

# *Pesquisas em Geociências*

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

---

## **Caracterização do Sedimentos de Fundo e Dinâmica Sedimentar da Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara), Niterói, RJ**

*José Antônio Baptista Neto, Maria Augusta Martins da Silva*

*Pesquisas em Geociências*, 23 (1/2): 7-16, maio/ago., 1996.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21221>

---

Publicado por

## **Instituto de Geociências**

---



## **Portal de Periódicos UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

---

### **Informações Adicionais**

**Email:** [pesquisas@ufrgs.br](mailto:pesquisas@ufrgs.br)

**Políticas:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

**Submissão:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

**Diretrizes:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

---

Data de publicação - maio/ago., 1996.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

## Caracterização dos Sedimentos de Fundo e Dinâmica Sedimentar da Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara), Niterói, RJ.

JOSÉ ANTÔNIO BAPTISTA NETO & MARIA AUGUSTA MARTINS DA SILVA

Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, UFF, Av. Litorânea, s/nº, CEP: 24210-340, Niterói, RJ, Brasil

(Recebido em 03/95. Aceito para publicação em 07/96)

**Abstract** - Sixty-four bottom surface sediment samples were collected in Jurujuba Bight using a Dietz LaFond grab sampler. They were analysed for grain size distribution, shape, mineralogy and geochemistry. From the association between the Bight bottom morphology and sediment characteristics, it was possible to establish the sedimentary dynamics. This allowed a division of the Bight into three sedimentary zones: an outer, sand-dominated zone of relatively high wave and current energy, an inner zone characterized by very calm conditions and clay/mud deposition and an intermediary zone of mixed sedimentary characteristics.

### INTRODUÇÃO

A Enseada de Jurujuba (Fig.1), localizada na margem oriental da Baía de Guanabara, abrange uma superfície aquosa de aproximadamente 9 km<sup>2</sup> e profundidades que variam de 5 a 7 metros na entrada e de 3 a 4 metros na parte central.

Neste trabalho são apresentados os resultados de análises granulométricas, mineralógicas e geoquímicas de 64 amostras superficiais coletadas no fundo da Enseada (Fig.2). Essas análises associadas a interpretações batimétricas permitiram conhecer as relações entre dinâmica sedimentar e morfologia de fundo, até então desconhecidas na Enseada.

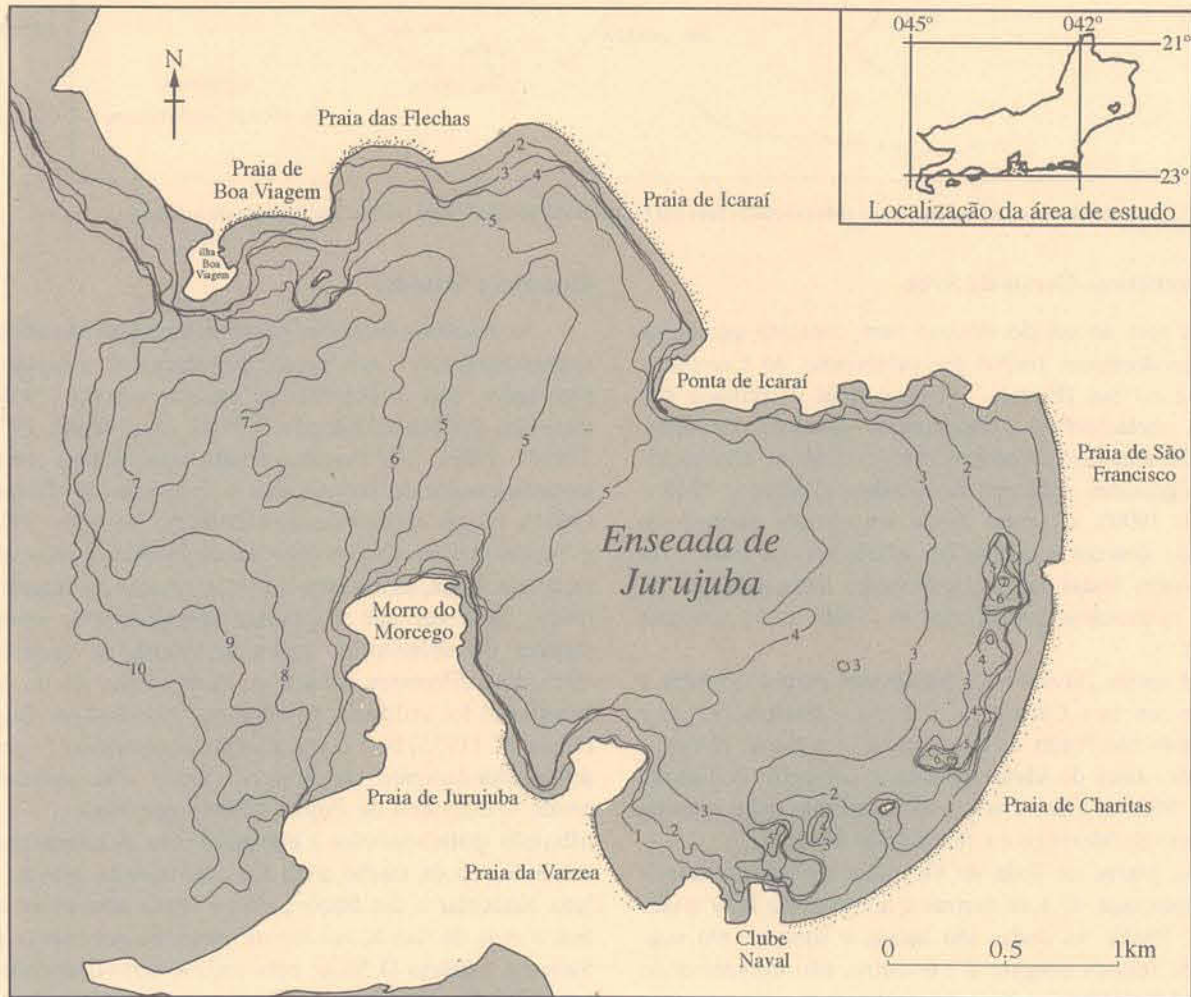


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudos e batimetria da Enseada de Jurujuba (Fonte DHN - Folha: FB-1511-002/82 - Barra do Rio de Janeiro).

