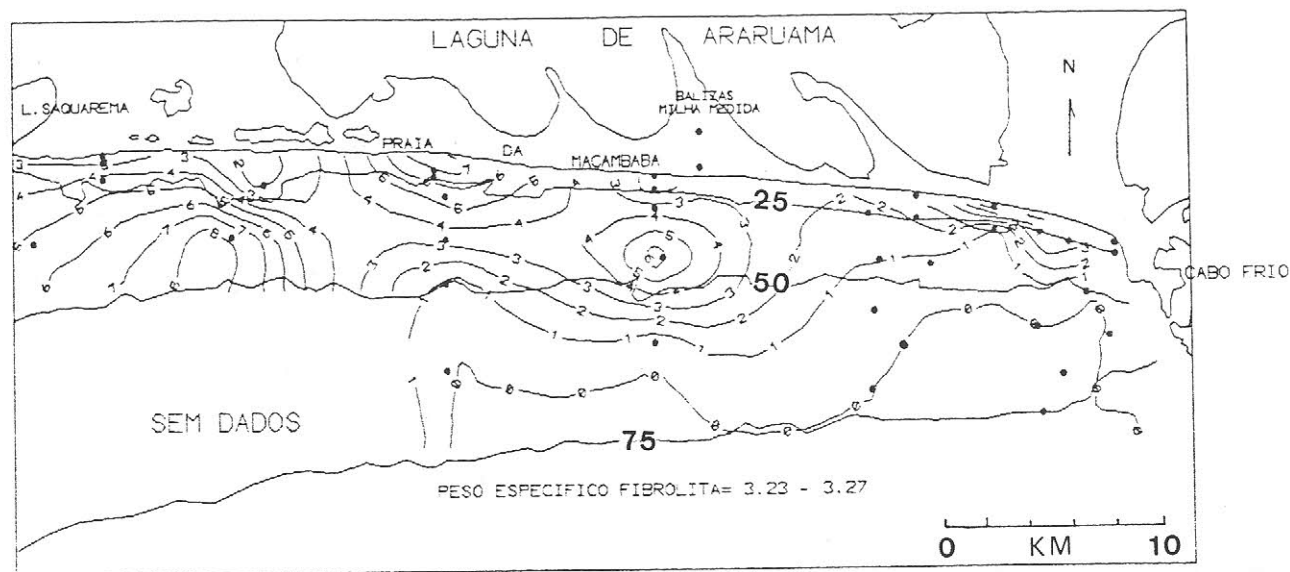


Fig.5.9: Percentagem de fibrolita, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Os maiores teores são encontrados na porção oeste da plataforma continental interna, a cerca de 40m de profundidade. Outras duas áreas de altas concentrações encontram-se na área central, próximo à costa e a cerca de 45m de profundidade; uma última área de valores mais elevados é observada na *shoreface*, próximo ao cabo Frio. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.8. Zircão. (figura e quadro 5.10)

Foi um dos minerais mais facilmente identificados pois, embora presente sob diversas formas prismáticas, a maioria dos grãos observados mostrou pouco ou nenhum desgaste; os prismas variaram de formas curtas e largas, sem extremidades bipiramidais a outras bem alongadas, estreitas e com extremidades bem distintas; alguns apresentaram uma das extremidades truncada. Verificou-se o predomínio das formas incolores, embora algumas amostras tenham apresentado grãos de coloração amarelo claro, rosa claro e ainda, púrpura; estes, quase sempre, estiveram presentes como fragmentos de prismas ou como prismas muito curtos; também foi encontrado, em algumas amostras, zircão opaco, de coloração amarela e amarelo-acastanhado. Embora raros, foram encontrados alguns grãos com macla em joelho. Nos casos em que houve dúvidas quanto à sua identificação, por estarem com as arestas desgastadas, as características ópticas como relevo e birrefringência foram esclarecedoras. Alguns grãos apresentaram muitas inclusões pequenas e escuras (magnetita?) e outras que pareceram ser líquidas ou gasosas, visíveis ao microscópio. O zircão distinguiu-se por concentrar-se na parte mais fina da fração areia muito fina, chegando a perfazer 90% da fração não-magnética de algumas amostras. Na fig. 5.10 observa-se um aumento progressivo de seus teores, da plataforma continental adjacente a Saquarema em direção a nordeste (para a costa). Uma outra "mancha" de maiores percentuais, desta vez com orientação aproximada N-S, foi encontrada na porção centro-leste da área de estudo, estendendo-se da *shoreface* para a plataforma continental, até cerca de 55 metros de profundidade. Finalmente, na

extremidade leste, estende-se uma faixa de altos percentuais (os maiores encontrados), entre 25 e 50 metros de profundidade, com orientação NW-SE. No quadro 5.10 encontram-se os valores médios, máximos e mínimos que foram encontrados nas frações pesadas das amostras estudadas.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	3.25	0.01	S 10	9.65	S 13
Plataforma	3.30	0.15	P 1	7.55	P 38

QUADRO 5.10: valores médios, mínimos e máximos de zircão (percentagem em peso) na fração pesada.
= amostras.

PERCENTAGEM DE ZIRCAO NA FRACAO PESADA.

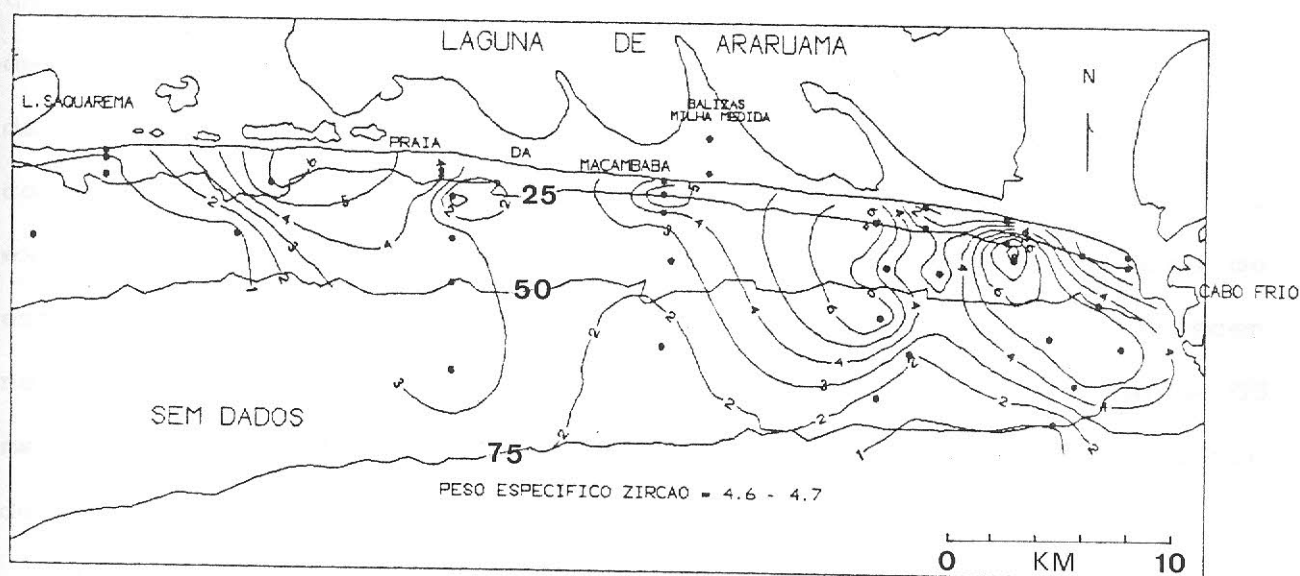


Fig. 5.10: Percentagem de zircão, em peso, na fração pesada total das amostras da shoreface e plataforma continental interna. De modo geral, os mais altos percentuais são encontrados em quatro áreas da região da shoreface, sendo que duas delas se estendem até a plataforma continental interna, nas adjacências do cabo Frio. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.9. Rutilo. (figura e quadro 5.11)

Esteve presente principalmente, como fragmentos de prismas ou prismas alongados, de cor castanho-alaranjado que, em geral foi suficiente para sua identificação; em algumas amostras apareceram alguns grãos amarelo-claro, profundamente estriados e, ainda mais raramente, grãos castanhos. Foram encontrados alguns grãos com macla em joelho, outros com inclusões que provavelmente são magnetita e ainda rutilos incluídos em grãos incolores (provavelmente quartzo). Na figura 5.11 observa-se sua distribuição espacial; em geral foi encontrado em pequenas quantidades (ver quadro 5.11) e, com algumas exceções, apresenta um padrão de distribuição semelhante ao do zircão. Como no caso deste, aparece numa faixa de teores mais elevados em uma porção da *shoreface* situada na região centro-oeste da área de estudo, com valores decrescentes em direção às maiores profundidades. Na extremidade oeste e ao longo de toda a faixa central da área de estudo, apresenta percentuais muito baixos, que voltam a crescer na porção centro-leste, numa área situada a aproximadamente 55 metros de profundidade. Junto ao cabo Frio ocorre um novo aumento de seus valores percentuais.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
<i>Shoreface</i>	0.90	0.01	S 10	3.40	S 5
Plataforma	1.10	0.01	P 32	2.55	P 17

QUADRO 5.11: valores médios, mínimos e máximos de rutilo (percentagem em peso) na fração pesada.
= amostras.

PERCENTAGEM DE RUTILO NA FRAÇÃO PESADA.

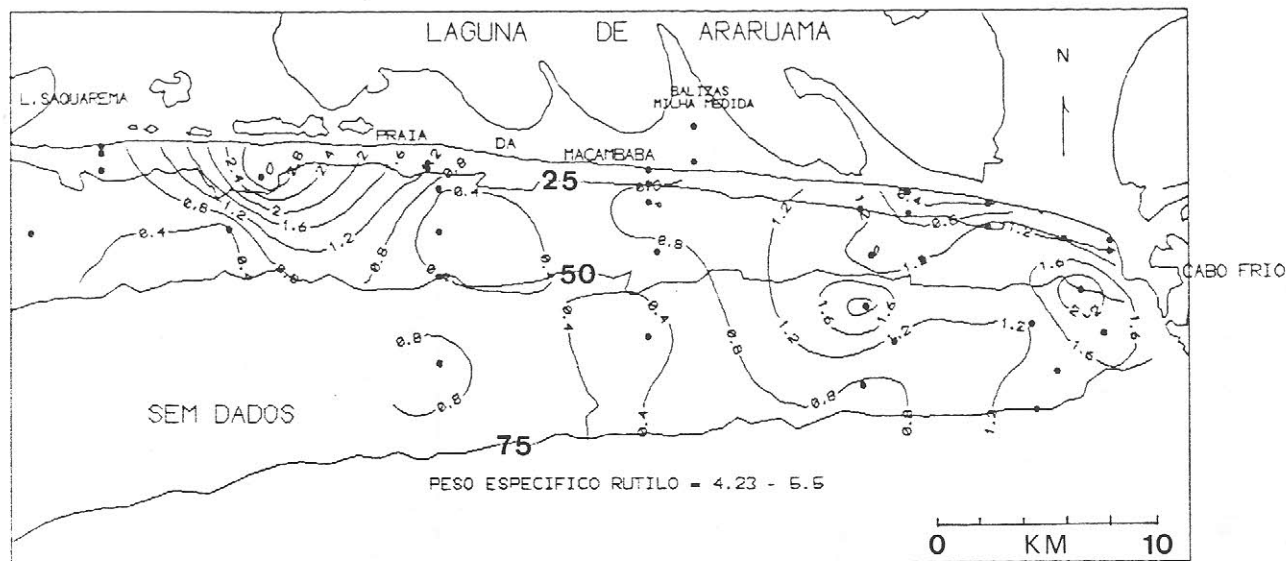


Fig.5.11: Percentagem de rutilo, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Destaca-se uma região com maiores percentuais na *shoreface* do setor oeste da área de estudo; duas outras áreas com elevados teores são encontradas no setor leste, na plataforma continental interna. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.10. Estauroлита. (figura e quadro 5.12)

Como pode ser observado na fig. 5.12 e no quadro 5.12, é um mineral presente em quantidades muito pequenas na área de estudo. Foi encontrado sob a forma de grãos irregulares (muito esporadicamente bem arredondados), de cor castanho-amarelado ou amarelo-palha; as cores "quentes" de polarização ajudaram a distingui-la da turmalina, nos casos em que houve dúvida. Especialmente, seus teores aumentam em direção às maiores profundidades e os maiores valores são encontrados na plataforma continental, próximo ao cabo Frio. Outra área de concentração superior à média situa-se a cerca de 50 metros de profundidade, na porção centro-oeste da área de estudo.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	0.10	0.01	S 1/2/ 3 10 / 18	0.50	S 13
Plataforma	0.45	0.07	P 16	1.20	P 44

QUADRO 5.12: valores médios, mínimos e máximos de estauroлита (percentagem em peso) na fração pesada.
= amostras.

PERCENTAGEM DE ESTAUROLITA NA FRAÇÃO PESADA.

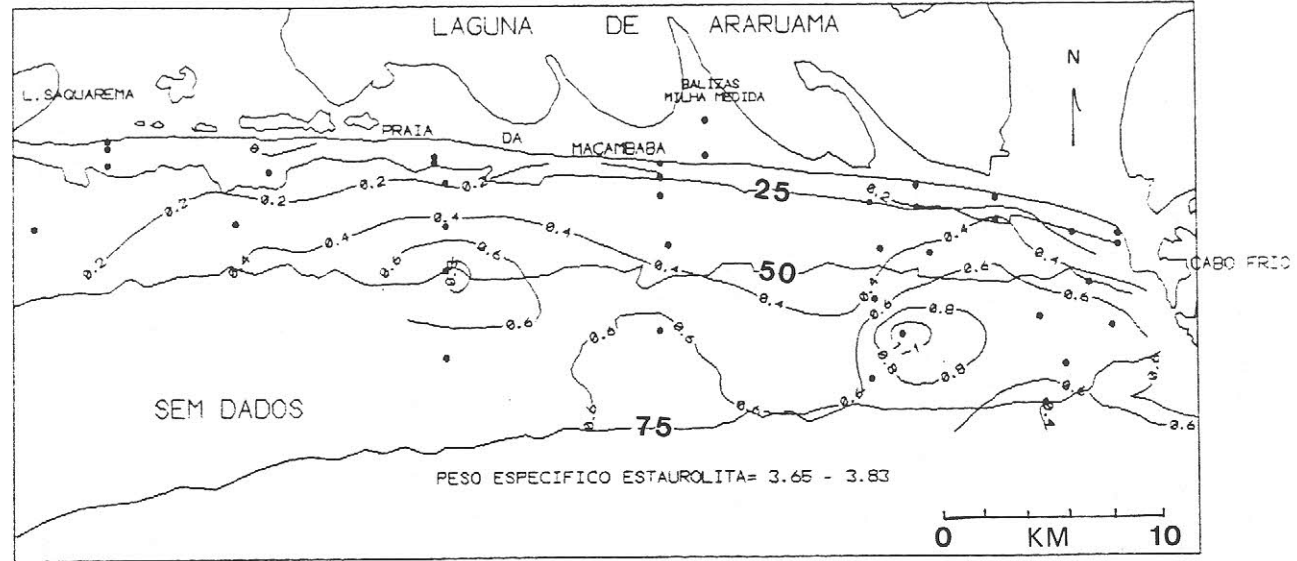


Fig. 5.12: Percentagem de estaurolita, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Os percentuais aumentam em direção às maiores profundidades e uma área da plataforma continental interna do setor leste da área de estudo se destaca com os maiores valores. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.11. Titanita. (figura e quadro 5.13)

Na maioria das amostras este mineral apareceu em quantidades muito pequenas, como pode ser observado na figura 5.13 e no quadro 5.13, estando ausente na amostra S2. Concentrou-se principalmente na fração 1.7A, principalmente sob a forma de fragmentos de prismas, ora como grãos desgastados, ora como partículas angulares a subangulares, de coloração marrom ou alaranjada. Foram encontrados poucos grãos com a forma característica do mineral (em forma de teto) que, ao microscópio petrográfico foi facilmente distinguido de outros minerais por sua alta birrefringência (apresentando a mesma coloração sob nicóis cruzados e nicóis paralelos) e relevo muito forte. As maiores concentrações estão na plataforma continental adjacente a Saquarema, diminuindo gradativamente em direção a leste, voltando a aumentar na porção central (a cerca de 30 metros de profundidade) e na área bem próxima ao cabo Frio.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	0.30	0.01	S 1 e 6	0.85	S 17
Plataforma	0.40	0.01	P 44	1.65	P 68

QUADRO 5.13: valores médios, mínimos e máximos de titanita (percentagem em peso) na fração pesada.

PERCENTAGEM DE TITANITA NA FRAÇÃO PESADA.

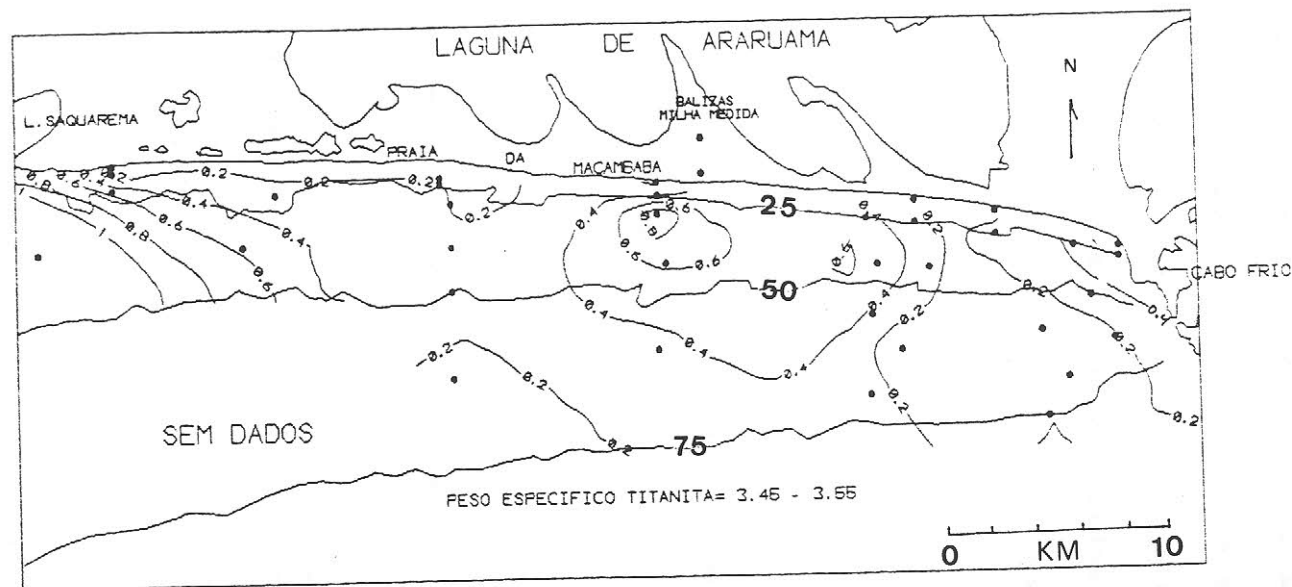


Fig. 5.13: Percentagem de titanita, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Nesta, na área adjacente à laguna de Saquarema, são encontrados os maiores valores percentuais, que decrescem em direção a leste, voltando a aumentar na porção central, na transição entre a *shoreface* e a plataforma continental interna. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.12. Apatita. (figura e quadro 5.14)

Suas concentrações são claramente maiores na plataforma continental da porção leste da área de estudo (fig. 5.14), crescendo à medida que aumenta a profundidade; não foi encontrada na amostra S5. Os grãos identificados são incolores, em geral sub a bem arredondados, transparentes ou translúcidos; muito raramente, foram encontrados grãos com a forma prismática bem definida, incolores, muito límpidos, e com inclusões dispostas em fileiras. Ao microscópio petrográfico caracterizou-se por apresentar cores de primeira ordem (cinza-rato) e relevo menor que o dos outros minerais da fração não-magnética como silimanita e cianita, com os quais poderia ser confundida.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	0.40	0.01	S 10	1.20	S 13
Plataforma	1.90	0.01	P1 e 32	8.10	P 55

QUADRO 5.14: valores médios, mínimos e máximos de apatita (percentagem em peso) na fração pesada.

= amostras.

PERCENTAGEM DE APATITA NA FRAÇÃO PESADA.

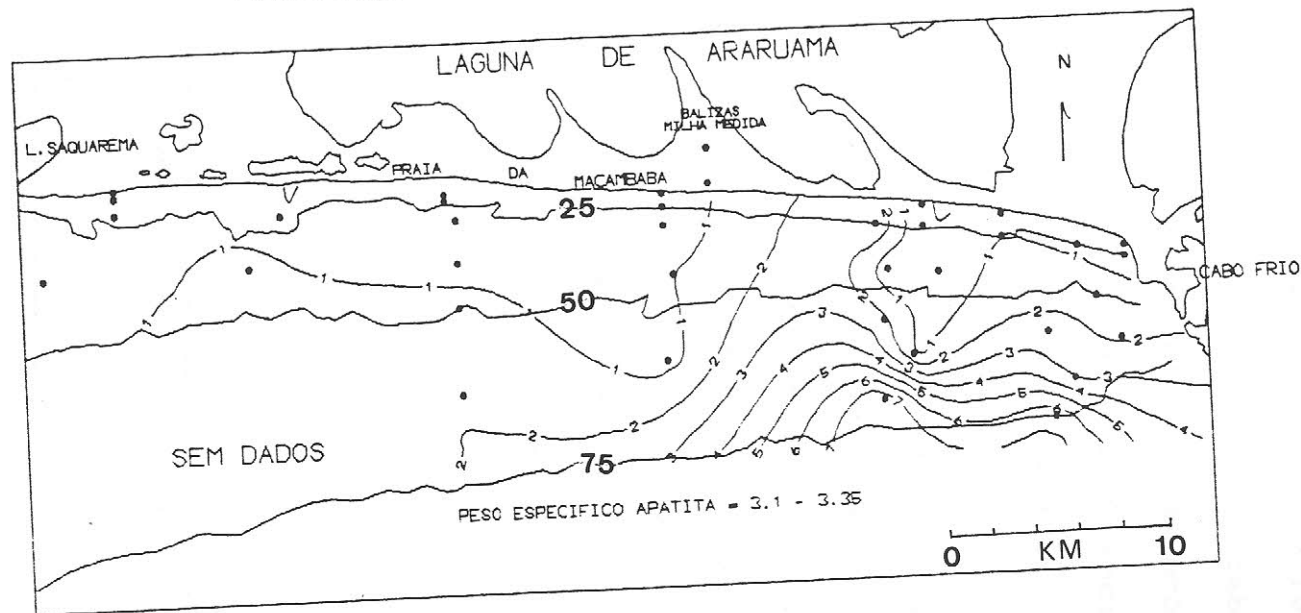


Fig.5.14: Percentagem de apatita, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Os teores de apatita são baixos ao longo de toda a porção oeste e central da área de estudo. No setor leste, os valores aumentam gradativamente em direção às maiores profundidades. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.13. Andalusita. (figura e quadro 5.15)

Da observação da figura 5.15 percebe-se que, com exceção da região da *shoreface* próxima ao cabo Frio e de uma pequena área da plataforma continental situada próximo a Saquarema (a cerca de 40 metros de profundidade), a andalusita é um mineral pouco abundante nos sedimentos analisados, estando ausente das amostras S2, S3, P44 e P68. Foram encontrados grãos incolores, transparentes, de formas retangulares com as arestas vivas ou suavizadas, alguns com pleocroísmo rosa claro; também estão presentes grãos róseos, em geral subangulares a subarredondados e transparentes. Em alguns casos, sua identificação foi dificultada pois se assemelhavam às cianitas mais "encorpadas"; sob microscópio petrográfico foram de grande valia a observação das cores de birrefringência de primeira ordem e do sinal negativo de alongação, além da ausência do padrão de clivagem que caracteriza a cianita.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
<i>Shoreface</i>	0.80	0.01	S1 e 10	1.20	S 12
Plataforma	0.85	0.05	P 27	2.65	P 11

QUADRO 5.15: valores médios, mínimos e máximos de andalusita (percentagem em peso) na fração pesada.