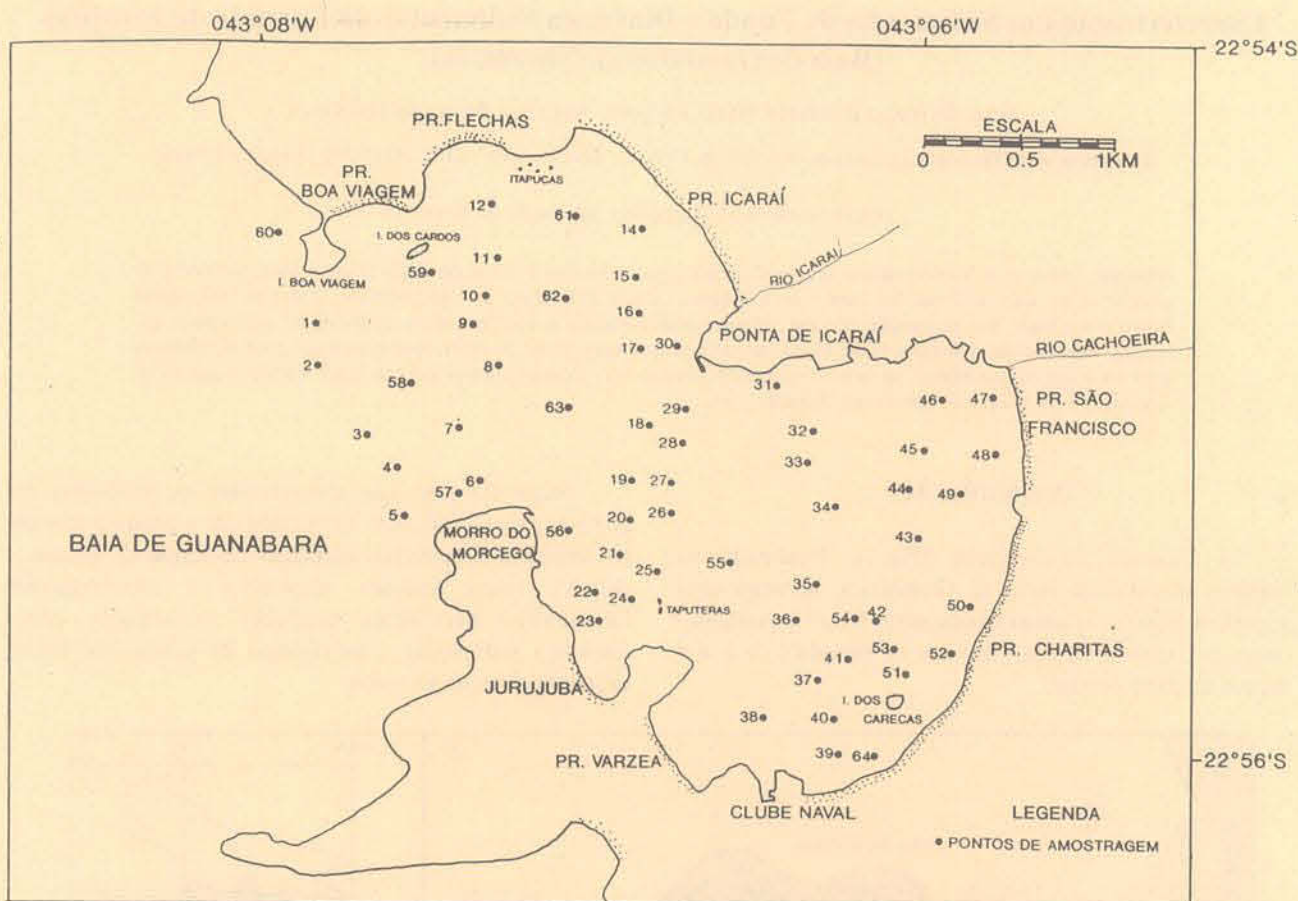


Figura 2 - Localização das amostras de fundo (64) coletadas com um busca-fundo do tipo "Dietz Lafond" na Enseada de Jurujuba.

### Características Gerais da Área

A área de estudo situa-se num contexto geológico onde predominam rochas pré-cambrianas do Complexo Paraíba do Sul (Ferrari, 1990), o qual é formado por rochas metamórficas, basicamente gnaisses facoidais, secundariamente biotita-gnaisses, e também charnockitos, migmatitos e diques de diabásio (Lamego, 1945 e Ferrari, 1990). Ocorrem ainda um grande número de veios de quartzo e pegmatitos aflorantes em toda a região. Além destas rochas, sedimentos inconsolidados de idade quaternária preenchem os vales e os sistemas praias.

O aporte fluvial mais importante para a Enseada é feito pelos rios Cachoeira e Icaraí (canalizados), que desagüam nas Praias de São Francisco e Icaraí, respectivamente, além de vários pequenos córregos. A ligação com a Baía de Guanabara está localizada entre a Ponta do Morro do Morcego e a Ilha de Boa Viagem.

As marés na Baía de Guanabara possuem amplitudes máximas de 1,40 metros e mínimas de 0,20 metro (DHN, 1985). As ondas são baixas e somente em ocasiões de ressaca chegam a 1,0 metro, não ultrapassando porém 1,5 metros.

### Material e Métodos

As amostras coletadas foram submetidas as análises sedimentológicas, tais como, peneiramento a úmido e pipetagem, com o objetivo de separar a areia (>0.062 mm) das frações silte/argila (<0.062 mm) (Folk, 1974; Tucker, 1989). As amostras foram classificadas granulometricamente de acordo com o diagrama de Shepard (1954), e com os parâmetros estatísticos de Folk (1974) e Tucker (1989). Com o objetivo de facilitar a representação em mapa, assim como a interpretação do diâmetro médio, uma vez que a Enseada apresenta uma grande mistura de sedimentos, foram utilizadas as variações entre dois diferentes diâmetros. Para análise da textura superficial foi utilizada metodologia proposta por Bigarella *et al.* (1955) bem como a tabela comparativa de grau de arredondamento de Powers (1953). Foi utilizado, ainda, o diagrama de Pejrup (1988) que associa a distribuição granulométrica à hidrodinâmica. A composição mineralógica da fração areia foi determinada através de lupa binocular e das frações silte e argila através de difratometria de raio-X, em um difratômetro automático da Siemens, modelo D 5000; para análise semi-quantitativa foi utilizado metodologia descrita em Hardy & Tucker

(1989). Todas as amostras foram analisadas quanto a composição geoquímica através de espectrofotometria de absorção e emissão atômica (Pekin Elmer, modelo 3100), através de digestão em água régia/ácido fluorídrico em bomba de teflon (Bernas, 1968). O posicionamento utilizado para a localização das amostras foi o da triangulação por alidade, que mostrou ser bem eficiente em áreas costeiras com vários pontos de amarração fixos (conhecidos).

## APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Batimetria

O reconhecimento batimétrico da Enseada de Jurujuba, foi feito com base na interpretação da folha de bordo da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Barra do Rio de Janeiro, N° FB-1511-002/82, Escala 1:10000. O trabalho de interpretação da morfologia de fundo, foi baseado no contorno das linhas batimétricas traçadas a intervalos de 1 metro.

A carta batimétrica (Fig.1), mostra que a Enseada de Jurujuba apresenta uma superfície de fundo suavizada, com profundidade máxima de 7 metros, na entrada da Enseada.

As isóbatas, plano-paralelas à linha de costa, apresentam amplo espaçamento entre si na porção leste da Enseada estando associadas à condições de baixa energia, pois esta é uma área protegida da ação direta das ondas de mar aberto, predominando nesta área sedimentação lamosa. Por outro lado, na região mais externa da Enseada (oeste), observa-se espaçamento menor entre as isóbatas e um aspecto dentado das mesmas, o qual estaria associado a um fundo arenoso sujeito a ações mais diretas de ondas.

No setor oriental da Enseada, frente à Praia de Charitas, foi observado uma série de desníveis nas isóbatas, completamente diferentes da morfologia plana e suave desta área. São zonas mais profundas, caracterizadas por depressões que correspondem às áreas dragadas na década de 70 para retirada de areia o que propiciou o alargamento das Praias de Charitas e São Francisco, bem como o aprofundamento de um canal em frente ao Clube Naval de Niterói.

### Caracterização dos Sedimentos de Fundo

#### Granulometria dos Sedimentos

Os sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba são compostos, principalmente, por areias e argilas. Os sedi-

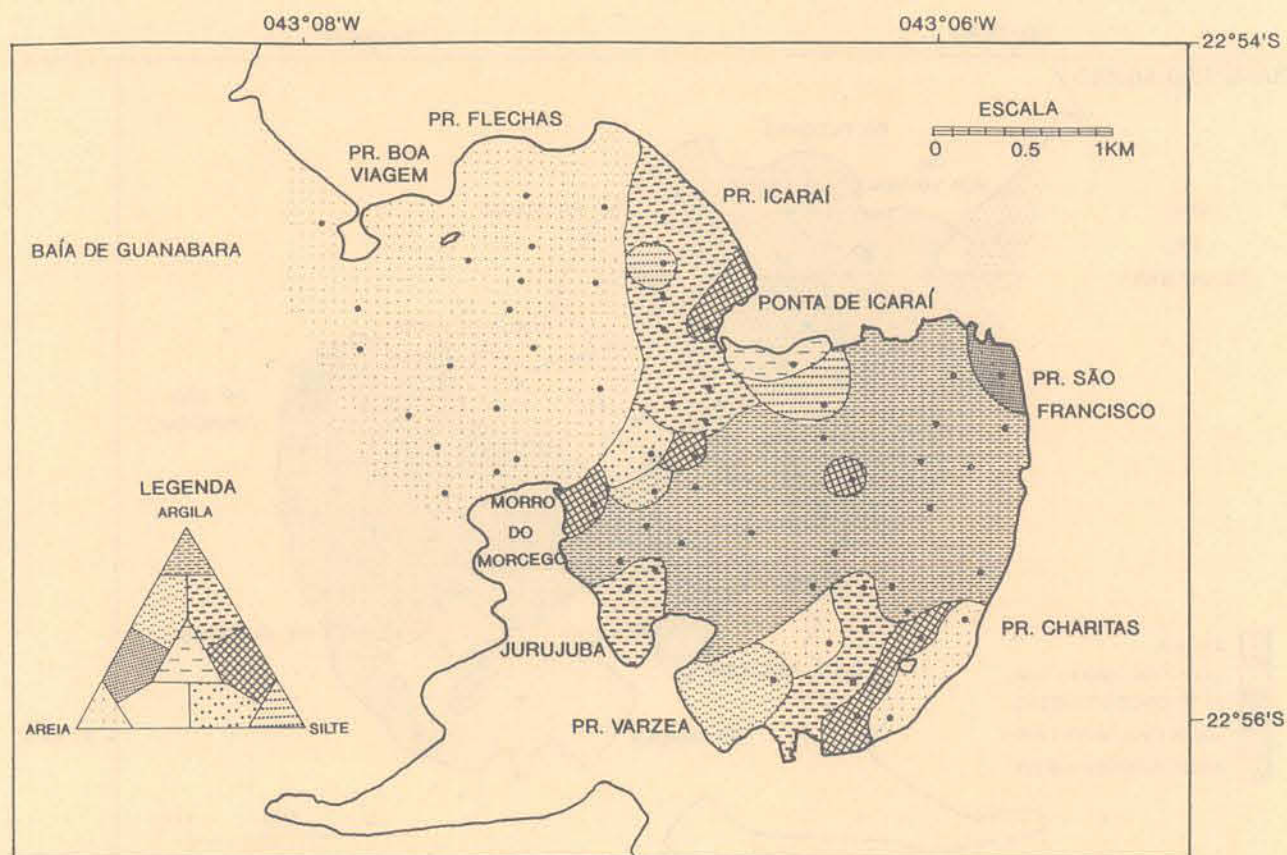


Figura 3 - Distribuição das várias classes granulométricas dos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba.

mentos arenosos dominam a parte mais externa da Enseada (Fig.3), em uma área que sofre mais diretamente a ação das ondas. A maior dinâmica nesta área promove a remoção e impede a deposição de frações muito finas. Esses sedimentos arenosos, da parte oriental da Enseada, são predominantemente do tipo areia fina/muito fina (Fig.4). O desvio padrão indica que os sedimentos apresentam-se moderadamente bem selecionados (Fig.5). Os grãos se apresentam, na sua grande maioria, subangulosos, com esfericidade de média a boa; e a textura superficial dos grãos é basicamente formada por 60% de grãos mamelonados (polidos) e 40% de grãos sacaróides (polidos), mostrando serem sedimentos que apresentam algum retrabalhamento. Somente do lado externo da Ilha de Boa Viagem (Fig.4), ocorrem sedimentos com diâmetro médio de areia grossa/média, pobremente selecionados. Nesta área, ocorrem grãos muitoangulosos (mais de 70% do total da amostra), derivados da ação das ondas diretamente contra as encostas da Ilha.

Sedimentos com diâmetro médio de areia grossa/média ocorrem numa zona que vai do Morro do Morcego em direção à Praia das Flechas (Fig.4). No mapa batimétrico (Fig.1) observa-se que essa área apresenta um fundo mais raso, em forma de banco arenoso. Esses sedimentos são moderadamente bem selecionados (Fig.5), subangulosos, na sua grande maioria, com esfericidade de média

a boa e apresentam a mesma textura superficial das demais areias da Enseada, isto é, mamelonada e sacaróide polida.

Os sedimentos arenosos observados entre a Ilha dos Carecas e a Praia de Charitas (Fig.3), correspondem a sedimentos mais grosseiros, ricos em feldspato, com baixo grau de arredondamento e imaturos, portanto, bastante diferentes do tipo de sedimento observado nas áreas adjacentes. Segundo Silva e Baptista Neto (1991 e 1992), esses sedimentos são derivados dos solos das encostas do Morro da Viração. Segundo dados desses autores, esta área apresenta sedimentos com diâmetro médio areia fina/muito fina (Fig.4), pobremente selecionados (Fig.5), com grãos variando de subangulosos a angulosos.

Entre o Morro do Morcego e a Praia de Icarai, ocorre uma faixa de direção norte-sul com sedimentos de diâmetro silte fino/muito fino predominantemente e trechos isolados de silte grosso/médio (Fig.4). O grau de seleção varia de pobremente a extremamente mal selecionado (Fig.5) e as frações arenosas apresentam-se, principalmente, subangulares.

As lamias argilosas cobrem a maior parte do interior da Enseada (Fig.3) e, são sedimentos modernos transportados pelos rios que desaguam na Enseada e são depositados por floculação em meio salino, característico de