= amostras.

PERCENTAGEM DE ANDALUSITA NA FRAÇÃO PESADA.

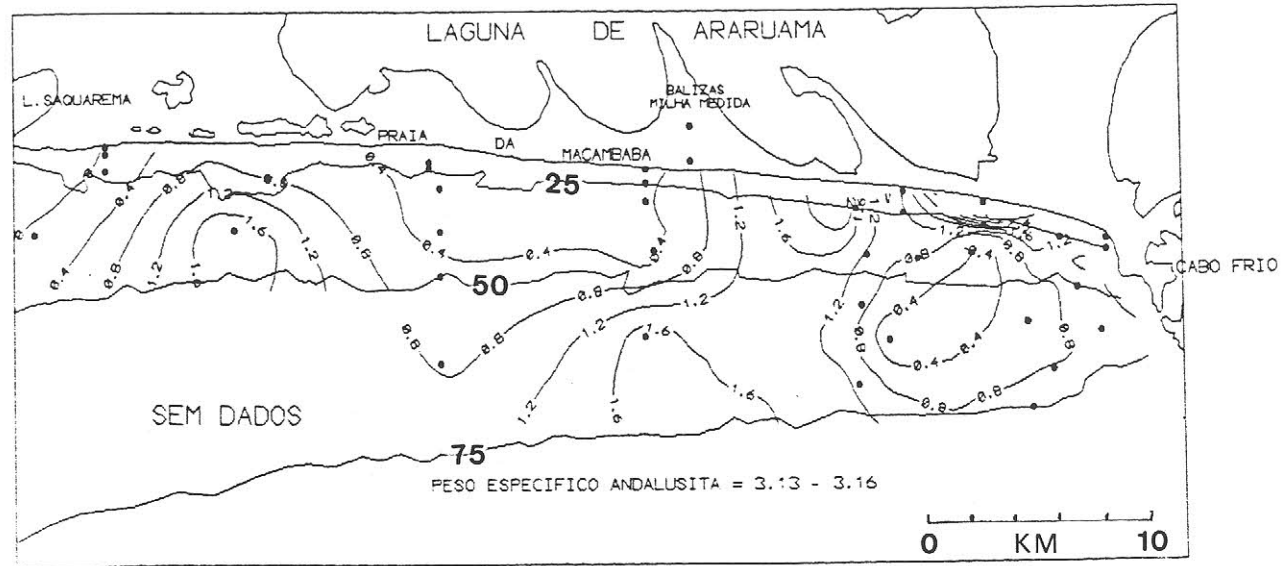


Fig.5.15: Percentagem de andalusita, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Nos setores oeste e central da área de estudo os percentuais de andalusita aumentam da costa em direção à plataforma continental interna; no setor leste, a distribuição apresenta um padrão oposto, com os maiores valores sendo encontrados na *shoreface*. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.14. Micas (biotita e muscovita). (figuras e quadros 5.16 e 5.17)

Embora muitos autores desconsiderem as micas em seus estudos da fração pesada, devido ao seu comportamento hidrodinâmico anômalo, sua presença muito abundante em algumas amostras fez com que acabassem sendo incluídas nestes resultados finais, embora isto implique na introdução de erros, quanto aos percentuais em peso. As micas fazem parte das frações pesadas dos sedimentos quando apresentam inclusões de outros minerais, como opacos e zircões nos exemplos que podem ser citados para as amostras estudadas; em alguns casos, as inclusões já haviam sido liberadas para os sedimentos, deixando as lamelas de mica apenas com perfurações. De maneira geral, as biotitas se apresentaram com coloração marrom ou castanha-avermelhada, quase sempre com os contornos suavizados; algumas se encontravam hidratadas (opacas e com coloração dourada) e raros foram os casos de sua ocorrência como grãos. As muscovitas apresentaram formas que variaram de subangulares a muito bem arredondadas, em geral transparentes, algumas vezes hidratadas (opacas e prateadas). A distribuição e os teores médios, mínimos e máximos da biotita e muscovita encontram-se nas figuras e quadros 5.16 e 5.17. Na porção central da área de estudo, a cerca de 50 metros de profundidade, destaca-se uma região em que as maiores concentrações de biotita e muscovita se sobrepõem. A primeira também apresenta uma área de teores relativamente elevados na *shoreface*, próximo a Saquarema, enquanto a muscovita tem uma segunda região de maiores concentrações próximo ao cabo Frio, a aproximadamente 55 metros de profundidade. A biotita não foi encontrada nas amostras S5,

S17 e S18, P6, P11, P22, P41 e P44 enquanto a muscovita está ausente das amostras S2, S12 e P6.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	1.50	0.05	S 12	6.30	S 1
Plataforma	1.35	0.05	P 50	8.55	P 27

QUADRO 5.16: valores mínimos , médios e máximos de biotita (percentagem em peso) na fração pesada.

= amostras.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
Shoreface	0.10	0.01	S 5/7/10 S 17	0.50	S 1
Plataforma	1.90	0.05	P 21	12.35	P 27

QUADRO 5.17: valores mínimos , médios e máximos de muscovita (percentagem em peso) na fração pesada.

= amostras.

PERCENTAGEM DE BIOTITA NA FRAÇÃO PESADA.

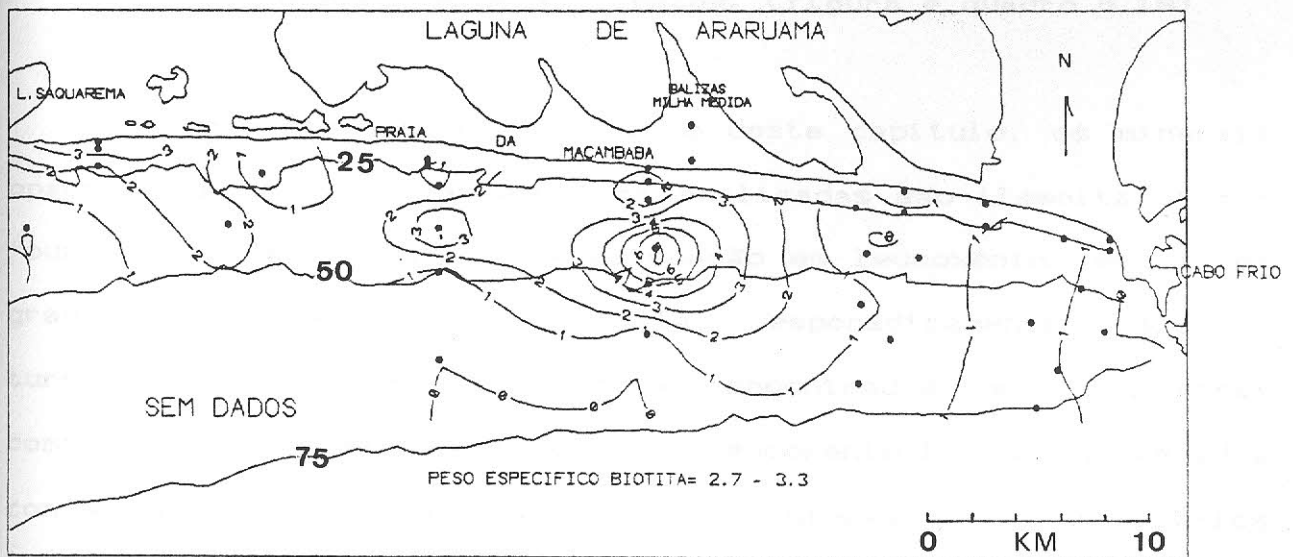


Fig. 5.16: Percentagem de biotita, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Apenas uma porção da plataforma continental interna no setor central da área de estudo se destaca por valores percentuais mais elevados. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

PERCENTAGEM DE MUSCOVITA NA FRAÇÃO PESADA.

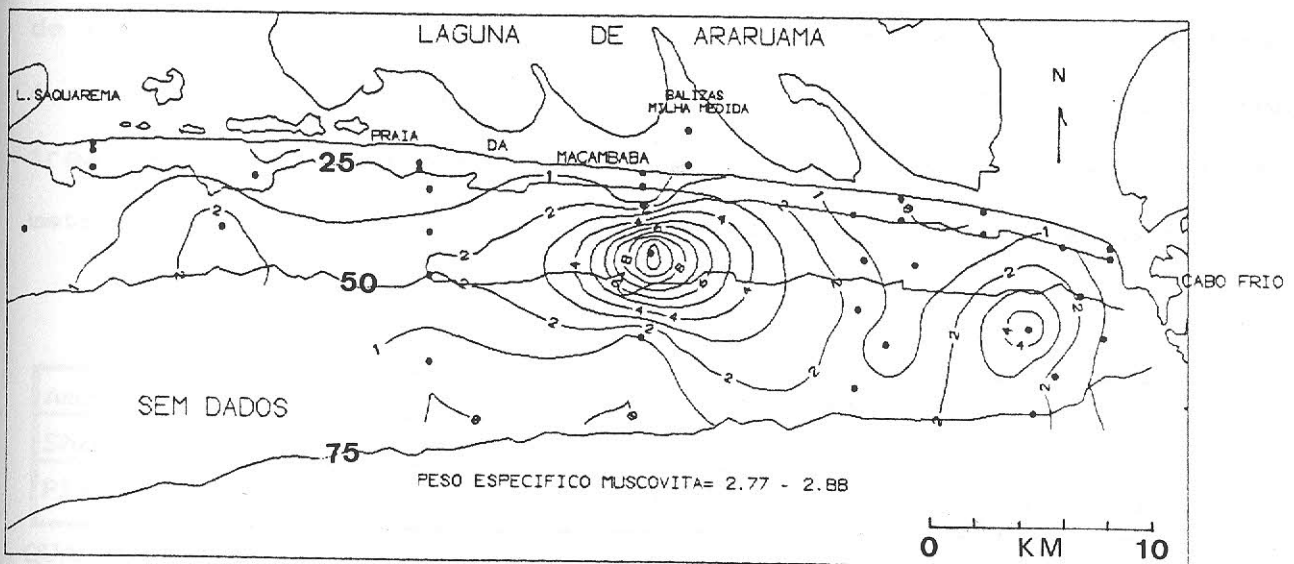


Fig. 5.17: Percentagem de muscovita, em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Além da mesma área que se destaca pelos maiores percentuais de biotita uma outra, próxima ao cabo Frio, apresenta valores mais elevados de muscovita. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

5.2.15. Minerais opacos. (figura e quadro 5.18)

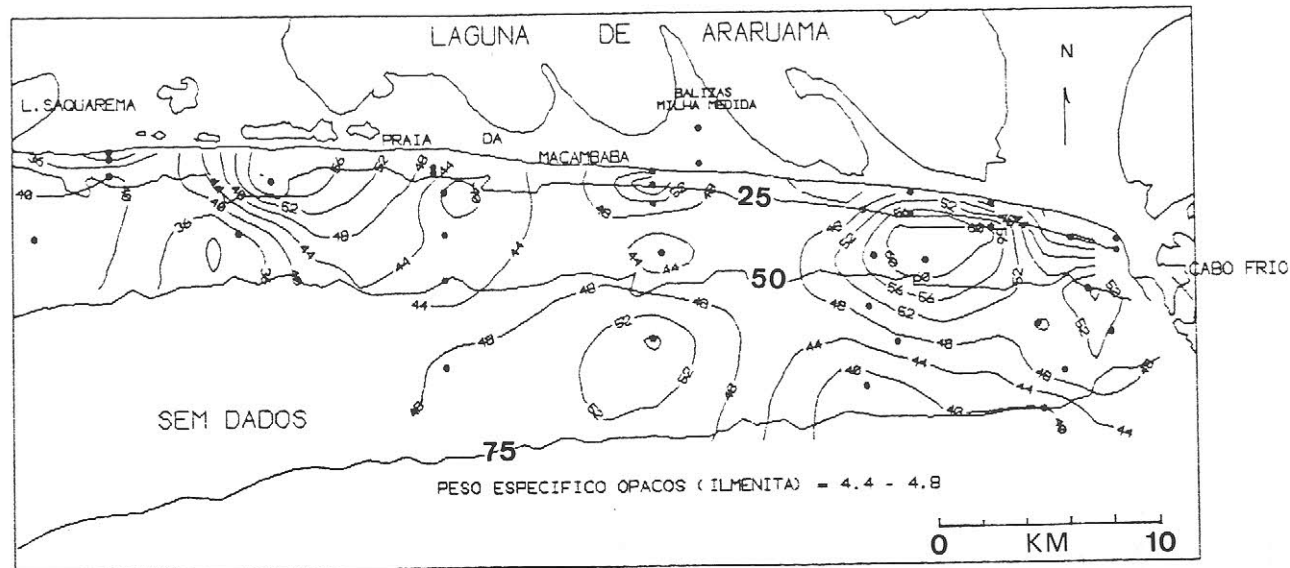
Como apresentado no início deste capítulo, os minerais opacos identificados nas amostras analisadas são ilmenita (tanto "pura" como já com sinais de alteração em leucoxênio, em vários graus), leucoxênio e magnetita; esporadicamente, algumas turmalinas e rutilos opacos foram encontrados (mas não foram computados) e ilmenita, magnetita e leucoxênio foram considerados conjuntamente, embora possa ser interessante analisá-los independentemente em um trabalho posterior. Na figura 5.18 podem ser distinguidas quatro áreas com teores mais elevados de opacos, quase todas situadas a menos de 40 metros de profundidade. A primeira localiza-se na *shoreface* da porção centro-oeste, à mesma profundidade em que se encontra uma outra área de teores elevados, quase no centro da área de estudo. Uma terceira região de concentrações elevadas, à cerca de 40 metros de profundidade, é encontrada porção leste, mais próximo ao cabo Frio. Uma última área de valores maiores que a média se encontra a cerca de 60 metros de profundidade, na porção central da área de estudo.

Ambiente	Média (%)	Mínimo (%)	#	Máximo (%)	#
<i>Shoreface</i>	46.10	24.60	S 1	64.30	S 5
Plataforma	43.90	28.75	P 78	62.60	P 21

QUADRO 5.18: valores médios, mínimos e máximos de opacos (percentagem em peso) na fração pesada.

= amostras.

PERCENTAGEM DE OPACOS NA FRACAO PESADA.



71

Fig. 5.18: Percentagem de minerais opacos (ilmenita, leucocoxênio, magnetita), em peso, na fração pesada total das amostras da *shoreface* e plataforma continental interna. Na *shoreface*, destacam-se dois setores com maiores percentuais de minerais opacos: uma na porção oeste e outra na porção central da área de estudo. Na plataforma continental interna, há três setores com maiores valores: um na porção central e dois na porção leste, um bem próximo ao cabo Frio. Os números maiores indicam as linhas batimétricas de 25, 50 e 75 metros.

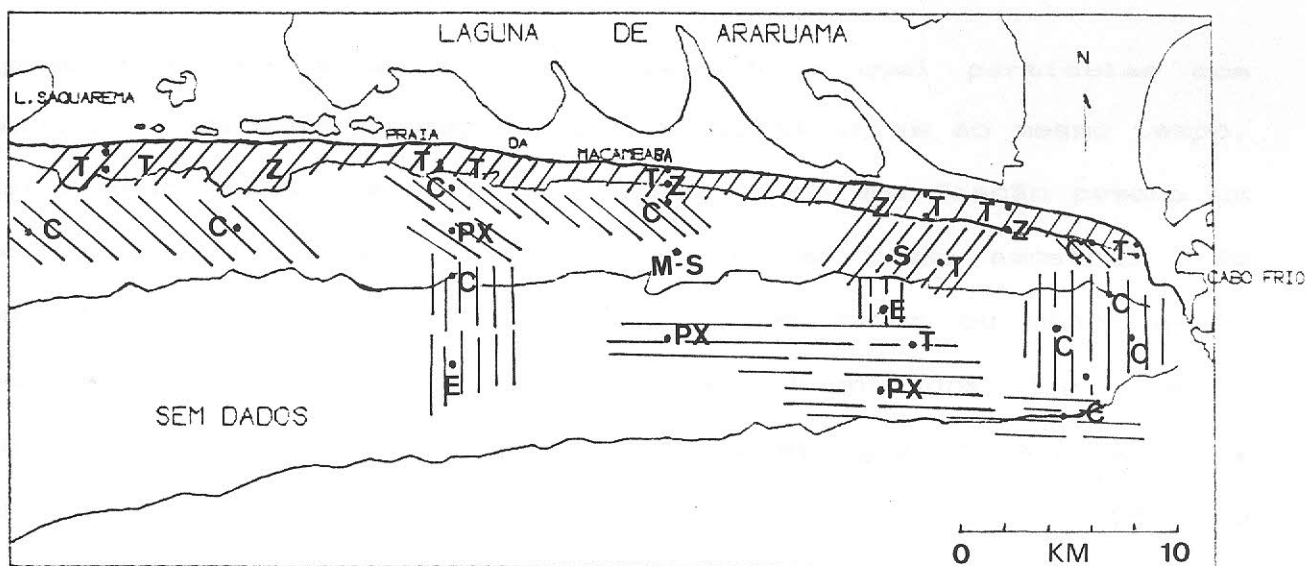
5.3. Amostras da área emersa.

As frações pesadas das amostras da área emersa, que incluem o "cordão interno" e o "cordão externo", foram analisadas apenas do ponto de vista qualitativo e semi-quantitativo. Em sua maioria, os grãos do cordão interno apresentaram-se, parcial ou completamente, cobertos por películas de óxidos de ferro. Em algumas destas amostras verificou-se a ausência de granadas e de componentes do grupo dos piroxênios e anfibólios; por outro lado, quando comparadas às amostras da *shoreface* e plataforma continental interna, as amostras do cordão interno são mais ricas em rutilo e estauroлита embora os minerais mais abundantes da fração não-opaca sejam turmalina, epidoto (?), e zircão com presença de cianita e silimanita em concentrações variáveis. As turmalinas são iguais ao tipo dominante nas amostras da área submersa, enquanto os grãos de epidoto (?) se apresentam bem a muito bem arredondados, além de impregnados com óxidos de ferro, o que lhes confere uma coloração um pouco mais escura. Os rutilos estão presentes tanto sob a forma de prismas como de fragmentos de prismas, sempre de cor castanho-alaranjado muito intensa. Os grãos incolores (basicamente cianita, silimanita e zircão), com algumas exceções, apresentaram-se muito "sujos", sendo que muitos zircões foram reconhecidos por terem conservado sua forma prismática característica; aliás, tanto estes como turmalina, cianita, rutilo e silimanita apresentaram poucos sinais de desgaste mecânico. Já no cordão externo, foram encontrados, basicamente, os mesmos minerais pesados que estão presentes na área submersa, embora sua análise menos detalhada não garanta que todos tenham sido identificados; também não foi possível fazer comparações quanto à abundância relativa de cada espécie mineral.

6. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.

De uma maneira geral, os principais minerais pesados encontrados nas amostras analisadas refletem a litologia das prováveis áreas-fontes, basicamente constituídas por rochas metamórficas, pegmatitos e rochas alcalinas. Caracteristicamente associados a uma origem metamórfica, destacam-se cianita (que não era esperada por ser descrita apenas na Sequência Búzios), silimanita, epidoto e granada, presentes em toda a área; turmalina, amplamente distribuída e, juntamente com a cianita, o mineral não-opaco mais abundante nas amostras estudadas, é descrito como mineral relacionado, principalmente a pegmatitos, granitos e filões pneumatolíticos. Em seguida merecem destaque, pela abundância, os minerais que fazem parte do grupo dos piroxênios e anfibólios; embora como ressaltado anteriormente, não tenha sido feito um trabalho quantitativo com cada espécie mineral desse grupo, parece haver o predomínio de hiperstênio e augita, associados a litologias encontradas nos maciços alcalinos. As principais associações mineralógicas da *shoreface* e plataforma continental interna são apresentadas na fig. 6.1.

Como já podia ser esperado a partir da observação do mapa textural da *shoreface* e plataforma continental interna da área de estudo, o trabalho de interpretação da distribuição das frações pesadas não se revelou simples e direto pois há indícios de que a atual cobertura sedimentar superficial reflita processos que ocorreram em diferentes momentos, ao longo dos últimos milhares de anos. Conforme citado anteriormente, vários autores, tentando compreender distribuições granulométricas das frações pesadas que não se ajustam ao conceito de equilíbrio hidráulico



////// cianita

||||| turmalina

==== epidoto

||||| piroxênios-anfibólios

C= cianita; T= turmalina; Z= zircão; PX= piroxênios-anfibólios; E= epidoto; S= silimanita; M-S= muscovita-silimanita.

Fig.6.1: Associações mineralógicas dominantes na área de estudo (minerais não-opacos). As áreas hachuradas indicam o mineral pesado não-opaco mais abundante enquanto as letras indicam o segundo mineral não-opaco mais abundante. Entre Saquarema e o cabo Frio, a *shoreface* é dominada por cianita, acompanhada secundariamente por turmalina e silimanita, com enriquecimentos locais em zircão. Na plataforma continental interna, o padrão de distribuição dos minerais pesados não-opacos mostra-se muito mais complexo. No setor oeste há o predomínio da combinação turmalina-cianita, que se repete na porção mais rasa da plataforma, no setor central da área de estudo. Ainda neste setor, gradativamente em direção às maiores profundidades, ocorre o domínio da combinação piroxênios- anfibólios / cianita e piroxênios- anfibólios/grupo do epidoto. No setor leste, destaca-se a associação piroxênios- anfibólios/ cianita próximo ao cabo Frio e a dominância do grupo do epidoto nas maiores profundidades, associado aos piroxênios- anfibólios, à cianita ou à turmalina.

apresentado por Rubey em 1933 (segundo o qual partículas com mesmas velocidades de decantação se depositariam ao mesmo tempo, daí a associação comumente encontrada entre uma fração pesada um pouco mais fina que a fração leve, em uma mesma amostra), têm encontrado uma série de fatores que, em maior ou menor grau, parecem ser responsáveis pelos padrões encontrados. Entre esses fatores podemos citar as distribuições granulométricas dos minerais leves e pesados no material-fonte (van Andel, 1959); o selecionamento seletivo dos grãos segundo seu tamanho, densidade e forma (mobilização seletiva, segundo conceito apresentado por Hand em 1964, *apud* Lowright et al., 1972 e que vem sendo sucessivamente depurado por Komar e colaboradores); a influência das formas de fundo (Arthur et al., 1986); e a morfologia da área costeira, em que a ausência ou presença de obstáculos como costões rochosos interfere na mistura de sedimentos de várias fontes.

Da observação das figuras 5.2.1 a 5.2.15, percebe-se que alguns minerais pesados apresentam uma distribuição semelhante. Uma primeira comparação pode ser feita entre os minerais mais densos (opacos, zircão e rutilo); no quadro 6.1 são apresentadas as principais características das amostras em que a soma dos percentuais desses minerais (mais a granada) ultrapassa 50% do peso total da fração pesada. Alguns autores têm chamado a atenção para a relação comumente encontrada entre um menor tamanho granulométrico médio das amostras e maiores concentrações dos minerais pesados mais densos e de tamanho granulométrico menor (como opacos e zircão). No quadro 6.1 esta relação direta é observada nas amostras P17, 38, 40, 41, 42 e 50, nas quais o conceito de equilíbrio hidráulico de Rubey (1933) parece

#	Prof. (m)	TGM (ϕ)	% MP	Σ %	Mo (MP)
S 5	18	1.69(am)	0.67	76.60	2.75(af)
S 6	18	1.43(am)	0.17	52.55	3.00(af)
S 7	21	3.25(amf)	0.40	62.70	3.25(amf)
S 8	\cong 1	1.80(am)	0.25	55.05	3.00(af)
S 9	23	1.66(am)	0.74	73.90	3.00(af)
S 11	25	1.94(am)	0.76	69.00	3.00(af)
S 13	25	2.76(af)	1.89	73.70	3.75(amf)
P 6	30	1.34(am)	0.21	59.30	*
P 11	25	1.48(am)	0.18	54.60	2.50(af)
P 17	50	3.19(amf)	0.99	67.15	3.75(amf)
P 21	44	1.56(am)	0.49	68.90	2.50(am)
P 22	45	1.39(am)	0.11	66.35	2.50(am)
P 38	55	3.10(amf)	1.15	61.00	3.75(amf)
P 40	60	3.42(amf)	0.91	53.10	3.75(amf)
P 41	60	4.25(sg)	1.71	62.80	3.75(amf)
P 42	70	3.27(amf)	1.07	61.95	4.00(amf)
P 50	65	3.45(amf)	0.68	56.00	3.75(amf)

QUADRO 6.1: amostras em que a soma dos percentuais (Σ %) dos minerais pesados mais densos (zircão, rutilo, opacos e granada) ultrapassa 50% do peso da fração pesada.