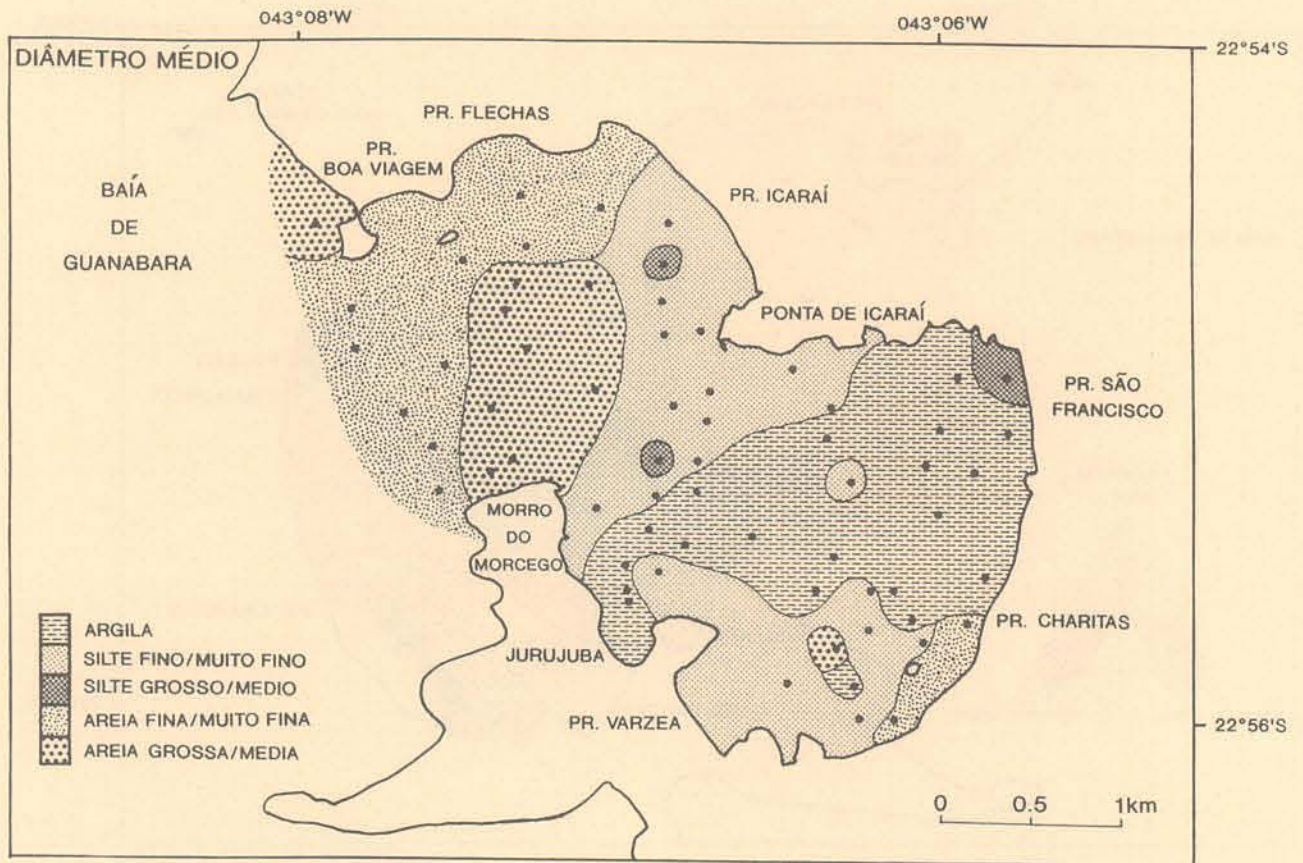


Figura 4 - Distribuição do diâmetro médio dos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba.

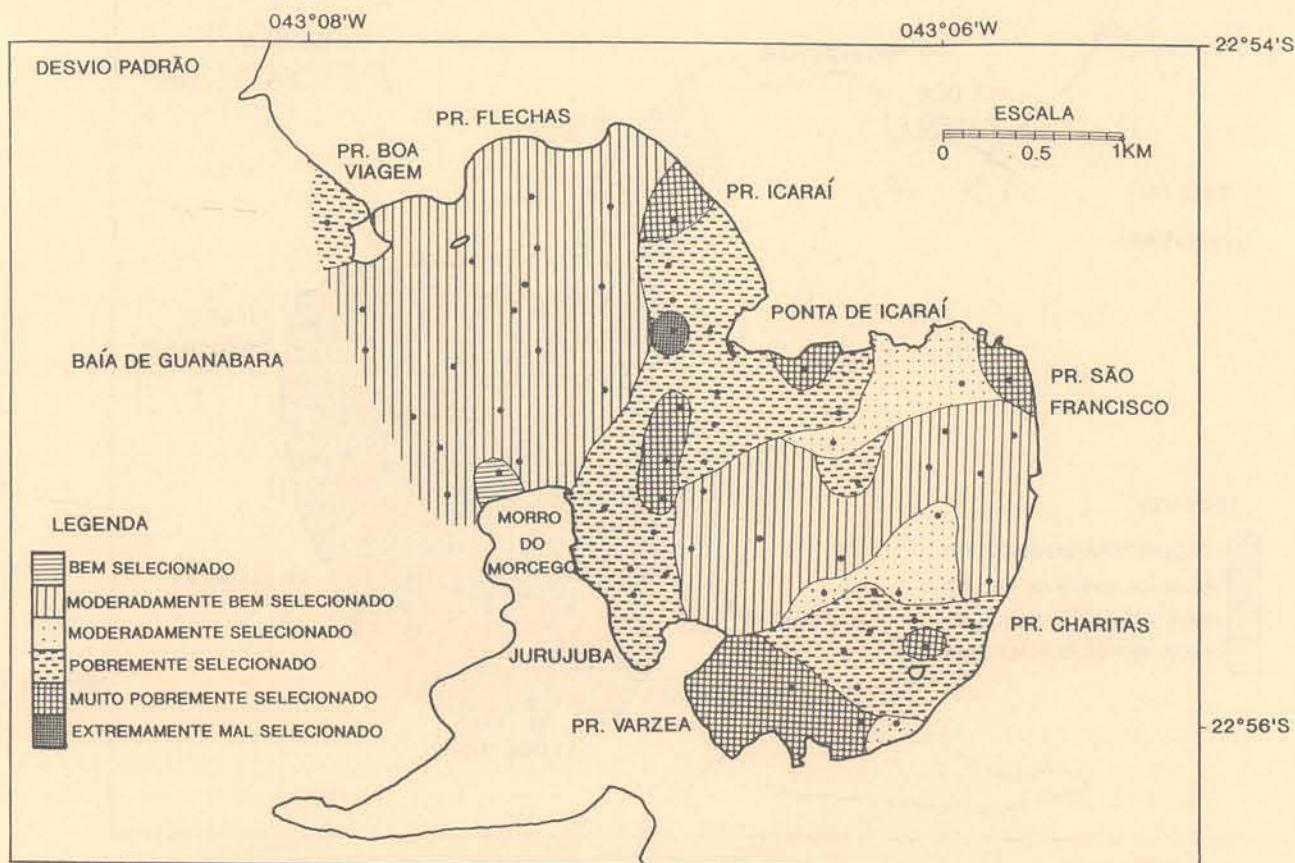


Figura 5 - Distribuição dos tipos de resultados encontrados para o desvio de padrão dos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba.

um ambiente de energia muito baixa. A área fonte das argilas são os solos podzólicos ricos em argila que cobrem a maior parte da área adjacente emersa (Smith & Sanchez, 1992). Nesta parte da Enseada, os sedimentos são predominantemente argila (Fig.4), com desvio padrão variando de moderado a moderadamente bem selecionado (Fig.5).

Na parte sul da Enseada, entre a Praia de Charitas e a Praia da Várzea (Fig.3), ocorre uma variação de fácies. Além dos sedimentos arenosos, já mencionados anteriormente, a área apresenta silte argiloso, argila siltosa e argila arenosa. Toda esta área parece estar sob a influência dos processos sedimentares responsáveis pela formação do tómbolo de Charitas, uma vez que apresenta um padrão de distribuição de sedimentos bem diferente do que ocorre no restante da Enseada e semelhante ao padrão sedimentar encontrado nas amostras coletadas na área do tómbolo. O diâmetro médio dos sedimentos nesta área, é de silte fino/muito fino (Fig.4), com desvio padrão de pobremente a muito pobremente selecionado (Fig.5), e os grãos são, na sua grande maioria, subangulares.

Na foz do Rio Cachoeira (Fig.3) ocorrem sedimentos do tipo areia lamosa. Esses sedimentos apresentam diâmetro médio de silte grosso/médio (Fig.4), desvio padrão de sedimento muito pobremente selecionado

(Fig.5), são bem angulosos (75%), com textura superficial sacaróide polida (60%) e mamelonada polida (40%) e com esfericidade média. Todas essas características indicam um baixo grau de maturidade desses sedimentos.

Os sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba foram analisados pelos parâmetros estatísticos de assimetria e curtose, que, no entanto não se mostraram diagnósticos. Acredita-se que a principal razão para isso seja o fato de que a Enseada de Jurujuba é um ambiente afetado por mais de um agente de transporte e de deposição e que sofre uma forte influência da área fonte devido a ação antrópica. Sahu (1964) já havia chamado a atenção para o pouco significado ambiental da assimetria e da curtose neste tipo de ambiente. Logo, estes parâmetros não foram considerados para a caracterização dos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba.

#### Mineralogia dos Sedimentos

A fração arenosa é constituída predominantemente pelo quartzo, principalmente nas amostras localizadas na entrada da Enseada de Jurujuba, onde chega a ocorrer com mais de 90% do total das amostras. Os grãos ocorrem de forma subangular a subarredondada e alguns apresentam inclusões de minerais opacos. A mica (tanto a

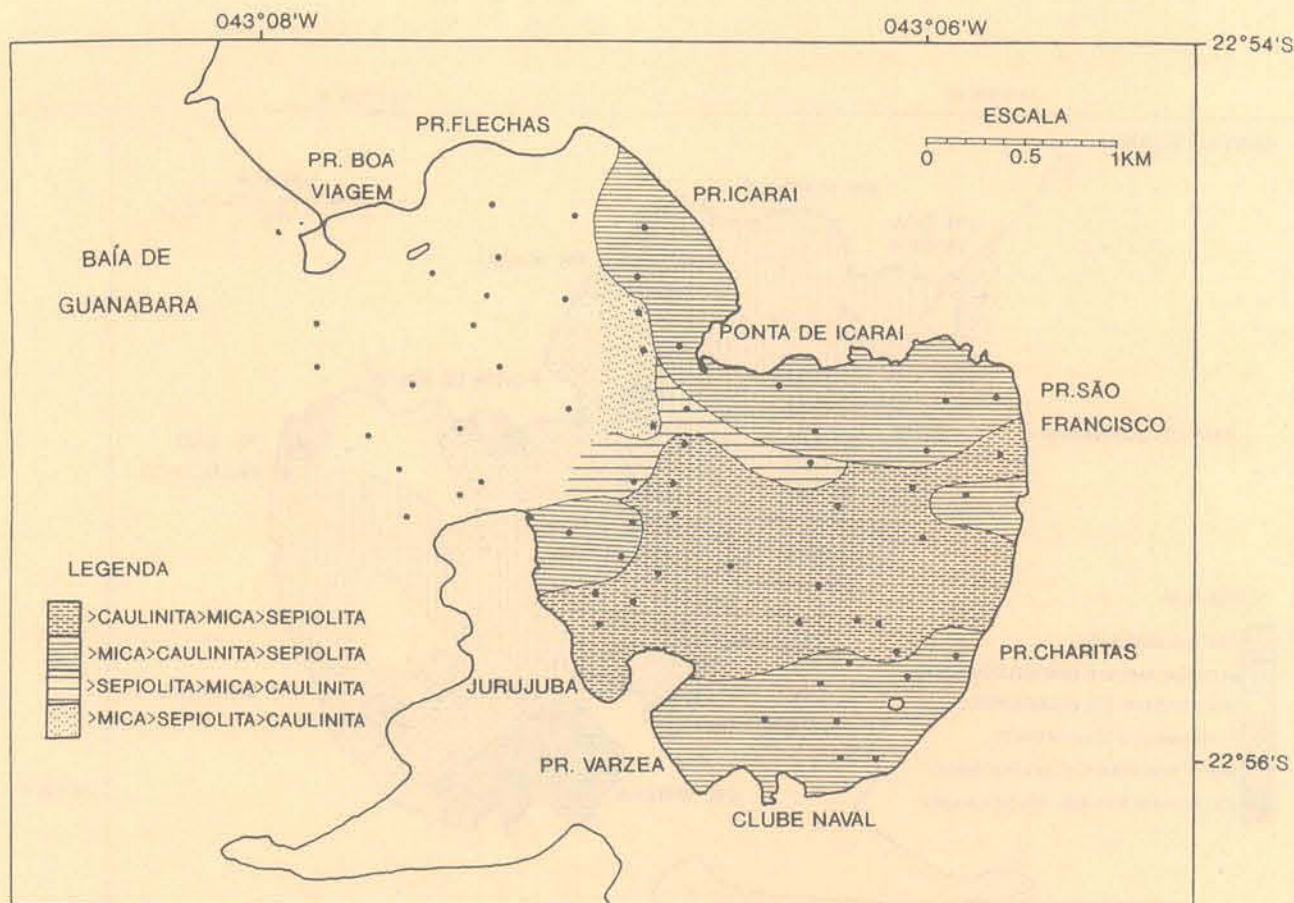


Figura - 6 Distribuição dos minerais de: mica, caulinita e sepiolita nos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba

muscovita como a biotita), o feldspato e os minerais pesados representam o restante dos minerais presentes na fração arenosa. São observados também biodetritos e material antropogênico nos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba. Os minerais pesados ocorrem em concentrações baixas não alcançando 1% do total das amostras (somente em alguns poucos casos esse total é ultrapassado), e são formados por ilmenita, magnetita, turmalina, zircão, granada e rutilo. Em menor quantidade encontra-se também, epidoto, monazita, estauroлита, cianita, augita, anfibólios, piroxênios e leucoxênio.

As frações finas (<0.062mm) são constituídas por cinco grupos de minerais: quartzo, mica, caulinita, sepiolita e K-feldspato; além desses, alguns minerais aparecem em traços, como é o caso da esmectita e do feldspato sódico e cálcico.

O quartzo é o mineral predominante em todas as amostras analisadas, porém, pode-se observar uma variação dos minerais micas, caulinita e sepiolita e, a partir dessa variação, estabelecer quatro zonas de distribuição desses minerais (Fig. 6). A variação entre os minerais mica, caulinita e sepiolita parece ser fortemente influenciada pela granulometria; acredita-se que a mica seja o mineral predominante na fração silte, enquanto a caulinita seja o mineral predominante da fração argila, pois

quando comparados os mapas de classificação granulométrica (Fig. 3) e diâmetro médio (Fig. 4), com o mapa de distribuição espacial dos minerais mica, caulinita e sepiolita (Fig. 6), nota-se que a ocorrência da mica torna-se mais importante quando o silte é mais abundante; e o mesmo ocorre com a caulinita em relação à argila.

#### Geoquímica dos Sedimentos

O entendimento da concentração de elementos maiores, menores e traços nos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba, é importante para se ter um controle da atual situação de poluição da área, a qual apresenta uma grande potencialidade turística e de pesca.

Os sedimentos de fundo foram analisados para os seguintes elementos: Mn, Zn, Cu, Co, Cr, Ni, Pb, Ca, Mg, Fe, Na e K. No presente trabalho serão apresentados e discutidos os seguintes elementos: Cu, Co, Cr, Pb, Ni e Zn.