= identificação das amostras.

Prof. (m) = profundidade das amostras, em metros.

TGM (ϕ) = tamanho granulométrico médio das amostras, em ϕ .

(am= areia média; af= areia fina; amf= areia muito fina; sg= silte grosso).

% MP= percentagem de minerais pesados, em peso.

Mo (MP)= classe modal dos minerais pesados.

* = 2.0, 2.5 e 3.0 ϕ .

aplicável. Nas demais, a associação entre elevados percentuais dos minerais pesados mais densos e de menor tamanho granulométrico médio ocorre em amostras cujo tamanho granulométrico médio é areia média e areia fina (este, apenas na amostra S 13). Deste modo, deve-se procurar a razão desta não concordância com a tendência esperada, em relação à concentração desses minerais mais densos.

Em um estudo realizado em praias ao longo do delta do rio Nilo, Frihy e Komar (1990) verificaram que a distribuição de alguns minerais mais densos (opacos, zircão, rutilo e granada) apresentaram um notável paralelismo e que os picos de maiores

concentrações se associaram às atuais desembocaduras do Nilo (Rossetta e Damietta) e a uma desembocadura hoje inativa, cuja posição havia sido descoberta por outros autores. Fazendo-se um paralelo entre os resultados encontrados por esses autores e os da área de estudo, não parece absurdo considerar as três áreas da *shoreface* em que esses minerais mais densos apresentam suas maiores concentrações, como prováveis posições da drenagem continental proveniente do maciço costeiro (e/ou antigos canais de maré), antes que a restinga da Maçambaba adquirisse a configuração atual (fig. 6.2). Quanto às amostras P21 e P22, que se encontram a cerca de 45 metros de profundidade, também é possível que tenham conservado, em superfície, características deixadas por essa suposta paleo-drenagem, o que não parece ocorrer, pelo menos quanto às concentrações dos minerais mais densos, na porção oeste, próximo a Saquarema. Em todas estas amostras situadas a menos de 50 metros de profundidade, é provável que o padrão mineralógico tenha sido herdado do período em que se situavam na face da praia (*beach face*). Neste sub-ambiente, alguns autores como Clemens e Komar (1988) e Li e Komar (1992) afirmam existirem as condições hidrodinâmicas adequadas para que ocorra a segregação dos minerais pesados mais leves (como piroxênios, anfibólios, epidoto, turmalina, cianita) e os mais pesados (como opacos, zircão, rutilo e granada). Essas condições ocorreriam durante as fases erosivas do perfil praial quando, em estudo realizado por Komar e Wang (1984) foi constatada a seleção de minerais pesados com diferentes pesos específicos, devido à mobilização (*entrainment*) e transporte diferenciais dos grãos, em sentido perpendicular à costa. Na área de estudo, Muehe e Corrêa (1989) inferiram o transporte de

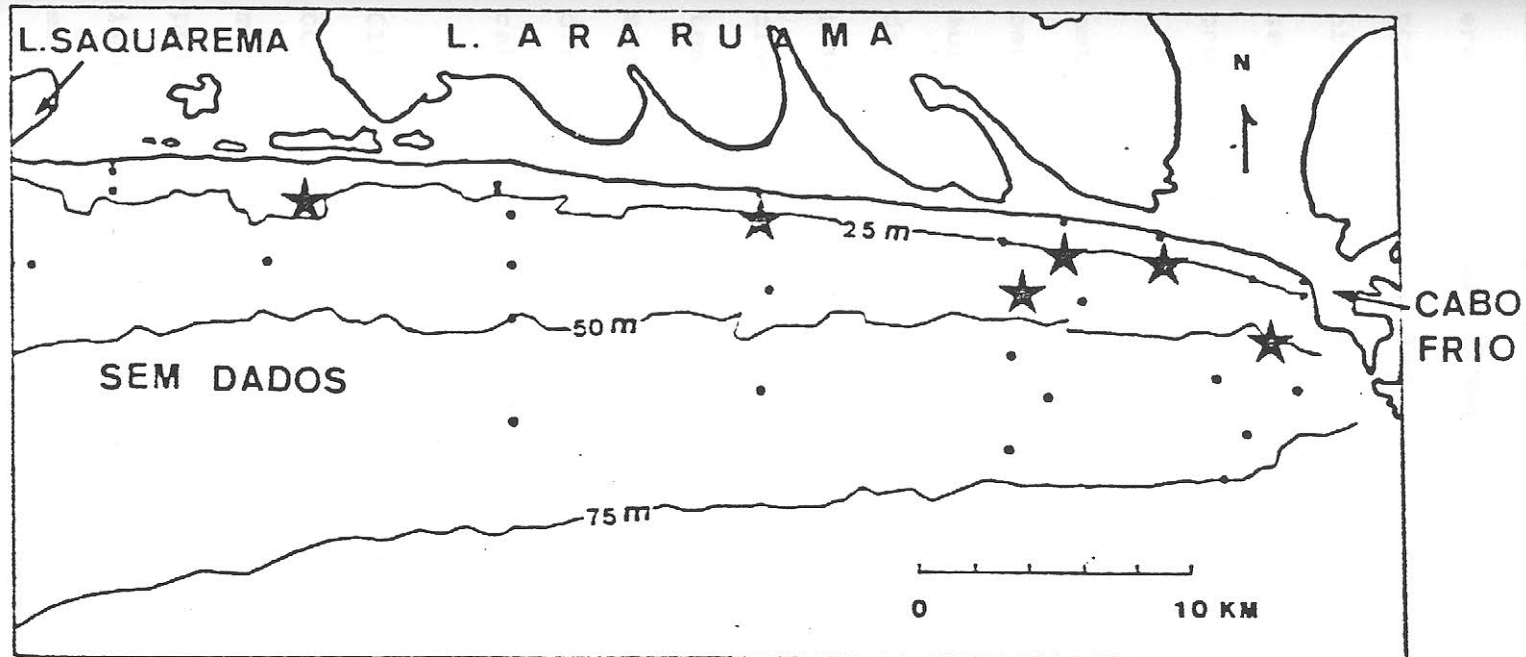


Fig.6.2: As estrelas assinalam as amostras em que a soma dos percentuais dos minerais pesados mais densos (ilmenita, zircão, rutilo e granada) é superior a 65 %, em peso, da fração pesada total. Estudos conduzidos desde a década de 80, mostram que a face da praia (*beachface* ou *foreshore*) é o lugar em que atuam alguns processos seletivos de mobilização dos minerais pesados, com os mais densos permanecendo próximo ao ponto de chegada e os menos densos sendo transportados paralela e/ou perpendicularmente à linha de costa. As estrelas podem indicar pontos em que teria ocorrido a injeção direta de sedimentos provenientes do Maciço Costeiro, seja através de cursos fluviais ou canais de maré, quando o nível do mar se encontrava em uma posição diferente da atual e um cordão arenoso não bloqueava totalmente a comunicação entre a(s) laguna(s) costeira(s) e o oceano adjacente; talvez a estrela mais próxima ao cabo Frio represente uma contribuição mais significativa proveniente do complexo alcalino do cabo Frio.

sedimentos, perpendicularmente à costa, durante períodos de erosão da praia. Nessas ocasiões, dentro da fração pesada, é possível que grãos menos densos e de maior tamanho, embora hidraulicamente equivalentes aos grãos menores e mais densos, sejam preferencialmente retirados da face da praia em direção a profundidades maiores, ou transportados ao longo da costa.

Tendo em vista sua abundância em algumas rochas metamórficas da área emersa, esperava-se encontrar granada em percentuais mais significativos; sua presença em percentuais muito pequenos tanto nas amostras da plataforma continental como da *shoreface*, podem indicar sua instabilidade frente ao intemperismo químico (instabilidade que tem sido apontada em diversos estudos realizados em ambientes costeiros de áreas temperadas, como o de Hoyt e Hails, 1972). Atualmente deve estar sendo fornecida, em pequena quantidade, apenas pelos afloramentos diretamente atingidos pelo batimento das ondas (como na região do cabo Frio, por exemplo).

Embora em alguns trabalhos como o de Frihy e Komar (1989) a granada, por sua elevada densidade, seja apresentada como um mineral com uma distribuição semelhante à dos outros minerais mais densos, na área de estudo seu comportamento foi praticamente oposto. Na extremidade oeste, as linhas de isovalores de percentagens de granada se posicionam obliquamente em relação às linhas batimétricas, parecendo indicar um transporte em direção a leste, ao longo da plataforma continental, em um eixo posicionado mais ou menos a 40 metros de profundidade. Devido à alta densidade desse mineral, é pouco provável que seja um transporte atual pois, mais uma vez, o ambiente praiar e área submersa adjacente é que possibilitam seu

fracionamento em relação aos demais minerais pesados (Swift et al., 1971). Finalmente, observa-se que as altas concentrações de granada na *shoreface*, na porção central da área de estudo, coincidem com elevados percentuais de silimanita, fibrolita, turmalina e, em menor grau, cianita. Mais uma vez, parece existir uma tendência de redistribuição dos sedimentos para leste e sul, a partir de uma antiga posição da linha de costa (o "centro" de irradiação está atualmente a cerca de 30 metros de profundidade) e não deve ser descartada a possibilidade de a dinâmica atual da plataforma continental interna reforçar esse padrão herdado. A turmalina volta a ter um padrão de distribuição similar ao da granada em outras áreas; na extremidade oeste também ocorre diminuição gradual de seus percentuais, parecendo indicar uma direção de transporte para leste; no centro desta porção da plataforma continental, novamente se sobrepõem os mais baixos percentuais de turmalina, granada, cianita e fibrolita, que são "compensados" pelos altos percentuais dos minerais mais densos, indicando uma remobilização das partículas menos densas numa área que se situa a cerca de 45 metros de profundidade. Já a nordeste dessa área de baixas concentrações, muito próximo ao cabo Frio, existe uma outra, aparentemente direcionada da costa para a plataforma continental, em que são maiores os percentuais de turmalina, silimanita, fibrolita, titanita e cianita, sendo que os percentuais caem rapidamente em direção a maiores profundidades. Embora possa ser um padrão herdado, existe a possibilidade de que se trate de sedimentos atuais trazidos pelos ventos da área situada acima do cabo Frio, devido à densidade relativamente baixa de seus componentes.

Voltando à extremidade oeste da área de estudo, as

linhas de isovalores que representam as percentagens de cianita e silimanita, com valores decrescentes de N - S e NW para SE, respectivamente, parecem indicar claramente uma área próxima à desembocadura da laguna de Saquarema como centro dispersor desses sedimentos. Tendo em vista as características do canal de maré dessa laguna, geralmente fechado e sem sofrer o aporte de areias fluviais atuais, mais uma vez é possível que se trate de uma padrão herdado. No restante da área, tanto a cianita como a silimanita têm seus teores diminuídos gradativamente em direção às maiores profundidades.

A apatita perfaz menos de 2 % da fração pesada em praticamente todas as amostras da área, excetuando-se as situadas na porção sudeste da plataforma continental, principalmente nas amostras P57 (6.95%, profundidade = 75m) e P55 (8.10%, profundidade = 70m). O seu padrão de distribuição parece indicar que seja proveniente da região situada acima do cabo Frio, e a natureza bem trabalhada dos grãos apóia esta possibilidade de transporte por uma longa distância.