Para se entender o atual grau de contaminação desses elementos nos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba, foi confeccionada uma tabela (Tab. 1) comparativa da concentração de alguns elementos em diversos tipos de rochas e sedimentos de vários ambientes como: (1) rochas da área emersa em torno da Enseada

Áreas	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
Enseada de Jurujuba <sup>1</sup>	5 - 125	15 - 360	5 - 135	5 - 155	5 - 90	15 - 125	850 - 52500	15 - 350
Sedimentos arenosos da Enseada de Jurujuba (média) <sup>7</sup>	21	22	7.5	15	21	21	4898	32
Sedimentos lamosos da Enseada de Jurujuba (média) <sup>1</sup>	90	214	48	116	72	76	36.679	188
Média das rochas da área (Gnaiss facoidal) <sup>2</sup>	30	54	28	15	-	78	22652	354
Lagoa de Piratininga <sup>3</sup>	47	28	11	-	-	-	-	-
Lagoa de Itaipu <sup>3</sup>	24	44	19	-	-	-	-	-
Baía da Ribeira (Angra dos Reis/RJ) <sup>4</sup>	28.5	83	7.7	30.9	8.7	11.2	-	-
Estuário de Weser (Alemanha) <sup>5</sup>	25 - 142	59 - 377	23 - 28	-	-	22 - 24	29500 - 42500	307 - 1402
Estuário de Golden Horn (Turquia) <sup>6</sup>	124 - 702	450 - 8750	333 - 3900	242 - 485	17 - 31	98 - 167	333 - 596	2.60 - 3.80
Estuário do Ganges (Índia) <sup>7</sup>	12 - 115	12 - 611	4 - 53	21 - 100	14 - 64	8 - 57	12000 - 46000	254 - 800
Estuário do Rio Tinto (Espanha) <sup>8</sup>	1600	3100	1400	-	-	-	-	-
Média dos folhelhos <sup>9</sup>	20	95	45	90	19	68	47000	850
Média dos arenitos <sup>9</sup>	7	16	10	35	<1	2	9800	50

<sup>1</sup>Neste estudo; <sup>2</sup>B. Sanchez (comunicação pessoal, 1993); <sup>3</sup>Knoppers *et al.*, 1989; <sup>4</sup>Lacerda *et al.*, 1982; <sup>5</sup>Shoer *et al.*, 1982; <sup>6</sup>Ergin *et al.*, 1991; <sup>7</sup>Subramanian *et al.*, 1988; <sup>8</sup>Stenner & Nickless, 1975; <sup>9</sup>Turekian & Wedepohl, 1961.

Tabela 1 - Comparação entre a concentração dos elementos Pb, Zn, Cu, Cr, Co, Ni, Fe e Mn encontradas nos sedimentos de fundo da Enseada com aqueles encontrados em vários ambientes de estuários e lagoas no mundo.

(gnaiss facoidal), (2) folhelho padrão, (3) arenito padrão; (4) sedimentos de alguns ambientes costeiros (gnaiss facoidal), (2) folhelho padrão, (3) arenito padrão; (4) sedimentos de alguns ambientes costeiros próximos à área de estudo (Piratininga e Itaipu); (5) em uma área considerada ainda não poluída (Baía da Ribeira); e (6) em estuários ao redor do mundo que são reconhecidamente poluídos (Estuário de Golden Horn, Estuário do Rio Tinto, Estuário do Ganges e Estuário de Weser).

Ao comparar a concentração dos elementos Pb, Zn, Cu, Cr e Ni dos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba, com a concentração média desses elementos em rochas (gnaiss facoidal) da região de Niterói, observa-se que a concentração desses elementos na área de estudo é, respectivamente, 4, 6.6, 4.8, 10.3 e 1.6 vezes maior. E, quando comparada a concentração destes mesmos elementos, nos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba, com a concentração média destes elementos encontradas em folhelhos padrão (Turekian & Wedepohl, 1961), vemos que a concentração é 6, 3.8, 3, 1.7 e 1.8, vezes maior, respectivamente, nos sedimentos da Enseada de Jurujuba. Quando comparada a concentração dos elementos Pb, Zn e Cu dos sedimentos das Lagoas de Piratininga e Itaipu ( que são áreas bem próximas da região estudada, e que apresentam processos intempéricos e geologia semelhantes), com a concentração dos mesmos na Enseada de Jurujuba, observamos que estes são 2.6, 12.8 e 7 vezes maior, respectivamente, nos sedimentos da Enseada.

Do mesmo modo, comparando a concentração média dos metais pesados dos sedimentos de fundo da

Enseada de Jurujuba com a dos sedimentos da Baía da Ribeira, uma área que apresenta concentrações naturais de metais pesados (Lacerda *et al.*, 1982), observa-se que as concentrações de Pb, Zn, Cu, Cr e Co são respectivamente 4.4, 4.3, 17.5, 8.7 e 10 vezes mais elevadas na Enseada de Jurujuba.

A concentração dos metais pesados dos sedimentos da Enseada de Jurujuba está muito próxima aos valores encontrados para ambientes reconhecidamente poluídos (Tab. 1); na verdade, em alguns casos as concentrações são até mais elevadas, como se observou para os elementos Cu, Co e Ni (Tab. 1).

Observando-se a Tabela 1, nota-se que as concentrações mais altas para os elementos maiores, menores e traços ocorrem nos sedimentos lamosos, que são encontrados, principalmente, na parte oriental da Enseada de Jurujuba. Também nestes sedimentos finos são encontradas as maiores concentrações de matéria orgânica, que são ótimos concentradores de metais pesados.

Segundo Förstner & Salomons (1980) os elementos traços em depósitos sedimentares recentes podem, geralmente, ser divididos em duas categorias, de acordo com as fontes de origem predominante: litogênica ou antropogênica. Acredita-se que o enriquecimento de alguns elementos traços nos sedimentos da Enseada de Jurujuba, seja influenciado por estas duas categorias: esses elementos são liberados em grande quantidade para as bacias, no entanto, a atuação humana acelera tal processo devido ao intenso desmatamento das encostas.

As fontes de contaminação de um ambiente costeiro podem ser bastante variadas, especialmente num ambiente semi-fechado, localizado "dentro" de uma metrópole.



Porém, no caso da Enseada de Jurujuba, acredita-se que as principais fontes de contaminação dos sedimentos de fundo caíam em algumas categorias principais; a) o processo intempérico-erosivo natural e o acelerado devido a ocupação humana, b) a descarga de esgoto doméstico tratada ou não em vários pontos da Enseada, c) a contribuição atmosférica, pois a área é localizada próxima à cidade do Rio de Janeiro, a segunda metrópole mais industrializada do país, d) contribuição industrial e e) óleo combustível, derivado das embarcações no interior da Enseada. A combinação dessas categorias, como por exemplo, o enriquecimento dos elementos móveis, como Fe e Mg, que podem ter diferentes origens e serem acumulados pela extrema eutrofização da Enseada, podem causar a acumulação de outros elementos. O acúmulo desses elementos (Fe e Mg) pode estar associado à grande concentração de mica nos sedimentos de fundo da Enseada, além da contribuição industrial. Um outro exemplo é a ocorrência de fragmentos de lata (derivados da atividade doméstica e de fabricas de sardinha) nos sedimentos da Enseada; esses fragmentos foram analisados quimicamente e apresentaram Cu e Zn.

### Hidrodinâmica

Pejrurp (1988) propôs um diagrama triangular para a classificação de sedimentos estuarinos (Fig. 7), através do

qual podem ser identificados os teores de argila nos sedimentos lamosos e as condições hidrodinâmicas vigentes durante o processo deposicional dos sedimentos.

Segundo Pejrup (1988) o conteúdo de argila (representado com linhas de mesmo percentual) pode ser utilizado para a divisão do triângulo. Sedimentos estuarinos com conteúdo de argila superior a 80% são raramente encontrados, e a linha, correspondente a tal nível de argila, é então escolhida para subdividir este triângulo. Por razões simétricas, a linha que corresponde a 20% de argila é escolhida para representar ambientes de mais alta energia; (Fig. 7). A seção I indica condições de hidrodinâmicas muito calmas, raramente encontrada em ambiente estuarino, e as seções II a IV indicam aumento gradual de energia (Fig. 7).

O conteúdo arenoso de sedimentos estuarinos nem sempre representa um bom indicativo do ambiente deposicional, uma vez que a areia por abranger várias classes granulométricas pode ser transportada tanto em suspensão, como em tração ao longo do fundo. Pejrup (*op. cit.*) escolheu a linha correspondendo a 10% de areia, porque tal conteúdo de areia em sedimentos lamosos é insignificante em termos de dinâmica, ao passo que a linha correspondendo a 90% de areia foi escolhida porque os sedimentos com tal característica perdem o caráter coesivo. Finalmente, a linha representando 50% de areia foi escolhida para dividir o grupo central em duas seções iguais.

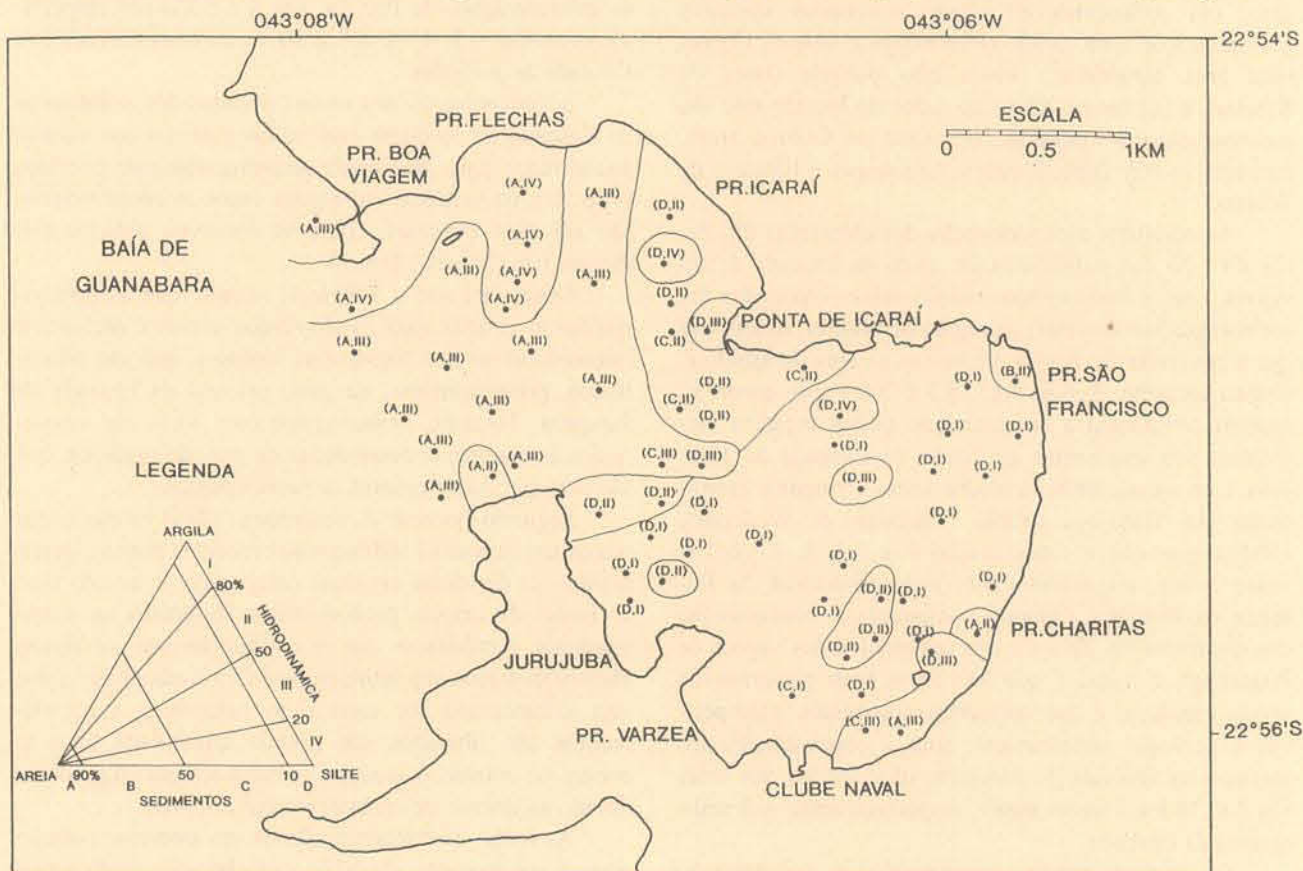


Figura 7 - Compartimentação de áreas com hidrodinâmicas distintas a partir dos resultados da aplicação de Pejrup (1988) na Enseada de Jurujuba.

Deste modo, o triângulo é dividido, em 16 grupos, os quais foram nomeados por letras que indicam o tipo de sedimento, e números, que indicam as condições hidrodinâmicas durante a deposição. Como exemplo, o grupo (B, II), representa sedimentos que contém entre 90 e 50% de areia, e que foram depositados sob condições hidrodinâmicas bem calmas. Enquanto que o grupo (C,IV), representa sedimentos que contém entre 50 e 10% de areia, que foram depositados sob condições hidrodinâmicas muito mais intensas.

Os resultados das análises granulométricas das amostras de fundo da Enseada de Jurujuba foram plotados no diagrama triangular proposto por Pejrup (1988). A Figura 7 mostra a delimitação de quatro áreas representativas das condições hidrodinâmicas da Enseada, ficando caracterizado um decréscimo de energia da parte mais externa para a mais interna.

Pode-se observar que a zona de maior hidrodinâmica é localizada na parte norte da entrada da Enseada, em frente às Praias de Boa Viagem e Flechas, cujas amostras caem dentro do grupo (A,IV), que corresponde a sedimentos que contém entre 90 e 100% de areia, depositados sob condições hidrodinâmicas fortes. Essa área localiza-se frente à entrada da Baía de Guanabara, e sofre a ação direta das correntes de maré e ondas.

Na entrada da Enseada, na parte mais a sul e a leste (Fig. 7), as amostras caem, principalmente, no grupo (A, III) que corresponde a sedimentos que contém entre 90 e 100% de areia, mas foram depositados sob hidrodinâmica menos intensa, do que a que ocorre no grupo anterior.

Numa faixa intermediária da Enseada, que vai da Praia de Icaraí e Ponta de Icaraí se estendendo para sul até o morro do Morcego (Fig. 7), observa-se que a maior parte das amostras caem dentro de dois grupos (C,II) e (D,II). Estes correspondem, respectivamente, a sedimentos que contém 10 a 50% e entre 0 e 10% de areia, e depositados sob condições hidrodinâmicas mais calmas, que a dos grupos anteriores.

No interior da Enseada, observa-se que as amostras caem principalmente dentro do grupo (D,I). Os sedimentos nesta área contém entre 0 e 10% de areia, e foram depositados sob condições hidrodinâmicas muito calmas, o que segundo Pejrup (1988) são situações raras em ambientes estuarinos, sendo mais típicos de ambientes de lagunas costeiras.

As anomalias encontradas na região mais interna da Enseada não foram consideradas em termos de hidrodinâmica, pois são reflexo direto da ação antropogênica.