O epidoto apresentou um dos padrões de distribuição mais relacionados à variação da profundidade e à localização das amostras pois, embora praticamente presente em todas elas, atinge percentuais significativos apenas na porção sul-sudeste da plataforma continental, associado às maiores profundidades; por apresentar peso específico próximo ao da apatita, é possível que ambos provenham da mesma fonte (ou fontes adjacentes) e apresentem idêntico comportamento hidrodinâmico.

Os piroxênios e anfibólios, minerais com baixa resistência química, estão presentes em percentuais baixos em praticamente toda a área de estudo. Nas das duas áreas em que são

encontrados em maiores concentrações, na porção centro-oeste e centro-leste da plataforma continental, podem estar ligados a algum antigo ponto de injeção de sedimentos na área costeira; por suas características favoráveis (peso específico relativamente baixo e formas freqüentemente achatadas), os piroxênios e anfibólios poderiam ter sido hidraulicamente segregados dos minerais mais densos. Também deve ser lembrado que, em função dos dois planos de clivagem que os caracterizam, os piroxênios e anfibólios são muito sujeitos ao fracionamento hidráulico; nesta área de maiores teores, as amostras apresentam tamanho granulométrico médio de 2.62 e 3.45 ϕ . O fracionamento hidráulico também deve explicar a tendência de aumento de seus percentuais com o aumento da profundidade. A outra região de maiores percentuais se situa a cerca de 25 metros de profundidade, próximo ao cabo Frio, e se adiciona às altas concentrações, já citadas, de cianita, silimanita, fibrolita, andalusita e turmalina; todos são minerais de densidade relativamente baixa e talvez estejam sendo levados da planície arenosa de Cabo Frio para a *shoreface* e plataforma continental adjacente, pelos ventos de nordeste, dominantes na região.

A estaurolita, mineral que na literatura é citado como característico de uma proveniência metamórfica, está presente nas amostras analisadas em quantidades muito pequenas, em percentuais quase sempre crescentes em direção às maiores profundidades. Apresenta duas áreas de maiores concentrações: uma quase na porção central da plataforma continental, associada a uma área de altos percentuais de anfibólios e piroxênios (a cerca de 50 metros de profundidade); a outra, na extremidade leste, desta vez a aproximadamente 65 metros, talvez associada ao fluxo

responsável pelo aumento dos percentuais de apatita e epidoto, minerais com pesos específicos um pouco menores que o da estauroлита.

A titanita, também relatada nos afloramentos da área emersa adjacente, revelou-se presente em quantidades muito pequenas; os maiores teores parecem associar-se à distribuição da granada nas extremidades oeste e leste da área de estudo. Na porção central, a cerca de 30 metros de profundidade, temos uma terceira área de maior concentração que pode estar ligada aos sedimentos trazidos pela drenagem que, aparentemente, atingiu a linha de costa em um determinado momento da história evolutiva da área.

Outro mineral, também presente em quantidades insignificantes, com exceção das adjacências do cabo Frio, é a andalusita. Na porção oeste, o padrão de distribuição apresentado associa-se a altos percentuais de fibrolita e talvez se trate de uma fonte *in situ*, proveniente de erosão do substrato aflorante, não necessariamente atual, tendo em vista a profundidade local de 40 metros.

Finalmente, os mapas que representam a distribuição das micas, mostraram uma área em que altos percentuais, tanto de biotita como de muscovita, se encontram associados a amostras que se situam atualmente a cerca de 45 metros de profundidade; conforme afirmam alguns autores, como Carver (1971) e Al-Bakri (1986), as micas, em função de sua forma lamelar e sua baixa densidade, se depositam em locais de baixa energia. Analisando-se as distribuições dos outros minerais pesados estudados, esta área pode representar o lugar em que encontraram condições adequadas de deposição, as micas trazidas por um dos canais fluviais e/ou

de maré, cuja possibilidade de existência já foi citada anteriormente.

Para finalizar, pode-se correlacionar os resultados acima descritos com alguns estudos sedimentológicos e morfológicos que têm sido realizados na plataforma continental sul e sudeste-brasileira e, mais especificamente, na área compreendida entre Saquarema e o cabo Frio. Alguns autores, como Ponzi (1978), Kowsmann & Costa (1979b), Corrêa & Ade (1987), Costa *et al.* (1988) e Corrêa *et al.* (1989), têm identificado antigas posições de estabilização do nível do mar, relacionadas à última transgressão holocênica; essas paleo-linhas de costa hoje estão localizadas a aproximadamente 130, 110, 80-90, 60-75, 50, 32-45, e 20-25 metros de profundidade. Coincidentemente, as distribuições das frações pesadas que induzem à suposição de antigos ambientes praias, parecem apontar para as profundidades de 25, 30, 45 e 50 metros (fig. 6.2). Adicionalmente, Muehe e Carvalho (1992) mostraram a existência de um arenito de praia (*beach-rock*), atualmente posicionado entre 45 e 50 metros de profundidade, o que constitui um outro indício de uma posição de estabilização do nível do mar.

Muehe e Carvalho (1992) também identificaram um afloramento do embasamento cristalino a cerca de 50 metros de profundidade na porção centro-oeste da área de estudo; possivelmente é um remanescente do interflúvio que atualmente separa a planície costeira de Saquarema e Cabo Frio. A extensão desse afloramento não é conhecida mas, além de sua função de divisor de águas, pode-se imaginá-lo como fonte de material *in situ*, nos momentos em que esteve sob a ação erosiva das ondas. Na fig.1.2 estão realçados os cursos fluviais que atualmente chegam

à laguna de Araruama e parte dos que se dirigem para a laguna de Saquarema. Possivelmente vários deles atingiram a costa diretamente antes de terem seus cursos bloqueados pela construção da restinga da Maçambaba; após este evento, a drenagem fluvial se dirigiu para leste durante as regressões marinhas, conforme sugere a batimetria da laguna de Araruama, apresentada na fig. 6.3 (Dr. Dieter Muehe, comunicação pessoal).

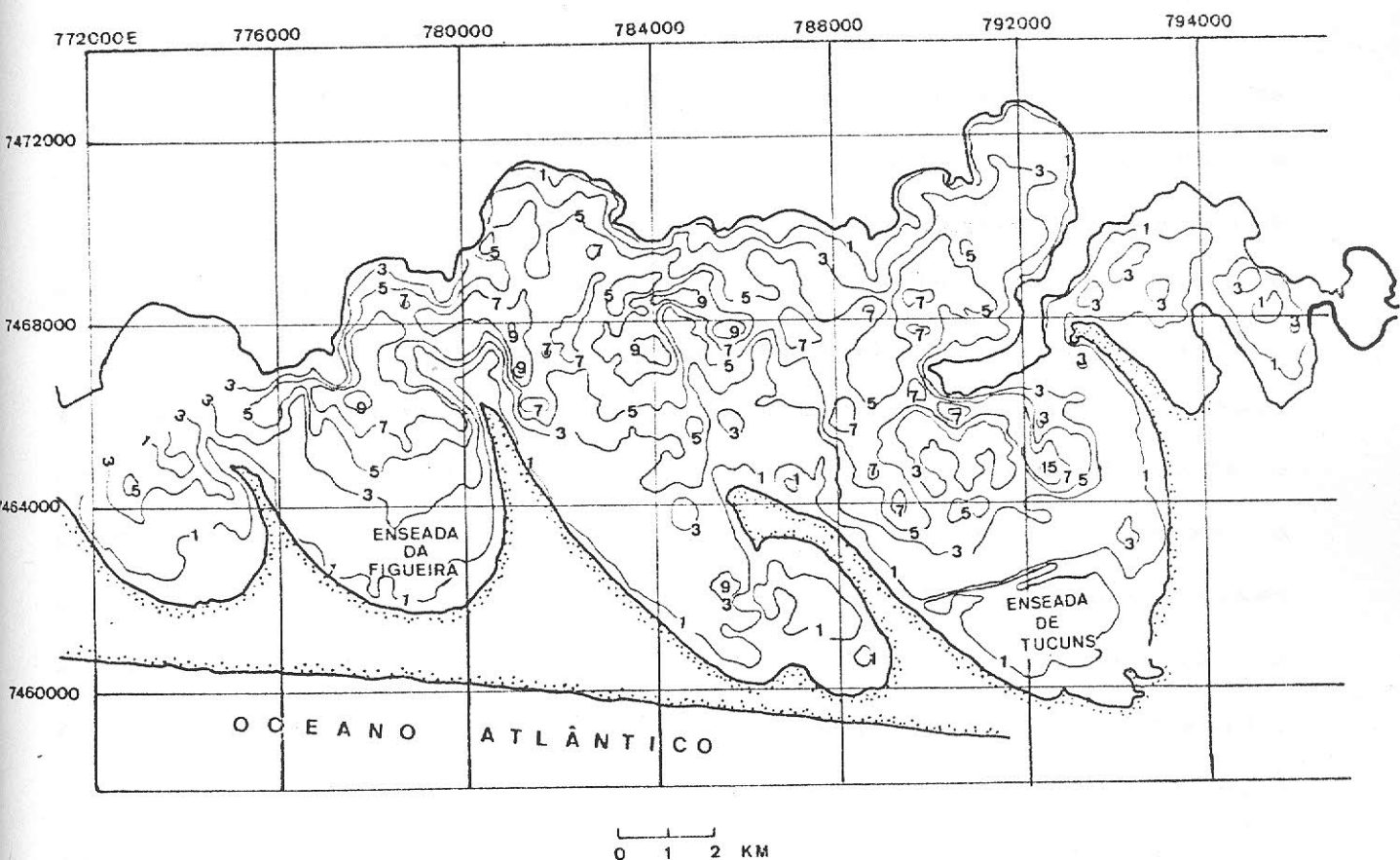


Fig.6.3: Batimetria da porção centro-leste da laguna de Araruama. Observar a presença de um eixo central mais profundo que se desvia para a Enseada de Tucuns, onde atinge profundidades superiores a 15 metros. (Simplificado a partir de mapa produzido pelo CPRM em 1981).

Embora as amostras da área emersa tenham sido analisadas de uma maneira mais superficial, uma observação merece destaque. Nas amostras do cordão interno, como assinalado no capítulo anterior, granada e membros do grupo dos piroxênios e anfibólios estão praticamente ausentes; por outro lado, ocorre uma ampla dominância de minerais mais resistentes ao intemperismo químico, como zircão, turmalina, rutilo e ilmenita, além de silimanita e um mineral não claramente identificado devido ao recobrimento e impregnação por óxidos de ferro, que pode ser epidoto.

Neiheisel (1962), ao analisar várias amostras da planície costeira da Geórgia (Estados Unidos) concluiu que os sedimentos mais antigos (pleistocênicos) são empobrecidos nas espécies minerais menos estáveis (hiperstênio e epidoto) e enriquecidos nas espécies mais estáveis (rutilo, zircão, silimanita e monazita), quando comparados às amostras mais recentes. Hails e Hoyt (1972), estudando amostras de toda a planície costeira do mesmo estado (Geórgia), chegaram a conclusões semelhantes às de Neiheisel (1962). Segundo esses autores, à medida que aumenta a idade dos sedimentos (de atuais a pleistocênicos), ocorre uma diminuição significativa de granada, hornblenda verde e epidoto, sendo que a silimanita é muito mais abundante nos sedimentos pleistocênicos. Citam o trabalho de Dryden e Dryden (1946), segundo os quais a granada é o mineral menos resistente ao intemperismo químico *in situ*, dentre os minerais pesados mais comuns.

Thom *et al.* (1972), em trabalho realizado na planície costeira da Carolina do Sul (1972), também encontraram um enriquecimento em silimanita dos sedimentos mais antigos, nos quais epidoto e hornblenda tendem a desaparecer, provavelmente

devido à ação do intemperismo químico; apresentam uma tabela em que a granada está ausente dos sedimentos mais antigos.