## CONCLUSÕES

As características batimétricas e sedimentológicas indicam diferenças na dinâmica sedimentar na Enseada de Jurujuba. Pode-se dividir a enseada em três zonas distintas: (1) a parte ocidental, onde predominam os processos marinhos, com influência das ondas e correntes

de marés e apresentando uma sedimentação de clásticos mais grosseiros, com ausência de finos, com sedimentos bem a moderadamente bem selecionados e com diâmetro médio de areia média/fina. O fundo nesta área apresenta um maior espaçamento entre as isóbatas, e se observa um banco de areia aproximadamente norte-sul, se estendendo do Morro do Morcego até a Praia de Icaraí; (2) a parte central, zona de transição entre um regime hidrodinâmico de maior energia para um de menor energia, onde se observa uma mistura de sedimentos estando bem caracterizada a interface entre a sedimentação arenosa da parte ocidental e a lamosa da parte oriental. Aqui os sedimentos são pobremente a extremamente mal selecionados, com diâmetro médio de silte fino/muito fino, trechos isolados de silte grosso/médio; (3) a parte oriental da Enseada, que é um ambiente de muito baixa energia, abrigado da ação das ondas e correntes de marés. Nesta área, os sedimentos são, em geral, muito finos, predominando a fração com diâmetro médio de argila, com forte tendência à unimodalidade. Esses sedimentos apresentam-se moderadamente bem a moderadamente selecionados. O fundo nesta área apresenta um maior espaçamento entre as isóbatas, não se observando formas de fundo nesta área. Na parte sul desta área, ocorrem sedimentos imaturos, grosseiros e mal selecionados, bastante diferentes dos sedimentos das outras áreas descritas da Enseada. Estes são derivados dos solos das encostas desmatadas do Morro da Viração e o lançamento destes sedimentos está causando o assoreamento da Enseada.

Analisados quanto à morfoscopia dos grãos, os sedimentos da Enseada, como um todo, não apresentaram muita diferença entre si. São na sua grande maioria sedimentos subangulosos, com esfericidade de média a boa, textura superficial mamelonada polida (70% do total) e o restante principalmente, sacaróides polidos, refletindo serem sedimentos que sofreram pouco retrabalhamento e um curto transporte, devido principalmente à proximidade da área fonte.

Em toda a Enseada, os sedimentos são compostos, principalmente por grãos de quartzo, seguidos por mica, argilo-minerais, feldspato, minerais pesados e material antropogênico. Os sedimentos terrígenos da fração areia refletem a litologia regional, composta por rochas metamórficas, pegmatito e ígneas básicas. Os minerais pesados ocorrem geralmente com valores inferiores a 1%, e são formados pelos seguintes minerais: ilmenita, magnetita, turmalina, zircão, granada, rutilo, epidoto, monazita, estarolita, cianita, augita, anfibólios, leucóxênio. Os minerais encontrados na fração silte/argila são principalmente quartzo, caulinita, mica, K-feldspato e sepiolita, sendo que depois do quartzo a mica predomina na fração silte e a caulinita na fração argila.

Os sedimentos de fundo mostraram um enriquecimento dos elementos Mn, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Ca, Mg, Fe,

Na e K, em direção à parte interna da Enseada, uma vez que esses elementos tendem a se associar com as frações mais finas. Os resultados mostram que o teor de elementos traços (Zn, Cu, Co, Ni e Pb) na Enseada de Jurujuba é preocupante, ainda mais se tratando de uma área que apresenta uma forte vocação pesqueira e de turismo.

**Agradecimentos** - Gostariamos de agradecer aos alunos do curso de mestrado do Departamento de Geologia da UFF pelo apoio na coleta de amostras, ao Clube Naval de Niterói, pelo empréstimo da embarcação utilizada no campo; à Escola de Geociências da Queen's University of Belfast, pela utilização dos seus laboratórios para as análises apresentadas neste artigo; ao Dr. John McAllister pelo apoio nas análises; aos Drs. Bernard J. Smith e Julian Orford pelos comentários e à Professora Vera R.A. Ponzi pela leitura crítica.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernas, B. 1968. A new method for decomposition and comprehensive analysis of silicates by atomic absorption spectrometry. *Analytical Chemistry*, 40: 1682-1686.
- Bigarella, J.J.; Hartkopf, C.; Sobanski, A. & Trevisan, N. 1955. Textura superficial dos grãos em areias e arenitos (contribuição à metodologia). *Arquivo de Biologia e Tecnologia*, 10: 253-275.
- Ergin, M.; Saydam, C.; Bastürk, Ö. Erdem, E. & Yörtük, R. 1991. Heavy metal concentration in surface sediments from the two coastal inlets (Golden Horn Estuary and Izmit Bay) of the north-eastern Sea of Marmara. *Chemical Geology*, 91: 269-285.
- Ferrari, A.L. 1990. A geologia do "rift" da Guanabara (RJ) na sua porção centro-ocidental e sua relação com o embasamento pré-cambriano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal. *Anais...*, Natal, SBG, v. 6, p. 2858-2872.
- Folk, R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill, Tulsa, Okla., 182 p.
- Förstner, U. & Salomon, W. 1980. Trace metal analysis on polluted sediments. Part. I: Assesment of Sources and intensities. *Environmental Technology Letters*, 1: 494-505.
- Hardy, R. & Tucker, M. 1989. X-ray powder diffraction of sediments. In: Tucker, M. (ed.). *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, p 191-228.
- Lacerda, L.D.; Pfeiffer, W.C. & Fiszman, M. 1982. Níveis naturais de metais pesados em sedimentos marinhos da Baía da Ribeira, Angra dos Reis. *Ciência e Cultura*, 34(7): 921-924.
- Lamego, A.R. 1944. A Geologia de Niterói na tectônica da Guanabara. Contribuição ao Congresso Pan-Americano de Minas e Geologia. Boletim 115. Ministério da Agricultura. 39 p.
- Pejrup, M. 1988. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: Boer, P.L.; van Gelder, A. & Nio, S.D. (ed.) *Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies*. D. Reidel. p. 289-300.
- Powers, M.C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 23: 117-119.
- Knoppers, B.A.; Barroso, L.V.; Ramalho, N.M.; Duarte, C.A.; Carneiro, M.E.R.; Silva, L.F.F.; Kjerfve, B. & Kirstein, K.O. 1989. Diagnóstico ambiental do sistema lagunar de Piratininga e Itaipú, Niterói, RJ. *Boletim Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza*, 30 p.
- Sahu, B.K. 1964. Depositional Mechanic from size analysis of clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 34 (1): 73-83.
- Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24: 151-158.
- Shoer, J.; Nagel, U. & Eggersgluess, D. 1982. Metal contents in sediments from the Elbe, Weser and Ems estuaries and from the German Bight (Southeastern North Sea): grain size effects. *Mitt. Geol. Paläontol. Inst. Univ. Hamburg*, 52: 687-702.
- Silva, M.A.M. & Baptista Neto, J.A. 1991. Processos sedimentares associados a formação de um tómbolo na Praia de Charitas - Niterói/RJ. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 3., Belo Horizonte. *Boletim de Resumos*, Belo Horizonte, p. 22.
- Silva, M.A.M. & Baptista Neto, J.A. 1992. Caracterização do Tómbolo de Charitas - Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., São Paulo. *Boletim de Resumo*, São Paulo, SBG, p. 96-97.
- Smith, B.J. & Sanches, B.A.S. 1992. Erosion Hazards in a Brazilian Suburb. *Geography Review*, 6: 37-41.
- Stenner, R.D. & Nickless, G. 1975. Heavy metals in organisms of the Atlantic coast of southwest Spain and Portugal. *Marine Pollution Bulletin*, 6: 89-92.
- Subramanian, V.; Jtta, P.K. & Griekan, R.V. 1988. Heavy metals in the Ganges Estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 19(6): 290-293.
- Tucker, M. 1989. *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications. 394p.
- Turekian, K.K. & Wedepohl, K.H. 1961. Distribution of elements in some major units of the earth's crust. *Geological Society of American Bulletin*, 72: 175-192.