Coutinho e Coimbra (1974) realizaram um trabalho preliminar de identificação das assembléias mineralógicas que caracterizam os sedimentos da Formação Barreiras (à qual é atribuída uma idade pliocênica), entre os estados do Rio de Janeiro e Rio Grande do Norte. De um modo geral, concluíram que "(...) estão ausentes minerais instáveis que podem ser comuns em areias de praias contíguas (caso estudado no Espírito Santo) tais como epidoto, granada, hiperstênio e titanita. Em acréscimo, a hornblenda, rara no Barreiras, pode ser superabundante em areias recentes".

Tessler (1988) analisou o conteúdo mineralógico de várias amostras da área emersa (depósitos pleistocênicos e holocênicos), *shoreface* e plataforma rasa (até a isóbata de 50 metros), coletadas entre a ilha do Cardoso e a foz do rio Ribeira do Iguape, litoral sul do estado de São Paulo. Embora afirme que as formações Cananéia (pleistocênica) e Santos (holocênica) "não apresentam textural e mineralogicamente variações significativas, quando analisadas ao longo de seus perfis verticais ou longitudinalmente à linha de costa atual" a aplicação do índice de maturidade ZTR (Hubert, 1962) resultou em valores decrescentes da Formação Cananéia para os sedimentos mais recentes. Em relação às frequências de minerais instáveis e estáveis, a Formação Cananéia apresentou um predomínio (80%) de minerais estáveis na fração areia fina.

Frente a esses resultados, parece razoável admitir a possibilidade de que os sedimentos do cordão interno, em contato com a laguna de Araruama, sejam pelo menos pleistocênicos. Ainda

existem muitas dúvidas quanto à idade desses depósitos, principalmente devido à escassez de material datável (como tem sido encontrado no nordeste brasileiro). Martin e Flexor (1989) foram os primeiros autores a associarem esses depósitos arenosos mais antigos, que separam as grandes lagunas fluminenses (Maricá, Saquarema e Araruama) do oceano, à Penúltima Transgressão ou Transgressão Cananéia; esta teria atingido seu máximo há aproximadamente 120 000 anos A.P., quando o nível do mar esteve 8 ± 2 metros acima do nível atual (Martin e Suguio, 1986).

As características mineralógicas das amostras do cordão interno, apresentadas neste trabalho, podem ser somadas aos critérios que embasaram as conclusões de Martin e Flexor (1989): datação através da técnica do carbono-14, superior a 30 000 anos A.P. para um pedaço de madeira coletado em um canal de drenagem, próximo a Arraial do Cabo; o alinhamento dos cordões litorâneos mais antigos; a ausência de conchas e a impregnação das areias por ácidos húmicos, o que lhes confere uma coloração marrom-escuro e uma certa coesividade; a posição relativa dos depósitos arenosos mais antigos em relação àqueles com mais de 5000 anos A.P. e as propriedades mecânicas das argilas situadas sob as areias.

7. CONCLUSÕES.

Os resultados obtidos até agora, permitem fixar os seguintes aspectos:

* os principais minerais pesados identificados na área de estudo são, dentre os não-opacos, cianita, turmalina, piroxênios e anfibólios (principalmente hiperstênio, augita, diopsídio, hornblenda e, provavelmente actinolita), epidoto, apatita, zircão, rutilo, silimanita, fibrolita, granada, andalusita e micas (biotita e muscovita); dentre os opacos predominam ilmenita, ilmenita leucoxeneizada e leucoxênio. Tais minerais refletem as características mineralógicas das áreas-fontes mais prováveis, constituídas por rochas metamórficas e ígneas alcalinas;

* entre os não-opacos, em percentuais quase sempre inferiores a 1% da fração pesada, também foram identificadas titanita e estauroлита; a magnetita aparece entre os opacos sempre em percentuais inferiores a 3% da fração pesada;

* para a maioria dos minerais, observou-se uma tendência de decréscimo das concentrações em direção a mar aberto; isto indica que a fonte primária se situa à retaguarda da área de estudo, sugerindo um aporte fluvial, preferencialmente a partir do Maciço Costeiro;

* o padrão de distribuição espacial dos minerais pesados mais densos, como opacos, zircão, rutilo e granada, permite inferir que algumas amostras atualmente situadas a 25, 30, 45, e 50

metros de profundidade, já fizeram parte de um ambiente praial. Alguns autores, através de critérios sedimentológicos e morfológicos, têm apontado a existência, nessas profundidades, de indícios de antigas linhas de costa, ao longo da plataforma continental sul, sudeste e norte-brasileira;

* durante a transgressão holocênica, à medida que o nível do mar ocupava diferentes posições, parece ter persistido um padrão de redistribuição dos sedimentos em direção a leste (para o cabo Frio) e sul-sudeste (para mar aberto). A laguna de Saquarema e mais quatro pontos parecem ter sido locais de injeção de sedimentos na linha de costa, em algum momento da evolução da área. Estes pontos podem ter sido desembocaduras de cursos fluviais provenientes do Maciço Costeiro e/ou antigos canais de maré;

* a densidade relativamente baixa dos minerais (principalmente cianita, piroxênios/anfibólios, turmalina e silimanita) que estão presentes em uma área de maior concentração de minerais pesados, próximo a Arraial do Cabo, a cerca de 20 metros de profundidade, sugere a possibilidade de uma contribuição eólica recente ou mesmo atual, da planície arenosa de Cabo Frio;

* uma outra possível contribuição atual, proveniente da região situada acima do cabo Frio, via plataforma continental, pode ser inferida a partir do padrão espacial de distribuição de dois minerais (epidoto e principalmente apatita), na extremidade sudeste da área de estudo;

* a maturidade mineralógica dos sedimentos encontrados no cordão interno, onde estão ausentes vários minerais pesados encontrados no cordão externo, *shoreface* e plataforma continental interna (notadamente granadas e anfibólios/piroxênios), sugere que são mais antigos (pelo menos pleistocênicos), conforme já postulado anteriormente por alguns autores.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

No trabalho realizado, a utilização de uma variável, distribuição dos minerais pesados na fração arenosa de algumas amostras coletadas em ambiente costeiro e plataforma continental interna adjacente, permitiu a inferência de algumas tendências de transporte de sedimentos e suscitou novas dúvidas. Deste modo, podem ser feitas algumas sugestões de trabalhos futuros:

- * estudo da constituição mineralógica dos sedimentos dos cursos fluviais que atualmente desembocam nas lagoas de Saquarema e Araruama para comparação com os resultados deste trabalho; um dos objetivos principais seria constatar a presença ou não de cianita nos sedimentos por eles transportados;
- * análise mineralógica de um maior número de amostras da plataforma continental e *shoreface*, próximo aos pontos em que foram encontrados indícios de paleo-linhas de costa;
- * análise das concentrações dos principais minerais encontrados, nas diferentes frações granulométricas;
- * estudo detalhado dos componentes do grupo dos piroxênios e anfibólios para melhor avaliação das direções de transporte, em função da assembléia que caracteriza o maciço alcalino do cabo Frio;

* coleta de testemunhos nas áreas em que foram encontrados indícios de paleo-canais fluviais e/ou de maré;

* levantamento correntométrico detalhado da área a fim de avaliar a possibilidade de redistribuição atual de sedimentos de oeste para leste e sul-sudeste e a contribuição trazida pela circulação ligada à plataforma continental média, ao sul do cabo Frio, de orientação SE-NW;

* levantamento sísmico de detalhe nas posições de possíveis paleo-canais, nos afloramentos rochosos do embasamento e nos arenitos de praia (*beach rocks*);

* os zircões encontrados, com diferentes formas e colorações, não serviram como indicadores de áreas-fontes, devido à ausência de trabalhos semelhantes nos afloramentos da área emersa; só após a realização desse trabalho, é que será possível conhecer seu real potencial como indicador de rocha-fonte. O mesmo emprego talvez possa ser dado às turmalinas límpidas, de coloração castanho-avermelhada e de bordas relativamente arredondadas, que estiveram presentes em várias amostras e que são bem distintas do tipo dominante.

9. BIBLIOGRAFIA CITADA.

- AL-BAKRI, D. Provenance of the sediments in the Humber estuary and the adjacent coasts, eastern England. *Mar. Geol.*, 72:171-186, 1986.
- AMADOR, E. S. O complexo sedimentar da planície de Cabo Frio. In: ABEQUA, 3, Belo Horizonte-MG, 1992. *Anais...* Belo Horizonte, ABEQUA-MHNJB/UFMG, p. 187-198.
- AMADOR, E. S. Sedimentos de fundo da baía de Guanabara: uma síntese. In: ABEQUA, 3, Belo Horizonte-MG, 1992. *Anais...* Belo Horizonte, ABEQUA-MHNJB/UFMG, p. 199-224.
- ANDEL, T. H. Reflections on the interpretation of heavy mineral analyses. *Jour. Sed. Petr.*, 29(2):153-163, 1959.
- _____ & POOLE, D. M. Sources of recent sediments in the northern Gulf of Mexico. *Jour. Sed. Petr.*, 30(1):91-122. 1960.
- ARTHUR, J. D.; APPLGATE, J.; MELKOTE, S.; SCOTT, T. M. Heavy mineral reconnaissance off the coast of the Apalachicola river delta, northwest Florida. Tallahassee, Florida Geological Survey. *Geol. Rep. Inv.*, 95, 1986. 61p.
- BRIGGS, L. I.; McCULLOCH, D. S.; MOSER, F. The hydraulic shape of sand particles. *Jour. Sed. Petr.*, 32(4): 645-656. 1962.
- CALLAHAN, J. A nontoxic heavy liquid and inexpensive filters for

- separation of mineral grains. *Jour. Sed. Petr.*, 57(4):765-766, 1987.
- CARVER, R. E. Holocene and late Pleistocene sediment sources, continental shelf off Brunswick, Georgia. *Jour. Sed. Petr.*, 41(2):517-525, 1971.
- CLEMENS, K. E. & KOMAR, P. D. Oregon beach-sand compositions produced by the mixing of sediments under a transgressing sea. *Jour. Sed. Petr.*, 58(3):519-529, 1988.
- CORREIA, I. C. S. & ADE, M. V. B. Contribuição ao estudo da paleogeografia da plataforma continental do Rio Grande do Sul. In: CONGR. ABEQUA, 1, 1987, Porto Alegre-RS. *Anais... Porto Alegre-RS*, p. 37-48, 1987.
- _____ ; PONZI, V. R. A. ; TRINDADE, L. A. F. Níveis marinhos quaternários da plataforma continental do Rio de Janeiro. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, 1980, Camboriú-SC. *Anais... SBG*, v.1, p. 578-587, 1980.
- _____ ; BAITELLI, R. ; SANTOS, H. N. ; ADE, M. V. B. Sea level change in south-brazilian continental shelf. In: INTERN. SYMP. ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY: past, present, future, São Paulo-Brazil. p. 245-249, 1989.
- CORREIA, C. H. T. & MUEHE, D. A presença de areias finas nos sedimentos praias na extremidade leste da restinga da Maçambaba-RJ. CONGR. ABEQUA, 2, 1989. 7p. (inédito).

COSTA, M. P. A. ; ALVES, E. C. ; PACHECO, P. G. ; MAIA, A. S. Prováveis estabilizações do nível do mar holocênico em trechos da plataforma continental entre o norte de São Paulo e o sul do Rio de Janeiro, constatadas através de morfologia de detalhe. In: CONGR. BRAS. GEOL., 35, 1988, Belém-PA. *Anais...*, Belém, SBG, v.2, p.436-450, 1988.

COUTINHO, J. M. V. & COIMBRA, A. M. Os pesados do Barreiras na costa oriental brasileira: estudo de áreas-fontes. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28, 1974, Porto Alegre-RS. *Anais...*, Porto Alegre, SBG, v.5, p.27-41, 1974.

DEER, W. A. ; HOWIE, R. A. ; ZUSSMAN, J. *An introduction to the rock-forming minerals*. 12th ed., London, Longman, 1980. 528p.

DEVISMES, P. *Atlas photographique des minéraux d'alluvions*. Paris, Bureau de Recherches Géologiques et minières, 1978. 203p.

FEO-CODECIDO, G. Heavy-mineral techniques and their application to Venezuelan Stratigraphy. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, 40(5):984-1000, 1955.

FERENTINOS, G. & COLLINS, M. Effects of shoreline irregularities on a rectilinear tidal current and their significance in sedimentation processes. *Jour. Sed. Petr.*, 50(4):1081-1094, 1980.

FERRARI, A. L. ; BRENNER, T. L. ; DALCOLMO, M. T. ; NUNES, H. R. C. O pré-

Cambriano das folhas Itaboraí, Maricá, Saquarema e baía de Guanabara. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32, 1982, Salvador-BA. *Anais...* Salvador-BA, SBG, v.1.p.103-113, 1982.

FONSECA, M. J. G. ; HEILBRON, M. ; CHRISPIM, S. Geologia estrutural da área de Cabo Frio e Armação dos Búzios. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33, 1984, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro-RJ, SBG, p. 5393-5424, 1984.

FRIEDMAN, G. M. & JOHNSON, K. G. *Exercises in Sedimentology*. New York, John Wiley and Sons, 1982. 208p.

FRIHY, O. E. & KOMAR, P. D. Patterns of beach-sand sorting and shoreline erosion on the Nile delta. *Jour. Sed. Petr.*, 61(4):544-550, 1990.

FUJIMORI, S. & FERREIRA, Y. A. *Introdução ao uso do microscópio petrográfico*. Salvador, UFBA, 1970. 202p. (Programa de Textos Didáticos).

GALE, S. J. & HOARE, P. G. *Quaternary sediments: petrographic methods for the study of unlithified rocks*. New York, Belhaven Press, 1991.

GRIFFITHS, J. C. *Scientific method in analysis of sediments*. New York, McGraw-Hill, 1967. 508p.

HAILS, J. R. & HOYT, J. H. The nature and occurrence of heavy minerals in Pleistocene and Holocene sediments of lower Georgia coastal

plain. *Jour. Sed. Petr.*, 42(3):646-666, 1972.

HUBERT, J.F. A zircon-tourmaline-rutile maturity index and the interdependence on the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and textures of sandstones. *Jour. Sed. Petr.*, 32(3):440-450. 1962.

KOMAR, P.D. & WANG, C. Processes of selective grain transport and the formation of placers on beaches. *Jour. Geol.*, 92:637-655, 1984.

_____ ; CLEMENS, K.E. ; LI, Z. ; SHIH, S.M. The effects of selective sorting on factor analyses of heavy-mineral assemblages. *Jour. Sed. Petr.*, 59(4):590-596, 1989.

KOWSMANN, R.O. & COSTA, M.P.A. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. Rio de Janeiro, Petrobrás, CENPES, DINTEP, 1979a. (Série Remac, nº8). 55p.

_____ & COSTA, M.P.A. Evidence of late Quaternary sea level stillstands on the upper Brazilian continental margin: a synthesis. In: 1978 INTERN. SYMP. ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY. *Proceedings...* 1979, São Paulo-Brazil. p.170-192, 1979b.

KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F.J. *Manual of Sedimentary Petrography*. Tulsa, SEPM, 1988. 549p. (reprint da obra original de 1938).

- LEE;H. J. ; JEONG,K. S. ; HAN,S. J. ; BAHK,K. S. Heavy-minerals indicative of Holocene transgression in the southeastern Yellow Sea. *Cont. Shelf Res.*, 8(3):255-266, 1988.
- LEONARDOS JR.,O.H. & FYFE,W.S. Ultrametamorphism and melting of a continental margin: the Rio de Janeiro region, Brazil. *Contr. Mineral. and Petr.*, 46:201-214, 1974.
- LI,M.Z. & KOMAR,P.D. Longshore grain sorting and beach placer formation adjacent to the Columbia river. *Jour. Sed. Petr.*, 62(3):429-441, 1992.
- LIMA,P.R.A.S. Geologia dos maciços alcalinos do estado do Rio de Janeiro. In: SEM. EST. GEOL., 1, 2, 3, Itaguaí-RJ. *Coletânea de trabalhos*. Itaguaí, UFRRJ, p.205-259, 1976.
- LINDHOLM,R.C. *A Practical Approach to Sedimentology*. London, Allen and Unwin, 1987. 276p.
- LOWRIGHT,R. ; WILLIAMS,E.G. ; DACHILLE,F. An analysis of factors controlling deviations in hydraulic equivalence in some modern sands. *Jour. Sed. Petr.*, 42(3):635-645, 1972.
- LUEPKE,G. Opaque minerals as aids in distinguishing between source and sorting effects on beach-sand mineralogy in Southwestern Oregon. *Jour. Sed. Petr.*, 50(2):489-496, 1980.
- MACHADO,R. & DEMANGE,M. Reinterpretação estrutural e tectônica da região a leste da baía da Guanabara e a definição do batólito

de Araruama (RJ). In: CONGR. BRAS. GEOL., 36, 1990, Natal-RN. Anais... Natal-RN, SBG, v.6, p.2744-2754, 1990.

MAHIQUES, M. M. *Considerações sobre os sedimentos de superfície de fundo da baía da ilha Grande, estado do Rio de Janeiro.* Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, USP, 1987. 2v.

MARTIN, L. & SUGUIO, K. *Brazilian Quaternary shorelines.* In: International Symposium on sea level changes and Quaternary shorelines. Special Publication n°1. 1986.

_____ ; FLEXOR, J. M. ; VALENTIN, J. L. The influence of the "El Niño" phenomenon on the enhancement or annihilation of Cabo Frio upwelling in the Brazilian coast of the state of Rio de Janeiro. In: INTERN. SYMP. ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY: past- present- future, São Paulo-Brazil. p.225-227, 1989.

_____ & FLEXOR, J. M. Terraços marinhos pleistocênicos da região norte do estado do Rio de Janeiro. CONGR. ABEQUA, 2, 1989. 14p. (inédito).

_____ & SUGUIO, K. Excursion route along the Brazilian coast between Santos (state of São Paulo) and Campos (northern state of Rio de Janeiro). In: INTERN. SYMP. ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY: past- present- future, São Paulo-Brazil. Special publication n°2, 1989. 136p.

MCMASTER, R. L. Mineralogy as an indicator of beach sand movement along the Rhode Island shore. *Jour. Sed. Petr.*, 30(3):404-413, 1960.

MEZZADRI, G. & SACCANI, E. Heavy mineral distribution in late Quaternary sediments of the Southern Aegean Sea: implications for provenance and sediment dispersal in sedimentary basins at active margins. *Jour. Sed. Petr.*, 59(3):412-422, 1989.

MILNER, H. *Sedimentary petrography*. 4th rev. ed., London, George Allen and Unwin, 1962. 2v.

MUEHE, D. & CARVALHO, V. M. S. Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre a Ponta de Saquarema e o cabo Frio (RJ). 1992. (aceito para publicação no Boletim do Instituto Oceanográfico da USP).

_____ & CORRÊA, C. H. T. Dinâmica de praia e transporte de sedimentos na restinga da Maçambaba, RJ. *Rev. Bras. Geoc.*, 19(3):387-392, 1989.

_____ & SUCHAROV, E. C. Considerações sobre o transporte de sedimentos na plataforma continental nas proximidades das ilhas Maricás, RJ. *Rev. Bras. Geoc.*, 11(4):238-246, 1981.

NEIHEISEL, J. Heavy-mineral investigation of Recent and Pleistocene sands of lower coastal plain of Georgia. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 73:365-374, 1962.

- NIEDORODA, A. W. ; SWIFT, D. J. P. ; HOPKINS, T. S. The shoreface. In: Davis Jr., R. A. (ed.) *Coastal Sedimentary Environments*. 2nd rev. ed., New York, Springer Verlag, 1985. p.533-624.
- PARFENOFF, A. ; POMEROL, C. ; TOURENQ, J. *Les minéraux en grains: méthodes d'étude et détermination*. Paris, Masson et Cie, 1970. 597p.
- PETTIJOHN, E. J. *Sedimentary rocks*. 3rd ed., New York, Harper and Row, 1975. 628p.
- PETTIJOHN, F. J. ; POTTER, P. E. ; SIEVER, R. *Sand and Sandstone*. New York, Springer-Verlag, 1972. 618p.
- POMERANCBLUM, M. & COSTA, M. P. A. Integração de informações sobre os minerais pesados na plataforma continental brasileira. In: CONGR. BRAS. GEOL., 26, 1972, Belém-PA. *Anais...* Belém-PA, SBG, v.2. p.179-186, 1972.
- PONZI, V. R. A. Aspectos sedimentares da plataforma continental interna do Rio de Janeiro entre Saquarema e Ponta Negra. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, U.F.R.G.S., 1978. 98p.
- REIS, A. P. ; NUNES, H. H. R. ; CHIAVEGATTO, J. R. S. ; LIMA, P. R. A. S. ; ROCHA, R. L. S. Geologia e recursos minerais das folhas Cabo Frio e Farol do Cabo- estado do Rio de Janeiro- Brasil. D.R.M. 154p. (inédito).
- RESENDE, M. C. C. M. Observações geológicas das praias de São

- Francisco, Charitas e adjacências- Niterói-RJ. Relatório final de bolsa de iniciação científica do CNPq, 1990. 162p.
- ROCHA, J. DA; MILLIMAN, J. D.; SANTANA, C. I.; VICALVI, M. A. Southern Brazil. *Contr. Sediment.*, 4:117-150, 1975.
- SCHEIDEGGER, K. F.; KULM, L. D.; RUNGE, E. J. Sediment sources and dispersal patterns of Oregon continental shelf sands. *Jour. Sed. Petr.*, 41(4):1112-1120, 1971.
- SILVA, M. A. M. *Mineralogia das areias de praia entre Rio Grande e Chuí- Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado. Univ. Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, 1976. 93p.
- SILVA, M. A. M. & BAPTISTA NETO, J. A. Caracterização do tómbolo da praia de Charitas- enseada de Jurujuba (baía de Guanabara). CONGR. BRAS. GEOL., 37, 1992, São Paulo-SP, *Bol. Res. Exp.*, São Paulo, SBG, v.1, p. 96-97, 1992.
- SWIFT, D. J.; DILL JR., C. E.; MCHONE, J. Hydraulic fractionation of heavy mineral suites on an unconsolidated retreating coast. *Jour. Sed. Petr.*, 41(3):683-690, 1971a.
- SWIFT, D. J. P.; STANLEY, D. J.; CURRAY, J. Relict sediments on continental shelves: a reconsideration. *Jour. Geol.*, 79:322-346, 1971b.
- TESSLER, M. G. *Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista*. Tese de Doutorado. Inst. Geoc., USP, 1988. 276p.

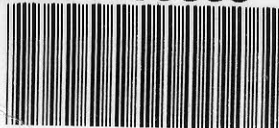
THOM, B. G. ; ADAMS, R. D. ; CAZEAU, C. J. ; HERON Jr., S. D. Aspects of the texture and mineralogy of surficial sediments, Horry and Marion Counties, South Carolina. *South. Geol.*, 14(1):39-58. 1972.

TOMAZELLI, L. J. Minerais pesados da plataforma continental do Rio Grande do Sul. *Acta Geol. Leopold.*, 2(3):103-159, 1978.

VALENÇA, J. G. & KLEIN, V. C. Complexos alcalinos situados a leste da baía de Guanabara, Rio de Janeiro. In: SIMP. GEOL. REG. RJ-ES, 1, Rio de Janeiro-RJ. *Anais...* Rio de Janeiro-RJ, SBG, p.368-380, 1987.

ZIMBRES, E. Minerais pesados associados ao maciço alcalino de Canaã, município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro. In: CONGR. BRAS. GEOL., 35, 1988, Belém-PA. *Anais...* Belém-PA, SBG, v.3, p.1412-1424. 1988.

100005683



T
1106
G934M

GUERRA, JOSEFA VARELA.

047748-6
BC

MINERAIS PESADOS COMO INDICADORE
S DE PALEO-DRENAGEM E DIRECAO DE
TRANSPORTE DE SEDIMENTOS NA
PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA
ENTRE SAQUAREMA E ARRAIAL DO
CABO - (RJ).

BIBLIOTECA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA

BIBLIOTECA CENTRAL